

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР
ГЕОЛОГО - ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ИСКОПАЕМЫЕ СССР



ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
АКАД. А.Е. ФЕРСМАН



ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ:

ЧЛ.-КОРР. Д.С. БЕЛЯНИН, АКАД. Э.В. БРИЦКЕ,
В.Н. ВАСИЛЬЕВ, ЧЛ.-КОРР. С.И. ВОЛЬФКОВИЧ,
Н.Н. ДОЛГОПОЛОВ, АКАД. А.Н. ЗАВАРИЦКИЙ,
Б.М. КУПЛЕТСКИЙ, В.Я. МАРКОВ,
АКАД. В.П. НИКИТИН, АКАД. П.И. СТЕПАНОВ,
АКАД. С.Г. СТРУМИЛИН, АКАД. А.Е. ФЕРСМАН,
АКАД. О.Ю. ШМИДТ, Д.И. ЩЕРБАКОВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
Москва · 1941 · Ленинград

1937A
171-5

ЕВ_1927_ОГО_300

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР
ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ИСКОПАЕМЫЕ СССР

*

Т О М

5

ГНЕЙС — ЖЕМЧУГ



ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР ТОМА
Б.М. КУПЛЕТСКИЙ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
Москва · 1941 · Ленинград

СОДЕРЖАНИЕ

Гнейс — В. М. Куплетский	1
1. Определение и общая характеристика	1
2. Области распространения гнейсов	1
3. Технические свойства и применение гнейсов	5
4. Добыча и переработка	7
Литература	8
Горный хрусталь и дымчатый кварц — Г. Г. Леммлейн, Е. Е. Флинт	9
1. Минералогическая и физико-химическая характеристика	9
2. Месторождения горного хрусталя и дымчатого кварца за границей	14
3. Месторождения горного хрусталя и дымчатого кварца в СССР	19
4. Методика изучения	22
5. Применение	24
6. Технология	28
7. Мировая добыча горного хрусталя	30
Литература	32
Гранат — Ю. Л. Черносвитов	34
1. Минералогическая и физико-химическая характеристика	34
2. Основные генетические типы гранатов	40
3. Главнейшие месторождения граната за границей	43
Абразивный гранат (43). — Ювелирный гранат (47).	
4. Месторождения граната в СССР	48
Абразивный гранат (48). — Ювелирный гранат (61).	
5. Методы изучения граната и его месторождений	62
6. Методы добычи	65
7. Методы обогащения	66
8. Применение граната	70
9. Технические требования к гранату	75
10. Производство абразивных материалов и изделий из граната	80
11. Добыча и потребление граната за границей	81
Абразивный гранат (81). — Ювелирный гранат (85).	
12. Гранатовая промышленность в СССР	86
Литература	88
Гранит — Е. С. Синегуб	93
1. Определение. Минералого-петрографическая и физико-химическая характеристика	93
2. Генезис гранитов. Типы и особенности залегания	98
3. Месторождения гранита за границей	103
4. Залежи гранита в СССР	105
Северо-западные районы (105). — Центральные части СССР (113). —	
Украинская ССР (114). — Урал (122). — Северный Кавказ (125). —	
Закавказье (126). — Средняя Азия (128). — Казахская ССР (129). —	
Сибирь и Дальний Восток (131).	
5. Методы изучения гранита	134
6. Методы добычи и обработки гранита	137
7. Гранитная промышленность за границей	138
8. Гранитная промышленность в СССР	142
Литература	145

Графит — И. А. Шапиро	152
1. Общая характеристика графита и его важнейшие свойства	152
2. Образование графитовых месторождений и их классификация	165
3. Месторождения за границей	167
4. Месторождения в СССР	171
Украинская ССР (172). — Кавказ (186). — Урал (187). — Узбекская ССР (189). — Казахская ССР (190). — Красноярский край (192). — Восточная Сибирь (196). — Дальний Восток (198). — Запасы графита в СССР (202).	
5. Методы добычи	204
6. Обработка графитового сырья	206
7. Применение графита	213
8. Методы испытания графита	223
9. Промышленность в капиталистических странах	225
10. Графитовая промышленность СССР	234
Литература	244
Грязи озерные — А. Ф. Сагайдачный	251
Дефибрерный камень — М. И. Койфман	270
1. Определение и общая характеристика	270
2. Месторождения за границей и в СССР	271
Месторождения за границей (271). — Месторождения в СССР (272).	
3. Свойства дефибрерных камней	273
4. Методика изучения	281
5. Добыча и обработка	282
6. Применение	283
7. Промышленность за границей	286
8. Промышленность в СССР	288
Литература	288
Диаспор — В. В. Аршинов, К. З. Ляпин	290
Диорит — В. П. Петров	301
Доломит — А. С. Базилевич, Г. А. Дымский, А. Н. Лямина, В. П. Маслов, Л. В. Пустовалов, Е. С. Синегуб, М. С. Шидловский, И. В. Шманенков	306
1. Определение понятия. Минералого-петрографическая и физико-химическая характеристика	306
2. Происхождение доломитов и условия их залегания	317
3. Месторождения СССР	323
Европейский север и северо-запад (328). — Московская, Рязанская, Ивановская и Калининская обл. (334). — Горьковская, Куйбышевская обл. и Татарская АССР (340). — Орловская и Тульская обл. (344). — Украинская ССР (344). — Урал (351). — Кавказ (358). — Крым (362). — Азиатская часть СССР (363).	
4. Методы изучения	371
5. Применение доломита	374
6. Технология и требования, предъявляемые к доломиту	378
7. Доломитовая промышленность капиталистических стран	391
8. Доломитовая промышленность СССР	394
Развитие добычи и потребления доломита (394). — Географическое размещение доломитовых карьеров и заводов (397). — Доломитовые предприятия Главогнеупора и Главнеруда НКЧМ (398). — Сырьевая база прочих потребляющих доломит металлургических заводов (400).	
Литература	400
Драгоценные, полудрагоценные и поделочные камни — Е. С. Синегуб	404
1. Определение и общая характеристика	404
2. Физические свойства самоцветных камней	406
3. Генезис и типы месторождений самоцветных камней	411

4. Заграничные месторождения самоцветов	416
Африка (416). — Азия (419). — Южная Америка (424). — Второстепенные области распространения самоцветов за границей (427).	
5. Месторождения самоцветов в СССР	428
Урал и Приуралье (428). — Забайкалье (440). — Алтайский край (445). — Восточные Саяны и Прибайкалье (446). — Остальные области СССР (448).	
6. Поиски, разведки и добыча самоцветов	452
7. Обработка самоцветов	454
8. Имитации, окрашивание, синтез самоцветов	460
9. Методы изучения и диагностика самоцветов	463
10. Заграничная промышленность самоцветов	469
Распределение и масштаб добычи самоцветов (469). — Обработка самоцветов (471). — Торговля самоцветными камнями (471). — Цены (472).	
11. Промышленность самоцветов в СССР	474
Указатель драгоценных, полудрагоценных и поделочных камней и некоторых относящихся к ним терминов	477
Таблица главных свойств драгоценных, полудрагоценных и поделочных камней	486
Литература	520
Дюмортьерит — К. Н. Озеров	528
1. Определение и общая характеристика	528
2. Типы месторождений и генезис	530
3. Месторождения за границей	532
4. Месторождения СССР	537
Казахская ССР (537). — Армянская ССР (541).	
5. Методика изучения	541
6. Применение дюмортьерита в промышленности	542
7. Добыча, обогащение и технология	542
8. Перспективы развития промышленности в СССР	543
Литература	543
Жадент — Б. Я. Меренков	545
1. Определение и общая характеристика	545
2. Генезис и типы месторождений	547
3. Месторождения жадеита за границей	549
Азия (549). — Америка (551). — Европа (551).	
4. Месторождения СССР	552
5. Добыча жадеита в Бирме	552
6. Типы сырья. Методы изучения. Применение. Обработка	552
7. Мировая добыча. Рынок	554
Литература	555
Жемчуг — Е. В. Цинзерлинг	557
1. Определение, химические и физические свойства	557
2. Условия образования и нахождения жемчуга	558
3. Местонахождения жемчуга	560
4. Добыча жемчуга	563
5. Методы искусственного выращивания жемчуга	564
6. Методы исследования жемчуга	566
7. Техническая обработка жемчуга	567
8. Подделки и имитация жемчуга	568
9. Техническая классификация жемчуга	569
10. Рынок	570
Литература	572
Указатели:	
Предметный указатель	575
Географический указатель	582

ГНЕЙС

Gneiss (англ., франц., нем.)

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Гнейсами называются сланцеватые породы, соответствующие по своему составу гранитам, т. е. сложенные из кварца, полевых шпатов и цветных минералов. Термин «гнейс» происходит от старинного славянского слова — гнус, что означает гнилой и указывает на состояние выветрелости этих пород. Среди полевых шпатов встречаются микроклин и плагиоклазы, из цветных минералов — биотит, мусковит, роговая обманка и авгит, которые встречаются или порознь, или совместно. В соответствии с этим различаются гнейсы биотитовые, роговообманковые, двуслюдяные, слюдяно-роговообманковые и др. Гнейсы относятся к группе метаморфических горных пород и по своему генезису распадаются на две группы.

Часть из них с несомненностью произошла за счет изменения осадочных пород, на что указывают химический состав, остатки первичной слоистости, особенности минералогического состава и т. п. Гнейсы такого генезиса называются парагнейсами. К ним примыкают мигматиты, инъекционные гнейсы, или микстогнейсы, представляющие осадочные породы и сланцы, инъецированные тонкими аплитовыми жилками. К парагнейсам относятся такие гнейсы, как силлиманитовый, кордиеритовый, дистеновый, ставролитовый, скаполитовый и многие гранатовые и эпидотовые гнейсы. При уменьшении или полном выпадении из состава гнейсов полевых шпатов последние переходят в сланцы.

Вторую группу гнейсов представляют гнейсы изверженного происхождения, или ортогнейсы, представляющие собою прессованные граниты, или граниты, которые при своем образовании подверглись ориентированному дислокационному давлению и приобрели слоистое сложение. Такие гнейсы часто называются гнейсо-гранитами или гранито-гнейсами.

Химический состав гнейсов варьирует в очень широких пределах, как это можно уже заранее предвидеть, исходя из различных условий происхождения этих пород и из большого разнообразия минералогического состава этих образований.

Для примера в табл. 1 приводим несколько анализов гнейсов Кольского п-ова.

2. ОБЛАСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГНЕЙСОВ

Особенно большим распространением пользуются гнейсы в областях кристаллических щитов в Канаде, Скандинавии, Финляндии, на Сибирской платформе, в Китае, в Южно-русской кристаллической полосе, в Карелии, на Кольском п-ове. Кроме того, они известны в Альпах, в Вогезах, центральной Франции, в Рудных горах, в Шотландии, в Гималаях, Бразилии и т. п. Можно сказать, что среди кристаллических сланцев это — одна из наиболее распространенных пород.

ТАБЛИЦА 1

Химический состав гнейсов Кольского полуострова (в %)

Компоненты	Гнейсы			
	гранато-силлиманитовый; г. Куурпахк	гранато-кордиеритовый; окр. Мурманска	биотито-плаггиоклазовый; мыс Пинагорий	олигоклазовый гнейсо-гранит; с. Полярное
SiO ₂	64.84	55.07	65.74	74.73
TiO ₂	0.82	0.91	0.64	0.21
Al ₂ O ₃	17.46	20.99	15.90	13.29
Fe ₂ O ₃	0.24	0.85	1.62	0.85
FeO	6.25	7.92	3.61	1.39
MnO	0.06	0.08	0.08	0.01
MgO	3.10	4.86	2.79	0.45
CaO	2.03	1.62	3.17	2.44
K ₂ O	1.81	3.15	3.28	2.00
Na ₂ O	2.25	1.92	1.92	4.26
P ₂ O ₅	0.06	0.05	—	—
Пот. при прок.	1.34	1.62	1.48	0.41
H ₂ O	0.20	0.10	0.13	0.10
Сумма	100.46	100.14	100.36	100.14

В СССР гнейсы могут в настоящее время эксплуатироваться в следующих районах: Мурманская обл. и Карело-Финская ССР, Украинская ССР, Южно-русская кристаллическая полоса, Восточная Сибирь и Дальний Восток.

Большим районом распространения гнейсов является Фенноскандинавский щит докембрийских образований, в состав которого на территории СССР входят К о л ь с к и й п-ов и Карело-Финская ССР. Работами В. М. Тимофеева (1935), А. А. Полканова (1935), Б. М. Куплетского (Тимофеев и Куплетский, 1926) и других геологов установлен следующий основной разрез докембрия этой части Союза — от более древних образований до более молодых.

Архей	{	1. Свиты гранатовых и слюдяных гнейсов.
		2. Комплекс габбро-амфиболитов, гиперстеновых диорито-гнейсов, олигоклазовых гнейсовидных гранитов и гранито-гнейсов.
		3. Амфиболиты, кварциты, слюдяные гнейсы, талько-хлоритовые сланцы, метабазиты.
		4. Микроклиновые гнейсо-граниты и порфиоровые микроклиновые граниты.
Протерозой	{	5. Зеленокаменные породы, спилиты, кварциты и доломиты карельской формации.
		6. Перодотиты, пегматитовые граниты, граниты раппакиви.
		7. Иотнийские песчаники.

В Мурманской обл., освоение которой началось по существу лишь при Советской власти, добыча строительных материалов велась в сравнительно большом масштабе лишь в районе Кольского залива и в отдельных пунктах вдоль Кировской ж. д. На берегах Кольского фиорда олигоклазовые гранито-гнейсы серого цвета развиты от океана до Белокаменной, сменяясь южнее свитой слюдяных и гранатовых гнейсов. Такие же гранито-гнейсы пользуются широким распространением по Мурманскому побережью и по всему западному побережью Белого моря, где они могут служить хорошим строительным материалом для портового и железнодорожного строи-

тельства. По линии Кировской ж. д. аналогичные породы, вместе со светлыми гиперстеновыми диорито-гнейсами, выходят между станциями Лопарской и Пулозеро. Красивые светлосерые чешуйчатые гнейсы отмечаются Н. Г. Кассиным на южном берегу Колвицкой губы, у ст. Хабозеро и в ряде других пунктов.

В Карело-Финской ССР (Осмолковский, 1933) гранито-гнейсы пользуются широким развитием в районе Сямозера и к северу от него. Далее к северу, в районах Поросозерском, Ребольском, Ругозерском и Ухтинском, породы древней гранито-гнейсовой формации имеют также преобладающее развитие. Но везде в указанных районах, вследствие малонаселенности и удаленности районов от центров культурного строительства, отдельные месторождения пород не изучались. В окрестностях дер. Подужемье Кемского района широко развиты гранито-гнейсы типа мигматитов, среди которых можно выделить изолированные участки более молодого однородного гранита. К северу от р. Кеми среди выходов изверженных пород господствуют серые, розовато-серые и розовые гранито-гнейсы и граниты, а еще дальше, начиная от Керетского района вплоть до северных границ Карело-Финской ССР, преобладают получают биотитовые и биотито-роговообманковые гнейсы и местами гнейсо-граниты. Среди последних отмечены разновидности, пригодные для строительного дела, по побережью Кандалакшской губы от Керети до Сонострова. Эти однородные мелкозернистые с равномерным распределением слюды гнейсо-граниты особенно пригодны для мостовой брусчатки, так как по данным механической лаборатории ВИМС они обладают следующими качествами (табл. 2).

ТАБЛИЦА 2

Механические и физические свойства гранито-гнейсов Карело-Финской ССР

Месторождение	Временное сопротивление раздавливанию, в кг/см ²			Временное сопротивление излому, в кг/см ²		Испытание на удар (раз- руш. работа), в кг/см ²	Потеря на истирание, в г/см ²	Насыщение, в вес. %	Объемный вес
	Сухие	Насыщенные	После само- разрушения	Параллельно слоистости	Перпендику- лярно слоис- тости				
О-в М. Горелый	2890	2660	2132	173	243	—	0.19	0.01	2.69
Губа Ежевникова . . .	2785	2405	1910	162	334	135	0.19	0.05	2.67
Губа Осечкова	2050	1770	1712	170	373	153	0.14	0.04	2.72
Губа Сидорова	2663	2375	1585	207	321	111	0.27	0.12	2.71
О-в Шарапиха	2765	2570	2710	199	292	174	0.20	0.05	2.65
Губа Никольская . . .	2385	2200	1880	173	302	125	0.19	0.05	2.65
О-в Средний	1800	1520	1337	122		—	0.31	0.26	2.67

На Украине, в кристаллической полосе, кристаллические породы выходят на поверхность на северо-западе, на Волыни и севере Киевщины, в районе Коростышева, и на юго-востоке, в пределах Приазовского массива.

Первый массив кристаллических пород, Днепровско-Бугский, лежит по правому берегу Днепра, и лишь частично ниже Кременчуга и до конца порогов он переходит и на его левый берег. По описанию В. И. Лучицкого (Лучицкий и Лебедев, 1934), метаморфические породы украинского докембрия представлены, главным образом, биотитовым, биотито-роговообманковыми и иными гнейсами, амфиболитами и пироксеновыми породами и реже также различного рода сланцами.

Гнейсы в ряде случаев представлены тремя генетическими типами: ортогнейсами, парагнейсами и мигматитами, представляющими часто очень разнообразные типы, развитые на громадной территории. Среди парагнейсов можно выделить ряд типов, начиная от продуктов преобразования глинистых пород до кварцевых и известняковых или мергелистых, переходящих в гранитовидные породы. Наиболее древние мигматиты и инъецированные гнейсы выделяются украинскими геологами в Днепровскую группу и Бердичевскую подгруппу пород. В состав Тетерево-Бугской группы входят парагнейсы, графитовые гнейсы и, в меньшем количестве, кристаллические известняки.

Из числа докембрийских пород Украины в качестве строительных материалов используются, главным образом, граниты и лабрадориты. Однако, среди гранитов разрабатываются и некоторые ортогнейсы и гранито-гнейсы: например, среднезернистые гнейсовидные граниты близ ст. Гнивань Юго-Западной ж. д.; темносерый мелкозернистый гнейсо-гранит близ г. Фастова, в м. Снетинке; мелкозернистый темносерый и красный гнейс по р. Ингульцу в ряде мест; светлосерый гнейс в с. Александровке, шедший в Одессу на щебень, брусчатку и т. п. Для мостовых г. Херсона добывался красный и белый гнейс на о-ве Грушевке по р. Днепру. На бут, доколь, мощение и щебень для Полтавы, Харькова и железных дорог добывается в Кременчуге и пос. Крюкове серый и красный гнейсовидный гранит невысокого качества. Все эти разработки имели кустарный характер, и лишь в редких случаях годовая производительность каменоломен доходила до 7.5—10 тыс. м³.

На территории Сибири (Обручев, 1926) гнейсы, слагающие основную массу архейских образований, представлены самыми разнообразными типами: роговообманковыми, слюдяными, пироксеновыми гнейсами и реже графитовыми, хлоритовыми и тальковыми породами. Главной областью развития этих пород является Прибайкалье, где гнейсы обнажены по северо-западному берегу Байкала, откуда они тянутся в бассейн рр. Мамы и Чуи в Северно-Байкальском нагорье, оканчиваясь отдельными языками на правом берегу р. Витима. Отсюда гнейсы через истоки р. Чары и среднее течение р. Олекмы идут до Алданского плато, где наблюдается развитие их на больших площадях. На юг они распространяются через все западное Забайкалье до рр. Чикоя и Джиды, на Яблоновый и Становой хребты, в верховьях левых притоков р. Амура и на большую часть бассейна р. Зеи. В Восточном Саяне, по данным А. И. Молчанова, среди гнейсов доминирующую роль играют роговообманково-биотитовые и биотитовые разновидности, несколько меньшим развитием пользуются роговообманковые бесслюдистые гнейсы, дающие переходы через диоритовые сланцы к массивным полевошпатовым амфиболитам и к зеленым роговообманковым сланцам. Все эти породы приурочены, главным образом, к северо-восточному краю центрального ядра Саяна, где они выступают среди более молодых образований в виде клиньев, вытянутых в северо-западном направлении, ограниченных резкими тектоническими линиями. В бассейне р. Кана ширина гнейсовой полосы достигает 40 км при общей протяженности около 150 км.

На севере Сибири гнейсы вместе с гранитами, кристаллическими сланцами и известняками выступают на Чукотском п-ове, где биотитовые гнейсы с многочисленными гранитными интрузиями развиты на берегу Берингова пролива от мыса Мартенса до мыса Литке и прорваны молодыми эффузивами. Значительным развитием пользуются гнейсы на Таймырском п-ове и в бассейне р. Анабара. На Таймырском п-ове гнейсы и кристаллические сланцы залегают по всему побережью от о-ва Скот-Гансена немного восточнее устья Пясины до Таймырской губы и далее на восток; в районе о-ва Таймыра эта свита гнейсов содержит многочисленные интрузии гранитов, может быть частью мезозойских. По данным О. О. Баклунда (1929), среди гнейсов

Таймыра значительным развитием пользуются гранато-корднеритовые, гранато-биотитовые, гранато-ставролитовые и биотитовые разновидности, на ряду с которыми присутствуют самые разнообразные кристаллические сланцы, филлиты и роговики. Докембрий в Анабарском массиве (Рожков и др., 1934) развит на площади в 60 тыс. км², причем основными породами докембрия, занимающими до 70% всей площади массива, являются плагиоклазо-пироксеновые гнейсы, дающие все переходы от гиперстеновых до плагиоклазовых гнейсов. Значительно меньшим развитием пользуются здесь микроклиновые и биотит-гранатовые гнейсы; последние генетически связаны с гранулитами — светлыми мелкозернистыми сланцеватыми породами, состоящими из кварца, плагиоклаза, гранита и калиевого полевого шпата с примесью биотита, пироксена и амфибола. Докембрий Анабара имеет большое сходство с докембрийскими толщами Алданской плиты, описанными выше.

Вне указанных районов, в других частях СССР — на Кавказе, Урале, в большей части Средней Азии и в Крыму — гнейсы либо вовсе не встречаются, либо имеют подчиненное значение среди изверженных пород и кристаллических сланцев и потому здесь не отмечаются.

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ГНЕЙСОВ

Единственной областью применения гнейсов как породы является строительное дело, где гнейсы, однако, имеют менее важное значение, чем породы изверженные или осадочные. Гнейсы применяются лишь как материал для щебня и отчасти плитняка. При этом более мелкозернистые разновидности являются, очевидно, более прочными и однородными, чем крупнозернистые и грубополосчатые.

Для практических целей при разделении гнейсов может быть применена та же классификация, что и для изверженных пород:

	Величина зерен
Плотные	< 2 мм
Мелкозернистые	2—3 »
Среднезернистые	3—5 »
Грубозернистые	5—10 »
Крупнозернистые	10—20 »

Если статистика мировой добычи строительного камня вообще чрезвычайно неполна и отрывочна, то добыча гнейсов и вовсе не отражена в статистических данных, и лишь по косвенным данным можно судить, что, например, в США кристаллические сланцы составляют всего 3.8% среди всей добычи строительного камня, причем большая часть этой добычи относится к кровельным сланцам, а не к гнейсам; последние же часто учитываются вместе с гранитами.

Для сравнения механических свойств ниже приводится временное сопротивление раздавливанию гнейса, гранита и габбро (в кг/см²):

	Гранит	Гнейс	Габбро
Слабые	600—900	480	1000
Средние	1000—1500	1200	2000
Прочные	1600—2400	2260	2000

В США принято следующее разделение камня на категории по временному сопротивлению на раздавливание:

Удовлетворительный	700—1050 кг/см ²
Хороший	1050—1260 »
Очень хороший	1260—1400 »
Превосходный	выше 1400 »

Механические свойства гнейсов месторождений СССР, как стройматериалов, приведены в табл. 2, 3, и 4.

ТАБЛИЦА 3

Механические и физические свойства гнейсов месторождений СССР
(по А. Н. Гейслеру)

Месторождение	Состояние образца	Временное сопротивление раздавливанию, в кг/см ²	Уд. вес	Насыщение, в вес. %	Проба на замораживание
Выемка 283. Уфа, жел. дор. им. В. В. Куйбышева	Сухой	2368	2.62	—	—
Хут. Кендино Липинского района Винницкой обл.	Сухой	1421	2.62	—	—
	Насыщ.	1352	—	0.2	положит. результ.
Село Губино Житомирской обл.	Сухой	1881	2.73	—	—
	Насыщ.	1146	—	0.3	положит. результ.
Днепровские пороги	Сухой	1842	—	—	—

ТАБЛИЦА 4
Механические и физические свойства
(по материалам испытания в лаборатории б. Пе)

Лаборат. №	Порода	Месторождение	Объемный вес
А. Дальний			
39	Гнейсо-гранит	Левый берег р. Тымка, в 6 км выше устья р. Десс (месторождение № 21)	2.64
43	Бiotитовый гнейсо-гранит	Туран-перевал, у пикета № 241 близ трассы	2.60
47	Гранито-гнейс	Туран-перевал, в 1 км от пикета № 373	2.62
54	Гранито-гнейс	Туран-перевал, у пикета № 438	2.61
62	Гнейс биотитовый	Река Зея, в 1 км от трассы	2.75
66	Гнейс роговообманковый	Река Ухан, левый берег	2.65
87	Гранито-гнейс	Правый берег р. Нимона, выше р. Б. Аимки, возле пикета № 350	2.62
88	Гнейс	Месторождение не указано	2.62
97	Гранито-гнейс	Река Ден, пикет № 237	2.59
112	Гнейс биотитовый	Месторождение не указано	2.76
Б. Северные			
—	Гранито-гнейс	Карьер у ст. Немь Кировской ж. д.	2.66
—	»	Там же	—
—	»	Кольский п-ов	—
—	Гнейс	Река Нива	2.66
—	»	» »	—

Данные этих испытаний показывают, что гнейсы являются не худшим материалом по своим показателям, чем граниты, имеющие среднюю величину сопротивления раздавливанию 1000—2400 кг/см², и вполне могут быть использованы, при условии учета того обстоятельства, что временное сопротивление на излом у слоистых пород параллельно сланцеватости в 1.5—2 раза меньше, чем в перпендикулярном направлении. В то же время сланцеватость гнейсов дает ряд преимуществ при замощении дорог и при бутовой кладке.

4. ДОБЫЧА И ПЕРЕРАБОТКА

Разработка гнейсов, как и другого строительного камня, ведется исключительно открытыми работами с применением взрывных работ и последующей переработкой камня, в зависимости от назначения. Главное применение гнейсы имеют как щебень и бутовый камень; некоторые гнейсо-граниты или гранито-гнейсы более массивного сложения подвергаются при использовании их как облицовочного камня той же обработке, как и граниты (см. Гранит).

Для производства щебня употребляются, главным образом, дробилки и грохота, в результате работы которых получается чистый и отсортированный щебень. Для характеристики распределения расходов (в дол-

ЦА 4

ства гнейсов месторождений СССР
топографического института Академии Наук)

Временное сопротивление сжатию, в кг/см ²			Водопоглощение, в %	Потери прочности, в %		Временное сопротивл. излому, в кг/см ²		Примечания
Сухих	Водонасыщенных	После 15-кратного замораживания		Водонасыщенных	После замораживания	⊥ слоистости	слоистости	
Восток								
2771	1996	1755	0.29	27.97	36.67	—	—	Для сухого: давился ⊥ слоистости; не разруш. Для отдельности — полное разрушение Давился по ⊥ и отдельностям
1875	1592	—	0.47	15.09	—	—	—	
2010	1849	1583	0.40	8.01	21.19	—	—	
2045	2199	—	0.33	—	—	—	—	
1403	1528	1444	0.27	—	—	—	—	
912	1411	904	0.18	—	0.88	—	—	
3936	3391	3475	0.21	13.85	11.71	—	—	
2794	2412	2811	0.09	13.67	—	—	—	
1349	—	—	—	—	—	—	—	
1609	1422	1275	0.12	11.26	20.76	—	—	
районы СССР								
2375	2616	—	0.06	—	—	243	—	⊥ слоистости слоистости
2505	2798	—	—	—	—	1.52	—	
3099	2782	2617	—	—	—	292	—	Потеря при истирании (в г/см ²) — 0.178—0.203
2871	3298	2761	0.03	—	—	257	197	
3241	2870	3069	—	10.39	15.55	256	156	

ларах на 1 т) по приготовлению щебня приводим данные по 23 американским каменоломням (Гейслер, 1928):

Вскрыша обходится	0.0022—0.0873
Взрывчатые вещества	0.0227—0.1389

На 0.5 кг динамита приходится в среднем 6 т камня

Погрузка породы в вагонетки — ручная	0.10—0.20
Работа механическим ковшом	0.04—0.09
Доставка к дробилкам: электрическая	0.0229—0.0382
паровая	0.0645
конная	0.1506

Дробление	0.050—0.3412

Дробление для щебня доводится до размеров 0.75—3 см.

В Германии дробление щебня для шоссежных работ ручным способом в 1926 г. обходилось 0.22 долл. за 1 час работы. Кроме щебня, гнейсы могут быть использованы в крупных глыбах для навалки дамб железнодорожных насыпей, волноломов и также в виде бута — для фундаментов и строений грубой кладки. Реже используется гнейс для мощения и для тротуарных плит.

Поступило 20 . X . 1939 г.

Б. М. Куплетский

ЛИТЕРАТУРА

- Б а н л у н д О. О. Кристаллические породы с северного побережья Сибири, II. Кристаллические породы Таймыра. Зап. Акад. Наук, сер. 8, 1929, 21, № 7.
- Г е й с л е р А. Н., Строительные материалы. Сб. Нерудные ископаемые, т. 4. Лг., изд. Акад. Наук, 1928.
- Г е й с л е р А. Н., Б е л я н и н Д. С. и др. Карта месторождений каменных строительных материалов. Мат. Ком. по изуч. ест. произв. сил Акад. Наук, 1925, № 54.
- К р ы н и н Д. Рационализация карьерного каменного хозяйства. Поверхн. и недра, 1926, 4, № 4.
- Л у ч и ц к и й В. И. и Л е б е д е в П. И. Петрография Украины. Лг., изд. Акад. Наук, 1934, 21.
- О б р у ч е в В. А. Геология Сибири. Нем. изд., Берлин, 1926.
- О с м о л о в с к и й М. Гранит, диабаз, габбро, порфирит в Карелии. Справ. Полезн. ископ. Ленингр. обл. и Карел. АССР, ч. 2, 1933, 54—87.
- П о л к а н о в А. А. Геолого-петрологический очерк северо-западной части Кольского полуострова. Ч. 1. Лг.—М., изд. Акад. Наук, 1935.
- Р о ж н о в Б. и др. К геологии Анадырского докембрия и окружающего его нижнего палеозоя. Бюлл. Моск. общ. испыт. природы, отд. геол., 1934, 12 (4).
- Т и м о ф е е в В. М. Петрография Карелии. Лг., изд. Акад. Наук, 1935.
- Т и м о ф е е в В. и К у п л е т с к и й Б. Строительные материалы Северо-Западной области. Изд. НТО ВСНХ, 1926.

ГОРНЫЙ ХРУСТАЛЬ И ДЫМЧАТЫЙ КВАРЦ

Rock crystal, smoky quartz (англ.). Crystal de roche, quartz enfumé (франц.). Bergkristall, Rauchquarz (нем.)

1. МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Низкотемпературная β -модификация кварца называется горным хрусталем, в том случае, когда он встречается в виде ясно образованных кристаллов. Строгого разграничения понятий кварц и горный хрусталь не существует. В минералогии принято называть горным хрусталем прозрачные и бесцветные кристаллы кварца; в том же смысле этот термин употребляется в гранильно-ювелирном деле. С другой стороны, во всей огромной радиотехнической литературе и в работах физического характера, явно относящихся к «горному хрусталу», это название никогда не встречается, а всегда употребляется термин кварц. Дымчатым кварцем, морионом, аметистом и цитрином называются окрашенные разновидности горного хрусталя (см. раздел Цвет, стр. 12). Поскольку в отношении других физических свойств дымчатый кварц, цитрин и морион тождественны с горным хрусталем, мы рассматриваем их месторождения и области применения совместно. Разделять их нерационально, хотя бы по той причине, что в одном и том же кристалле на ряду с бесцветными часто встречаются окрашенные участки.

По своей *симметрии* кристаллы горного хрусталя относятся к тригонально-трапецедрическому (L^3L^2) виду тригональной сингонии. Из весьма большого (около 60) числа простых форм, найденных на кристаллах горного хрусталя из различных месторождений, чаще всего присутствуют следующие: гексагональная призма m ($10\bar{1}0$), основной (положительный) ромбоэдр r ($10\bar{1}1$), второй (отрицательный) ромбоэдр z ($1\bar{1}01$), тригональные дипирамиды s — правая ($11\bar{2}1$) и левая ($2\bar{1}\bar{1}1$) — и положительные тригональные трапецеэдры x — правый ($\bar{5}161$) и левый ($6\bar{1}51$). Значительно реже наблюдаются тригональные призмы a , также правая ($11\bar{2}0$) и левая ($2\bar{1}\bar{1}0$). Отсутствие плоскостей симметрии и центра инверсии обуславливает возможность образования правых и левых кристаллов, на которых развиваются соответствующие энантиоморфные простые формы. На фиг. 1 показан кристалл горного хрусталя в идеальном развитии. Чтобы быстро отличить правый кристалл от левого, ставят ось Z вертикально и поворачивают одну из граней призмы к себе так, чтобы грани x и s оказались сверху. Если при этом они будут срезать правые верхние углы грани призмы, то кристалл правый, если левые — левый.

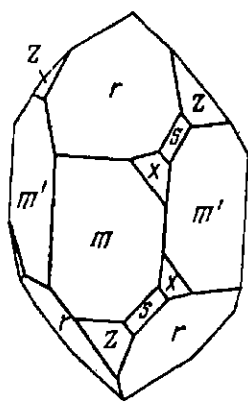
Главнейшие двугранные углы горного хрусталя следующие:

$$\begin{aligned}mr &= 35^\circ 13'; rr' = 85^\circ 46'; rz = 46^\circ 16'; as = 24^\circ 27', \\mx &= 12^\circ 01'; ms = 37^\circ 58'; mz = 66^\circ 52'; rs = 28^\circ 54'.$$

Принимая ромбоэдр r за единичную грань, получим $a : c = 1 : 1.1000$.

Координатные оси при установке кристаллов выбираются различными способами. В одном случае (обычная установка по Браве) направление

оси третьего порядка берется за ось Z и направление осей второго порядка — за X , Y и U . В этой установке грани получают вышеприведенные символы.



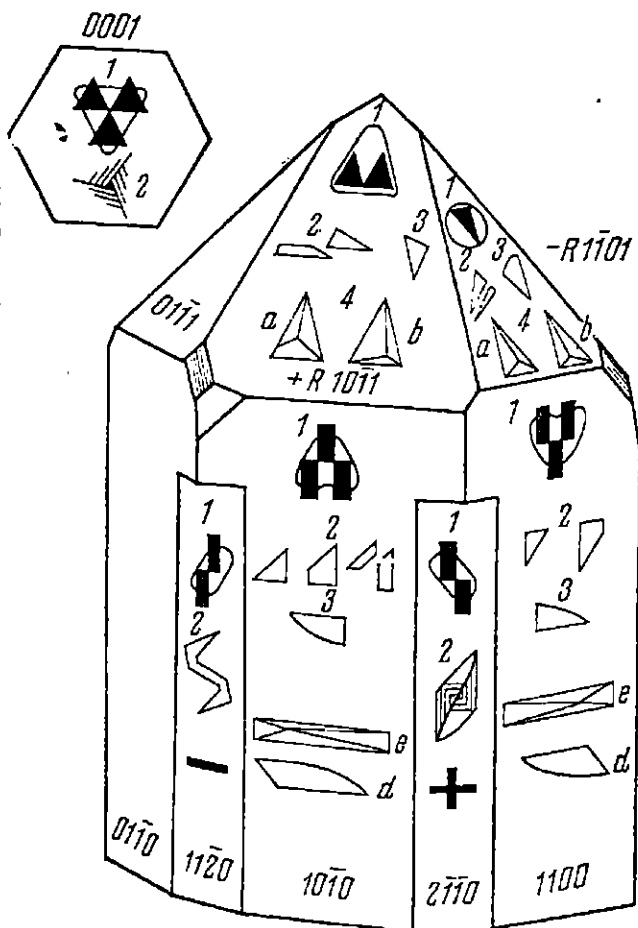
Фиг. 1. Кристалл горного хрусталя в идеальном развитии.

При втором способе (по Миллеру) установка делается на три оси координат, за которые принимаются три ребра между гранями основного ромбоэдра $r:r'$; $r':r''$ и $r'':r$. Угол между осями $\alpha = 93^\circ 57'$. В этом случае грани получают следующие символы: $r(100)$, $z(2\bar{1}2)$, $m(2\bar{1}\bar{1})$, $x(4\bar{1}\bar{2})$ и $(4\bar{2}\bar{1})$, $s(4\bar{1}\bar{2})$ и $(4\bar{2}\bar{1})$, $a(\bar{1}10)$ и $(1\bar{1}0)$.

Облик кристаллов горного хрусталя сильно меняется в зависимости от температурных условий его образования. Указанные выше комбинации свойственны кристаллам, образовавшимся при низкой температуре, около 250° . При 300° грани обоих ромбоэдров r и z получают примерно равное развитие. Выше ($\approx 360^\circ$) трапецоэдры и дипирамиды обычно не образуются, и облик кристаллов можно представить схематически в виде $m > r > z$.

Наконец, кристаллы α -кварца, образовавшиеся выше 573° , представляют собой комбинацию гексагональной дипирамиды с подчиненной призмой $(10\bar{1}0)$. Последняя может вовсе отсутствовать. Такие кристаллы являются параморфозами β -кварца по гексагональному α -кварцу, так как последний ниже точки перехода (573°) неустойчив.

Скульптура граней различных простых форм горного хрусталя имеет свои специфические особенности. Грани обоих ромбоэдров r и z весьма резко отличаются друг от друга. Скульптура поверхности у первого из них всегда гораздо более грубая, что особенно резко заметно, если рассматривать эти грани в сильную лупу. На гранях r обычно наблюдаются вицинальные пирамиды, имеющие в контуре вид равнобедренных треугольников (фиг. 2), неравный угол которых ребром пирамиды делится на две части. От этого ребра идут ребра к двум другим вершинам треугольника, причем эти два ребра образуют между собой угол (γ), весьма постоянный не только для данного кристалла, но и для других образцов из того же месторождения. Величина этого угла дает возможность различать два типа кристаллов: у первого (фиг. 2, а) угол γ близок к прямому, у второго (фиг. 2, б) он сильно тупой. Замечено, что кристаллы первого типа имеют более высокую температуру образования. По внешнему виду вицинальных пирамид можно отличать правые кристаллы от левых. Поверхность граней второго ромбоэдра значительно более ровная и гладкая. Грани призмы почти всегда характеризуются присутствием горизонтальной штриховки,



Фиг. 2. Схематическое изображение фигур удара, травления и роста на различных гранях горного хрусталя (индексы даны для левой системы координат):

1 — фигуры удара и механические двойники; 2 — искусственные фигуры травления HF; 3 — естественные фигуры травления, они же фигуры травления щелочами; а, б, в — фигуры роста; d — то же для кристаллов с Полярного Урала. (По Г. Г. Леммлейну.)

в которой штрихи идут параллельно ребру грани призмы с ромбоэдром r или z . Штриховка вызывается ступеньками, образованными узкими полосками граней очень острых ромбоэдров.

Фигуры травления также весьма характерны для различных граней горного хрусталя (фиг. 2); их расположение и форма также дают возможность отличать правые кристаллы от левых.

Двойники. Горный хрусталь обладает ярко выраженной склонностью к образованию двойников. Установлен ряд случаев двойникования по различным законам. Важнейшие из них следующие:

А. Двойники с параллельными главными осями:

1. Двойники по дофинеysкому закону: два правых или два левых кристалла срastаются друг с другом так, что один повернут относительно другого на 180° около главной оси. При полном прорастании (и идеальном развитии) получается псевдосимметричный кристалл вида L^66L^2 (фиг. 3). Границы обоих индивидов (швы) в этом случае причудливо искривлены и перепутаны, что может быть обнаружено травлением плавиковой кислотой (см. ниже).

2. Двойники по бразильскому закону: правый и левый кристаллы срastаются так, что двойниковая плоскость параллельна L^3 и грани призмы m . Эти двойники встречаются значительно реже дофинеysких, причем полного прорастания почти никогда не наблюдается. Швы обычно прямолинейны.

3. Очень редко встречаются двойники, в которых правый и левый кристаллы расположены симметрично относительно плоскости, параллельной оптической и электрической осям.

Б. Двойники с непараллельными главными осями:

1. Двойники по японскому закону: плоскость срastания $(11\bar{2}2)$; угол между осями $= 84^\circ 33'$.

2. Двойники Самшильдо (закон Леммлейна): угол между осями $= 30^\circ 44'$; поворот по нормали к плоскости срastания $(10\bar{1}1) = 39^\circ 18'$.

3. Двойники по закону Эстерель: угол между осями $= 103^\circ 34'$ ($76^\circ 26'$); поворот по нормали к плоскости срastания $(10\bar{1}1) = 180^\circ$.

А. В. Шубников различает пять возможных случаев возникновения двойников:

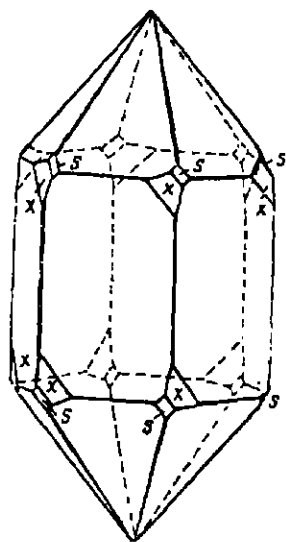
1. Путем действительного срastания весьма малых готовых кристаллов при их случайном соприкосновении во время роста (двойники с непараллельными L^3).

2. Путем параллельного наложения молекул на зародышевый двойник, возникающий из двух или нескольких молекул, сросшихся в двойниковом положении (японский закон).

3. Путем отложения на готовом большом кристалле молекул в двойниковом положении (бразильские двойники).

4. При переходе из одной кристаллической модификации в другую. В данном случае при переходе α -кварца в β -кварц образуются дофинеysкие двойники. Это было доказано опытным путем и, повидимому, происходит в широком масштабе в природной обстановке. Проводя опыт в особых условиях, можно добиться, хотя бы частично, обратного перехода от дофинеysкого двойника в монокристалл.

5. Под влиянием механических воздействий. Механические двойники образуются при плавном нажиме стальным шариком на поверхность горного хрусталя. Нагрузка увеличивается постепенно и доводится до 50—1500 кг. При этом наряду с трещинами происходит перскидывание некоторых областей решетки в двойниковое положение, которое может быть обнару-

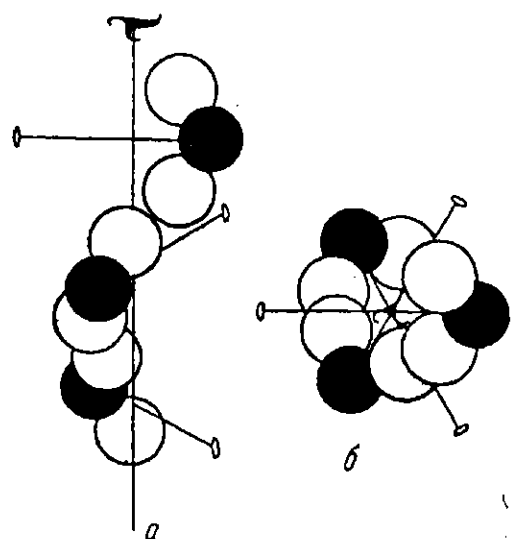


Фиг. 3. Дофинеysкий двойник в идеальном развитии.

жено после шлифовки и травления плавиковой кислотой. Двойники образуются исключительно по дофинеysкому закону, и их очертания имеют разную форму на различных гранях (фиг. 2, 1). Возникая в точке нажима, они распространяются в глубину и в стороны на несколько миллиметров.

Помимо двойников, в горном хрустале наблюдаются параморфозы, т. е. образования одной кристаллической модификации по другой. Поскольку α -кварц неустойчив при температурах ниже 573° и обладает иной симметрией (вид L^6L^2), постольку все кристаллы, образовавшиеся выше 573° , следует считать параморфозами β -кварца по α -кварцу.

Внутреннее строение горного хрустала. Рентгенографически установлено расположение атомов кремния и кислорода в ячейке горного хрустала, а также размеры последней. При гексагональной установке $a = 4.90 \text{ \AA}$, $c = 5.39 \text{ \AA}$, каждый атом кремния находится в центре почти правильного тетраэдра, вершины которого заняты атомами кислорода (фиг. 4). Расстоя-



Фиг. 4. Схема структуры горного хрустала: а — сбоку, б — сверху; черные кружки — атомы кремния, светлые — атомы кислорода.

ния Si—O очень близки (1.61; 1.62; 1.60; 1.62 $\text{\AA}$). То же относится к расстояниям O—O (2.62; 2.64; 2.67; 2.64 $\text{\AA}$). Главнейшими осями переносов являются для структуры горного хрустала направления осей симметрии третьего порядка (5.39 $\text{\AA}$) и второго порядка (4.90 $\text{\AA}$). Характерными являются винтовые оси третьего порядка. Иных элементов симметрии в структуре горного хрустала нет, поэтому правая разновидность получает (по Шенфлису) обозначение D_3^4 (интернациональное обозначение $C_{31}21$), левая — D_3^6 ($C_{32}21$).

Плотность горного хрустала обычно принимается равной 2.65. С изменением температуры она колеблется от 2.665 при -250° до 2.554 при точке перехода в α -модификацию.

Цвет. Чистый горный хрусталь бесцветен. Примеси мелких кристалликов дру-

гих минералов могут придавать ему различную окраску: рутил — голубую; хлорит или актинолит — зеленую; окись железа — желтую; Mn-силикат — розовую; гематит — красную; углистые частицы — черную. Наибольший интерес представляет дымчатая окраска горного хрустала, вызываемая, повидимому, коллоидальными частицами атомарного кремния, выбитыми из решетки жесткими лучами. Возможно, что источником этих лучей являются частицы тонкодисперсных радиоактивных минералов, захваченных кристаллами горного хрустала во время роста. Нагревание до 300° вызывает обесцвечивание, а облучение γ - или жесткими X-лучами вновь возвращает окраску.

Спектры поглощения природных дымчатых кристаллов и искусственно окрашенных облучением — идентичны. Густота природной дымчатой окраски возрастает от основания к головке кристалла; она колеблется от слегка дымчатой до весьма интенсивной, делающей кристалл почти непрозрачным (морион).

Кристаллы, имеющие фиолетовую окраску различных оттенков, получили название аметистов (см. том I); лимонножелтые называются цитринами.

Объемный коэффициент расширения $\alpha = \frac{dv}{dt} \cdot \frac{1}{V}$ сильно изменяется в зависимости от температуры, как видно из следующих данных:

Температура	-200°	0°	$+200^\circ$	$+550^\circ$
$\alpha \cdot 10^6$	12.0	33.6	46.6	141.0

Твердость по шкале Мооса равна 7.

Спайность выражена слабо. Яснее всего она наблюдается параллельно граням ромбоэдров r и x , хуже — параллельно призме m и совсем трудно — параллельно пинакоиду c . Однако, форма и характер поверхности получаемых сколов резко индивидуальны для всех указанных случаев. Этим можно пользоваться для приближенной ориентировки потерявших естественную огранку кристаллов (галек) и кусков горного хрусталя.

Весьма характерны фигуры удара, имеющие свою особую форму на гранях различных простых форм. Для получения этих фигур на заранее подшлифованную поверхность бросается стальной шарик 10 мм в диаметре с высоты в 1 м. Получающиеся трещины имеют глубину около 2 мм и коническую или пирамидальную форму, определенным образом расположенную относительно элементов симметрии кристалла. Это дает возможность найти направление осей L^2 на блоках, вырезанных перпендикулярно главной оси (см. ниже).

По своим *оптическим свойствам* горный хрусталь относится к одноосным положительным кристаллам и имеет незначительное двупреломление. В табл. 1 даны показатели преломления для обыкновенного (n_o) и необыкновенного (n_e) лучей и величина двупреломления ($n_e - n_o$) — для волн различной длины.

ТАБЛИЦА 1

Показатели преломления и величина двупреломления

$\lambda_{\text{мк}}$	n_o	n_e	$n_e - n_o$
200	1.64943	1.66237	0.01294
300	1.57709	1.58836	0.01129
400	1.55774	1.56731	0.00957
500	1.54878	1.55805	0.00927
589.29 (Na)	1.544246	1.553355	0.009109
600	1.54385	1.55295	0.00910
700	1.54067	1.54966	0.00899
800	1.53838	1.54729	0.00891

Следует еще отметить две весьма важные в практическом отношении особенности кристаллов горного хрусталя: 1) способность пропускать ультрафиолетовые и инфракрасные лучи и 2) вращать плоскость поляризации.

Удельное вращение α_o , измеренное по направлению оптической оси горного хрусталя при температуре 20°, дает величины, приведенные в табл. 2. Характерно быстрое убывание α_o с увеличением длины волны.

Электрические свойства. Горный хрусталь принадлежит к числу диэлектриков, т. е. плохих проводников электричества. На его электропроводность оказывают сильное влияние температура, ориентировка препарата и его однородность. Так, например, в направлении главной оси электропроводность в сотни раз больше, чем в направлении осей второго порядка. При нагревании препарата она быстро возрастает.

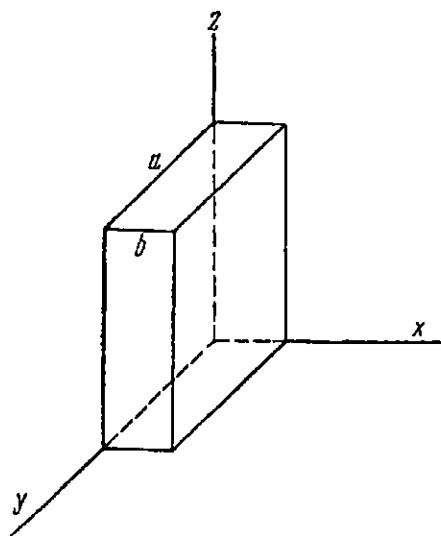
Под влиянием деформаций на поверхности кристалла (или вырезанного из него параллелепипеда) возникают электрические заряды. Они имеют

ТАБЛИЦА 2

Удельное вращение (α_o) по направлению оптической оси горного хрусталя

$\lambda_{\text{мк}}$	α_o	$\lambda_{\text{мк}}$	α_o
185.4	370.9	404.7	48.9
193.0	325.3	491.6	32.0
199.0	295.7	589.3	21.7
219.4	220.7	656.3	17.32
274.7	121.1	1040.0	6.7
341.1	70.6	2140.0	1.6

наибольшую величину по направлению осей второго порядка, которые поэтому называются электрическими осями горного хрусталя (A_1, A_2, A_3).



Фиг. 5. Ориентировка параллелепипеда по осям: электрической X , оптической Z и механической Y .

Если из кристалла вырезать параллелепипед с ребрами, параллельными трем взаимно перпендикулярным осям X, Y и Z , причем за ось X взять одну из электрических осей, а за Z — главную ось (фиг. 5), то при растяжении параллелепипеда вдоль оси X на гранях нормальных к этой оси образуются равные и противоположные по знаку заряды. При отрицательной деформации (сжатии) знаки меняются местами. На других гранях в этом случае никаких зарядов не возникает; величина зарядов (e) не зависит от размеров граней и определяется только растягивающей силой F :

$$e = d_{11} \cdot F_x,$$

где коэффициент $d_{11} = 6.4 \cdot 10^{-8}$, если F_x выразить в динах и e — в абсолютных электростатических единицах (CGSE).

Если растяжение направлено по оси Y , то заряды возникают на тех же гранях, что и в предыдущем случае, но здесь 1) знаки будут обратные и 2) величина заряда зависит от размеров параллелепипеда:

$$-e = d_{11} \cdot \frac{b}{a} \cdot F_y,$$

или

$$-e = d \frac{b \cdot c}{a \cdot c} \cdot F_y$$

Деформация, направленная вдоль оси Z , не вызывает электризации.

Описанное явление возникновения электрической поляризации (зарядов) под влиянием деформации получило название прямого пьезоэлектрического эффекта.

Деформация кристалла, возникшая вследствие внесения его в электрическое поле, является результатом обратного пьезоэлектрического эффекта.

Поступило 27 . XI . 1939 г.

Е. Е. Флинт

2. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГОРНОГО ХРУСТАЛЯ И ДЫМЧАТОГО КВАРЦА ЗА ГРАНИЦЕЙ

Кварц — один из самых распространенных минералов. Однако, как кристаллосырье, пригодное для технических целей, он образуется в исключительных и специфических условиях. Отсюда его редкость и высокая ценность. Два основных требования к техническому горному хрусталу: 1) бесупречность строения и 2) достаточные размеры кристаллов — определяют круг генетических процессов, в которых кварц может образоваться в виде кристаллосырья. Рост кристаллов должен был происходить в большом свободном пространстве; во время кристаллизации и после образования кристаллы не должны были подвергаться сколько-нибудь значительным механическим воздействиям. Из всего многообразия геологических обстановок, в которых кристаллизуется кварц, эти условия осуществляются только в двух минералогенетических формациях: 1) в пегматитовых жилах (в фазы D—H, по А. Е. Ферсману) и связанных с ними кварцевых жилах и 2) в гидротермальных жилах альпийского типа.

О кристаллизации кварца в пегматитовых жилах см. описание месторождений Воьлини.

Месторождения в жилах альпийского типа в Швейцарских Альпах, Тироле и Франции. Месторождения Альп, в течение многих веков питавшие камнерезные мастерские Европы, принадлежат к своеобразному типу жильных формаций, получившему название «альпийских жил». Геологически они приурочены к гранитам, ортогнейсам и парасланцам и образовались в эпизоне метаморфизма, в результате заполнения трещин разрыва в последние фазы затухающей тектонической жизни Альп.

Жилы имеют линзообразную форму, как правило, секут породы вкрест простирания и залегают обычно почти горизонтально, т. е. развиваются чаще в области круто поднятых слоев. Линзы достигают размеров $2 \times 15 \times 30$ м и часто дают пустоты — «хрустальные погреба», со стен которых растут крупные кристаллы кварца. Порода около жилы обычно несколько изменена, осветлена. В первоначальные фазы заполнения трещины, совпадающие с периодом ее открытия, отлагались большие массы плотного, крупнокристаллического кварца, мутного и трещиноватого. Позже, когда трещина остается еще зияющей, на этой кварцевой кайме и со стенок трещины в свободное пространство нарастают многочисленные кристаллы чистого горного хрусталя или дымчатого кварца в сопровождении небольших количеств разнообразных минералов, составляющих типичный «альпийский» парагенез. Внешний вид кристаллов всех минералов носит своеобразный отпечаток «альпийского» габитуса. По теории И. Кенигсбергера (Koenigsberger, 1925), материал, отлагающийся в трещинах, извлекался ювенильными (телемагматическими) горячими углекислыми водами из окружающих пород. Поэтому каждому типу пород отвечает свой специфический комплекс заполнявших трещину минералов. Крупное выделение кварца характерно для трещин в гранитах и гнейсах и кварцево-хлоритовых сланцах. Последовательность выделения минералов обычно во всех жилах одна и та же. Из обычно присутствующих минералов первыми выкристаллизовывались кварц и адуляр, позже — рутил, анатаз, бруксит, апатит и, обычно, последними — хлорит и кальцит, в некоторых случаях — еще цеолиты.

Температура кристаллизации всех минералов в жиле лежит в пределах от 450° до $200-150^\circ$.

Прозрачные кристаллы в больших погребах иногда достигают очень больших размеров. Так, в хрустальном погребе, найденном в 1867 г. близ Галеншток на Тифенглетчере, были добыты ныне хранящиеся в Бернском музее кристаллы, получившие даже собственные имена: «Гросфатер» — 133,5 кг, 69 см длины и 122 см в окружности; «Кениг» — 127,5 кг, 87 см длины и 100 см в окружности; «Толстый Карл» — 105 кг, 68 см длины и 110 см в окружности.

Несмотря на довольно большую чистоту кристаллов хрусталя и дымчатого кварца из альпийских жил Швейцарии, они часто обнаруживают мозаичное строение, свилеватость и сильную сдвойникованность по дофинейскому закону, что препятствует широкому применению кристаллов для технических целей. Чрезвычайно характерны для альпийских жил винтообразно скрученные кристаллы, сильно удлиненные по одной оси a .

Постоянно работающих месторождений кварца в Альпах нет. Старатели — «штралеры» — изредка находят на больших высотах по соседству с ледниками хрустальные погреба, откуда в настоящее время sporadически добывается почти исключительно чисто минералогический музейный материал. Известны находки в районе гранитов Сен-Готарда, в Бернском Оберланде, Гримзеле, Граубюндене, в кантонах Ури и Валлис и во многих других местах Альп, Тироля и Савойи.

Месторождения в пегматитовых и кварцевых жилах на о-ве Мадагаскаре. До французской оккупации Мадагаскара горный хрусталь и дымчатый

кварц собирались с поверхности из аллювиальных и элювиальных россыпей в центральном кристаллическом массиве вдоль всей северо-восточной части острова от Вогемар до Механоро. Метаморфическая серия пород центрального массива, названная А. Лакруа (Lacroix, 1922) сланцо-кварцито-известняковой, относится к карбону или верхнему девону. В эту же эпоху происходили и орогенические движения, смявшие эту серию. Кристаллические сланцы, часто поставленные почти вертикально, образуют крутые, прижатые одна к другой или опрокинутые складки. Слюдяные сланцы богаты алюминиевыми минералами: гранатом, силлиманитом, дистеном, ставролитом, лазулитом. Существенную роль играют кварциты, иногда напоминающие гибкие итаколумиты. Иногда кварциты содержат лазулит, силлиманит или дюмортьерит. Известняки и доломиты сильно перекристаллизованы. Вся метаморфическая серия прерывается интрузиями монцонитового гранита, гранодиорита, габбро, норита.

Жилы пегматитов, богатые калиевым полевым шпатом, часто переходят в кварцевые жилы с погребями прозрачных кристаллов хрусталя. Образование жил в эпизооне динамометаморфизма сланцев, возможно во время метаморфизации кварцитов гранитом, по характеру своего генезиса весьма напоминает месторождения кварца в кварцитах серии Итаколумы в Минаж-Жерайж в Бразилии.

В пегматитовых жилах в районе Бетафо встречаются кристаллы бесцветного и дымчатого кварца в парагенезе с альбитом и рубеллитом.

В районе Ампангабе у Миандрариво гнейсы и кристаллические сланцы пересекаются многочисленными кварцевыми жилами, для которых отмечается связь с пегматитами. Кристаллы прозрачного кварца в этих жилах достигают гигантских размеров, но они часто лишены геометрических очертаний, так как развивались вплоть до соприкосновения со стенками трещины. В кристаллах часто имеются белые полосы жидких включений. Нередки включения длинных кристаллов эпидота, червячков рипидолита, игл рутила, гематита, мусковита, черных иголок турмалина. Такой парагенез несколько напоминает жилы альпийского типа. Кварц, добываемый отсюда, из-за свилеватости идет больше для целей художественной камнерезной промышленности.

Годный для технических целей кварц более высокого качества добывается почти исключительно из хрустальных погребов, приуроченных к метаморфизованным кварцитам. Эти пустоты располагаются четками и обычно наклонены на $30-80^\circ$ к сланцеватости. Погреба достигают 6 м по наибольшему измерению. Кварц в погребках не сопровождается почти никакими другими минералами.

Кристаллы, обычно отломанные от стенок, лежат в белой или, реже, в железистой глине, заполняющей погреб. Размеры кристаллов — от нескольких сантиметров до нескольких дециметров. Иногда они достигают 60 см по длине и веса в 150 кг.

Хрусталь из месторождений этого типа находят на поверхности земли и в ложах рек в пределах кристаллического массива вдоль всего острова — от Вогемар на севере до Бетрока и далее на юге. Разрабатывающиеся сейчас полукустарным образом коренные месторождения расположены в ряде районов Мадагаскара.

Обычно кристаллы из этих погребов бедны граями. Из 100 кристаллов редко один имеет какие-либо формы, кроме призмы, обычных ромбоэдров и довольно частых острых ромбоэдров. Кристаллы развиты очень правильно. Грань z бывает часто развита одна на кристалле (без граней x) и имеет очень большие размеры. Грани ромбоэдров обычно покрыты криволинейными фигурами роста. Довольно часто встречаются бразильские двойники, которые препятствуют широкому применению кварца Мадагаскара в оптике. Часто наблюдается интенсивное естественное травление кристаллов.

Различные месторождения одного и того же района не всегда дают кварц одинаково хорошего качества. При выработке погребов большинство кристаллов оказывается трещиноватым, и только небольшая доля их прозрачна и годна для оптики, пьезоэлектрических изделий, художественной промышленности и т. п.

Месторождения в пегматитовых и кварцевых жилах Бразилии. В настоящее время месторождения Бразилии дают основное количество горного хрусталя на мировой рынок. Кварц добывается в штатах Минаж-Жераиш, Гойаж, Байя и Сан-Паулу. Все месторождения горного хрусталя приурочены к песчаникам, кварцитам, филлитам, гибким кварцево-слюдистым итаколумитам, составляющим так называемую серию Итаколумы среднеальгонкского возраста. Песчаники и кварциты часто сохранили волноприбойные знаки, хотя все породы свиты в той или иной степени претерпели эпиметаморфизм. Породы серии Итаколумы в эпоху гуронского диастрофизма были смяты в пологие складки с преимущественным простиранием, близким к меридиональному, которому отвечает и направление хребтов. В это же время они были прорваны гранитами, пегматитами, диабазами, дудками алмазносных пород. Для белых кварцитов, в которых встречаются, главным образом, жилы с хрусталем, кроме кварца, характерен полевой шпат как кластический материал и слюда или серицит, от количества которых зависит твердость или пластичность породы. В качестве метаморфических минералов в песчаниках встречаются гранат, дистен, турмалин, кианит, рутил, мартит, пирит.

На контакте с пегматитовыми жилами песчаники становятся гибкими от выделения слюды и серицита, в то время как на контакте с жилами кварца порода, напротив, гиперсилифицирована.

В настоящее время наибольшее количество хрусталя добывается в месторождениях на восточных склонах Серра ду Кабраль в штате Минаж-Жераиш, которые по существу являются основным источником высокосортного хрусталя для мирового рынка. Кварциты здесь залегают полого, образуя поперек платообразного хребта две большие складки. По наблюдениям Б. Фрейберга, месторождения хрусталя неизменно приурочены к оси седловины и отсутствуют в мульде. Хотя образование месторождений и не обязательно связано с осевой частью седловины, но здесь, очевидно, условия для их разработки наилучшие. Хрусталеносные жилы, повидимому, очень густо секут кварциты и залегают почти горизонтально. Участки, на которых элювиальные поверхностные слои равномерно обогащены хрусталем, достигают 300 м ширины и 1000 м длины. В штате же Гойаж близ Кристаллины хрусталеносная полоса тянется на 100 км. Более подробных данных о морфологии хрусталеносных кварцевых жил в литературе не имеется. Кроме кварца, в жилах почти нет других минералов: изредка попадаются мелкие кристаллики барита, эпидота, сульфидов.

Кварцево-полевошпатовые пегматиты залегают в тех же песчаниках жилами до 9,5 м мощности. В теле жилы встречаются занорыши, выполненные красной железистой глиной, в которой находят отделившиеся от стенок кристаллы хрусталя. Пегматитовые жилы сильно разрушены интенсивно идущим в условиях тропического климата выветриванием.

Кроме жил с бесцветным горным хрусталем, в тех же районах иногда встречаются жилы с кристаллами дымчатого кварца, цитрина, аметиста, встречаются кристаллы с включениями иголок рутила, турмалина, чешуек слюды.

В штате Гойаж хрусталь добывается из жил в кварцитах той же серии Итаколумы в районе между рр. Сан Маркож и Сан Бартоломео в Серра дож Кристаж, отделяющей Гойаж от Минаж.

Большая часть кристаллов, добываемых из кварцевых жил, оказывается трещиноватой, переполненной жидкими включениями, мутными, и обычно



только незначительная часть, не более 10%, представлена технически пригодным хрусталем, причем почти половину этого прозрачного материала составляют обломки кристаллов. Размеры последних обычно не превышают 10—15 см в поперечнике, однако среди некачественных кристаллов встречаются гиганты весом до 650 кг. Габитус кристаллов из кварцевых жил очень характерный, резко тригональный с сильным развитием острейших ромбоэдров, заменяющих грани призмы. Часто встречаются кристаллы, на которых чередуются три грани призмы и три грани острейшего ромбоэдра. Характерной и ценной отличительной чертой хрусталя из Бразилии является большая его оптическая однородность, отсутствие мозаичного строения, свилей. Встречаются двойники по бразильскому и дофинейскому законам, но бывают и образцы совершенно монокристалльные.

Месторождения в других странах. В США внутренняя потребность в хрустале для производства кварцевого стекла и для камнерезной промышленности удовлетворяется многочисленными месторождениями, имеющими местное значение. В большинстве случаев месторождения представляют собой пегматитовые жилы, кварцевые жилы или жилы альпийского типа. Наиболее известны месторождения в Северной Каролине — в районе Честнор Хилл, и в Колорадо — в районе гранитов Пайкс-Пик и возле горы Антеро.

В Африке поиски и пробная добыча хрусталя ведутся во Французской Экваториальной Африке в Убанги-Хари, в Танганайке и в Уганде, где кварцевые линзообразные жилы с хрустальными занорышами в метаморфических сланцах и кварцитах сильно напоминают условия месторождений Бразилии и Мадагаскара.

В небольших количествах для целей местной кустарной камнерезной промышленности горный хрусталь добывается в Турции — в Эрзерумском вилайете, в Индии — в Веллуме и близ Дэли.

Ряд довольно значительных месторождений дымчатого кварца разных оттенков и горного хрусталя, связанных с пегматитами, имеется в Монгольской народной республике. Месторождения пегматитов находятся в 40—50 км на восток от Урги на р. Горихо, притоке Толы, впадающей в Селенгу, затем в горах Баия-Улац — на левом берегу р. Керуэлена, в 50—60 км к югу от Дзун-Куреня (120 км от Урги на северо-восток и еще далее на северо-восток у излучины Керуэлена, наконец, севернее Керуэлена, в 20 км на юг от района Адун-Чолонга). Дымчатый кварц и хрусталь в Монголии добывались для кустарного изготовления очковых стекол и других поделок.

В Корее, которая в значительной мере сложена гранитами, гнейсами и кристаллическими сланцами, имеется ряд довольно крупных месторождений дымчатого кварца, связанных с кварцево-полевошпатовыми пегматитовыми жилами, например в Кейшю и Гяюэнри в префектуре Северный Кейшю, откуда добываются, главным образом, морион и хрусталь для местных камнерезных мастерских и для вывоза в Японию.

Месторождения Японии, дававшие в свое время поделочный горный хрусталь и дымчатый кварц, расположены в центральной части о-ва Хонсю в провинциях Мино и Кай. В Мино (по современному административному делению префектура Гифу) в районе гранитов Токи-Гори и Эна-Гори имеется ряд месторождений типичных пегматитовых жил. Наиболее известны Таппиро и Наэги. Вместе с кварцем находятся ортоклаз, альбит, топаз, берилл, хризоберилл, мусковит, циннвальдит, турмалин, монацит и др. В префектуре Яманаси (ранее провинция Кай) в районе гранитов горы Кимпудзан в верховьях долины р. Аракава компактно расположено несколько месторождений, также связанных с пегматитовыми жилами, повидимому кристаллизовавшимся в более холодную фазу, чем в Мино. Кроме полевых шпатов и слюды, характерно присутствие рудных минералов. Кристаллы бесцветного горного хрусталя сильно вытянуты по оси *c*, тригонального габитуса. Ха-

рактарны для месторождений этого типа, к которым относятся Куросава, Отомедзака и Хачиман, двойники с наклонными осями по «японскому» закону.

3. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГОРНОГО ХРУСТАЛЯ И ДЫМЧАТОГО КВАРЦА В СССР

Несмотря на большое число известных по всему Союзу месторождений горного хрусталя и дымчатого кварца, большая часть их остается слабо изученной. В литературе попадаются лишь отрывочные данные о находках горного хрусталя в различных пунктах Союза без достаточного освещения геологии, генезиса и промышленной характеристики. Мало того, под именем горного хрусталя часто фигурирует недостаточно прозрачный кварц, не обладающий качествами, предъявляемыми к техническому кристалло-сырью.

На Урале месторождения горного хрусталя известны, начиная от Полярного Урала до пределов Башкирии. Наиболее хорошо известны и изучены месторождения дымчатого горного хрусталя, который добывался вместе с другими драгоценными камнями.

Месторождения в жилах альпийского типа на Приполярном Урале. В 1929 г. были открыты месторождения горного хрусталя на Приполярном Урале в районе от горы Нёр-ойки до горы Народной. Месторождение связано преимущественно с полосой зеленых кварцево-серицито-хлоритовых сланцев, филлитов и других метаморфических пород. По характеру залегания вкрест простирания пород и неизменному парагенезу сопровождающих минералов — это типичные альпийские жилы. Так же, как и в Альпах, обычно у одной какой-либо стенки трещины, чаще висячей, имеется кайма плотного кварца. Сопровождающие минералы обычно — адуляр, хлорит, рутил, анатаз, брукит, апатит, сфен, карбонаты, реже — эпидот, аксинит, амфибол-асбест, сульфиды. На кристаллах кварца часто остаются следы в виде «надпилов» от растворенных таблитчатых по базису кристаллов кальцита. Так же, как и для Альп, характерно развитие в жилах скрученных кристаллов кварца.

Чистые прозрачные кристаллы иногда достигают многих килограммов весом, а отдельные некачественные кристаллы встречаются весом свыше 1 т.

Несмотря на явное генетическое родство всех жил, в каждой жиле кристаллы носят какой-то свой индивидуальный облик, отличающий их от кристаллов иногда даже соседней жилы. Обычная для кварцев альпийских жил свилеватость, развивающаяся чаще всего в периферических частях кристалла, несколько снижает технические качества приполярно-уральских кварцев. Наиболее известны кристаллы из многочисленных жил горы Сура-из с р. Парнук и из месторождений района горы Нёр-ойки: Патек, Додо, Манья и, в особенности, из хорошо обнаженного участка р. Шуйвы.

Средний Урал. В Верх-Нейвинской, Верхне-Исетской и Шайтанской дачах также намечаются коренные месторождения горного хрусталя в виде кварцевых жил альпийского типа, рассекающих зеленокаменные сланцы, порфириды и туфы; эти месторождения, очевидно, и дали известные в этом районе окатанные гальки. Особенно много материала давали россыпи Невьянска, где галька горного хрусталя добывалась попутно с золотом (Сердовинский, Коневский прииски, россыпи по Нейве и Быньге у Быньговского завода и у самого Невьянска). К югу от Невьянска известны россыпи Верхне-Исетской дачи и особенно Березовские, где прозрачный горный хрусталь встречается вместе с дымчатым хрусталем, генетически связанным с золотоносными кварцевыми жилами.

Южный Урал. В Миасском районе и в районах Каменки и Санарки также находили гальки горного хрусталя при разработке золотых россыпей. Особо заслуживает внимания Мурзинский район, хорошо известный

драгоценными и поделочными камнями. Здесь встречается как дымчатый горный хрусталь, так и бесцветный. Дымчатый горный хрусталь генетически тесно связан с нормальными пегматитовыми жилами, в пустотах которых он часто вместе с полевым шпатом выкристаллизовывается в виде крупных кристаллов.

Многочисленные копи расположены в районе Алабашки, Мурзинки, дер. Сизиковой, Южаковой, Корниловой, Сарапулки, Липовского и Шайтапского. Южным продолжением этой полосы пегматитовых жил являются пегматиты Адуя с дымчатым горным хрусталем.

Месторождения морионов в пегматитах Волыни. В окрестностях с. Писаревская Гута Володарск-Волынского района Житомирской обл. в СССР в 1930—1932 гг. была организована добыча красиво окрашенных вишневато-желтых и голубых топазов из россыпей и разрушенных пегматитов. Оказалось, что попутно находимые крупные кристаллы мориона прекрасно могут быть использованы как пьезокварцевое сырье. В настоящее время основным видом сырья, ради которого разрабатываются элювиальные россыпи и коренные пегматиты Волыни, является уже сам морион, а топаз — побочным продуктом.

Пегматиты генетически связаны с докембрийскими лейкократовыми рапакививидными гранитами так называемого коростеньского типа, окаймляющими полосой шириной в несколько километров большой массив основных пород габбро-лабрадоритовой формации. Геологически эти граниты моложе основного массива. Выделения пегматитов приурочены к зоне контакта гранитных пород коростеньского типа с породами основного массива. Однако, точное проведение контакта очень затрудняют иногда довольно мощные четвертичные наносы, оставляющие обнаженными только ничтожные выходы коренных пород преимущественно на куполовидных вершинах слабо всхолмленной равнины. Форма и строение пегматитовых тел несколько замаскированы позднейшим обрушением занорыпей, брекчированием и интенсивными процессами древнего выветривания. В гранитах широко представлены жильные фации: гранит-порфиры, щелочные аплиты, пегматиты.

Аплитовые тела обычно без резких границ переходят во вмещающие граниты, что свидетельствует о их выделении до полного застывания породы. Кристаллизация различных пегматитовых тел заканчивалась на разных этапах. Иногда она ограничивалась появлением кварцево-полевошпатовых письменных структур, в некоторых случаях они разрастались до гигантобластических образований. Здесь при температуре выше 575° образовывались обычно крупнейшие кристаллы α -кварца. В некоторых случаях кристаллизация жилы на этом и заканчивалась. Но чаще с понижением температуры после $\alpha \rightleftharpoons \beta$ превращения кварца на мелкодвойниковатую параморфозу β -кварца по α -кварцу нарастает кварц (обычно дымчатой окраски) в виде монокристалльных слоев. Это — наиболее продуктивный тип пегматитов, так как вследствие крупных размеров короткостолбчатых кристаллов кварца, разросшихся в предыдущую высокотемпературную фазу, выросшие морионы, естественно, имеют те же размеры, причем число кристаллов не очень велико. Напротив, в пегматитах, у которых кристаллизация начинается после или незадолго до $\alpha \rightleftharpoons \beta$ перехода, образуется много кристаллов кварца, мелких и иногда сильно вытянутых по оси c . Грани кристаллов мориона после некоторого перерыва в росте покрываются тонким слоем бесцветного или аметистового кварца уже гидротермального происхождения. Часто кристаллы бывают оторваны от своего основания, и обычно в результате регенерации эти обломки развиваются в двуконечные кристаллы.

Кроме кварца, в пегматитах выделяются микроклин, ортоклаз, пертиты, адуляр, биотит, мусковит, изредка лепидолит, флюорит, ильменит, молибденит, пирит, иногда попадаются топаз и как особая редкость берилл.

Габитус кристаллов в разных пегматитовых телах несколько отличается друг от друга, главным образом в зависимости от той температурной фазы, в которой происходила кристаллизация. Обычно благодаря очень симметричному развитию дофинейского двойника все шесть углов призмы при вершине кристалла притуплены гранями трапецоэдра, что придает кристаллам гексагональный облик. Наряду с гранями призмы на кристаллах часто развиваются и острые ромбоэдры. Кристаллы иногда достигают очень больших размеров и веса свыше 500 кг; из таких кристаллов удастся выделить крупные монокристалльные участки. Дымчатая окраска, обычно зонарная, появляется начиная от зон, выросших на серый кварц (параморфоза по α -кварцу), усиливается дальше и к последним слоям приобретает глубокую морионовую окраску. Изредка дымчатой окраске предшествует желтая — цитриновая. Слои гидротермального кварца, нарастающие на мориоп, совершенно бесцветны.

Крупные кристаллы мориона и топаза на западном контакте грацитов с основным массивом находились, кроме Писаревки, также на Викторинке, Острони, Александрии, в Теренцах и Дворище, а на восточном контакте — в Гуте Потиевской и Рихте.

Кавказ. В Казбекском районе месторождения горного хрусталя генетически связаны с кварцевыми жилами, приуроченными к так называемым основным сланцам Кавказского хребта. По генезису кварцевые жилы приближаются к типу альпийских жил. Из 20 месторождений горного хрусталя около 15 располагаются в пределах диабазовой формации по западному склону горы Куро и верховьев р. Кистинки. Горный хрусталь обычно вырастает на молочном кварце. Длина кристаллов редко превышает 2—10 см, диаметр поперечного сечения — 4 см; кристаллы мало прозрачны и содержат много жидких включений.

В районе Верхней Сванетии и в Раче месторождения горного хрусталя генетически связаны с тем же комплексом горных пород, что и в Казбекском районе. Наиболее важные месторождения Верхней Сванетии следующие: горы Карет, Цера, Хаскар (вблизи Местии) и др. В Верхней Раче известны месторождения горного хрусталя на горе Шода и Бролис-Мта. По качеству горный хрусталь аналогичен хрусталу из Казбекского района.

Алтай. Прозрачные дымчатые горные хрустали известны из Тигирецких Белков, расположенных в верховьях р. Белой и Ини. Серый и дымчатый кварц встречается здесь вместе с бериллом, турмалином и мопацитом в пегматитовых жилах.

Забайкалье. На р. Ургучан, в 6 км от ее устья и в 3 км к юго-западу от дер. Савватеевой, известны пегматиты с богатым содержанием турмалина, горного хрусталя и дымчатого кварца. Прозрачный дымчатый хрусталь в виде крупных кристаллов, достигающих до 1 т весом, известен в пегматитовых жилах Адун-чилона и Кукусыркена.

Средняя Азия. Месторождения дымчатого горного хрусталя известны из пегматитов по нижнему течению р. Майдап-Тал и его притокам в Таласском Ала-тау. Кристаллы достигают 50 см длины и 10 см ширины. Из этого месторождения интересны прекрасные двойники по японскому закону. В центральном Таджикистане, на южном склоне Гиссарского хребта, в бассейне р. Варзоба, известен ряд пунктов нахождения шпирообразных пегматитов со значительными пустотами, содержащими хорошо ограненный горный хрусталь, иногда в виде кристаллов до 60 см длины. В основной массе он мутный и не пригоден для пьезоизделий.

В высокогорных районах Памира в Барнаваджском ущелье и в ряде других мест разрабатываются хрусталоносные кварцевые жилы, секущие палеозойские кварциты и мраморы. Кварц в жилах почти не сопровождается никакими минералами. Изредка встречаются небольшие количества карбонатов, барита, сульфидов, железной слюдки. Габитус кристаллов резко

тригональный с сильным развитием острейших ромбоэдров; по внешнему виду кристаллы чрезвычайно напоминают кварцы Бразилии, что объясняется несомненным сродством их генезиса. Кристаллы не достигают очень крупных размеров, но зато отличаются исключительной оптической однородностью, отсутствием мозаичности и свилей и обычно незначительной двойниковатостью, вполне допускающей применение их для изготовления высококачественных оптических и пьезоэлектрических препаратов.

Поступило 27 . XI . 1939 г.

Г. Г. Леммлейн

4. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ

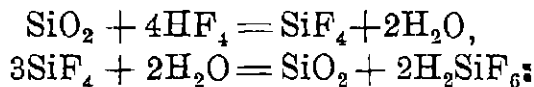
Кроме обычных приемов минералогического изучения (измерение на гониометре), к горному хрусталу применяются методы, обусловливаемые его специфическими особенностями и теми требованиями, которые предъявляются к нему как к техническому кристаллосырью. Применяемый для тех или иных практических целей горный хрусталь должен обладать различными качествами, выявление которых составляет задачу его технического опробования. К таким качествам относятся: 1) монокристалльность, 2) присутствие или отсутствие включений, трещин и других внутренних дефектов (свилей), 3) окраска.

Изучение горного хрусталя как технического сырья ведется в четырех главных направлениях: 1) путем внешнего осмотра, 2) травлением плавиковой кислотой, 3) исследованием оптических свойств и 4) исследованием пьезоэлектрических свойств специальными методами.

Внешний осмотр производится невооруженным глазом или с помощью лупы в проходящем и отраженном свете и дает возможность оценить степень чистоты кристаллов, т. е. констатировать присутствие или отсутствие твердых или жидких включений, трещин, пузырьков и неоднородных областей. По форме и расположению естественных фигур травления и вторичных образований можно отличить правый кристалл от левого, определить характер и степень двойникования, сделать некоторые заключения о физико-химических условиях образования. Для исследования на просвет кристаллы или гальки обычно смачиваются водой или керосином. Если кристалл покрыт непрозрачной рубашкой, ее удаляют шлифовкой с двух противоположных сторон. Темные разновидности (морионы) должны быть предварительно обесцвечены, что достигается осторожным нагревом до 300°.

Определение качества горного хрусталя в полевых условиях может быть проведено при помощи сколов. По виду скола и характеру его поверхности можно сделать заключение о присутствии в кристалле залеченных трещин, свилей и различного рода включений. Это имеет особенно большое значение в случае густоокрашенных образцов, недоступных в полевых условиях для исследования на просвет.

Травление ведется при помощи плавиковой кислоты различной степени концентрации, от 10 до 40—50%. Реакция при этом идет по следующим уравнениям:



Травление дает возможность выявить два сорта горного хрусталя: в первом растворение ограничивается поверхностью, во втором — проникает в образец, который становится непрозрачным и мутным. В последнем случае проникновение плавиковой кислоты в глубь кристалла идет по невидимым невооруженным глазом каналам. Такой горный хрусталь получил название «свилеватого».

Фигуры травления, возникающие от действия плавиковой кислоты, отличаются от естественных и также имеют характерную форму и ориенти-

ровку на гранях различных простых форм (см. фиг. 2 — фигуры травления HF).

Расположение фигур травления на поверхности подшлифованных граней или срезов можно хорошо наблюдать невооруженным глазом в отраженном или проходящем свете. Оно дает возможность установить монокристалльность, а в случае двойников — определить характер и границы двойникования (см. фиг. 6).

Скорость растворения в сильнейшей мере зависит от направления среза. В пластинках, протравленных с одной стороны и отполированных с другой, можно наблюдать явление астеризма в проходящем свете. Применяемый для этого прибор состоит из малого источника света, двух линз и экрана (или



Фиг. 6. Протравленный HF срез на гальке горного хрусталя.

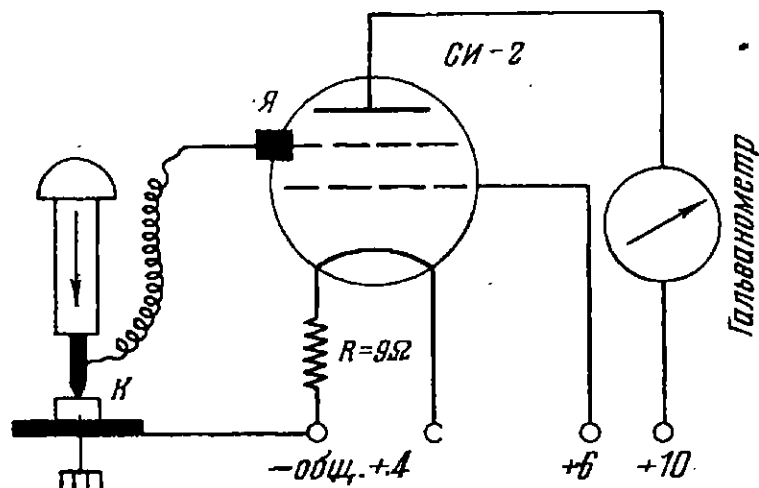
фотопластинки). Препарат помещается либо между, либо за обеими линзами. В обоих случаях свет отклоняется вследствие преломления в гранях микроскопических фигур травления. Лучи, суммируясь, дают на экране, помещенном в главной фокусной плоскости второй линзы, столько пятен, сколько в фигуре травления имеется различно направленных граней. Фигуры астеризма были использованы А. В. Шубниковым и А. де-Грамоном для определения качества и ориентировки препаратов.

Включения, наблюдаемые в горном хрустале, оказывают очень большое влияние на его качество как технического материала. Сюда относятся: 1) прорастания другими минералами, главным образом рутилом, присутствующим в виде столбиков или тончайших игол; 2) газовые пузырьки и включения маточного раствора, захваченные в процессе роста при быстрой кристаллизации; 3) вторичные жидкие включения, часто присутствующие в заделанных трещинах. При наличии включений количество их всегда убывает от корня к головке кристалла, которая обычно бывает самой чистой его частью.

Оптическое исследование дает возможность обнаружить наличие бразильских двойников (дофинейские двойники ведут себя в оптическом отношении как монокристаллы). Кроме того, можно отличить правые и левые кристаллы, проведя в монохроматическом свете испытание на вращение плоскости поляризации. Для того, чтобы погасить правый кристалл, вырезанный нормально к оптической оси, необходимо повернуть анализатор вправо, при левом — влево.

Испытание пьезоэлектрических свойств горного хрусталя проводится методом опыления или при помощи специальных приборов. Опыление (метод Кундта) производится особым порошком, представляющим собой смесь свинцового сурика и серы. Проходя через сетку опылителя, частицы порошка электризуются (сера —, сурик +) и притягиваются (или отталкиваются) теми областями кристалла, на которых возникли заряды вследствие давления.

Из многочисленных специальных приборов, применяемых для выявления и количественной оценки пьезоэффекта, укажем на схему Лапжевена (фиг. 7), состоящую из двухсеточной лампы, миллиамперметра, батареи накала и зонда с острием для нажима на кристалл. Для обнаружения малых пьезоэффектов служат электронные весы де-Грамона; для точных измерений пользуются электрометрами (например, струнным, квадрантным или электрометром Линдемана).



Фиг. 7. Схема прибора для определения полярности:
K — кварц; *Я* — янтарный изолятор; СИ-2 — двухсеточная лампа; *R* — сопротивление.

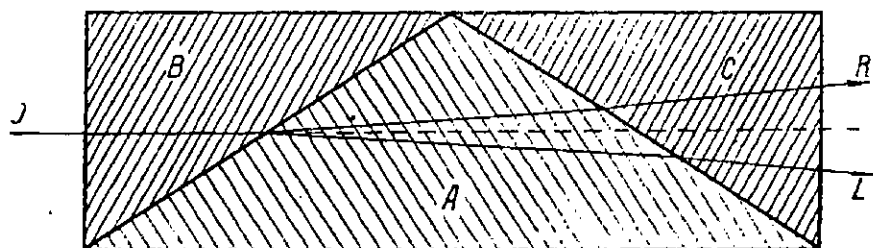
5. ПРИМЕНЕНИЕ

Горный хрусталь нашел себе в настоящее время обширное применение в следующих отраслях промышленности: 1) в оптико-механическом производстве; 2) в радиотехнической промышленности и 3) в гранильно-ювелирном деле.

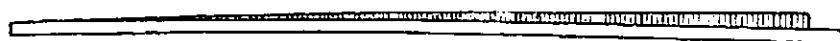
В точной механике горный хрусталь применяется для изготовления различных деталей и добавочных приспособлений к оптическим приборам. Сюда относятся пластинки для поляриметров и сахариметров, призмы для спектрографов, трипризмы Френеля, клинья для компенсаторов и компараторов. Кроме того, из горного хрусталя делают линзы и окошки для работы с ультрафиолетовыми лучами и точные разновесы. Наконец, из дымчатого горного хрусталя делают стекла для очков (в Китае). Некоторые из этих изделий как специфически относящиеся к горному хрусталу заслуживают более детального описания. Таковыми являются: трипризма Френеля, кварцевый клип, компенсатор Бабинэ и кварцевый окуляр Бертрана.

Трипризма Френеля служит для разделения двух поляризованных по кругу колебаний: правого и левого (фиг. 8). Она состоит из трех частей *A*, *B* и *C*, сделанных целиком из горного хрусталя. При этом *A* делается из правовращающего, а *B* и *C* из левовращающего кристалла или наоборот. Все три части, сложенные друг с другом, составляют прямоугольный параллелепипед. Направление оптической оси показано на фигуре пунктирной линией. Действие этой призмы состоит в том, что луч, поступивший в часть *B* нормально к ее наружной поверхности, распадается на два луча *R* и *L*, поляризованных по кругу с противоположным направлением колебаний. Эти луча,

вступая и проходя через часть *A*, еще более расходятся, так как отклоняются в противоположных направлениях. Это происходит потому, что луч, имевший в *B* меньшую скорость, приобретает в *A* большую скорость. То же явление повторится при переходе луча из части *A* в часть *C*. Таким образом, по выходе из трипризмы лучи *R* и *L* являются изолированными, поляризованными по кругу колебаниями, имеющими противоположный смысл. Анализатором эти лучи не гасятся.



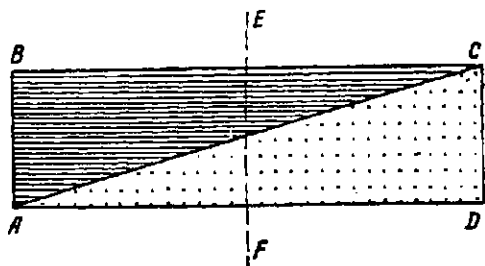
Фиг. 8. Трипризма Френеля (схема).



Фиг. 9. Кварцевый клин (схема).

Кварцевый клин служит для определения знака исследуемого кристалла (фиг. 9). Он вырезается так, что нижняя его поверхность параллельна оптической оси. Постепенное нарастание толщины создает условия для возникновения интерференционных окрасок различных порядков, если такой клин поместить в параллельном свете между поляризатором и анализатором микроскопа. Когда исследуемый кристалл положительный, то действие его равносильно увеличению толщины клина, т. е. цвета перемещаются в сторону более высоких порядков. При отрицательном кристалле имеет место обратное перемещение.

Компенсатор Бабинэ служит для определения величины двупреломления минералов. Он состоит из двух кварцевых клиньев (фиг. 10). Первый из них, *ACD*, вырезан так, что оптическая ось идет параллельно острию клина, т. е. перпендикулярно к плоскости чертежа. Во втором клине, *ABC*, оптическая ось направлена по его длине, т. е. по *BC*. Когда компенсатор введен в поляризационный микроскоп, то на месте, показанном линией *EF*, видна черная полоса, соответствующая одинаковой толщине обоих клиньев. Величина двупреломления определяется по смещению этой полосы.

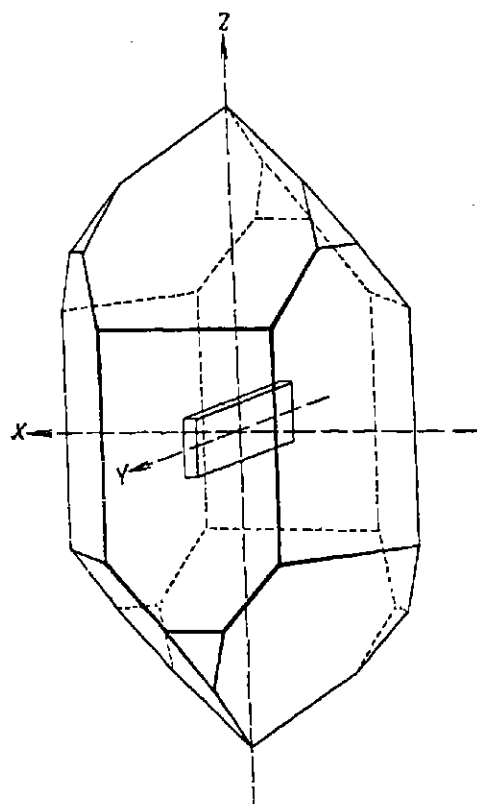


Фиг. 10. Компенсатор Бабинэ (схема).

Кварцевый окуляр Бертра служит для точного измерения углов погасания минералов в шлифе. Это — обычный отрицательный окуляр Гюйгенса, в котором вместо нитяного креста помещена кварцевая пластинка, состоящая из четырех частей, из них две — из правого, две — из левого кварца. Все четыре квадранта склеиваются, линии соединения дают впечатление нитяного креста. При параллельном положении николей все поле окрашено в фиолетовый цвет. Малейшее вращение одного из николей или ввод в систему двупреломляющего кристалла нарушает равновесие цветов — одна пара квадрантов становится красноватой, другая синей. Скрещенные николи дают равномерное желтое поле, переходящее при указанных выше операциях в яркооранжевое и темносинее. Этот окуляр применяется также для точной установки николей в микроскопе.

Радиотехника является в настоящее время главной областью применения горного хрусталя. Сюда относится производство осцилляторов, резонаторов, колец Мериссона, наборных мозаичных дисков, генерирующих ультразвуковые колебания и т. д.

Давно известные пьезоэлектрические свойства кварца получили практическое применение сравнительно недавно. В 1922 г. Кэди (Cady) первый указал на возможность применения кварца для стабилизации и контроля



Фиг. 14. Пластика, вырезанная по X-срезу:

X — электрическая ось; Y — механическая ось.

частот, а в 1925 г. Ланжевэн (Langevin) построил первый мощный излучатель ультразвуковых волн. Основная идея этого применения заключается в следующем. Если к пластинке кварца, вырезанной из кристалла определенным образом, приложить переменное напряжение, то сама пластинка приходит в состояние упругого колебания. Так как она обладает собственной частотой механических колебаний, то ее упругие колебания достигнут максимальной интенсивности, когда обе частоты будут совпадать. Это явление резонанса между механическими колебаниями пластинки и колебаниями переменного тока лежит в основе практических применений кварца в радиотехнике и технической акустике.

Исходя из размеров пластинки, плотности кварца и его модуля упругости, можно подсчитать ее собственную частоту. Эта величина будет, конечно, зависеть от ориентировки пластинки относительно электрических осей кварца. Наиболее распространенной ориентировкой является так называемый X-срез, или «срез Кюри» (фиг. 11, где Z — оптическая ось, X — одна из электрических осей), когда главные, т. е. самые большие по площади, грани пластинки

направлены перпендикулярно одной из электрических осей. Часто применяется также Y-срез, или срез Хунда (Hund), при котором пластинки вырезаны параллельно грани m кристалла. В обоих случаях одно из направлений ребер пластинки совпадает с оптической осью. Пластика в форме прямоугольного параллелепипеда имеет три основных частоты и большое количество гармоник. Собственная частота колебаний пластинок X-среза вычисляется по формуле

$$f = \frac{k}{2d} \cdot \sqrt{\frac{c_{11}}{\rho}} = \frac{k}{d} \cdot 28.4 \cdot 10^4 \text{ гц},$$

где k — номер гармоники, d — толщина пластинки, c_{11} — модуль упругости горного хрусталя в направлении оси X и ρ — его плотность. Отсюда основная частота ($k = 1$) пластинки, имеющей в толщину 1 мм,

$$N = f \cdot d = 2840 \text{ кгц} \cdot \text{мм},$$

а генерируемая ею волна

$$L = \frac{V}{f} = 107 \text{ м},$$

где $V = 3 \cdot 10^{10}$ см/сек.

Эта величина называется волновым коэффициентом. Она имеет свое специфическое значение для каждого направления и, кроме того, зависит

от температуры. Для устранения ее влияния пластинки помещают в особые держатели, стабилизирующие температуру. Позднее было найдено, что при некоторых углах наклона среза относительно главной оси (например, 49° и 35°) температурный коэффициент имеет нулевое значение. Эти «косые» срезы получили в настоящее время широкое применение. В США была разработана особая система обозначения этих срезов при помощи двух углов A и B . Первый из них (A) на блоке, вырезанном перпендикулярно к главной оси, считается от любого ребра $m : r$ в плоскости (0001) внутрь пласта; второй (B) — от оптической оси в сторону грани r или z ; в первом случае B считается положительным, во втором — отрицательным. Важнейшие срезы в этой системе обозначений показаны на табл. 3:

ТАБЛИЦА 3
Положение главнейших срезов кварца

Срез	A	B	Срез	A	B
X (или Кюри)	30°	0°	AC	30°	-30°
Y (или Хунда)	0°	0°	BC	30°	$+60^\circ$
AT	30°	-35°	V_1	25°	-35°
BT	30°	$+49^\circ$	V_2	25°	$+49^\circ$

Высокое постоянство частоты механических колебаний кварца и острота его резонансной кривой создают чрезвычайно благоприятные условия для его применения в качестве стабилизатора частоты. Введением кварцевой пластинки в колебательный контур может быть достигнута настройка на определенную волну с точностью до $10^{-5}\%$ ее длины. Эти свойства пьезокварцевых пластинок явились причиной того, что за последние годы горный хрусталь получил чрезвычайно большое практическое применение как в передающих, так и принимающих установках. Пример схемы дан на фиг. 12. Недостатком его является только довольно значительная величина волнового коэффициента, с одной стороны, и большая хрупкость, с другой. Это создает неблагоприятные условия для применения его в ультракоротковолновых установках. Так, для волны в 10 м нужны пластинки около 0.1 мм толщины; изготовить пластинку такой толщины и притом с достаточно большой площадью очень трудно и она, кроме того, чрезвычайно легко трескается при работе. Для таких случаев более подходящим материалом является турмалин.

Большой спрос на кварцевые пластинки вызвал как за границей, так и у нас, в Союзе, возникновение специальных мастерских, вырабатывающих кварцевые препараты.

У нас эти мастерские связаны с исследовательскими лабораториями или институтами. Пионером в этом деле была Лаборатория кристаллографии Академии Наук во главе с А. В. Шубниковым. Несколько позднее это производство было поставлено в Институте прикладной минералогии в Москве и в Государственном оптическом институте.

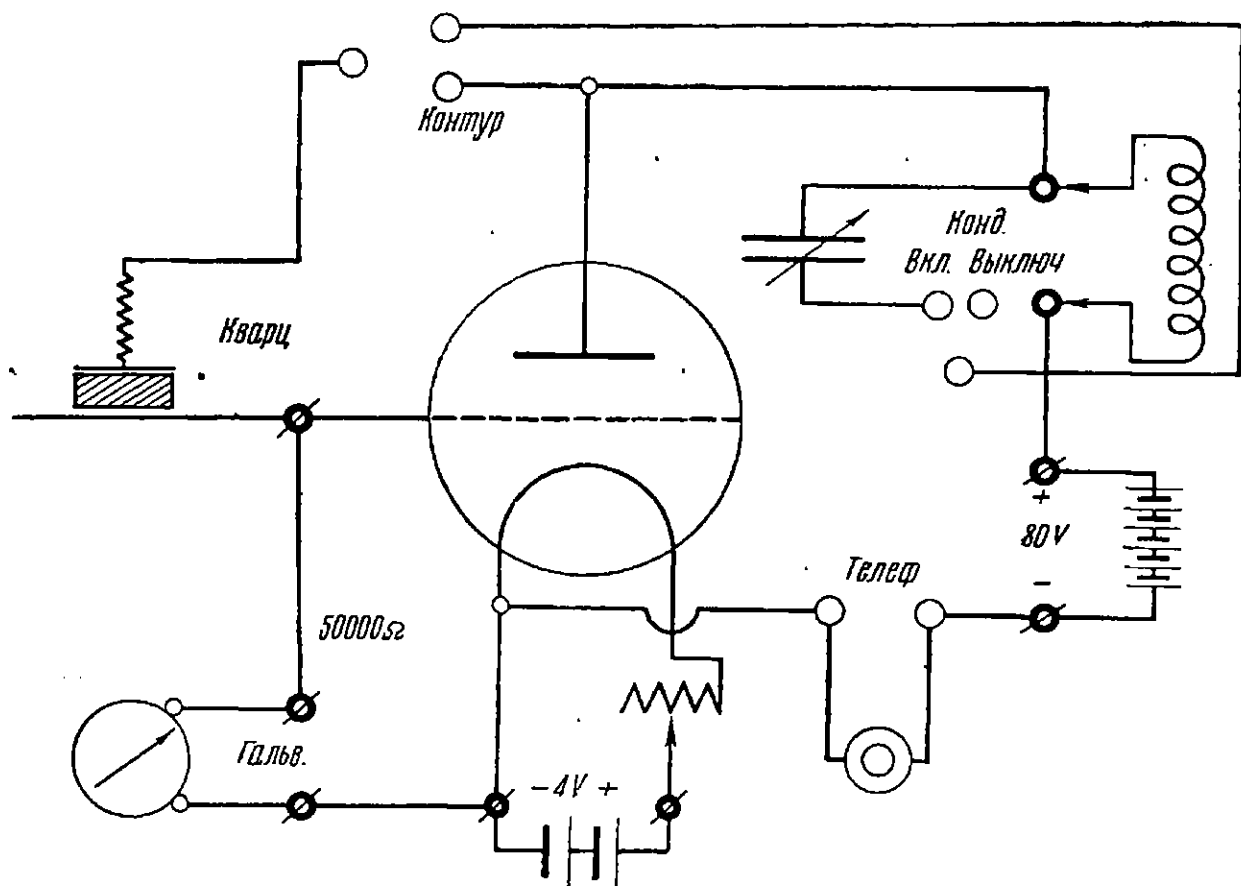
За границей пьезокварцевые препараты изготовляют многие фирмы, например Loewe-Radio (Берлин), Adam Hilger (Лондон), General Radio Co (Кембридж, США) и многие другие.

К этой же области практического применения горного хрусталя близко примыкает его использование для генерации ультразвуковых волн.

Ланжевен построил особый ультразвуковой передатчик «эхолот» для измерения морских глубин, в котором работали пьезокварцевые пластинки размером в $1.6 \times 10 \times 10$ см. Для таких больших пластинок было, конечно, очень трудно найти подходящее сырье, и они были вскоре с успехом заме-

нены наборными мозаичными пластинками, помещенными между двумя стальными дисками, служившими электродами.

Благодаря работам Ланжевена (Langevin), Вуда (Wood), Лумиса (Loomis), Габбарда (Habbard), Бойля (Boyle) и др. область применения ультразвуковых волн была чрезвычайно расширена. Были построены подводные передатчики для связи между кораблями, прибор для определения скорости звука в жидкостях и др. Кроме того, эти волны были с успехом применены для регулирования хода некоторых химических реакций. Замечательное физиологическое действие ультразвуковых волн было применено для борьбы с насекомыми-вредителями и для некоторых проблем специального характера.



Фиг. 12. Схема генератора.

В гранильно-ювелирном деле горный хрусталь с давних пор применяется как полудрагоценный камень для изготовления различных украшений и изделий, как то: бусы, подвески, печати, различные фигурки, шары, флаконы и т. п.

6. ТЕХНОЛОГИЯ

Основными процессами, связанными с производством кварцевых изделий, являются: 1) ориентировка кристаллов, 2) резка или распиловка, 3) шлифовка, 4) полировка. Кроме того, в тех случаях, когда требуются монокристаллы, сюда присоединяются испытание на монокристалличность, определение величины и знака заряда, а также измерение длины генерируемой волны для пьезокварцевых изделий.

Ориентировка необходима во многих случаях как для оптических (клинья, призмы, пластинки для сахариметров), так и для пьезокварцевых препаратов. В первом случае она касается только оптической оси, совпадающей с осью 3-го порядка кристалла; во втором — сюда присоединяется обязательное нахождение пьезоэлектрических осей, совпадающих с тремя осями 2-го порядка. На кристаллах, сохранивших хотя бы частично свои есте-

ственные грани, эти определения достаточно просты. Но в тех случаях, когда кристалл совершенно утратил свои первоначальные грани и обратился в так называемую гальку, процесс ориентировки значительно сложнее. Над разрешением этой задачи работали Лаборатория кристаллографии Академии Наук, Государственный оптический институт и Институт минерального сырья.

Способ А. В. Шубникова в первоначальном виде заключается в том, что от гальки откалывается небольшой кусок, в котором на поляризационном приборе находят направление оптической оси по интерференционным цветам. Зафиксировав на гальке это направление, делают перпендикулярный к нему срез, по которому при помощи микроскопа проверяют правильность ориентировки. Максимальная ошибка не превышает 2° .

Недавно А. В. Шубников разработал метод для более точного определения направления оптической оси в больших блоках, ориентированных приблизительно по первому методу. Применяемый им прибор построен по принципу копоскопа, он дает точность до $5'$.

Направления электрических осей находят по фигурам удара. В настоящее время для нахождения электрических осей А. В. Шубников использует фигуры астеризма (см. выше).

Второй способ основан на той же идее предварительного нахождения оптической оси. Это делается сразу на всей гальке при помощи специального поляризационного аппарата. Для нахождения электрических осей пользуются методом Кундта. Точность этого способа уступает предыдущему; некоторым его плюсом является выявление двойниковатости, которая обычно ясно видна после опыления.

Третий способ, разработанный А. Н. Ляминой, Е. Е. Флинтон и К. В. Васильевым, состоит в том, что с пластинки, отпиленной от гальки, делается рентгенограмма по методу Лауэ. По расположению пятен определяется ориентировка сделанного среза и графически вычисляются координаты выходов оптической и электрических осей. На основе полученных данных, при помощи специального гониометра делается разметка гальки на любые, заранее заданные срезы. Преимуществом этого метода является одновременное нахождение всех осей. Точность около $\pm 2^\circ$.

Недавно Архаров и Аверкиев видоизменили этот метод, добившись точности ориентировки электрических осей до $30'$. Однако, их способ предусматривает предварительную ориентировку объекта перпендикулярно оптической оси.

Резка или распиловка кварца ведется на дисковой пиле. Диск по своему борту затравляется алмазом; кварц зажимают в тиски суппорта и подводят к диску. Пилы делают различных размеров, на практике оказались весьма удобными диаметры дисков в 15—20 или 30—40 см. Первая дает 500—600 об/мин., вторая 300—400. Место контакта диска с кварцем смачивается керосином. Алмазные пилы являются безусловно лучшими инструментами для резки кварца. Они требуют, однако, правильной затравки, аккуратного обращения при работе и тщательного ухода.

Шлифовка кварцевых препаратов ведется на обычного типа шлифовальных станках. Эти станки имеют вращающиеся горизонтальные диски (круги), железные или чугунные. Они насаживаются на вертикальный шпиндель, вращающийся со скоростью 150—200 об/мин. На эти круги при помощи кисти наносятся абразивные порошки, смешанные с водой. Величина зерен абразива играет чрезвычайно важную роль при шлифовке, их разнообразие очень велико. Порошки для грубой шлифовки определяются номером, т. е. числом нитей, приходящихся на 1 кв. дюйм сита. Для тонкой шлифовки служат так называемые минутники, т. е. отмученные порошки; n -минутным порошком называется такой, который, будучи взболтан с водой в сосуде высотой в 1 м, не оседает на дно через n минут.

Тонкая шлифовка ведется на плоских стеклянных дисках вручную. Поверхность диска должна быть совершенно плоской или слабо выпуклой. Эти диски нуждаются в частой и тщательной проверке.

Полировка горного хрусталя представляет собой довольно тонкую операцию. Главный секрет заключается в хорошей предварительной подготовке поверхности. Сама полировка ведется на диске, очень туго обтянутом грубым холстом. Поверхность холста слегка смачивается водой (из пульверизатора) и покрывается зеленым крокусом (Cr_2O_3). Процесс ведется почти всухую, т. е. с очень малым количеством воды. Иногда вместо обтянутого холстом металлического диска пользуются деревянным, на который нанесен ровный слой особой мастики, состоящей из шеллака, капифоли и сургучной массы.

Для изготовления полированных кварцевых шаров А. В. Шубниковым был предложен следующий способ. В особый патрон, который навинчивается на шпиндель токарного станка, зажимается железная труба. Она центрируется, протачивается по ребру и приводится в быстрое вращательное движение (от 500 до 1000 об/мин.). Предназначенный для изготовления шара кусок кварца предварительно грубо обломывается на шлифовальном круге, обмазывается карборундом и шлифуется ребром вращающейся трубки при постоянном перекачивании куска рукой. Полировка дается зеленым крокусом в оловянной или деревянной трубе. Диаметры трубы и шара должны относиться друг к другу примерно, как 2 : 3.

Поступило 27 . XI . 1939 г.

Е. Е. Флинт

7. МИРОВАЯ ДОБЫЧА ГОРНОГО ХРУСТАЛЯ

Использование горного хрусталя и дымчатого кварца для целей художественной камнерезной промышленности началось в отдаленные времена. Мелкие изделия, бусы, печати и т. п. были найдены при раскопках в Египте, Микенах, Ассирии, Греции, Риме. Известны сделанные с высоким мастерством крупные вазы, бокалы, лампы и т. п. из горного хрусталя китайской, японской и арабской работы VII—VIII вв. Изделия из хрусталя за его чистоту и прозрачность ценились необычайно высоко. Для камнерезных мастерских Северной Италии, Швейцарии, Нюрнберга, Аугсбурга и Чехии в течение многих веков и до середины XVIII в. хрусталь и дымчатый кварц поставлялись из месторождений Альп, но частично привозились и с Мадагаскара.

Хрустальные погреба в Альпах иногда давали огромные количества ограночного материала. Так, например, в 1719 г. в гранитах Цинкенштока около Гримзеля был найден погреб, в котором добыли около 1000 ц кристаллов; некоторые из них достигали 8 ц. Находка богатого погреба приносила несколько десятков тысяч гульденов, но поиски в горах сопряжены с большим риском и далеко не всегда оканчивались крупным успехом. К середине XIX в. находки крупных погребов становятся редким событием. Последний такой погреб был найден в 1867 г. у Тифенглетчера в кантоне Ури, в котором добыто 300 ц мориона, из которых оказалось около 200 ц ограночного материала, а остальные разошлись как музейные штUFFы. В настоящее время, в связи с разработкой дешевых бразильских и мадагаскарских месторождений, в Альпах добывается только музейный минералогический материал.

В конце XIX в. появился спрос на хрусталь для ультрафиолетовой кварцевой оптики, которая требует материал исключительной чистоты и оптической однородности, и с этого времени хрусталь стал усиленно вывозиться из Бразилии. В штате Гойаж сбор хрусталя прямо с поверхности поручался обычно женщинам и детям, вследствие чего обходился чрезвычайно дешево. С развитием промышленности плавленного кварца добыча хрусталя возросла еще больше, а возникновение в послевоенное время промышленности пьезокварца, требующей значительного количества высокосортного сырья,

ТАБЛИЦА 4
Вывоз горного хрусталя из Бразилии

Год	Тонны	Год	Тонны	Год	Тонны
1904	35	1915	14	1926	161
1905	23	1916	20	1927	269
1906	37	1917	3	1928	309
1907	37	1918	12	1929	498
1908	36	1919	27	1930	411
1909	33	1920	40	1931	538
1910	7	1921	41	1932	309
1911	24	1922	93	1933	286
1912	45	1923	152	1934	292
1913	43	1924	203	1935	231
1914	—	1925	150	1936	224
				1937	275

увеличило добычу хрусталя в несколько раз. Значение кварца в современной технике видно хотя бы из того, что в меморандуме военного министерства США, опубликованном в 1939 г., кварц отнесен к группе так называемого стратегического сырья, охватывающей 21 название, в том числе хром, олово, вольфрам, никель, каучук, хинин, шерсть и т. п. Особое значение хрусталя сказалось и в том, что по таможенному законодательству США, Великобритании и Франции он освобожден от ввозных пошлин.

В настоящее время Бразилия является основным поставщиком кварца на мировой рынок. Статистика вывоза кварца из Бразилии не дифференцирует его по сортам. Кварц высоких сортов, годный для оптики и пьезоизделий, составляет, повидимому, не более 8% всего вывоза. Почти 90% вывозимого Бразилией кварца в настоящее время поставляют север штата Минаж-Жераиж.

Экспорт хрусталя из Бразилии по годам приведен в табл. 4.

По данным 1937—1938 гг. кварц высшего сорта на плавку в кристаллах 4—5 см длины продавался по 46—50 фунт. стерл. за 1 т, а второй сорт — по 20 фунт. стерл. Первосортный материал, отбираемый самими покупателями, годный для оптики и пьезоизделий, расценивался по 25—35 шилл. за 1 кг кристаллов весом по 250—1000 г, а крупные кристаллы, весом 1—3 кг и выше, ценились по 3—5 фунт. стерл. за 1 кг.

В настоящее время цены на пьезокварц на мировом рынке значительно поднялись.

Добыча кварца в штате Минаж-Жераиж контролируется компанией Sociedade para Exploração de Mineraes Ltda в Рио де Жанейро. Скупкой хрусталя в штате Гойа и вывозом его в Идар (Германия) занималась фирма Leysen.

В 1936—1937 гг. из продукции Бразилии США брали 5%, Великобритания и Германия по 10% хрусталя высоких сортов, а почти все остальные 75% брала Япония; повидимому, тщательной переборкой из этих низших сортов удастся выделить и годный для пьезоизделий материал, а остальное используется в широко развитой художественной камнерезной промышленности.

Второе место по добыче кварца занимает о-в Мадагаскар. На табл. 5 представлена статистика вывоза кварца, причем прозрачные сорта (очевидно в какой-то степени годные на оптику и пьезо) выделены особо. Экономический кризис сильно снизил вывоз кварца с Мадагаскара, но в последнее время он вновь возрос почти до прежнего уровня. Цены в 1935 г. были следующие: кварц для плавки франко-Гавр по 1000—2500 фр. за 1 т, в записимо-

ТАБЛИЦА 5

Вывоз горного хрусталя с Мадагаскара (в т)

Год	Кварц прозрачный	Весь про- мышленный кварц	Год	Кварц прозрачный	Весь про- мышленный кварц
1909	2.4	76.1	1924	16.8	149.0
1910	1.2	28.7	1925	5.3	64.0
1911	0.8	6.1	1926	2.6	20.0
1912	7.0	56.7	1927	1.4	64.0
1913	3.1	50.1	1928	4.6	56.0
1914	5.2	36.3	1929	—	128.0
1915	0.7	6.0	1930	—	91.0
1916	3.8	16.9	1931	—	9.0
1917	0.4	17.0	1932	—	1.5
1918	0.1	15.2	1933	—	16.0
1919	2.0	3.6	1934	0.5	9.0
1920	2.6	44.4	1935	0.3	4.5
1921	0.6	6.1	1936	0.2	3.0
1922	—	—	1937	2.8	12.5
1923	5.4	103.0	1938	—	111.0

сти от сортности; материал, годный для оптических и пьезоэлектрических изделий, расценивался по 35—80 фр. за 1 кг кристаллов 300—1000 г весом; крупные безупречные кристаллы весом в 1 кг и выше расценивались по 150—350 фр. за 1 кг. Качество мадагаскарского кварца несколько ниже бразильского. Добычей кварца и других полезных ископаемых занимается *Société Générale de Madagascar*. Вывоз кварца—почти исключительно во Францию и отчасти — в Англию.

Сведений о добыче в месторождениях Японии не имеется. Повидимому, они в настоящее время в значительной мере исчерпаны, и Япония ввозит кварц из Кореи, Монголии и Бразилии.

Обеспечение оптическим и пьезокварцем Великобритании осуществлялось импортом из Бразилии, но в последнее время ведутся поиски и пробная добыча в Уганде, Танганьике, Бирме и Индии.

Поступило 27 . XI . 1939 г.

Г. Г. Леммлейн

ЛИТЕРАТУРА

- А л е ш к о в А. Н. Геологический очерк горы Неройки. Сб. Приполярный Урал. М., изд. Совета по изуч. произв. сил Акад. Наук, 1937.
- В и р о в л я н с к и й Г. М. Кварц как геологический термометр. Зап. Мин. общ., 1938, 67, вып. 3, 426—434.
- Г а в р у с е в и ч Б. А. К минералогии и геохимии пегматитов Волыни. Тр. Мин. музея Акад. Наук, 1930, 4, 71—85.
- Д е - Г р а м о н А. Исследования пьезоэлектрических свойств кварца. Перевод с франц. М., 1938.
- И в а н о в Н. А. Кварцы Памира. Всесоюз. инст. мин. сырья. М., 1940.
- И в а н о в Н. А. и Ш а ф р а н о в с к и й И. И. Внешние признаки важнейших двойников кварца. Зап. Мин. общ., 1938, 67, вып. 3, 435—445.
- Л е м л е й н Г. Г. О закономерных сростаниях порфировых выращенников кварца. Доклады Акад. Наук, 1930, 709—714.
- Кристаллографические исследования кварца с горы Сура-из. Сб. Приполярный Урал. М., изд. Совета по изуч. произв. сил Акад. Наук, 1937.
- Об ориентировке кристаллов кварца в альпийского типа жилах на Приполярном Урале. Доклады Акад. Наук, 1939, 22, № 1.

- Л я м и н а А. Н. Ориентировка монокристалльной гальки кварца на пьезоэлектрические оси. Мин. сырье, 1928, № 11—12, 800—804.
- Ф е р с м а н А. Е. Пегматиты, т. 1. Изд. Акад. Наук, 3-е изд. 1940.
- Ф л и н т Е. Е. Кварц. Создание и развитие промышленности неметаллических ископаемых. Тр. Инст. прикл. мин., 1933, 155—169.
- Ч у е н к о П. П. Южный Дарваз. Тадж.-Памир. экспед. 1915 г. М.—Лг., изд. Акад. Наук, 1937, 865—884.
- Ш а ф р а н о в с к и й И. И. Кварц горы Неройки. Тр. Научно-иссл. лабор. камней-самоцветов треста Русские самоцветы, 1937.
- Ш у б н и к о в А. В. Кварц и его применение (в печати).
- Ш у б н и к о в А. В. и Ц и н з е р л и н г Е. В. О фигурах удара и давления и о механических двойниках кварца. Тр. Ломоносов. инст., 1933, вып. 3, 5—26.
- Ш у б н и к о в А. В. и др. Руководство по изготовлению пьезокварцевых препаратов. Лг., изд. Акад. Наук, 1931.
- Ш у б н и к о в А. В. и др. Определение осей в гальке кварца. Тр. Ломоносов. инст., 1935, вып. 6, 67—79.
- A n o n y m. Piezo-electric quartz. Bull. Imp. Inst., 1938, 36, 185—196.
- C a l m b a c h W. F. Handbuch brasilianischer Edelsteine und ihrer Vorkommen. Rio de Janeiro, 1938.
- D a k e H. C., G l e e n e r F. L. a. W i l s o n B. H. Quartz family minerals. N.-Y., 1938, 304.
- F r e y b e r g B. Die Bodenschätze des Staates Minas Geraes (Brasilien). Stuttgart, 1934.
- K o e n i g s b e r g e r I. Ueber alpine Minerallagerstätten. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1923, 5, 67—127.
- L a c r o i x A. Mineralogie de Madagascar, v. 1, 1922, 196—215; v. 2, 1922, 109—117.
— Les pierres, précieuses, demiprécieuses, ou d'ornementation. Les Ressources minérales de la France d'outre Mer, v. 3, 1935, 267—324.
- M o r a e s L. J. Quartzo no norte de Minas Geraes. Serv. fomento prod. min., Avulso, 1936, 11, 11—16.
- P a r k e r R. L. Alpine Minerallagerstätten. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1923, 3, 298—398.
- W a y l a n d E. J. Notes on rock crystal and a reference to some other forms of quartz. Bull. Geol. Surv. Uganda, 1939, 3, 41—58.

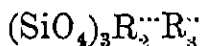
ГРАНАТ

Garnet (англ.), Grena (франц.), Granat (нем.)

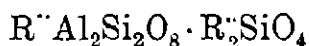
1. МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА¹

Названием «гранат» охватывается группа минералов, представляющих собой изоморфные смеси нескольких основных соединений в различных соотношениях.

По Гроту (Groth и Mieleitner, 1921), гранат является двойной ортокремневой солью трехвалентного и двухвалентного металлов, формула которого представляется в виде:



Иного мнения придерживается В. И. Вернадский, считающий гранат двойной солью ортокремневой H_4SiO_4 и алюмокремневой кислоты $\text{H}_4\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ с каолиновым ядром. В соответствии с этим его формула будет такой:



Ф. Кларк (F. Clarke) пишет формулу граната так же, как и Грот. Дёльтер (Doelter, 1917) приводит обе точки зрения, не отдавая предпочтения ни той, ни другой. И в том, и в другом случае двухвалентным элементом (R^{II}) являются Ca, Mg, Fe и Mn, а в первом трехвалентным (R^{III}) — Al, Fe и Cr.

Гранаты часто являются очень сложными изоморфными смесями, в которых Al_2O_3 и Fe_2O_3 замещают друг друга в неограниченном количестве, так же как и FeO, MnO и MgO. Однако, CaO замещается MgO и FeO только в очень небольших размерах. Иногда SiO_2 замещается TiO_2 , отчасти ZrO_2 . Это непостоянство в химическом составе граната делает деление гранатовой группы на отдельные разновидности в значительной мере условным. Число теоретически возможных изоморфных соединений гранатовой группы очень велико. А. Г. Бетехтин насчитывает их до 32.

Важнейшими типичными соединениями, входящими в смеси, являются:²

а) известково-глиноземистый гранат — гроссуляр [$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{12}$, а также $\text{Ca}_3(\text{Al}, \text{Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_{12}$];

б) известково-железистый гранат — андрадит ($\text{Ca}_3\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_{12}$);

в) известково-хромистый гранат — уваровит ($\text{Ca}_3\text{Cr}_2\text{Si}_2\text{O}_{12}$);

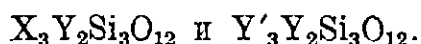
¹ В составлении настоящей главы принимал участие научный сотрудник Института геологических наук Академии Наук СССР В. В. Щербина.

² Гроссуляр означает по-латыни крыжовник, *Ribes grossularia* L., и назван так по сходству своего цвета с цветом этой ягоды; андрадит назван в честь португальского минералога д'Андрада (d'Andrada); уваровит носит имя русского министра времен Николая I графа Уварова; альмандин является искаженным названием г. Алабонды в Малой Азии; пироп в переводе на греческий язык означает «горящие глаза». Само название гранат происходит от латинского слова и дано в виду сходства минерала граната с яркокрасными зернами плода гранатового дерева, *Punica granatum* L.

- г) железо-глиноземистый гранат — альмандин ($\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$);
 д) магнезиально-глиноземистый гранат — пироп $[\text{Mg}, \text{Fe}]_3(\text{Al}, \text{Fe})_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$;
 е) марганцово-глиноземистый гранат — спессартин ($\text{Mn}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$).

Несмотря на то, что все представители группы гранатов в широком смысле этого слова являются изоморфными, далеко не все члены этой группы образуют между собой изоморфные смеси. Более того, в ряде случаев смешимость отсутствует во многих участках системы гранатов. Этим объясняется то сравнительно большое число индивидуальных минералов, которые встречаются в группе гранатов.

Следуя Ф. Махачки (Machatschky), гранаты можно грубо разбить на две группы:



Здесь X — катионы с размером $0.91\text{—}1.1\text{ \AA}$, т. е. Ca и отчасти Mn;

Y — катионы с размером $0.57\text{—}0.9\text{ \AA}$, т. е. Al, Fe^{3+} , Cr^{3+} , Ti^{3+} , V^{3+} ;

Y' — того же размера двухвалентные катионы, т. е. Mg, Fe^{2+} , Mn^{2+} ...

Это различие в ионных радиусах и объясняет некоторую «обособленность» известковых гранатов, которая дана Беке (Воеске, 1913) в составленной им диаграмме (фиг. 1). В то время как между андрадитом иgrossуляром существует ряд непрерывных смесей, с альмандиновой группой гранатов эти гранаты смешиваются всего лишь на 20%. Следует также отметить несколько особое положение хромового граната — уваровита, которое отчасти объясняется генетическим и парагенетическим положением этого представителя.

Группа железистых гранатов охватывает три минерала: пироп, альмандин и спессартин. Первый и последний члены этого ряда являются крайними представителями, связанными друг с другом через альмандин, что отчетливо следует из диаграммы Беке (фиг. 2). При рассмотрении этой трехкомпонентной системы невольно бросается в глаза очень большая область отсутствия изоморфной смешимости и, в частности, весьма ограниченная смешимость в ряду пироп—спессартин. Смешимость значительно возрастает по мере приближения к альмандину.

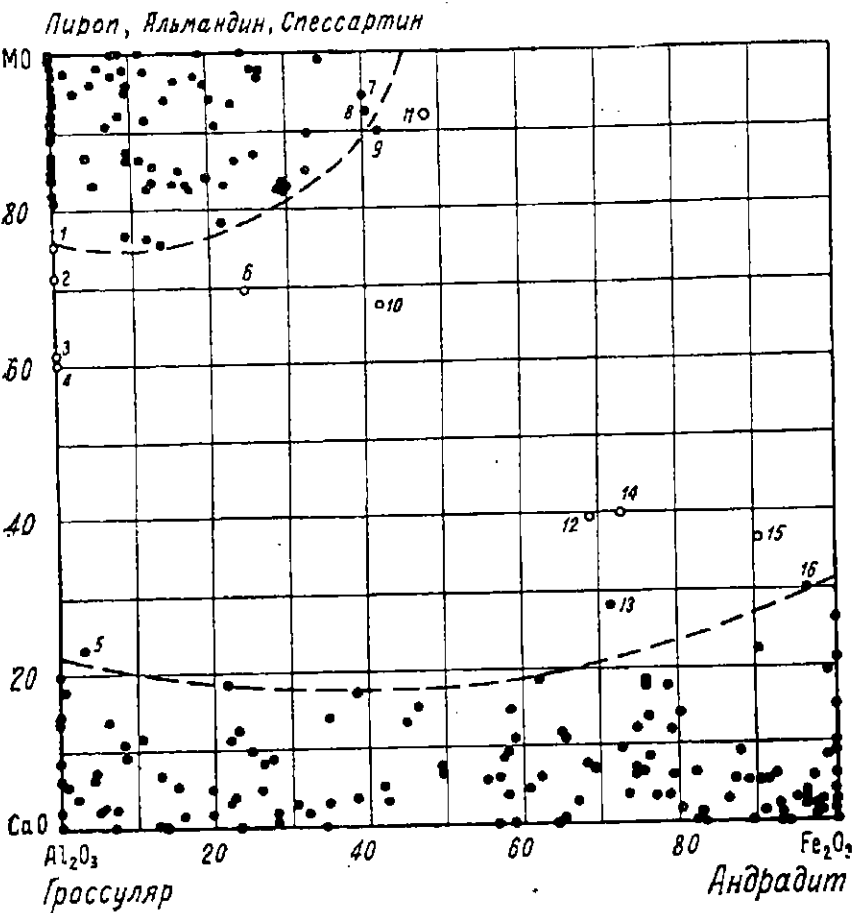
По В. Э. Форду (Ford, 1915), гранаты на 15% от числа их составов являются многокомпонентными системами; приблизительно на 60% — тройными и приблизительно на 17% — двухкомпонентными. Трехкомпонентные в свою очередь распределяются следующим образом:

grossуляр — андрадит — альмандин	23%
grossуляр — андрадит — пироп	21
grossуляр — андрадит — спессартин	12
grossуляр — альмандин — пироп	12
grossуляр — альмандин — спессартин	11
андрадит — альмандин — пироп	8
спессартин — альмандин — пироп	6
спессартин — альмандин — андрадит	5
спессартин — пироп — андрадит	2
	100%

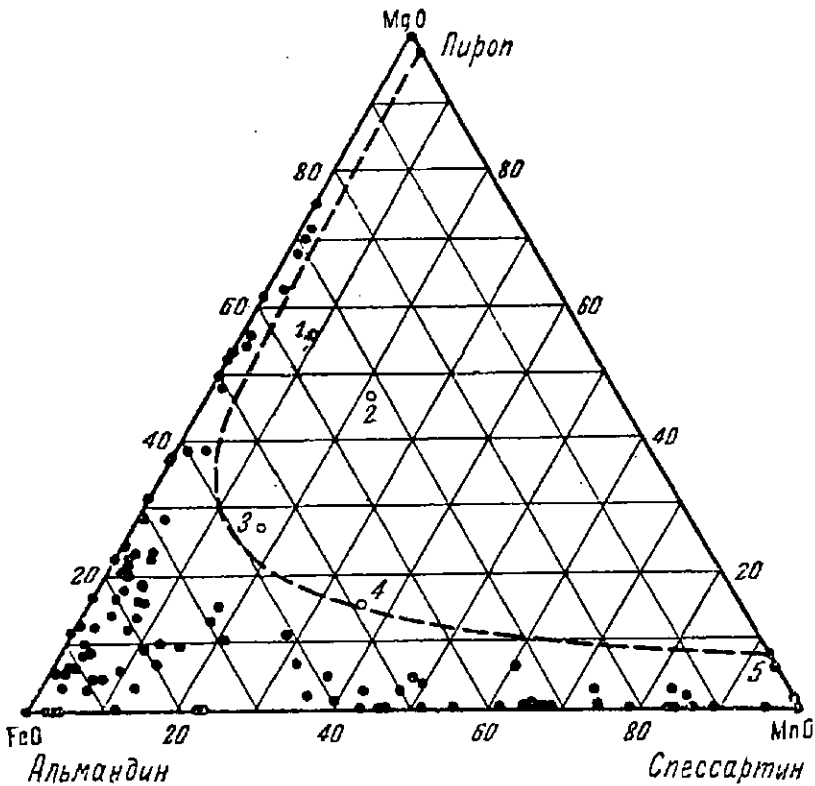
Комплексы grossуляр — пироп — спессартин очень редки.

В неизвестковых гранатах до 45% глинозема от общего количества полуторных окислов способны замещаться окисью железа. Увеличение содержания в этих гранатах окиси железа уменьшает их смешимость с grossуляром.

Следующие основные свойства являются общими для всех разновидностей граната: блеск — жирный, смолистый, стеклянный; вязкость — хорошая; излом — раковистый, неровный, дающий частицы с острыми краями; черта — белая; прозрачность — от полной до полной непрозрачности:



Фиг. 1. Изоморфные смеси в группе гранатов. (По Воеске.)



Фиг. 2. Изоморфные смеси в группе железистых гранатов. (По Воеске.)

ТАБЛИЦА 1
Основные свойства гранатов

Разновидность граната	Удельный вес	Молечный вес	Твердость ¹			Цвет в кристалле	Показатель преломления, по Биткену	Линейный коэффициент терм. расшир., по Ниггли	Плавление перед пальцой трубкой	Способность к шлифовке по плоскости парам- ельно гранам, по данным Ниггли, прини- мая способность кварца за 6000
			по Флакку	по Вернаку- скому	по Ма- ттею					
Гроссулар . . .	3.4—3.6	451.7	6.5—7.0	6.5—7.0	6.0	Светлозеленый, коричневый, буро-красный, редко белый и бесцветный	1.735	0.00000684—693	Плавится легко	835 (111), 866 (110), 1261 (100)
Андрадит . . .	3.3—4.1	509.3	—	6.5—7.0	7.0	Светлозеленый и черный	1.895	Данных нет	То же	Данных нет
Уваровит . . .	3.42	501.7	—	7.0—7.5	7.0—7.5	Иаумрудно- зеленый	1.870	»	Не пла- вится	»
Альмандин . . .	4.1—4.8	499.1	7.0	7.5	7.0	Фиолетовый, красно- коричневый	1.830	0.00000825	Плавится легко	1058 (111), 1157 (110), 1246 (100)
Пироп	3.7—3.8	404.6	7.0	7.0—7.5	7.0	Кроваво- красный	1.705	0.00000823	То же	Данных нет
Спессартин . . .	4.1—4.3	496.4	—	7.0	7.0—7.5	Светложелтый, буро-корич- невый	1.800	0.00000824	»	»

¹ По данным Eardley-Willmot (1924) и Уормсера (Wormser, 1924), ссылающихся на анализы Мозера (Колумбия), твердость не-
которых альмандинов из штата Нью-Йорк достигает 8.

ТАБЛИЦА 2
Химический состав некоторых гранатов Америки и Европы
(в %)

Компоненты	В основном гроссулар	Кристалли- ческий гранат, в основном альмандин	В основном андрадит	В основном уваровит	В основном альмандин	В основном альмандин	В основном демантоид
	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	40.75	40.24	36.74	37.11	37.35	37.82	35.44
Al ₂ O ₃	21.62	20.06	1.51	5.88	20.63	18.90	1.63
Fe ₂ O ₃	0.21	4.65	29.19	—	1.45	5.23	28.80
FeO	0.43	18.58	0.69	2.44	35.12	25.00	0.52
CaO	35.52	5.34	31.41	30.34	2.05	4.46	32.18
MnO	0.30	11.18	0.69	1.10	2.74	4.33	0.16
MgO	1.18	0.25	0.29	—	—	0.42	0.29
H ₂ O	0.41	—	—	4.01	—	—	—
Cr ₂ O ₃	—	—	—	22.54	—	—	—
Сумма	100.42	100.30	100.52	100.42	99.34	96.16	99.02

Место залегания исследованного граната и автор: 1 — Мексика, штат Моралес (Doelter, 1917); 2 — США, штат Нью Йорк, Адиронданское месторождение (Meyers а. Anderson, 1925); 3 — Югославия (Doelter, 1917); 4 — Урал (Doelter, 1917); 5 — Урал, Иссыл-ское месторождение (по данным ВИМС); 6 — Карело-Финская ССР, Тербестровское месторождение (по данным ВИМС); 7 — Урал, близ Полевского завода (Doelter, 1917).

оптическая изотропность, обнаруживающая иногда аномалии; светорассеивание — от 0.24 до 0.28 (кроме демантоида, имеющего показатель 0.057); теплоемкость — около 0.18; нерастворимость в кислотах (кроме андрадита), легкая растворимость в HCl после сплавления (кроме уваровита).

В табл. 1 дополнительно указаны те свойства, показатели по которым у различных видов граната — различны.

В табл. 2 дан химический состав некоторых типичных разновидностей граната.

Форд, Винчелл, Стоквелл, Флейчер установили тесную связь между физическими свойствами гранатов и их химическим составом. Во многих случаях это позволяет не производить полных химических анализов. Так, Форд (Ford, 1915) доказал возможность определять состав граната, пользуясь удельным весом и показателем преломления, а также данными об основных компонентах на основе качественных испытаний (together with its chief components as determined by qualitative tests).



Фиг. 3. Кристаллы граната Глубочинского месторождения на Урале (в нат. велич.).

Н. и А. Винчелл (Winchell, 1927) определяли с известной точностью химический состав, пользуясь, с одной стороны, показателями преломления граната, с другой — или удельным весом или изотропной и анизотропной характеристикой его. Для различия спессартина от альмандина требуется еще качественное исследование на марганец. Стоквелл (Stockwell, 1927) показал возможность в большом числе случаев определять с известной точностью химический состав на основе данных рентгеновского анализа, показателя преломления и удельного веса, тоже с качественным исследованием только на марганец.

Гранат кристаллизуется в голоэдрих кубической системы, большей частью в форме ромбического додекаэдра (110) и трапецоэдра (211) или в комбинации их друг с другом (фиг. 3).

Иногда встречается комбинация додекаэдра с сорокаосьмигранником (321). Г. Лебедев насчитывает свыше 25 различных кристаллических форм граната; А. В. Нечаев упоминает о 22. По наблюдениям В. И. Вернадского, форма ромбического додекаэдра характерна для гранатов в метаморфических породах, а (112) — для гранатов, происшедших путем выделения из магмы. Кристаллы граната, как правило, очень хорошо образованы. Размеры их колеблются в широких пределах, достигая иногда гигантской величины. Так, У. Майерс и С. О. Андерсон (Mayers a. Anderson, 1925) сообщают, что на одном из Адирондакских месторождений в штате Нью Йорк, разрабатываемом фирмой Barton Mines Corporation, были найдены от-

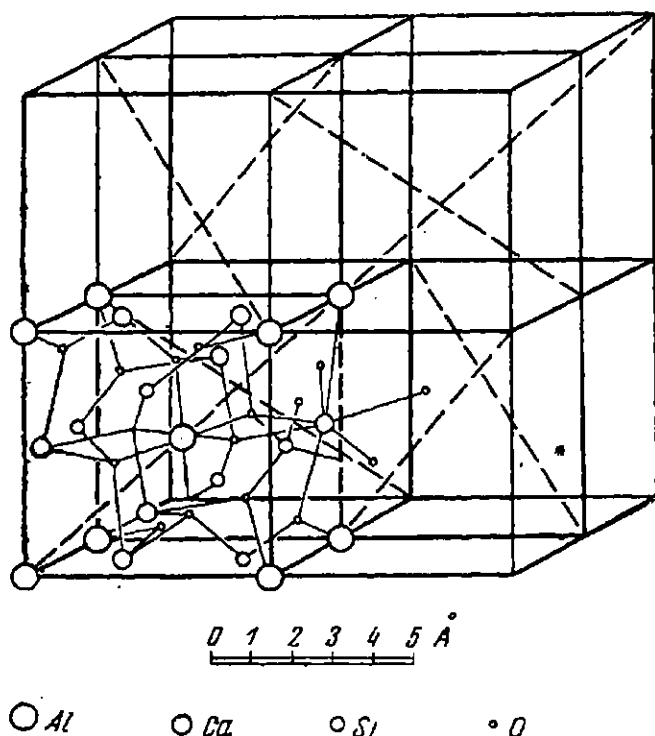
дельные кристаллы диаметром до 90 см. Спайность у граната несовершенная по (110).

Нередко гранат встречается в форме сплошных или зернистых масс. В некоторых случаях кристаллы соединяются в друзы.

На прилагаемой схеме (фиг. 4) показано расположение атомов известково-глиноземистого граната ($\text{Al}_2\text{Ca}_2\text{Si}_2\text{O}_{12}$) в кристаллической решетке. Внизу ее приведена шкала (в ангстремах), по которой можно судить о размерах элементарной ячейки.

Кроме перечисленных основных разновидностей граната, некоторые из основных групп включают в себе еще ряд других, близких по своему химическому составу. Так, например, к группе известково-железистого гра-

ната относится меланит — гранат черного цвета, содержащий титан, далее, изумрудно-зеленый демантоид, которому на Урале ошибочно присваивается название хризолита, коричнево-желтый колофонит, названный так за свое сходство с канифолью. Сходный по внешнему виду с топазом носит название топазолит. К этой же группе относятся аллом и аллохроит. К известково-глиноземистой разновидности принадлежат коричневые гессонит и романзовит. Встречаются далее разновидности, имеющие промежуточный характер. К ним, например, относится розовый гранат родолит — разновидность средняя между пиропом и альмандином. Можно еще упомянуть о блингите, содержащем окисно-закисно-марганцовую молекулу граната;



Фиг. 4. Кристаллическая решетка граната.

та; кальдерите, содержащем марганцово-железистую молекулу граната; складгите, содержащем окисно-закисную железистую молекулу граната, и др.

Нельзя не отметить, что многие разновидности получили на рынке свои особые торговые названия, часто не имеющие ничего общего с их минералогическим названием. Так, альмандины и пиропы, добываемые в Богемии, обычно фигурируют на рынке драгоценных камней под именем «богемского граната»; гессонит, добываемый на о-ве Цейлоне, продается под маркой «цейлонского гиацента»; альмандину часто присваивается название дейлонского и оделонского «рубина», иногда «карбункула». Под именем рубина (аризонского, колорадского) продается также пироп, добываемый в штатах Аризона и Колорадо. Уральский демантоид иногда называется уральским изумрудом, иногда хризолитом; уваровит, добываемый в Бушвельде (Трансвааль), обращается под именем «южно-африканского нефрита» и т. д.

2. ОСНОВНЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ГРАНАТОВ

Образование граната связано с непосредственным выделением из магмы, контактом магмы с изверженными или осадочными породами или, наконец, с глубинным термо-динамометаморфизмом.

Некоторые исследователи разделяют месторождения граната на подтипы, связывая их с объектом, подвергшимся изменению (осадочные, основные и кислые породы). В. И. Вернадский считает, что некоторые андрадиты и уваровиты образовались из водных растворов.

Наиболее ярким представителем гранатов *магматического происхождения* является пироп. Э. Дана (E. Dana) считает его характерным для основных изверженных пород, происшедших из магм, богатых $MgFe$ и бедных щелочами (дуниты, перидотиты). Пироп часто парагенетически ассоциируется с хромитом, шпинелью и др. Иногда зерна его окружены рубашкой, состоящей из шпинели, пироксенов и полевых шпатов (келифитовая кайма). П. Ниггли (P. Niggli) относит к продуктам застывания магмы также меланит и другие разновидности, содержащие титан. В этих случаях меланит, как наблюдал Лакруа, часто ассоциируется с эпидотом и железистыми минералами. Среди гранатов магматического происхождения реже встречается альмандин, андрадит и спессартин. А. Е. Ферсман (1926) относит гессонит (коричневая разновидность известков-глиноземистого граната) к типичным образованиям пегматитовых жил.

Среди гранатов *контактно-метаморфического происхождения* можно встретить все разновидности гранатовой группы. Гроссуляр и андрадит характерны для контактов кислых изверженных пород с известняками. Гроссуляр находится часто совместно с диопсидом, кальцитом, волластонитом, везувияном и эпидотом. Он принимает большое участие в образовании так называемых скарнов, состоящих, главным образом, из известковых силикатов. Г. Стоз и С. Глесс (Stose a. Glass, 1938) дают интересное описание андрадита контактно-метаморфического происхождения, образовавшегося в пустотах, происшедших вследствие растворения известняковой гальки в конгломерате с соединением кальция известняка с SiO_2 и Fe_2O_3 . Альмандин и спессартин широко распространены в кристаллических сланцах. Обычно они разливаются на контактах с гранитами или сиенитами, где вследствие чрезвычайно интенсивной перекристаллизации наблюдается образование гранатосодержащих биотитовых и гетитовых пород.

Тесная связь некоторых гранатов с пегматитовыми и кварцевыми жилами, проникающими в кислые кристаллические сланцы, показывает, что в данном случае образование граната обязано действию эманаций пневматолитической фазы. Парагенетически гранаты контактно-метаморфического происхождения ассоциируются с кварцем, биотитом, кианитом и пиритом; при переработке кислых сланцев дополнительно наблюдаются рутил, магнетит, силлиманит, мусковит и некоторые другие минералы. При изменении основных пород дополнительно встречаются турмалин и графит.

Третий тип граната, связанный с *термо-динамометаморфизмом*, обычно образуется в глубоких слоях, подвергшихся сильному давлению и характеризующихся развитием кристаллических сланцев. Нередко при этом гранат находится вокруг трещин тектонического происхождения. Этот генетический тип дает, по видимому, все виды гранатовой группы, за исключением пироба.

Однако, наиболее типичным для него является альмандин. Э. Дана считает последний особенно характерным для слюдяных сланцев и других метаморфических пород, богатых Al_2O_3 и Fe_2O_3 .

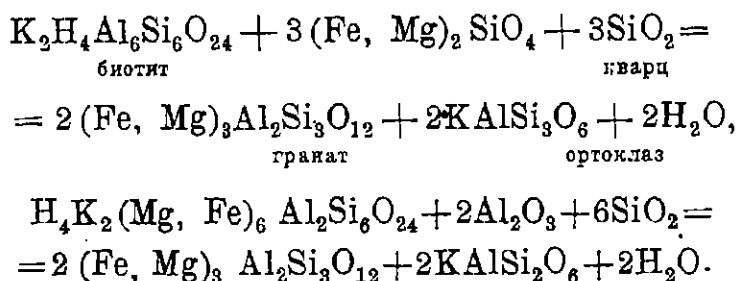
В. Райт (Wright, 1938) на основе изучения многочисленных анализов, собранных им за последние 75 лет, выявил замечательное постоянство разновидностей граната в породах одного и того же типа. Так, им установлено, что гранаты в пегматитах и гранитах на 85—95% состоят из гранатовых молекул спессартина и альмандина, а гранаты в известняковых контактовых породах (calcareous contact rocks) свыше 90% содержат молекулы гранатов гроссуляра и спессартина (табл. 3).

ТАБЛИЦА 3

Процентное соотношение молекул главных видов граната в различных типах пород (по Райту, 1938)

Тип породы	Спессар-тин	Гроссуляр	Пироп	Альмандин	Андрадит
Пегматит	47.1	—	—	41.8	—
Гранит	36.1	—	—	56.8	—
Гранат, связанный с контактом силикатных пород	30.7	—	—	56.4	—
Бiotитовый сланец	—	6.0	13.8	73.0	—
Амфиболовый сланец	—	20.7	20.3	53.0	—
Эклогит	—	18.5	37.4	39.1	—
Кимберлит и перидотит	—	9.0	72.3	13.4	—
Карбонатные контактные породы	—	51.5	—	—	40.8
Разные основные породы	—	28.7	20.7	34.4	15.6

Процесс образования граната под влиянием динамометаморфизма из слюды с выделением одновременно вторичного полевого шпата показан в нижеследующем уравнении, составленном А. Цапфом (Zapf, 1910):



Необходимо отметить, что все приведенные генетические типы носят до известной степени условный характер, так как в одном и том же месторождении нередко можно встретить гранаты разного происхождения. Это особенно справедливо в отношении контактных месторождений, где на ряду с гранатами контактно-метаморфического происхождения очень часто встречаются гранаты, обязанные своим образованием термодинамическим процессам.

С промышленной точки зрения наиболее интересными являются контактовые месторождения, связанные с изменением основных пород, дающие наиболее крупные кристаллы альмандина. Контактные месторождения, связанные с изменением известняков, отличаются особой мощностью, но, давая обычно негодный для абразивных целей гроссуляр, как правило, не имеют промышленной ценности. Довольно крупные кристаллы альмандина наблюдаются и при контактном метаморфизме кислых пород, но концентрация граната в этих месторождениях большей частью незначительна, что делает разработку их нерентабельной.

Месторождения магматические и термо-динамометаморфические дают мелкие кристаллы с бедным содержанием их в породе.

Кроме коренных месторождений, гранат встречается также в виде элювиальных и делювиальных россыпей. Поскольку удельный вес граната выше сопровождающих его минералов, нижние части россыпи, как правило, значительно богаче гранатом, чем верхние.

Хотя гранаты устойчивее многих других природных соединений, тем не менее под действием H_2O и CO_2 иногда наблюдается переход их в глины, под влиянием гидатогенных процессов — в эпидоты, цеолиты и слюды. Ниг-

гли указывает на случаи превращения гранатов в роговую обманку, скаполиты, кварц, волластонит, гематит и другие минералы. Гранаты, богатые Mg и Fe, переходят нередко в хлориты.

В глубинных частях земной коры можно, повидимому, ожидать обратного процесса: глины, слюды, эпидоты переходят там в гранаты.

Э. Дана указывает на возможность получения некоторых разновидностей граната искусственным путем, однако синтез граната очень сложен, требуя таких температурных условий и давления, которые трудно воспроизвести.

3. ГЛАВНЕЙШИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГРАНАТА ЗА ГРАНИЦЕЙ

Разнообразие условий, в которых образуется гранат, обуславливает его широкую распространенность. Однако, значительные скопления граната встречаются в природе сравнительно редко. Обычно он наблюдается в виде мелких чрезвычайно рассеянных кристаллов, содержание которых в породе измеряется ничтожными долями процента.

Гранат, применяемый для абразивных целей, известен в промышленной концентрации только в некоторых странах. В Европе такими странами являются СССР, Испания и Германия. Самые крупные месторождения находятся в США. Довольно много месторождений известно в Канаде, однако по своим запасам и качеству они значительно уступают месторождениям США. Имеются также месторождения абразивного граната в Индии, на о-ве Мадагаскаре, в Южной Африке, по некоторым сведениям, в Японии и в некоторых других странах.

Несмотря на специфичность требований, предъявляемых к гранату, используемому в ювелирной промышленности (прозрачность, цвет и т. д.), месторождений граната, пригодного для ювелирных целей, известно больше, чем абразивного граната. Объясняется это тем, что при незначительном спросе на ювелирный гранат для рентабельности его разработки не требуется ни значительной концентрации, ни большой мощности залегания.

Абразивный гранат

США. Все лучшие месторождения абразивного граната США находятся в штате Нью Йорк; наиболее мощные и с качественной стороны наиболее ценные сосредоточены на сравнительно небольшой площади в округах Уоррен и Эссекс (Warren a. Essex)—в восточной части Адирондакских гор, близ с. Норс Крик (North Creek), являющегося конечным пунктом Адирондакской ветки Делаварско-Гудзонской ж. д.

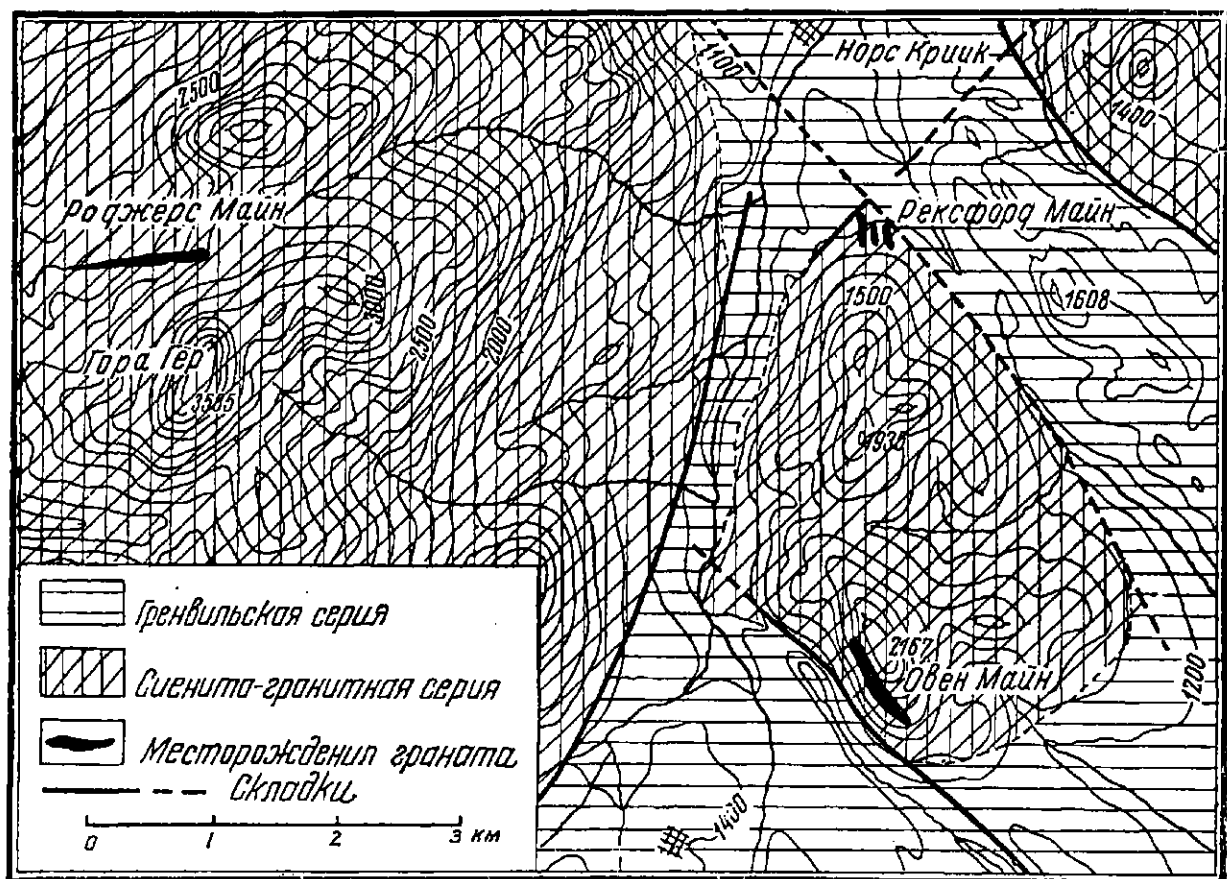
На фиг. 5 дана геологическая карта Адирондакских месторождений граната.

По Вильяму Миллеру (Miller, 1912), гранат в Уоррене, где сконцентрирована большая часть рудников, залегает в докембрийских породах, из которых самыми древними являются метаморфические осадочные породы богатой известняком гренвильской серии, тесно связанные с роговообманковыми гнейсами. Следующими по возрасту являются глубинные изверженные породы — сиенит, гранит и гранито-порфиры, имеющие гнейсовидный характер и интродуцированные в гренвильскую серию осадочных пород. Породы гренвильской серии, в результате вторжения магмы, частично были выдавлены кверху и затем в значительной степени разрушены последующей эрозией, частично были резорбированы расплавленным потоком; кое-где, однако, они остались также в нетронутом виде. Генезис адирондакских гранатов, по мнению В. Миллера, изложенному им в работе, изданной в 1912 г., представляется в следующем виде.

Часть граната, встречающегося в виде мелких кристаллов в породах гренвильской серии, образовалась в условиях термо- и динамометаморфизма

осадочных пород (1 тип) (рудник Паркер и Сандер, Parker a. Sander Brothers). Часть его, несомненно, выкристаллизовалась из первичной магмы, (2 тип), возможно, с некоторой ассимиляцией осадочных пород гренвильской серии. Этот тип граната также не отличается большими размерами (не более 3 см) и концентрацией, в связи с чем не было попыток его разработки.

Третий тип представлен в виде довольно крупных округлых включений, одетых в роговообманковую рубашку. Так как этот гранат встречается в линзах осадочных пород гренвильской серии, как бы затонувших в глубинных породах, В. Миллер считает, что он обязан своим образованием захвату



Фиг. 5. Геологическая схема Адирондакского района в штате Нью Йорк (США). (По W. Miller.)

осадочных пород расплавленной магмой во время ее интрузии. Колоссальное давление и чрезвычайно высокая температура способствовали интенсивной перегруппировке и перекристаллизации этих пород, состоящих из роговообманково-гранатовых гнейсов с прослойками известняка. Будучи переслоены известняком, эти гнейсы, богатые железом и бедные кремнеземом, представляли собой прекрасный материал для развития крупных кристаллов граната. Реакционная кайма из роговой обманки, окружающая эти гранаты, — вторичного происхождения: она появилась уже после кристаллизации последних. Описанный тип граната наблюдается в рудниках Роджерс (Rogers), у горы Овен (Owen) в Рексфорде (Rexford).

Наконец, четвертый тип встречается в виде хорошо образованных кристаллов-додекаэдров размерами больше 3 см в поперечнике без роговообманковой оболочки. Эти гранаты заключены в породу, похожую на сиенит или на кислый диорит (рудник Хопшер, Норрёт). По мнению Миллера, этот тип граната является продуктом ассимиляции сиенитом интрузии крупных включений вмещающих пород.

В последней своей работе, относящейся к 1938 г., В. Миллер отказывается от прежней точки зрения. Более углубленное изучение Адирондак-

ских месторождений привело его к следующему заключению: гранаты с реакционной каймой из роговой обманки произошли, повидимому, путем действия кварцево-сиенитовой магмы на метагаббро, а гранаты без такой каймы — от действия на метагаббро анортозитовой магмы с последующим воздействием на образовавшееся соединение сиенитовой магмы.

В Уоррене известно 7 крупных месторождений граната.

Рудник Роджерс находится в 18 км от с. Норс Крик. Гранат залегает в среднезернистом гнейсе, состоящем из роговой обманки, ортоклаза и лабрадора с небольшой примесью гиперстена и биотита. Содержание граната достигает 12%. Гранат-альмандин наблюдается в виде довольно многочисленных, очень крупных (12—15 см в диаметре) округлых вкрапленников красно-бурого цвета, хорошей просвечиваемости; он не имеет явных кристаллических очертаний и довольно сильно раздроблен. Гранат обыкновенно одет в роговообманковую оболочку, которая увеличивается с увеличением размеров вкрапленника. Месторождение представляет собой удлиненную линзу в гнейсе длиной около 1.2 км, ширина в восточной части равняется примерно 30 м. Месторождение разрабатывается компанией The Barton Mines Corporation, самым крупным производителем граната в США.

Рудник Хошпер расположен близ «Тринадцатого озера», в 3.5 км от с. Норс Ривер (North River). Рудник разрабатывается фирмой North River Garnet Co, бывшей незадолго до кризиса основным производителем граната в Адирондакском районе.

Остальные месторождения в Уоррене (Рексфорд и Паркер, близ горы Овен, в 4.4 км к северу от Норс Крик), хотя и представляют промышленный интерес, но сейчас не разрабатываются, причем значительная часть рудников закрыта еще 10—15 лет назад.

В штате Нью Гемпшайр месторождение граната известно в Мерримэ (Merrimae) в Норс Вильмот (North Wilmot). Гранатсодержащая порода состоит, главным образом, из полевого шпата, кварца и биотита. Содержание граната в руде исключительно высокое — от 40 до 80%. Гранат-альмандин встречается в виде небольших кристаллов в среднем от 6 до 9 мм в диаметре. Разработка месторождения велась сначала фирмой The Wanson Abrasive Co, а в последние годы зависимой от нее The Garnet Products Co. Рудник сейчас не работает. Только для того, чтобы не закрыться, обогащательная фабрика перерабатывает старые запасы. Следует еще упомянуть о месторождении близ Данбери, эксплуатировавшемся до кризиса (1931 г.) компанией Форда.

В штате Северная Каролина известно много месторождений абразивного граната-альмандина и родолита, однако разработка их никогда не велась в крупном масштабе и сейчас прекратилась совершенно.

По данным В. Вильмота (Eardley-Wilmot, 1924), самое крупное месторождение родолита расположено в 4 км к югу от Виллитс (Willits). Гранат в виде мелких кристаллов (от 3 до 12.5 мм в диаметре) залегает среди слюдяных сланцев, содержащих кварц и полевошпат. Среднее содержание граната колеблется от 20 до 25%, но есть участки, где концентрация доходит до 60%. Месторождение разрабатывалось нерегулярно; рудник и обогащательная фабрика, построенная в 1925 г., принадлежат фирме The Rhodolite. Предприятие законсервировано.

В штате Монтана фирма Vermont Mica Co разрабатывает комплексное слюдо-гранатовое месторождение в Гассетсе (Gassetts). Сейчас выпускается на рынок только слюда, гранат идет на склад в расчете на будущие поставки. В 1932 г. Годдард (C. Goddard) поставил пробную добычу на вновь открытом месторождении в Адлере.

В Калифорнии, в округе Сан-Бернардино, в 1930—1931 гг. фирмой Pacific Coast Co открыто и разрабатывалось крупное месторождение андрадита, запасы которого исчисляются свыше 1 млн. т чистого граната. Предваритель-

ные испытания показали твердость граната, превышающую 7. Содержание граната в породе доходит до 100%. Опытное дробление дало зерно с остро-режущими краями. Испытания его на шлифование стекла показали высокую абразивную способность.

В сборнике *Industrial Minerals and Rocks* (1937) упоминается о разведке и пробной добыче в 1935 г. граната на руднике Сэнни Дэй (Sunny Day), близ Индио (Indio) в округе Риверсайд (Riverside) в том же штате Калифорния.

По тем же данным, на Аляске в Россэй (Rothsay), около Стайкип (Stikine) (против о-ва Врангеля), известно месторождение почти прозрачного граната в слюдистых сланцах с величиной кристаллов до 25 мм в диаметре. Гранат обладает очень высокими абразивными свойствами. Лет 10—15 назад это месторождение разрабатывалось в небольших масштабах.

В литературе имеются еще указания на месторождения граната в штатах Коннектикут, Пенсильвания, Джорджия и Вирджиния.

Канада. В. Вильмот (Eardley-Willmot, 1924) дает в своей монографии, посвященной гранату в Канаде, длинный перечень канадских месторождений с краткой их характеристикой. Число их достигает 100, однако только небольшая часть может считаться пригодной для организации более или менее значительной добычи абразивного граната. К имеющим промышленное значение могут быть отнесены месторождения: в Британской Колумбии — в округе Камлупс (Kamloops); в Новой Шотландии — в округе Ярмаус (Yarmouth), в местности Чегоггин (Chegoggin); в Онтарио — в местностях Портланд, Лонгрин и Депо Харбор (Portland, Longhrin, Depot Harbour); в Квебеке — в районе Джольет (Joliette), в местности Каскарт (Cathcart), в округе Шарлевуа (Charlevoix), вблизи бухты св. Павла (Bay of the St. Paul) и др.

По данным Майерса и Андерсона (Meyers a. Anderson, 1925), разработка канадских месторождений началась примерно лет 10 назад; однако, продержавшись всего два года, она быстро стала падать и вскоре прекратилась совершенно. По данным *Mineral Industry*, в 1932 г. имели место попытки возобновить добычу в Северной бухте (North Bay) в Онтарио и близ Лабелль (Labelle) в Квебеке.

В **Испании** имеется несколько месторождений граната; наибольшей известностью пользуется расположенное в провинции Альмерия, в 45 км от города того же названия. По данным Вегнера (Wegner, 1933), это месторождение состоит из коренной залежи в андезите и россыпи частично среди делювия, частично среди аллювия — в старой дельте р. Хейко. Коренное месторождение не имеет промышленного значения вследствие низкого содержания граната (0.5%) и трудности его извлечения (раскалывается в мелочь при дроблении руды).

Россыпь в дельте разрабатывалась фирмой *Financiera y Miners* (Малага) с 1905 г. и давала мелкие округлые кристаллы сильно трещиноватого граната-альмандина невысокого качества. По подсчетам Вегнера, суммарные запасы россыпи в Альмерии при среднем содержании в 10% составляли не более 24 тыс. т. Считая, что к тому времени добыто было не менее 20 тыс. т, остающееся количество, по его мнению, не превышало 4 тыс. т. Разработка велась кустарным способом. Обогащение осуществлялось вручную просеиванием песка через обыкновенные сита.

Кроме указанного месторождения, известны еще выходы гранатосодержащих пород в Сьерра-Невада, где они залегают в слюдяных сланцах, и близ Кабо де Гата (Cabo de Gata), где гранат встречается в гнейсах. Эти месторождения не разрабатываются.

Германия. По данным Даммер и Типе (Dammer u. Tietze), в Баварии в Верхнем Пфальце известно довольно много месторождений граната, расположенных близ Альберсрихт и Ворпенрихт (Albersrieth, Worpenried), близ Фохенштраус (Vohenstrauss), близ Эрбендорф (Erbendorf) и др.

Гранатсодержащей породой является гранатовый амфиболит, образующий включения в роговообманковых гнейсах и гранатах и состоящий из листочков слюды, полевого шпата, кварца и очень маленьких кристаллов граната. Разработка этих месторождений ведется с начала XIX в., и часть их в значительной мере выработана.

Индия славится, главным образом, ювелирным гранатом, однако на ее территории имеется ряд месторождений, дающих также и абразивный материал. К ним принадлежит довольно крупная россыпь граната в Неллорском округе (Nellore), а также в Мадрасском округе близ Тинневелли (Tinnevely). Заслуживают внимания коренные месторождения в области Талук в Майсоре (Mysore), где гранат залегает в кианитсодержащих сланцах и гнейсах. В последнее время небольшая добыча велась близ Каммамета в Орангальском округе в штате Хайдерабад (Hyderabad).

Прочие страны. Из месторождений прочих стран могут быть отмечены месторождения Вельгии (месторождение «Коктикуль» в Арденнах), Японии, Мадагаскара, в Британском Сомали, на острове в заливе Губерта против берегов Лабрадора, в Трансваале (округ Loutiponsberg), Швеции и некоторые другие. Однако, в литературе нет подробных сведений об их характере и мощности.

Ювелирный гранат

Гранат, пригодный для использования в ювелирной промышленности, известен в ряде стран. Лучшими месторождениями считаются:

а) Месторождения о-ва Цейлона — Велигама, Матара (Veligama, Matara) и др. — и Индии — в провинции Раджпутана, в районах Сервар и Раджмохал (Radschputana, Serwar, Radschmohal), — когда-то поставлявшие гранат на весь мир.

б) Месторождения в Чехии, близ Праги, дающие богемский пироп. Гранат здесь большей частью россыпной, залегает в делювиальном щебне. Встречаются, однако, и коренные залежи в конгломератах около Мерониц (Meropitz) в третичной брекчии Линхорка (Linhorka).

в) Месторождения пироба на западном склоне возвышенности Маконде в районе Луизенфельд в юго-западной части бывшей Германской Восточной Африки.

г) Пиропы Южной Африки в алмазных копях долины Вааль.

д) Альмандин в Бразилии, в россыпях Минас Новас.

е) Месторождения россыпного пироба в Аризоне и в Юта.

ж) Гранат-гидрацит прекрасного качества в Сан-Диего в Калифорнии.

з) Спессартин и желтый грессуляр в Колорадо близ Руби Маунтэн (Ruby Mountain).

и) Спессартин в штате Нью Йорк — Манхаттан Айленд (Manhattan Island) и в штате Вирджиния — Амелие Курт Хаус (Amelia Court House).

к) Родолит в Северной Каролине в округах Мэкон (Macon) и Джексон (Jackson); кристаллы светло- и темнорозового цвета достигают иногда очень крупных размеров и веса до 14 каратов.

л) Альмандин на Аляске.

м) Уваровит в Бушвельде в восточном Трансваале, в 40 км восточнее Претории. Добываемый здесь гранат исключительно красивой окраски, носит наименование южноафриканского нефрита.

н) Можно еще упомянуть о розово-желтом грессуляре и медово-желтом топазолите в Италии (долина р. Аосты, железный рудник Конье).

4. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГРАНАТА В СССР

Абразивный гранат

Как уже было указано, Советский Союз является единственной страной в Европе, располагающей мощными месторождениями абразивного граната.

Наиболее ценные из них сосредоточены на Урале, в Карело-Финской ССР и в Мурманской обл.

Урал.¹ Гранат на Урале в основном представлен двумя генетическими типами: контактово-метаморфическим и связанным с динамометаморфизмом основных изверженных и осадочных пород.

На прилагаемой схематической карте (фиг. 6) нанесены места наиболее крупных скоплений гранатов с подразделением их по генетическому признаку. Распространение гранатовых месторождений имеет вид пояса, вытянутого в направлении, близком к меридиональному, в соответствии с зональным распространением всех пород Уральского хребта.

Обследование уральских месторождений, проведенное ВИМС (Институт минерального сырья—б. Институт прикладной минералогии) в период 1928—1929 гг., коснулось около 40 месторождений, находящихся в следующих дачах: Нижне-Исетской, Северо-Полевской, Сысертской, Каслинской, Кыштымской, Тургоянской, Миасской и Златоустовской.

По данным В. С. Контева-Дворникова, большая часть этих месторождений связана с метаморфизмом осадочных пород; за ними по степени распространенности идут месторождения, связанные с метаморфизмом основных пород и, наконец, только одно находится в контактовой зоне.

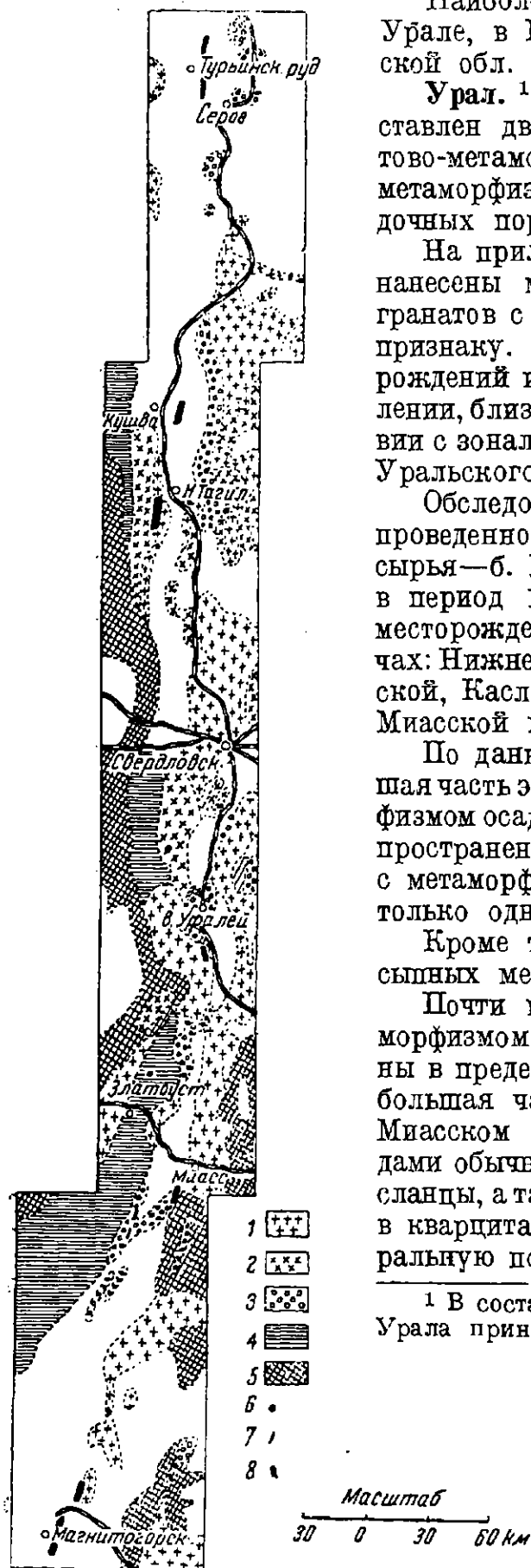
Кроме того, было обследовано еще два россыпных месторождения.

Почти все месторождения, связанные с метаморфизмом осадочных пород (1 тип), расположены в пределах Златоустовской дачи, и лишь небольшая часть в Уфалейском, Кыштымском и Миасском районах. Гранатосодержащими породами обычно служат слюдяные и ставролитовые сланцы, а также слюдяные кварциты, залегающие в кварцитах и гранито-гнейсах, слагающих центральную полосу кристаллических пород. В них

¹ В составлении обзора гранатовых месторождений Урала принимал участие А. Е. Малахов.

Фиг. 6. Схема распространения гранатовых пород на Урале:

1 — породы гранитной магмы; 2 — породы основной магмы; 3 — ультраосновные породы; 4 — метаморфическая толща; 5 — палеозой; 6 — первый тип месторождений; 7 — второй тип месторождений; 8 — третий тип месторождений.



содержание граната-альмандин колеблется от случайно рассеянных кристаллов до 40—50%. Мощность гранатоносных зон достигает 200 м. К этому типу относится самое крупное из уральских месторождений — Иссылское, которое будет в дальнейшем рассмотрено детально.

Второй тип может быть разбит на две группы, а именно: 1) месторождений, связанных с метаморфизмом ксенолитов основных пород, перидотитов и пироксенов в гранитах, и 2) месторождений жильного характера, образовавшихся в результате проникновения флюидов кислой магмы в основные породы кровли. В породах первого подтипа гранат представлен незначительно в виде мелких зерен. При более тесном взаимоотношении гранитов и основных пород наблюдается развитие массивных гранатовых пород, а также хлоритовых, роговообманково-биотитовых и роговообманково-хлорито-гранатовых. В зависимости от химического состава основных пород гранат представлен различными членами гранатовой группы, чаще всего альмандином. Второй подтип встречается в виде маломощных жил биотита и хлорита с незначительным содержанием граната.

Эти месторождения не носят промышленного характера, кроме двух — Осиновского и Глубочинского, — также не отличающихся большой мощностью.

Третий тип, контактовый, обнаружен только в Нижне-Исетской даче (месторождение Старо-Андреевское). Здесь гранат залегает в виде массивного выделения в контакте между мраморами и изверженной породой. Месторождение довольно крупное, однако промышленное значение его сомнительно, в виду принадлежности граната к грессуляру.

Из россыпных месторождений некоторый промышленный интерес может иметь только Полдневское, представляющее собой элювиальную россыпь альмандин.

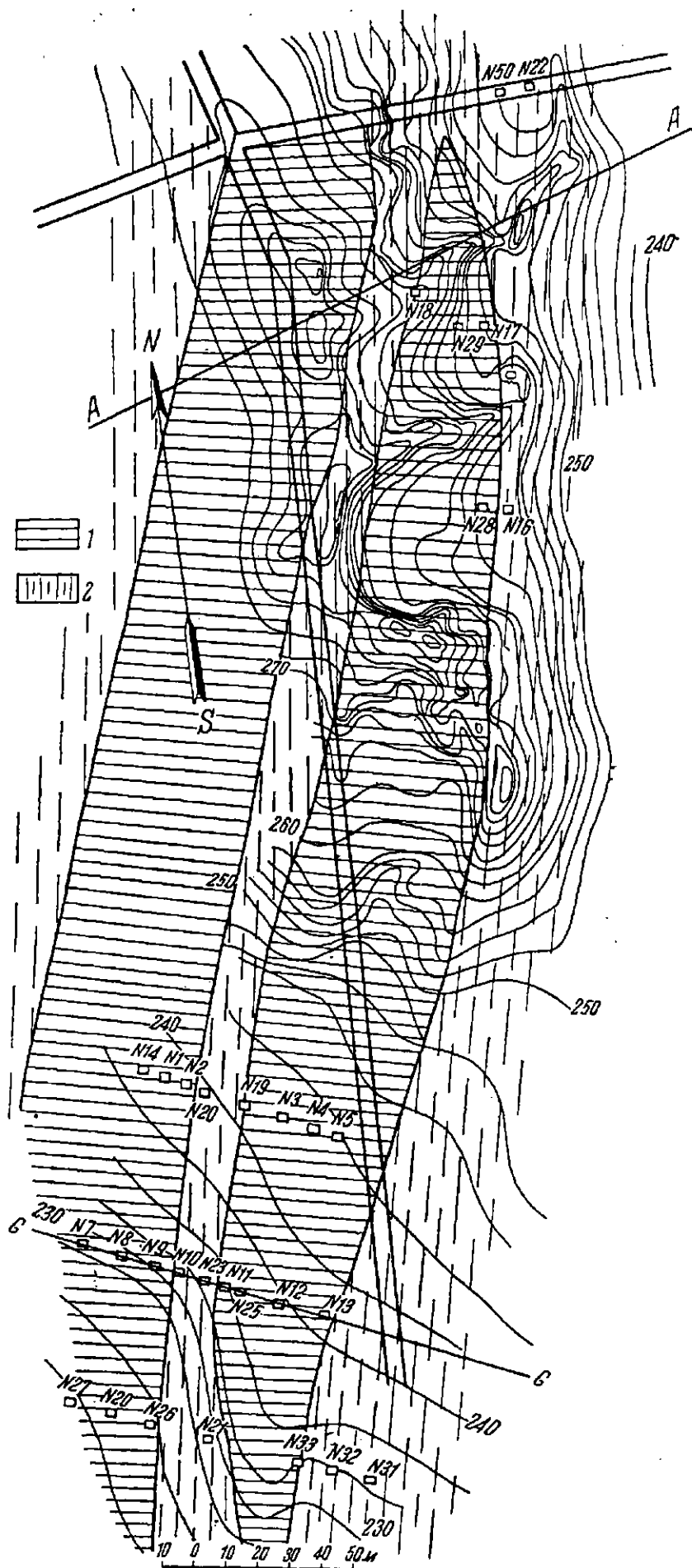
Иссылское месторождение находится в 20 км от разъезда Таганай Южно-Уральской ж. д. Район гористый; наиболее высокие вершины — горы Круглица и Иссыл — достигают абсолютной высоты 1155 и 994 м. Преобладающими породами района являются сланцы с гранатом, ставролитом и кианитом. Кварциты слагают высшие точки хребтов. В строении Большого Таганая (западная часть района) участвуют кварциты и ставролитослюдяные и ставролитовые сланцы, часто содержащие альмандин. Средний Таганай слагают только кварциты. На юге кварциты сменяются ставролитослюдяными сланцами, которые на горе Красноглинской развиты особо сильно. Эти сланцы, как и сланцы горы Варгановой, прорезываются дайками гранита и амфиболита мощностью от 5 до 15 м (фиг. 7 и 8).

С петрографической точки зрения породы могут быть охарактеризованы следующим образом.

Кварциты представлены плотной, средне- или крупнозернистой породой серого и серовато-желтого цвета сланцеватого сложения, с примесью хлорита и мусковита, а кое-где биотита, магнетита и ставролита. Распределение этих минералов неравномерное.

Ставролитослюдяные сланцы представляют собой средне- и мелкозернистую породу серого или серо-зеленого цвета, сильно рассланцованную; в нее, кроме полупрозрачного кварца, входят мусковит и иногда черный ставролит, биотит и хлорит. В гранатосодержащих разновидностях встречаются крупные выделения альмандин. Под микроскопом в составе ставролитослюдяных сланцев установлены: кварц, ставролит, силлиманит, дистен, гранат, биотит, мусковит, хлоритоид, магнетит, рутил, циркон и апатит; последние четыре имеют акцессорный характер; преобладающим является кварц. Иногда кварц, ставролит и дистен глубоко проникают в тело граната, в котором, кроме того, наблюдаются мелкие каплеобразные скопления кварца. Изучение сланцев показывает, что в первоначальных осадках происходило чередование кварцевого и железоглиноземистого материала с обра-





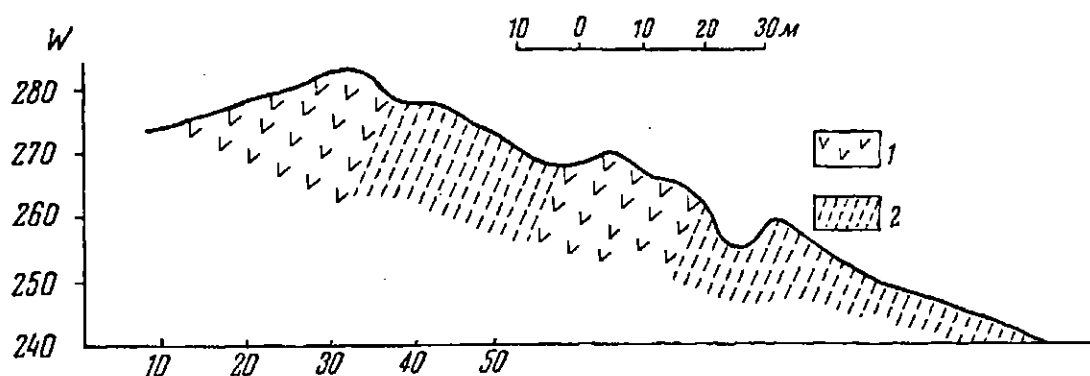
Фиг. 7. Геологическая схема Иссильского месторождения граната:

1 — сланцы с гранатом; 2 — кварциты.

зованием при изменении первых крупнозернистых кварцевых полос, а при изменении вторых — участков, богатых гранатом и алюмосиликатами. Мощность пластов гранатосодержащих сланцев колеблется от 30 до 300 м.

По минералогическому составу и характеру метаморфизма месторождение надо считать происшедшим в результате вторжения гранитной магмы в осадочные глинистые и песчаные толщи пород.

Разведками установлено наличие двух пластов слюдяно-ставролитовых сланцев с гранатом, залегающих в толще кварцитов (фиг. 7 и 8). Разделяясь 20-метровой прослойкой кварцитов, сланцы падают на запад под углом 65—70°. Простираание пород северо-восточное 18—20°. Из этих двух пластов наибольший промышленный интерес представляет восточный пласт. По простиранию он прослежен на протяжении более 400 м, причем в северной части он постепенно выклинивается. Максимальная мощность его в средней части равна 55 м. По мере уменьшения мощности содержание граната умень-



Фиг. 8. Схематический разрез (по линии А—А) Иссильского месторождения:

1 — слюдяные сланцы с гранатом; 2 — кварциты.

шается. Гранат-альмандин в виде вкрапленников характеризуется пластинчатым строением, цвет его красновато-фиолетовый; размеры выделения его небольшие — от 0.2 до 3 см; форма кристаллов округлая, как бы оплавленная; он отличается значительной трещиноватостью. Среди включений в него на первом месте стоит кварц. Зерна последнего, обычно каплевидной формы, вытянуты в направлении трещин. Детальное опробование второго пласта показало среднее содержание граната в 20% при среднем проценте товарного продукта в 8.4. В первом пласте содержание граната несколько ниже (около 19.9% при товарном продукте в 7.7%).

Химический и молекулярный состав иссильского граната следующий (в %):

SiO ₂	37.35	MgO	2.74	P ₂ O ₅	0.06
TiO ₂	0.15	CaO	2.05	Альмандин	85.2
Al ₂ O ₃	20.63	K ₂ O	нет	Пироп	7.0
Fe ₂ O ₃	1.45	Na ₂ O	0.15	Гроссуляр	1.5
FeO	55.12	H ₂ O	0.03	Спессартин	4.5
MnO	0.52	H ₂ O _{11°}	0.08		

Запасы по обоим пластам исчислены (в т): по категории А₂ — 25 600, по категории В — 38 700, по категории С — 33 400; всего 97 700 т товарного граната.

Обогащаемость иссильского граната изучалась ВИМС (см. ниже главы 6 и 7). Разработанная им схема мокрого обогащения дает возможность получать концентрат с содержанием граната до 90% при извлечении в 58—60.5%. Микроскопическое исследование концентрата показало большое сходство его с американским. Сетка трещиноватости граната довольно значительна, однако трещины, повидимому, неглубоки, за что говорят результаты дробления (52% зерен граната имеют размер свыше 48 меш). По изучению абразивной способности граната были проведены лишь незначительные опыты

на пробной шкурке, изготовленной заводом «Ильич», давшие удовлетворительные результаты. Данные количественного и качественного изучения иссыльского граната позволили ВИМС разработать схему проекта рудника и обогатительной фабрики. Эта схема была передана объединению Минерал-руд, но осталась последним неиспользованной. Никаких работ на месторождении сейчас не ведется.

По своей мощности Иссыльское месторождение, несомненно, представляется выдающимся и имеет большое промышленное значение. Работами ВИМС оно может считаться вполне подготовленным к эксплуатации. Необходимо лишь дополнительно провести некоторые испытания для изучения абразивных качеств граната. Географическое положение в центре Урала является благоприятным моментом, несмотря на некоторую отдаленность месторождения от населенных пунктов.

Глубочинское месторождение находится в 12 км от Сысертского завода и в 12 км от ст. Мраморской. Район сложен метаморфическими осадочными и изверженными породами в виде хлоритовых, кремневых и тальковых сланцев, кварцитов, мраморов, амфиболитов и змеевиков, идущих широкой полосой от Сысертского завода на юг к оз. Багаряк. Месторождение залегает на западной границе этой полосы в зоне контакта сланцев с гранитами. Гранатсодержащей породой служат роговообманково-гранатовые породы в гранито-гнейсах. Гранат-альмандин представлен крупными, прекрасно образованными кристаллами, размером в среднем от 2 до 4 см при отдельных индивидах до 10 см. Содержание граната в руде достигает 40%. Запасы месторождения не превышают 200 т, в виду чего оно может иметь лишь подсобное значение.

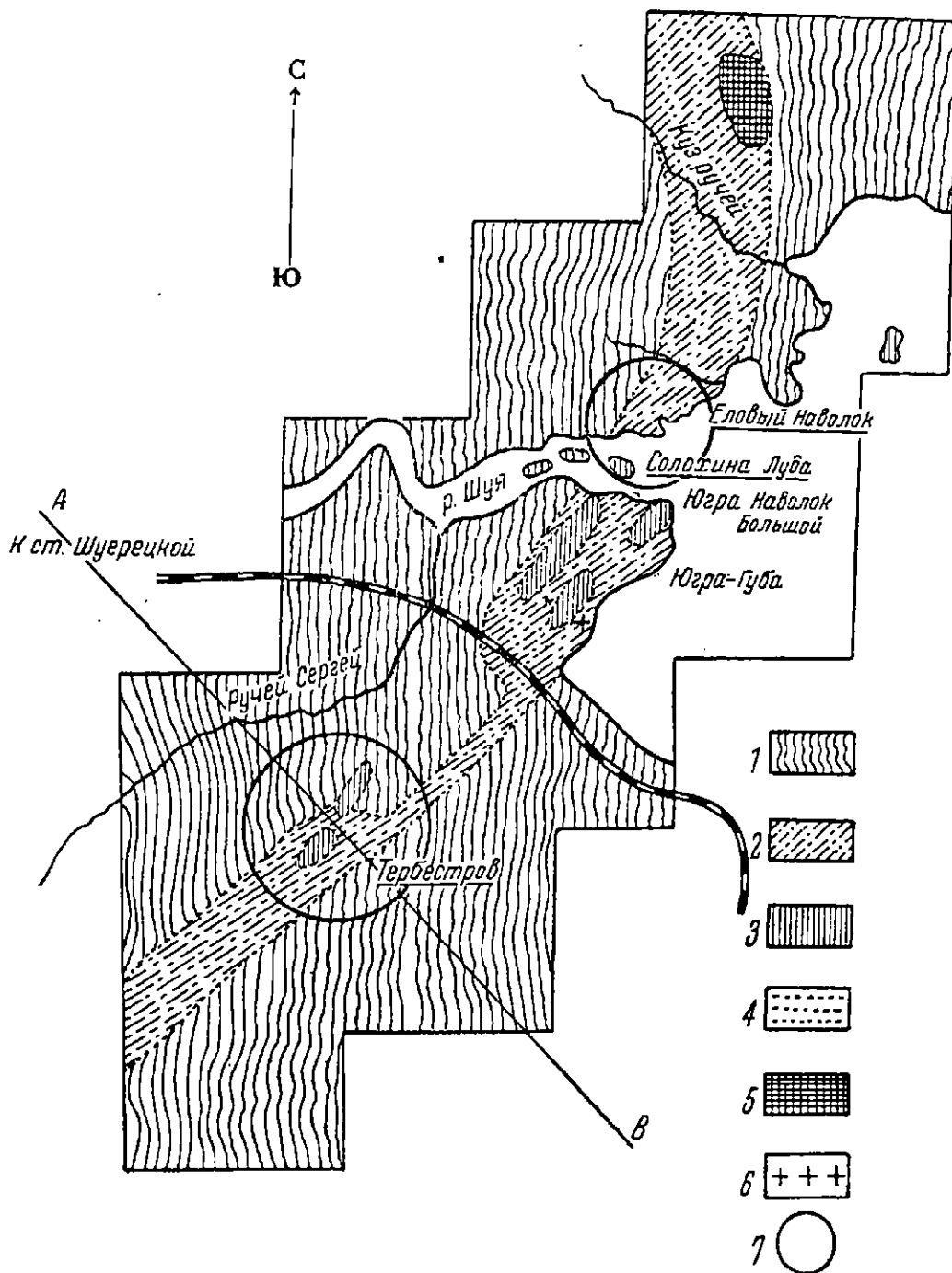
Осиновское месторождение расположено в 6 км от 77-го разъезда Южно-Уральской ж. д. От ст. Мраморской до с. Полдневского проходит большой гранитный массив, к которому с запада примыкают метаморфизованные, изверженные и осадочные породы. К первым относятся амфиболиты, хлоритовые, тальковые и талько-карбонатные породы. Гранатсодержащие породы, наблюдающиеся в выходах, очень плотны и залегают среди биотитовых пород и гнейсов. Длина этих выходов незначительна, не превышает 20—25 м при мощности от 1 до 8 м. Гранат в основном представлен спессартином. Твердость его 7.5—8. Кристаллы настолько мелкие, что различить их даже в микроскоп невозможно. Содержание граната очень высокое, достигает 95%, однако общие запасы месторождения невелики и исчисляются всего в 400 т. В виду этого Осиновское месторождение имеет также лишь второстепенное значение.

Кроме трех перечисленных, можно еще указать на месторождения: *П о л я к о в Л о г* — близ Миасского завода с запасами около 4500 т, при содержании граната в породе в 10%; *Б о л ь ш о й Л о г* — в 20 км от г. Златоуста, отличающееся высоким содержанием граната (около 40%), но недостаточно разведанное, и, наконец, *П о л д н е в с к о е* — в 20 км от станции того же наименования, запасы которого точно не установлены, но, по видимому, довольно значительны. М. А. Гордиенко отмечает открытые в 1931 г. месторождения в 41 и 42 кварталах Нижне-Исетской дачи (в 16 км от Свердловска), около 78-го разъезда Южно-Уральской ж. д. в 69 квартале Северополевской дачи, в 60 квартале той же дачи в 6 км от дер. Косой Брод.

Карело-Финская ССР. Открытие гранатовых месторождений относится к 1929 г. (Институт Севера, П. А. Борпсов). Начиная с 1931 г. изучение их велось быв. Ленинградским отделением ВИМС, который произвел детальные разведки и широкие поисковые работы (В. С. Артамонов и Н. А. Игнатьев).¹

¹ Результаты исследований гранатов Шуерецкого района изложены по отчетным данным б. Ленинградского отделения ВИМС (руководитель А. Г. Елисеев) с использованием имеющихся в отчетах графики и фотографий.

Месторождения граната расположены близ ст. Шуерецкой Кировской ж. д. (Кемский район), в непосредственной близости от берега Белого моря. Обследованный участок имеет в длину с севера на юг 22 км и в ширину от 5 до 10 км, и представляет нивелированную сильно заболоченную местность, возвышающуюся над уровнем моря на 8—10 м.



Фиг. 9. Геологическая схема района Шуерецких месторождений граната. (По данным Н. А. Игнатъева, 1932.)

1 — гнейс слюдяной и амфиболовый; 2 — сланец биотито-дистено-гранатовый; 3 — амфиболит плагиоклазо-кварцево-гранатовый (рассланцованный); 4 — пегматитовые и кварцевые жилы; 5 — амфиболит массивный; 6 — гранит плагиоклазовый; 7 — месторождение.

В геологическом отношении район характеризуется мощной свитой докембрийских образований, ледниковыми отложениями и отложениями послеледниковой бореальной трансгрессии (фиг. 9 и 10).

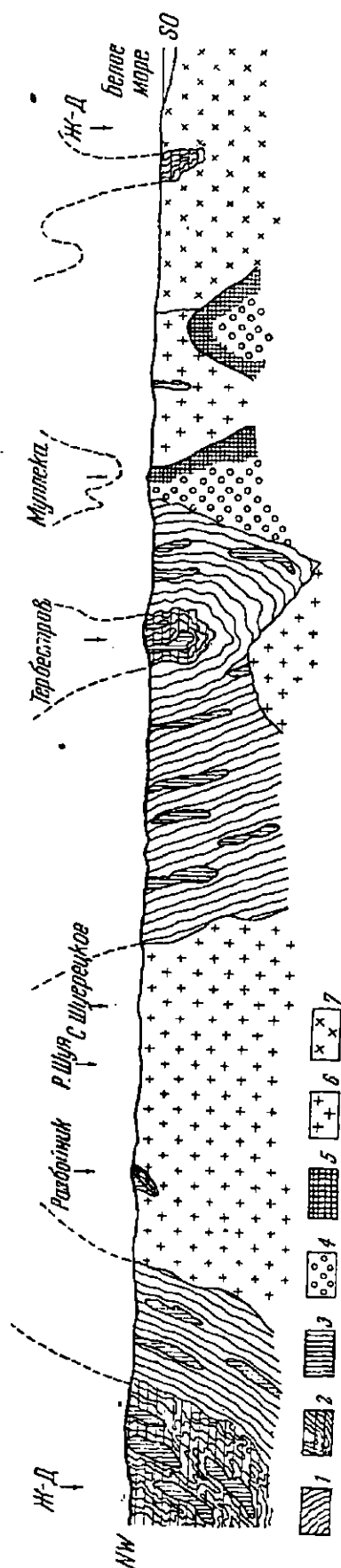
Породы докембрийской свиты разбиваются на метаморфические, куда включается серия кристаллических сланцев, и изверженные с преобладанием кислой магмы.

Наиболее распространенными в строении района являются гнейсы, занимающие одну треть всей площади. Биотито-дистено-гранатовые и биотитовые сланцы в виде довольно мощных полос зажаты в гнейсах и лежат согласно с толщей последних. Амфиболиты (плагноклазовые, гранатовые и т. п.) встречаются в гнейсо-сланцевой толще в виде линз разной величины. Иногда гранатовые амфиболиты превращаются в гранато-биотитовые породы, отдельные зоны которых появляются на контактах со сланцами или в толще самих амфиболитов. Эти зоны сильно обогащены гранатом в виде крупных желваков по 25 см в диаметре.

Значительную роль в строении района играют габбро-нориты, выходы которых образуют возвышенности среди заболоченной кругом местности; на контакте с гранитами они дают оторочку амфиболита с появлением граиата и кварца при полном почти исчезновении полевого шпата.

Гранатизация пород тесно связана с пегматитовыми и кварцевыми жилами. Пегматитовые образования разделяются на две разновидности, из которых более распространены плагноклазовые пегматиты. Они проникают вдоль сланцеватости в толщу метаморфической свиты, что особенно заметно в биотито-дистено-гранатовых и биотитовых сланцах, чрезвычайно сильно пегматитизированных. Плагноклазовые пегматиты имеют вид частых прожилок, инъецирующих породу, в результате чего в породе появляются гранаты и дистен.

По Н. А. Игнатьеву, генезис Шурецких месторождений представляется в таком виде. Процесс метаморфизации пород проходил на большой глубине путем перекристаллизации архейской толщи изверженных и осадочных пород и привел к образованию сланцев, гнейсов и амфиболитов. К этому периоду относится образование мелких кристаллов граната и дистена, в незначительных количествах рассеянных в указанных породах. Когда процесс складчатости подходил к концу, в толщу метаморфизованных пород вторгся большой лакколит гранита, оказавший сильное воздействие на боковые породы. В результате этого воздействия образовались крупные кристаллы дистена и граната. Роль пегматитовой инъекции была преимущественно катали-



Фиг. 10. Схематический разрез окрестностей с. Шурецкого (по линии А — В):

1 — гнейсы слюдяной и амфиболитовый; 2 — сланцы биотито-дистено-гранатовые и биотитовые; 3 — амфиболиты рассланцованные; 4 — габбро-нориты; 5 — граниты плагноклазовые; 6 — амфиболиты массивные; 7 — граниты микроклин-плагноклазовые.

шой лакколит гранита, оказавший сильное воздействие на боковые породы. В результате этого воздействия образовались крупные кристаллы дистена и граната. Роль пегматитовой инъекции была преимущественно катали-

ческой; как показывает сравнительный анализ гранатсодержащих и материнских пород, в химическом составе их нет разницы. Гранат произошел, таким образом, не за счет миграции элементов пегматитовых жил, а исключительно за счет внутренней перегруппировки имеющегося уже материала. Некоторые участки амфиболитов, вследствие инъекции пегматитовых растворов и при наличии боковых давлений, перекристаллизовались полностью. За счет роговой обманки появился гедрит, за счет остатков магния и железа роговой обманки и плагиоклазового материала образовался гранат. Излишек глинозема дал дистен. Так как процесс шел относительно долго, минералы образовались в виде крупных хорошо оформленных кристаллов. С наступлением гидротермальной фазы, связанной с понижением температуры в пегматитовом растворе, гедрит переходит в биотит с образованием слюдита. Пегматитовые жилы, оказавшие большое влияние на метаморфизацию вмещающих пород, в свою очередь в значительной мере изменились в этом процессе; в них также образовался гранат за счет магния и железа боковых пород.

Всего в Шуерецком районе Карело-Финской ССР разведано четыре месторождения — Тербестров, Еловый Наволок, Солохина Луда и Кислячиха.

Месторождение Тербестров привлекает к себе наибольший интерес с промышленной точки зрения. Оно расположено в 2.5 км на юго-восток от с. Шуерецкого, в 3 км от р. Шуи и в 1.5 км от линии Кировской ж. д., представляя собой «бараний лоб», вытянутый с северо-востока на юго-запад. Длина его равняется 970 м при ширине в наиболее широкой части в 800 м. Наносы достигают 1.5—2 м. Геологическое строение северной и южной частей месторождения различно. Первая представляет однородное поле, сложенное гнейсами, вторая сильно дислоцирована и собрана в ряд складок, сложенных серийей сланцев в переслаивании с тонкими пропластками амфиболитов. Все породы имеют довольно выдержанное общее простирание на северо-восток 30° , с крутым падением на юго-восток. Гнейсы представлены слюдистой, двуслюдистой и роговообманково-слюдистой разновидностями, переходящими незаметно одна в другую. С северо-запада на юго-восток среди гнейсов тянутся гранатовые амфиболиты, различные и по внешнему виду и по минералогическому составу. Одни содержат амфибол, плагиоклаз и кварц с включением небольших кристаллов граната; в состав других входят, главным образом, амфиболит и биотит. Северная часть месторождения промышленного интереса не представляет, так как здесь содержание граната не превышает 1—2%. В южной же части, слагаемой, главным образом, биотито-дистено-гранатовыми сланцами, гранат-альмандин встречается в виде желваков величиной от 3 до 8 см, в состав которых входит также и ряд других минералов, в первую очередь кварц. Содержание граната в породе не превышает 5—10%.

Почти одинаково со сланцами в южной части месторождения распространены плагиоклазовые амфиболиты, состоящие из роговой обманки, плагиоклаза, кварца, граната и иногда биотита. В отличие от сланцев гранат имеет здесь ясную кристаллическую форму додекаэдра, а также комбинации его с трапецеэдром. Кристаллы граната размером от 0.5 до 4 см в диаметре содержатся в породе в количестве от 2 до 12%. В южной части месторождения амфиболиты частично видоизменены в гранато-амфиболо-слюдяные породы; в них гранат представлен и в виде хорошо индивидуализированных кристаллов, и в виде желваков. Такой гранат почти всегда содержит посторонние минералы (кварц, дистен и другие) в количестве до 50%. Содержание его в породе колеблется от 30 до 60% при величине кристаллов от 20 до 25 мм; с глубиной оно уменьшается. С промышленной точки зрения эти породы представляют наибольшую ценность.

Твердость тербестровского граната, по Моосу, равна 7—7.5. Химический и молекулярный его состав следующие (в %):

SiO ₂	37.82	K ₂ O	4.15
TiO ₂	1.67	Na ₂ O ₃	4.46
Al ₂ O ₃	18.90	Альмандин	48.64
Fe ₂ O ₃	5.23	Андрадит	12.95
FeO	25.00	Родолит	26.13
MnO	0.42	Спессартин	0.96
MgO	4.33	3Na ₂ O·Al ₂ O ₃ ·3SiO ₂	3.81
CaO	4.46	3K ₂ O·Al ₂ O ₃ ·3SiO ₂	2.00

Основным видом, следовательно, является альмандин.

В. С. Артамонов установил в месторождении четыре основных типа гранатовой руды, различных по содержанию граната и величине его выделений. Первый при величине кристаллов в 80—250 мм содержит граната 43%; второй при величине граната от 20 до 80 мм содержит его 29%; третий при величине его от 5 до 50 мм дает содержание в 11.7% и, наконец, четвертый содержит всего 4.3% при величине кристаллов от 10 до 50 мм.

По данным б. Ленинградского отделения ВИМС (Н. А. Игнатьев), запасы граната на 1 января 1934 г. по категориям исчислены (в т): А₂ — 65 500, В — 51 500, С — 39 100, а всего 156 100 т, считая на гранатовый концентрат. Если пересчитать их на промышленные номера концентрата, то запасы соответственно уменьшатся и выразятся в таких количествах (в т): А₂ — 48 420, В — 38 160, С — 29 100; всего 115 680 т. Запасы дистена — около 42 000 т. РКЗ в 1934 г. запасы гранатовой породы утверждены в следующих количествах (в тыс. т): А₂ — 956, В — 210, С — 483. Что касается до запасов в пересчете на концентраты, то РКЗ, находя метод опробования, принятый при разведках, неправильным, нашла возможным утвердить их лишь по категории С — в количестве 177 400 т. Запасы дистена утверждены в количестве 41 000 т, считая на концентрат.

В виду значительности запасов дистена, месторождение можно отнести к комплексным, гранато-дистеновым. Дистен приурочен исключительно к сланцевой толще; содержание его в наиболее обогащенных участках достигает 8%.

Обогащаемость тербестровской руды изучалась Механобром, который разработал две качественные схемы мокрого обогащения. Одна из них имеет в виду переработку руды с малым содержанием дистена с выдачей только гранатового концентрата, другая — предусматривает обогащение руды, богатой дистеном, с получением и гранатового и дистенового концентратов. По первой схеме содержание граната в концентрате достигает 90% при извлечении в 81%, по второй содержание его составляет 85% при извлечении в 87%. Содержание дистена в дистеновом концентрате 80% при извлечении в 83% (подробно см. в разделе Методы обогащения, стр. 66).

Детальное изучение физических свойств и абразивной способности тербестровского граната проводилось б. Ленинградским отделением ВИМС под руководством А. Г. Елисеева. Трещиноватость гранатовых зерен двоякая — грубая, разделяющая все зерно глубокими трещинами на участки различной величины, и тонкая — с короткими трещинками (фиг. 11). Сетка трещиноватости, различная для различных типов руды, довольно густая и дает крупных нетрещиноватых участков в среднем около 50%. После дробления зерна граната близки по своей форме к американскому продукту. Капиллярность — выше капиллярности американского граната, причем после обработки соляной кислотой она значительно повышается. Предварительный обжиг руды при температуре 600—800° облегчает дробление с некоторым повышением прочности граната.

В виду значительного выхода мелочи, не находящей спроса в абразивной промышленности, были поставлены опыты по получению из нее минутников, которые дали вполне положительные результаты. Минутники, испытанные на Государственном оптико-механическом заводе им. ОГПУ, оказались вполне пригодным материалом. Хорошие результаты показало также испы-

тание гранатовой пудры при обработке стекол. Такая пудра дала в лаборатории того же завода лишь несколько худший эффект по сравнению с корундовыми минутниками.

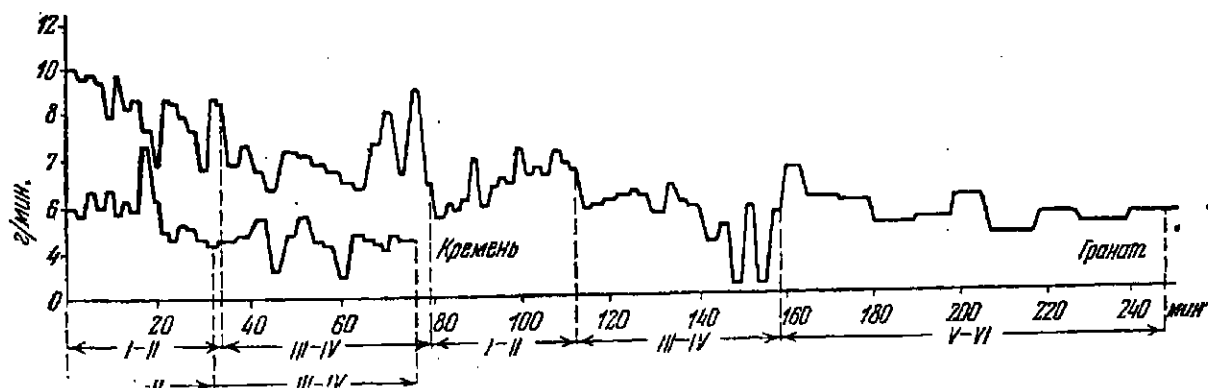
Многочисленные технические испытания опытных изделий из тербестровского граната (шкурки, круги), проведенные б. Ленинградским отделением ВИС в заводских условиях, также дали вполне благоприятные показа-



Фиг. 11. Сетка трещиноватости граната месторождения Тербестров.

В гранате видны наплывидные включения кварца. $\times 90$.

тели, позволяющие рекомендовать гранат месторождения Тербестров в качестве хорошего абразивного материала. Гранатовая шкурка дала производительность при обработке дуба в 3—5 раз выше кремневой, а при обработке березы — в 2 раза большую (см. кривые на фиг. 12).



Фиг. 12. Работоспособность шкурки из граната месторождения Тербестров и кремневой шкурки. (По данным А. Г. Елисеева.)

Особенно надо отметить хорошие результаты, полученные при опытах с пилоточными кругами. Во многих случаях эти круги (изготовлены на заводе «Смычка») показали производительность выше карборундовых, выпускаемых заводом «Ильич».

Вышеприведенные данные дают основание отнести Тербестровское месторождение, на ряду с Иссильским, к числу наиболее промышленно инте-

ресных в Союзе. Оно является вполне подготовленным для эксплуатации, будучи хорошо изученным с количественной и качественной сторон. Одним из благоприятных моментов служит его близость к Ленинграду, где работает самый крупный потребитель абразивных материалов — завод «Ильич». Пока месторождение не разрабатывается.

Месторождение Еловый Наволок находится в 3—4 км к западу от с. Шуерского и на таком же расстоянии от Тербестрова. В геологическом отношении оно аналогично последнему. Гранатсодержащими породами служат гедрититы и слюдиты. Гранат-альмандин представлен, главным образом, мелкими кристаллами (0.2—1 мм), крупные же кристаллы имеют агрегатный характер с включением дистена, биотита, кварца и других минералов. Среднее содержание граната в породе колеблется от 10 до 24%.

По данным б. Ленинградского отделения ВИМС (Н. А. Игнатьев), запасы граната в пересчете на промышленные номера гранатового концентрата на 1 января 1934 г. составляют по категориям (в т): A_2 — 3920, В — 5380, С — 7610; всего 16 910 т. Запасы дистена по категории В — 1120 т.

РКЗ запасы гранатовой породы утверждены в 1934 г. в таком размере (в т): по категории A_2 — 26 900, В — 42 300, С — 62 600. В пересчете на концентрат запасы утверждены лишь по категории С в количестве 29 000 т. Запасы дистена утверждены в количестве 735 т концентрата. Обогащенность руды изучена Механобром, разработавшим качественную схему, дающую концентрат с содержанием граната в 85% при извлечении в 60%. Месторождение не разрабатывается.

Месторождение Солотина Луда расположено в 0.25 км от Елового Наволока. Оно представляет собою небольшой остров в устье р. Шуи. Здесь в области контакта гнейсов с амфиболитовыми сланцами выходят слои гранатовой породы. Среднее содержание граната составляет около 18.7%.

Быв. Ленинградское отделение ВИМС (Н. А. Игнатьев) оценивает запасы граната на 1 января 1934 г. в таких количествах (в пересчете на промышленные номера концентрата) (в т): по категории A_2 — 1020, С — 4150; всего 5170 т. Поскольку гранатовая порода в значительной своей части залегает ниже уровня моря, что крайне затрудняет добычные работы, реальными можно считать только запасы по категории A_2 . РКЗ утвердила запасы гранатовой породы: по категории A_2 — 3100 т, по категории С — 15 800 т; в пересчете на концентрат запасы утверждены только по категории С в количестве 6100 т.

Гранат принадлежит к альмандину с небольшой примесью пироба и гресуляра. Промышленное значение месторождения незначительно.

Месторождение Кислячиха расположено на небольшом острове в 1.5 км от западного побережья Белого моря, в 17 км от ст. Шуерской Кировской ж. д. Гранат вместе с дистеном встречается в гранато-дистеново-слюдистом сланце. Содержание его в породе в среднем 45%. Незначительны и запасы — около 3670 т, считая на концентрат. Это месторождение скорее дистеновое, чем гранатовое: запасы дистена, по данным Н. А. Игнатьева, исчисляются по группе В+С в количестве 110 000 т при содержании его в породе около 12.4%.

Кроме перечисленных четырех месторождений, в Карело-Финский ССР известны еще четыре: одно — в районе Синей Губы, другое — в 1.5 км от полустанка Уда, к югу от ст. Сорока Кировской ж. д. Оба разведаны недостаточно. Третье расположено в Чупинском районе на правом берегу ручья, впадающего в Пароходную губу. По данным Н. А. Волотовской, оно является комплексным кианито-гранатовым. Промышленное значение его невелико.

В 1939 г. Н. Г. Волотовской в Карело-Финской ССР обнаружено новое крупное дистено-гранатовое месторождение Хизавара (между Топозером и озером Кереть), в 34 км от ст. Лоухи Кировской ж. д. Гранатсодержащей породой являются дистено-гранатовые и дистено-биотито-гранатовые сланцы.

Мурманская область. В период 1928—1930 гг. партиями Института Севера, Академии Наук и Арктического института было открыто свыше пяти месторождений граната в центральной части Кольского п-ова на водоразделе между рр. Пономей и Иокангой. Во всех случаях гранатосодержащей породой служат слюдяные сланцы.

Наиболее крупным является месторождение, расположенное к востоку от горы Макзабак. Гранатосодержащая порода занимает площадь в 2 км длиной, 10 м шириной при мощности около 50 м. Геологические запасы граната — не менее 300 тыс. т. На втором месте стоит месторождение Тахтуайв (или Тахтлинтауайв), находящееся в бассейне Ловозера. Оно занимает площадь в длину 500 м и в ширину около 100 м. Геологические запасы — около 150 тыс. т.

Все кольские месторождения пока не разведаны. Хотя они и обладают крупными запасами, однако в данное время их нельзя относить к имеющим промышленное значение, в виду удаленности от железной дороги и полного бездорожья в сильно заболоченной местности.

Среднее Поволжье. В Куйбышевской обл. — в районе ст. Карагай-Покровская и с. Шубина, в 30 км от ст. Сара Оренбургской ж. д., находится месторождение граната, повидимому, довольно крупное, но совершенно не разведанное, руда которого по заданию Оренгостреста обогащалась Гинццветметом. Посланная первая проба содержала 33% граната, принадлежащего в основном к альмандину с примесью андрадита и грассуляра. Концентрация на столах дала продукт с содержанием граната от 85 до 90%. По заключению Гинццветмета, несмотря на высокое содержание, концентрат оказался неудовлетворительным, в виду округлой формы частиц с очень небольшим количеством острых режущих краев.

Таджикистан. Здесь известны три месторождения андрадита, пока, однако, ни количественно, ни качественно не изученные.

Харангонское месторождение расположено в очень трудно доступной местности на большой высоте в верховьях р. Харангон.

Фанфаронское месторождение находится в 25 км от Сталинабада на р. Фанфарон, притоке р. Варзоба. Месторождение значительной мощности. Гранат бурого цвета встречается частично в виде хорошо образованных кристаллов, частично — в виде сливной, массивной породы.

Месторождение Туа-богуз-сай расположено в 17 км от Ходжента. По словам Н. А. Смольянинова, посетившего это месторождение в 1931 г., здесь можно наблюдать очень широкое развитие гранатовых пород. Помимо выходов коренных пород, тут же встречаются обогащенные россыпи с содержанием гранатов иногда до 100%.

Кара-Калпакская АССР. На северном склоне хребта Султан-Уиздаг, примерно в 50 км от г. Нового Ургенча, известны два месторождения гранат-альмандина, разведанные в 1929 г. б. Средне-Азиатским отделением ВИМС и Средазрайгтру.

Месторождение Дарваз-тау находится в 8 км от кладбища Султан-Баба. Гранатосодержащей породой служат сланцы, особенно на контакте их с кварцевыми жилами. Гранат представлен мелкими кристаллами, неравномерно рассеянными в толще породы, содержание которых колеблется от 3 до 8%. Кроме коренного месторождения, запасы которого исчисляются до 45 000 т, в ущельях обнаружены гранатовые россыпи, в которых содержание граната на некоторых участках доходит до 60%. Запасы россыпи не установлены. При разработке россыпи в 1928—1929 гг. материал сначала обогащался на грохоте, а затем провеивался в обыкновенной хлебной веялке. Концентрат получался с содержанием граната до 85%, при средней величине зерен в 1 мм.

Месторождение Катрал находится в 5 км к северо-востоку от того же кладбища Султан-Баба. Гранат также залегает в слюдяных сланцах, кото-

рые, однако, сильно отличаются от сланцев Дарваз-тау. В них, помимо граната, содержатся крупные включения слюды. Гранат-альмандин несколько крупнее граната предыдущего месторождения. Содержание его в породе составляет от 5 до 7.7%. Кроме коренного месторождения, на склонах ущелья имеется делювиальная россыпь. Запасы в коренном месторождении исчисляются в 1000 т, в россыпях — 3000 т. Россыпь разрабатывалась в 1928—1929 гг.

В настоящее время оба месторождения не разрабатываются. В 1933 г. Средне-Азиатское отделение Гинцветмета провело опыты по изучению обогатимости граната указанных месторождений. Воздушной сепарацией легко получается концентрат с содержанием граната в 95%. При ведении процесса решающее значение имеет правильность формы кристаллов. Гранат в виде неполноценных кристаллов не обогащается совершенно.

В заключение надо отметить, что Султан-Уиздагские месторождения, хотя и подверглись исследованию с количественной и качественной стороны, не могут считаться достаточно изученными. Выявленные запасы в лучшем случае могут быть отнесены к группе С. К отрицательным моментам обоих месторождений надо отнести низкое содержание граната в руде, мелкие размеры кристаллов и отдаленность месторождений от потребляющих центров.

Северный Кавказ. С. П. Соловьев и Х. С. Никогосян (1938) дают описание гранатов, входящих в состав контактово-метаморфических пород рудоносного района Тырны-ауза (верховье р. Баксана, в 90 км от г. Нальчика). В скарнах этого месторождения имеются как обычные гранаты (изотропные), так и аномальные с хорошо выраженной двупреломляемостью. Аномальные гранаты занимают промежуточное положение между андрадитом иgrossуляром и названы авторами кальциевым алюмоферригранатом.

Химический состав их (по анализу одного образца Геохимической лаборатории ЦНИГРИ) следующий (в %):

SiO ₂	38.48	MgO	0.49
TiO ₂	0.13	CaO	33.74
Al ₂ O ₃	12.51	K ₂ O+Na ₂ O	0.03
Fe ₂ O ₃	11.24	Пот. при прок.	1.12
FeO	1.56	H ₂ O гигр.	0.14
MnO	0.65		

Они обладают буро-красным и бурым цветом, достигают 1.25—1.5 см в диаметре. Теряют двупреломление при 750—800°. Отмечено нахождение граната близ Теберды, Сочи, в Майкопском районе.

Арктика и Субарктика. За последние годы ряд месторождений граната был открыт в Арктике и Субарктике геологическими экспедициями Арктического института ГУСМП. Разведкам они, однако, не подверглись. По данным В. В. Полякова (1939), крупные скопления россыпного граната-альмандина обнаружены В. М. Кузнецовым, П. В. Виттенбургом и В. П. Левским на Таймырском п-ове в аллювии береговой полосы, начиная от мыса Михайлова до мыса Миддендорфа. Особенно большое скопление гранатового песка наблюдается от мыса Стерлегова до мыса Ландина. В этом районе обнаружен также гранат в коренном залегании (в гнейсах и кристаллических сланцах), с наибольшей его концентрацией в гранато-слюдистых сланцах на правом берегу р. Ленивой, в 25 км от устья. Содержание граната в породе достигает здесь 10—15%. Проведенное ВИМС в 1939 г. испытание стерлеговского граната (и россыпного, и из коренного залегания) показало, что по своей абразивной способности он хуже гранатов месторождения Тербестров и Глубочинского.

В. А. Федорцев отмечает месторождение андрадита по р. Чибгалах (приток р. Тостах) и отдельные находки граната по р. Догдо и ее притокам в Янско-Колымском районе.

На Чукотском п-ове М. И. Рохлиным и С. В. Обручевым обнаружены гранатовые пески по рр. Кремян и Пуней-веем, а также на морском побережье между рр. Кремянкой и Теюкууль. По заключению А. Г. Елисеева, гранатовый песок Чаунской губы может быть использован для абразивных шкур.

Чрезвычайная отдаленность месторождений Арктики и Субарктики, при наличии крупных запасов высококачественного граната на Урале и в Карело-Финской ССР, лишает пока эти месторождения практического значения.

Другие районы. В литературе имеются еще указания на находки граната в ряде других районов, однако никаких сведений, характеризующих месторождения этих гранатов, не имеется, так как разведок их не велось. Довольно много точек отмечено в УССР — в Криворожском районе, на Одешине, в окрестностях Житомира; затем, в Восточной Сибири — по р. Слюдянке, по берегам Байкала, в Верхних Саянах, на р. Шилке и др., в Якутской АССР — по рр. Алдану, Номе; на западном побережье Камчатки. ВИМС (Л. П. Редлих) провел в 1931 г. предварительное испытание абразивных свойств камчатского граната, показавшее значительно худшее качество его по сравнению с исыльским.

Ювелирный гранат

Крупной известностью пользуются уральские демантоиды, месторождения которых расположены в Нижне-Тагильской и Сысертской дачах. Демантоид в Нижне-Тагильской даче был обнаружен Норденшильдом в платиновых россыпях в верховьях р. Бобровки на восток от Черноисточенского пруда. Гранат представлен в виде мелких, большей частью окатанных зерен. Коренное месторождение не найдено.

Демантоид в Сысертской даче известен в районе ст. Полдневая Южно-Уральской ж. д. Впервые он был обнаружен в золотоносных россыпях (около 1875 г.), а затем в непосредственной близости от россыпи было открыто и коренное месторождение, в котором демантоид встречается частью в виде довольно крупных желваков величиной до 6 см, одетых в пленку змевинового асбеста, частью в виде хорошо образованных кристаллов. Цвет его варьирует от светлогозеленого до яркоизумрудного. Месторождения демантоидов детально не разведаны. По данным партии Уральского горного института, обследовавшей Полдневское месторождение в 1932 г., последнее сейчас значительно выработано как в коренном залегании, так и в россыпи.

Уральские месторождения в течение многих лет являлись базой для добычи прекрасного зеленого камня, хорошо известного у нас и на Западном рынке под именем хризолита. По данным С. Лебедевой, в 1912 г. в Тагиле было добыто 85 кг, а в 1913 г. — около 100 кг хризолита.

В пределах Урала известны еще два месторождения уваровита. Одно связано с сарановскими хромистыми железяками (Сарановский рудник) и расположено примерно в 13 км к северу от Бисертского завода, второе находится близ Билимбаевского завода на Среднем Урале. Уваровит представлен очень мелкими (1 мм) кристаллами, причем в первом месторождении он покрывает трещины хромистого железяка. Запасы уваровита, по видимому, незначительны; то небольшое количество его, которое удалось добыть, до сих пор поступало, главным образом, в минералогические коллекции.

Из красных гранатов заслуживают внимания месторождения альмандина в ряде пунктов Карело-Финской ССР. По данным А. Е. Ферсмана, особенно много хороших камней встречается на Кольском п-ове в районе Колы и Мурманска. В УССР известен ряд месторождений альмандина, из которых в литературе особо отмечается расположенное на р. Тетерева, недалеко

от Житомира. Из уральских месторождений, довольно многочисленных, можно отметить месторождение гессонита, находящееся у ст. Баженово ж. д. им. Кагановича. В Восточной Сибири Пылаев отмечает месторождение альмандина на р. Маме. А. Е. Ферсман указывает на месторождения гроссуляра у устья Ахтарагды (приток Вилюя), а также на месторождения альмандина в золотых приисках Олекмо-Витимской системы. В. А. Обручев упоминает о крупных кристаллах, обнаруженных им в Ленском районе и в Прибайкалье, пригодных для ювелирных целей.

5. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ГРАНАТА И ЕГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В качестве абразивного материала наиболее пригодным является альмандин, приуроченный к метаморфическим породам; поиски его должны направляться преимущественно в районы, где преобладают древние метаморфические сланцы.

Методы разведок не отличаются от обычно принятых при разведках пластовых месторождений. Если разведки имеют детальный характер, проходятся шурфы, если же — предварительный, то удовлетворяются канавами. К. Н. Озеров рекомендует в последнем случае расстояние между отдельными разведочными линиями от 50 до 100 м в зависимости от мощности месторождения и характера распределения граната в породе. При детальной разведке это расстояние суживается до 25—50 м, а иногда, при неравномерном распределении граната, — до 10 м. Колонковое бурение обычно не применяется, так как оно не дает возможности детально опробовать месторождение. Однако, при разведках массивного граната, когда порода в значительной мере отличается твердостью, не исключается применение вращательного бурения.

Отбор средних проб производится обычным способом, в зависимости от условий залегания и степени неравномерности распределения граната в породе. Для определения содержания граната в руде может быть использован микроскопический анализ, который проводится следующим образом. Навеска дробится и помещается под микроскоп. После этого маленькими щипчиками отбирают зерна граната до полной отсортировки их от пустой породы. Операция должна производиться с особой тщательностью и аккуратностью, так как только в этом случае получаются надежные результаты. По количеству отобранного граната определяют процентное содержание его в породе.

Иногда для опробования руды применяют также метод тяжелых жидкостей, основанный на том, что гранат имеет удельный вес в среднем 3.9—4, а сопутствующие минералы обыкновенно не более 3.2. Определения по данному методу представляются в достаточной мере точными. В качестве жидкости берут или иодистый метилен (удельный вес 3.3) или боро-вольфрамнокислый кадмий (удельный вес 3.28). Если основная масса посторонних минералов состоит из кварца и полевого шпата, можно пользоваться также четырехбромистым ацетиленом с удельным весом 2.9—3.

Химический состав граната определяется обычным методом химического анализа. Молекулярный состав устанавливается соответствующими пересчетами данных химического анализа и молекулярных чисел.

Основные физические константы, как то удельный вес, показатель преломления, температура плавления и проч., определяются обычными способами (удельный вес способом пикнометра, объемный вес — насыпкой в мензурку и т. д.). Вязкость и твердость, как и во всех случаях, где отсутствуют вполне проверенные объективные методы, устанавливается посредством сравнения с другими минералами.

М. И. Койфманом по разработанному им методу были проведены исследования абразивных свойств иссыльского граната, давшие крайне интерес-

ТАБЛИЦА 4
Абразивная способность различных материалов (по М. И. Койфману)
(Величина абразивного действия 0.02 г за время t , в г)

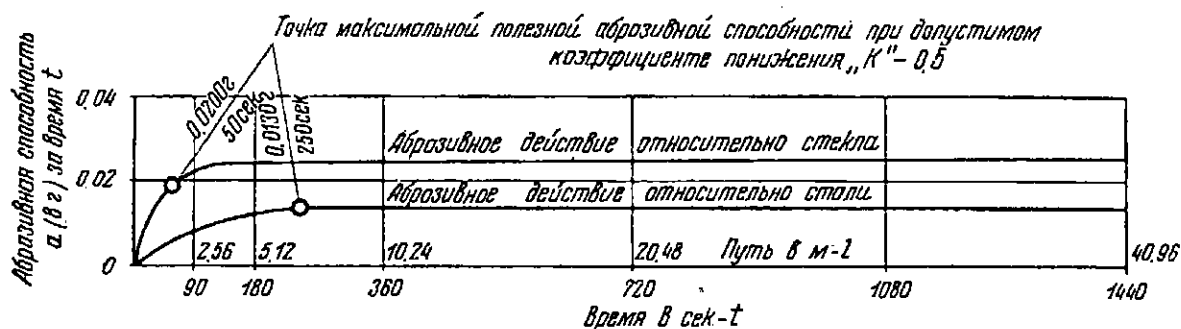
Время, в сек.	Путь, в м	Карборунд	Искусств. корунд электролит	Естеств. корунд Семиз-Буру	Борзовский наждак (корунд)	Иртышский наждак	Иссыльский гранат	Люберецкий кварц. песок
П о с т а л и								
45	12.7	0.0042	0.0042	0.0030	0.0027	0.0040	0.0048	0.0047
90	25.4	0.0090	0.0085	0.0060	0.0055	0.0075	0.0075	0.0070
180	50.8	0.0180	0.0170	0.0120	0.0110	0.0130	0.0120	0.0100
360	101.5	0.0340	0.0320	0.0220	0.0200	0.0190	0.0150	0.0120
720	203.0	0.0530	0.0425	0.0340	0.0220	0.0190	0.0150	0.0120
1440	406.0	0.0530	0.0425	0.0340	0.0220	0.0190	0.0150	0.0120
П о с т е к л у								
45	12.7	0.028	0.018	0.014	0.021	0.019	0.019	0.010
90	25.4	0.052	0.032	0.025	0.033	0.030	0.025	0.011
180	50.8	0.088	0.048	0.041	0.050	0.039	0.025	0.012
360	101.5	0.127	0.056	0.052	0.054	0.043	0.028	0.012
720	203.0	0.150	0.057	0.055	0.054	0.043	0.029	0.012
1440	406.0	0.155	0.058	0.053	0.054	0.043	0.030	0.012

ные результаты (фиг. 13). Оказалось, что иссельский гранат, имея твердость в порядковой шкале Мооса около 8, дает в первый период работы (45 сек.) при обработке вязких материалов (стали) эффект не только больший, чем наждак и естественный корунд, но и больший, чем электрокорунд и карборунд, твердость которых равна 9 и 9.5 (табл. 4).

Абразивная способность иссельского граната за тот же период работы оказалась выше абразивной способности наждака и естественного корунда и при работе на стекле.

Эти совершенно новые данные, в корне меняющие прежнее представление о взаимоотношении между твердостью материала и его абразивной способностью, показывают, что абразивный эффект зависит не только от твердости, но и от срока работы, периода, в который эта работа производится, вязкости обрабатываемого материала и других факторов.

Для оценки граната как абразивного материала имеет большое значение выявление характера и степени его трещиноватости и загрязненности посторонними включениями. Исследования в этом направлении ведутся микроскопическим путем над шлифами. В задачу исследователя входит определение



Фиг. 13. Суммарное абразивное действие иссельского граната относительно стекла и стали.

размеров и процентного содержания участков, не имеющих трещин. Такое определение позволяет заранее установить выход в концентрате крупных номеров, а также процент выхода мелочи, негодной для использования в качестве абразивного материала (фиг. 11, стр. 57).

Наконец, для определения прилипаемости гранатового зерна к бумаге или ткани гранат изучается на капиллярность, исследования которой позволяют также определить количество клея, необходимое для прикрепления. Метод испытания следующий: в стеклянную трубку в 25 см длиной и с диаметром в 4—5 мм, предварительно просушенную, насыпают абсолютно сухие зерна граната. Трубка с одного конца закрывается тонкой решеткой и погружается этим концом в сосуд с водой, уровень которой равен примерно 1 см от дна. Вода поднимается по трубке и смачивает гранат. Через 4—5 мин. трубку вынимают, гранат из нее высыпывают, причем часть граната остается приставшей к стенкам трубки. Вычитая величину столба воды в сосуде из столба граната, приставшего к стенке, получают степень капиллярности, измеряемую в сантиметрах подъема воды.

Нормы капиллярности, принятые в США, приведены в табл. 5.

Отступления допускаются не более чем на 25%.

Излом зерен, острота краев раздробленного граната и форма этих зерен изучаются микроскопическим путем, обычно в сопоставлении с материалом, вполне испытанным уже в качестве абразива.

Испытание гранатовых изделий проводится тем же методом сравнения с однородными изделиями из других абразивных материалов, с затратой одного и того же времени, на одинаковой аппаратуре. Показателем служит количество снятой стружки. Интересно отметить, что кремневая шкурка, как показал опыт, не обладая способностью регенерировать притупленные

ТАБЛИЦА 5

Нормы капиллярности граната, принятые в США

Размер сыпи, в меш	Капиллярность		Размер сыпи, в меш	Капиллярность	
	высота столба, в см	время, в мин.		высота столба, в см	время, в мин.
24	3.15	2	80	9.8	3.5
30	4.0	2	90	10.7	3.5
35	4.2	2	100	11.3	4
40	4.6	2	120	12.2	4
50	5.4	2	150	13.0	4
54	7.4	3.5	175	13.0	4
60	8.0	3.5	190	13.0	4
70	8.5	3.5	220	13.0	4

зерна, перестает работать при полной еще сохранности рабочего слоя; гранатовая же постепенно «лысеет» до полного оголения, все время заменяя притупившиеся края новыми.

6. МЕТОДЫ ДОБЫЧИ

В большинстве известных промышленных месторождений гранатосодержащие породы залегают в непосредственной близости от поверхности, в связи с чем разработка их, как правило, ведется карьерами, не отличаясь какими-либо специфическими особенностями. Добыча на мировых месторождениях Адирондакской группы в США в первые годы их эксплуатации велась исключительно в верхних зонах, значительно разрушенных выветриванием. Рыхлость породы позволяла ограничиваться киркой и лопатой, с ручной отборкой крупных кристаллов граната. С переходом на более глубокие горизонты, где породы были значительно тверже, пришлось перейти к взрывным работам с последующим дроблением глыб и организацией для получения концентрата обогатительных фабрик.

Майерс и Андерсон (Mayers a. Anderson, 1925) следующим образом описывают работу одного из самых крупных рудников США, принадлежащего фирме The Barton Mines Corporation (рудник Роджерс).

Рудное тело, простирающееся с востока на запад на протяжении более 1.2 км, прикрыто незначительными наносами. Добычными работами оно вскрыто в длину на 600 м и в ширину на 50 м. Рудник состоит из нескольких карьеров, разрабатываемых правильными уступами. Максимальная высота забоя 6 м. Бурение шпуров ведется ручными пневматическими молотками; шпуровы заряжаются 60% динамитом. Полученные в результате взрывов крупные глыбы дробятся небольшими зарядами 40% динамита. При этой операции многие кристаллы, отличающиеся на этом руднике значительной величиной (300 см и более), раскалываются. Крупные куски раздробленного чистого граната выбираются руками и тут же упаковываются в мешки. Раздробленная руда при помощи экскаватора грузится в вагоны и направляется на обогатительную фабрику, находящуюся вблизи карьера.

На некоторых рудниках вместо динамита применяют черный порох, чем предохраняют гранат от чрезмерного раздробления.

Добыча ювелирного граната в огромном большинстве случаев ведется кустарным способом. Так, например, при добыче богемского шпирита после вскрытия напосов пробиваются небольшие шурфы, из которых гранатовая порода извлекается вручную. Добытый материал сначала просеивается через сито для отделения крупных кусков, а затем после отмывки глины

в проточной воде снова просеивается встряхиванием в особых деревянных ящиках. Тяжелые минералы, в том числе и гранат, падают на дно ящиков, откуда их выбирают руками.

7. МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ

Содержание граната в породе, даже в самых богатых месторождениях, ниже той концентрации, которая требуется для использования его как абразива; поэтому обогащение является необходимой операцией в производстве абразивного граната. На предприятиях кустарного типа, где разрабатываются мягкие выветрившиеся породы, обогащение ведется вручную с применением самых примитивных устройств для просеивания и промывки руды. Таким способом первоначально велась работы на знаменитых Адирондакских месторождениях. С переходом к разработке более глубоких зон, где породы сохранили свою твердость, выборка граната руками стала технически затруднительной и экономически нерентабельной. Это привело к необходимости перейти на механическое обогащение с постройкой специальных фабрик, обычно сооружаемых тут же на территории рудника. Первая обогатительная фабрика была построена в США фирмой The North River Co в 1893 г.

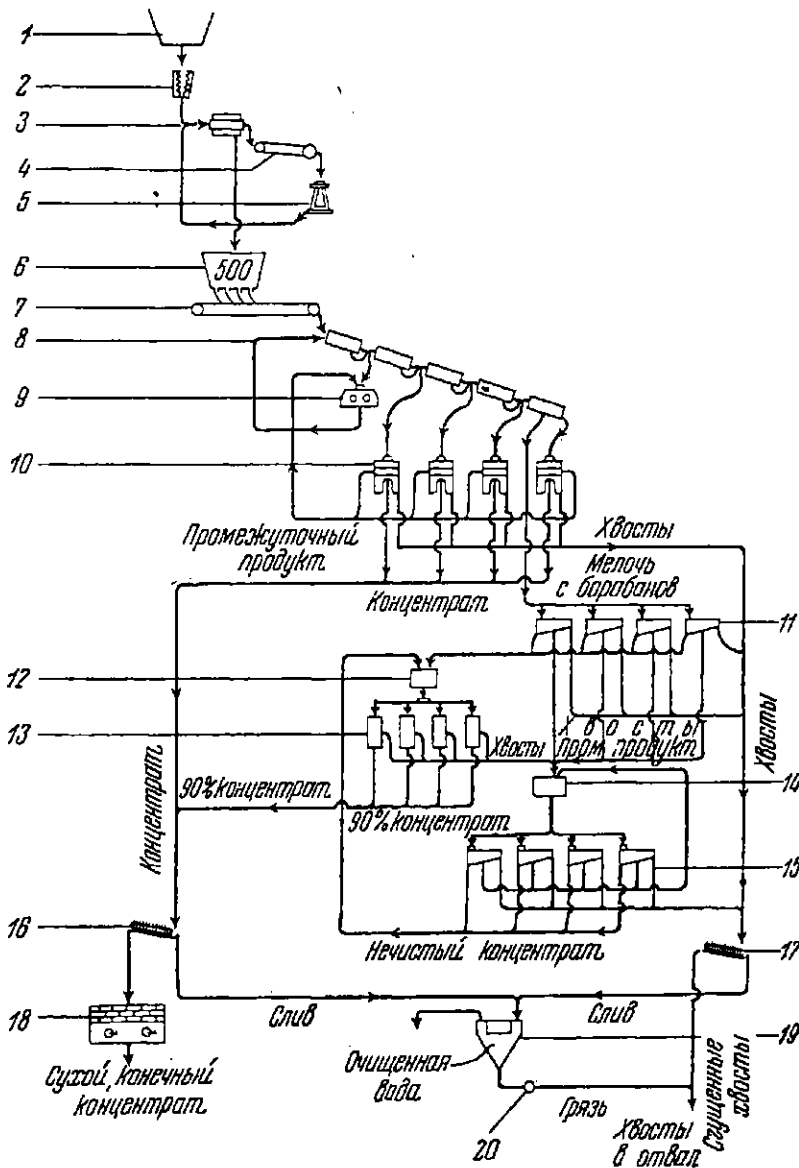
Несмотря на то, что сопровождающие гранат минералы по своему весу довольно близки к последнему (роговая обманка, пироксен и др.), разделение их по удельному весу дает вполне удовлетворительные результаты. В США, где всего рациональнее поставлено дело обогащения граната, применяется как мокрый способ концентрации, так и сухой. Некоторые американские специалисты считают сухой способ менее экономичным и менее удобным, поскольку он, во-первых, требует крупных затрат на оборудование, во-вторых, дает большие потери (пыль) и, в-третьих, создает вредные условия производства.

Обогащение по *мокрому методу* в основном производится следующим образом. Руда, доставляемая из карьера, подвергается первичному дроблению, при котором гранат в большей своей части освобождается от пустой породы. После грохочения верхний продукт поступает на отсадочные машины, где получают концентрат, промежуточный продукт и хвосты. Обыкновенно концентрат выходит настолько чистым, что в дальнейших перечистках не нуждается. В некоторых, однако, случаях он подвергается дополнительной обработке. Хвосты идут прямо в отвал. Промежуточный продукт направляется на последующее дробление с целью освобождения от примесных материалов, а затем после расклассифицирования по крупности поступает на отсадочные машины и столы. На некоторых фабриках дополнительно применяется магнитная сепарация.

При *сухом методе* руда, пройдя первичное дробление, направляется непосредственно в сушилки. Высушенный материал поступает на грохоты, причем верхний продукт подвергается вторичному дроблению до определенного размера и снова пропускается через грохот. Разгрохоченный материал идет в отдельные бункера, а оттуда поступает на пневматические столы, дающие концентрат, промежуточный продукт и хвосты. Концентрат представляет собою готовый продукт, хвосты идут в отвал, а промежуточный продукт подвергается дальнейшей обработке.

Одним из важнейших моментов при обогащении граната является степень крупности первичного дробления, поскольку от нее в значительной мере зависит процент товарных номеров концентрата. Выбор той или иной крупности определяется, с одной стороны, размерами кристаллов гранатов, с другой — степенью легкости его отделения от сопутствующих минералов. Чем крупнее гранат, тем крупнее может быть дробление, и наоборот. Майерс и Ардерсон при определении размеров первичного дробления рекомендуют

руководствоваться таким принципом: та крупность дробления гранатовый руды будет всего целесообразней, при которой сопутствующие минералы в большей своей части освободятся от граната. Соблюдая это правило, можно, по их мнению, ручаться, что первоначальным дроблением будет отделено максимальное количество пустой породы, что сокращение количества руды, идущей в дальнейшую обработку, повысит производительность фабрики



Фиг. 14. Схема обогащения по мокрому методу:

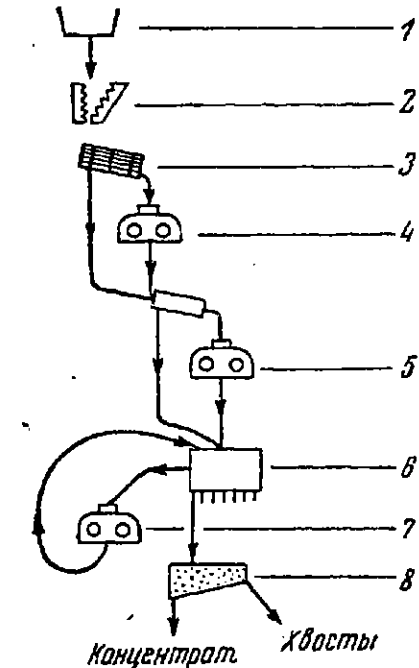
1 — бункер для руды; 2 — щековые дробилки, щель 3 1/2"; 3 — двойной барабанный грохот 3/4"; 4 — транспортер с магнитом для улавливания железа; 5 — коническая дробилка Теллмита; 6 — бункер на 500 т; 7 — транспортер; 8 — пять барабанных грохотов с отверстиями 1/2", 1/4", 1/8", 2 мм и менее 2 мм; 9 — валки, щель 1/8"; 10 — четыре отсадочных машины Джема; 11 — четыре песковых стола Джема; 12 — распределитель; 13 — четыре отсадочных машины Джема; 14 — распределитель; 15 — четыре очистных стола Джема; 16 — классификатор Дорра; 17 — дуплекс Дорра; 18 — сушильная печь Лаудена; 19 — сгуститель Дорра; 20 — насос.

и сократит производственные расходы. Первичное дробление может не давать конечного концентрата, но должно давать конечные хвосты в возможно большем количестве.

На фиг. 14 и 15 приведены две схемы обогащения — одна по мокрому способу, другая — по сухому, взятые у В. Вильмота (Eardley-Wilmot, 1928).

Первая (фиг. 14) осуществлена на самой крупной американской фабрике (The Barton Mines Corporation, North Creek Warren County) в штате Нью

Иорк с суточной производительностью при двух сменах 500 т руды. Фабрика работает на исходном материале с содержанием граната в 12% в виде крупных кристаллов в гнейсах, состоящих в основном из роговой обманки, полевого шпата, пироксена и слюды. По второй схеме (фиг. 15) работает небольшая фабрика, принадлежащая фирме Warren County Garnet Mills Johnsburgh, также в штате Нью Йорк. Суточная производительность ее 25 т руды. Гранат в виде мелких кристаллов заключен в тонкозернистом гнейсе, содержащем пироксен. Процентное содержание граната в руде очень высокое.



ВИМС и Механобр провели большие исследовательские работы по изучению обогатимости гранатовой руды Иссыльского и Тербестровского месторождений. Результаты этих работ по иссыльскому гранату следующие.

Ручная рудоразборка после дробления до 25 мм с последующим грохочением дала отрицательные результаты, так как процент отобранной породы дошел только до 15—20 при содержании граната в количестве 7%. Дробление руды на

Фиг. 15. Схема обогащения по сухому методу:

1 — бункер для руды; 2 — щековые дробилки; 3 — конусный грохот; 4 — валки, щель 1/4"; 5 — валки, щель 3/4"; 6 — грохоты на 15 классов от 16 до 200 меш; 7 — валки подрабавливания классов 16, 20 и 24 меш; 8 — пневматические столы отдельно для каждого класса.

дробилке Блека и дробильных валках до 5 мм дало после расклассифицирования на ситах Стюртеванта такой материал:

Класс	5—3 мм	3—2 мм	2—1.1 мм	14—150 меш	150 меш
Выход, в %	26.6	22.7	18.2	22.7	9.8

После обработки первых трех классов на отсадочной машине Гарца получены следующие результаты (табл. 6).

ТАБЛИЦА 6
Результаты отсадки на машине Гарца (в %)

Наименование продукта	Выход	Содержание	Извлечение
Концентрат	12.55	67.35	37.60
Промежуточный продукт	33.50	34.30	51.25
Хвосты	53.95	4.64	11.15
Исходный продукт для опыта . . .	100	22.40	100

Просмотр этих классов показал, что количество сростков в концентрате достигает 25%, в промежуточном продукте — 31% и в хвостах — 8%. Засоренность свободным зерном пустой породы оказалась равной для концентрата — 15% и для промежуточного продукта — 45%. Таким образом, отсадка как самостоятельная операция положительных результатов не дала. В дальнейшем продукты отсадки после соединения концентрата с промежуточным продуктом были подвергнуты сначала дополнительному измельчению на валках до 1.1 мм, а затем концентрации на столах Вильфлея. Одна часть

обогащалась с предварительной сухой классификацией на вибрационных ситах Стюртеванта, другая — с предварительной мокрой классификацией. Результаты этих операций видны из табл. 7 и 8.

ТАБЛИЦА 7

Концентрация материала (1.1—0.014 мм) на столах с предварительной сухой классификацией (в %)

Наименование продукта	Выход	Содержание	Извлечение
Концентрат	22.60	91.80	57.90
Промежуточный продукт	23.14	28.30	18.90
Хвосты и мелочь	54.26	15.20	23.20
Исходный продукт опыта	100	35.70 (среднее)	100

ТАБЛИЦА 8

Результаты концентрации на столах материала (1.1—0 мм) с предварительной мокрой классификацией (в %)

Наименование продукта	Выход	Содержание	Извлечение
Концентрат	27.08	89.60	63.50
Промежуточный продукт	33.30	26.40	26.15
Хвосты	35.06	8.56	9.90
Шламы	4.56	3.20	0.45
Исходный продукт для опыта	100	36.40 (среднее)	100

Таким образом, результаты концентрации с сухой и с мокрой предварительной классификацией оказались почти аналогичными. Опыты концентрации без предварительной отсадки дали худшие показатели. В результате

ТАБЛИЦА 9

Результаты обогащения гранатовой руды по промышленной схеме (в %)

Наименование продукта	Выход	Содержание	Извлечение
Хвосты — 150 меш сухой классификации	9.80	12.00	6.16
Хвосты отсадочных машин	36.40	4.64	8.80
Мелочь, шламы 6-й фракции мокрой классификации	6.24	9.20	3.18
Концентрат 1-й фракции	5.29	94.10	20.80
» 2-й »	1.05	93.20	4.32
» 3-й »	1.15	92.40	4.88
» 4-й »	1.45	86.20	4.75
» 5-й »	1.08	78.60	4.00
Хвосты 1-й фракции	8.51	21.40	9.00
» 2-й »	5.04	20.80	6.69
» 3-й »	8.77	19.50	9.30
» 4-й »	8.50	21.10	9.65
» 5-й »	6.72	24.30	8.47
Исходный продукт для опыта	100	22.84 (среднее)	100

проведенных исследований ВИМС разработал промышленную схему обогащения гранатовой руды (фиг. 16).

Как видим, предпочтение отдано мокрой классификации, учитывая, что при сухой продукты отсадки потребовали бы дополнительной сушки, усложняющей и удорожающей процесс. Пробное обогащение по этой схеме дало результаты, приведенные в табл. 9.

Изучение обогатимости гранатовой породы месторождения Тербестров проводилось Механобром в двух направлениях с разработкой двух самостоятельных качественных схем: первая имеет в виду получение только гранатового концентрата из породы с малым содержанием дистена; вторая предусматривает обогащение породы богатой дистеном с получением двух концентратов — гранатового и дистенового. Не считая возможным приводить многочисленные цифровые данные по отдельным операциям дробления и обогащения, ограничимся указанием конечных результатов. Первая схема (фиг. 17) предусматривает очередность процесса: чередующееся дробление и грохочение, концентрация на столах Дейстера, сушка, грохочение и магнитная сепарация на сепараторе Ветерилля. При содержании граната в исходной руде в 15.6% гранатовый концентрат выходит с содержанием граната в 90% при степени извлечения в 81%. Особой струей выходит биотитовый продукт в количестве 5%.

Вторая схема (фиг. 18), дополненная магнитной сепарацией, дает концентраты со следующими показателями (табл. 10).

ТАБЛИЦА 10
Результаты обогащения с получением двух концентратов (в %)

Наименование концентрата	Выход	Содержание		Извлечение	
		дистена	граната	дистена	граната
Гранатовый	8	1.5	85	2	87
Дистеновый	6.5	80	2	80	2

В хвостах также отдельной фракцией получается биотитовый продукт в количестве 5% и кварц — около 80%.

Содержание дистена в дистеновом концентрате может быть повышено термической обработкой до 90—92%.

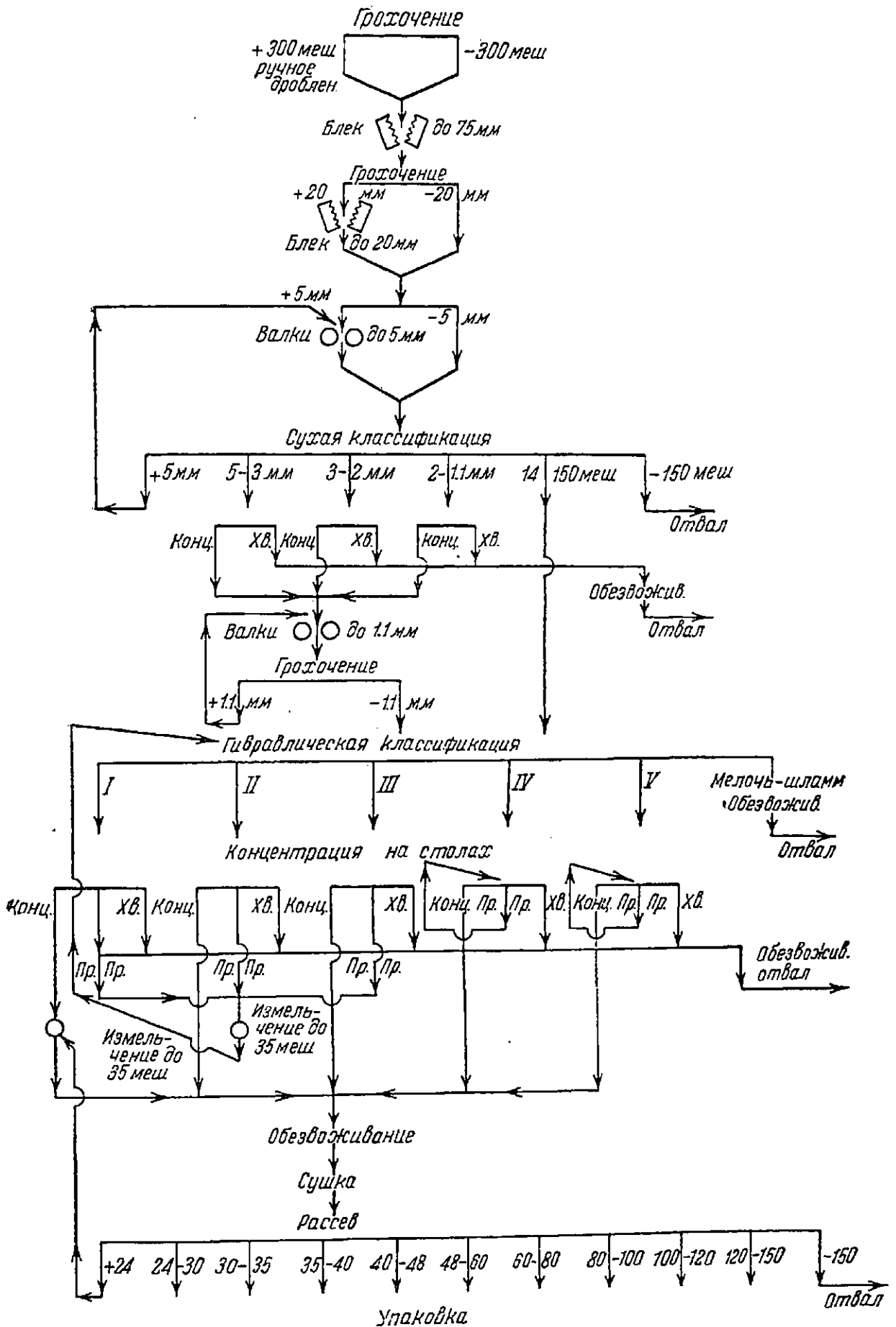
Приведенные три схемы обогащения, разработанные ВИМС и Механобром, принципиально не отличаются от схем мокрого обогащения, принятых на американских фабриках. Исключение составляет последняя схема Механобра (фиг. 18), предусматривающая одновременное получение двух концентратов. Идея комплексного использования тербестровской руды естественно потребовала для своего осуществления несколько более сложного процесса с введением флотации, являющейся дополнительной операцией, не известной американским схемам.

8. ПРИМЕНЕНИЕ ГРАНАТА

В 1880 г. на американском рынке впервые появилась гранатовая шкурка, выпущенная фирмой Негман Вебр. Этот год следует считать началом промышленного использования граната как абразивного материала.

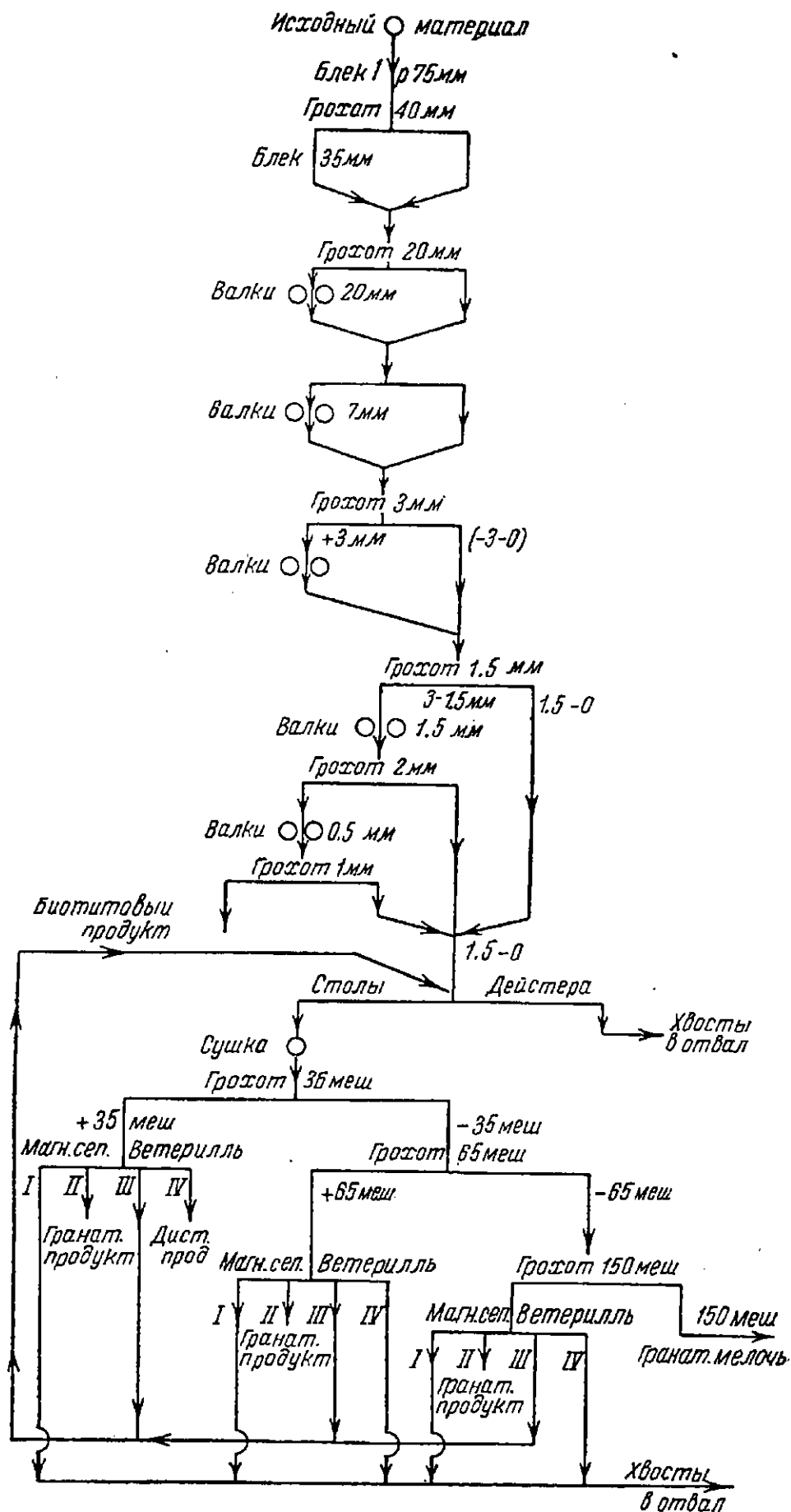
В основной массе гранат идет на приготовление бумажных и полотняных шкурок и только около 20—25% его используются для других абразивных изделий и, в частности, для производства порошков различной крупности.

Гранатовые шкурки обычно применяются в тех же случаях, где кремневые и кварцевые, но по сравнению с последними дают гораздо более вы-



Фиг. 16. Качественная схема обогащения гранатовой руды Иссыльского месторождения.

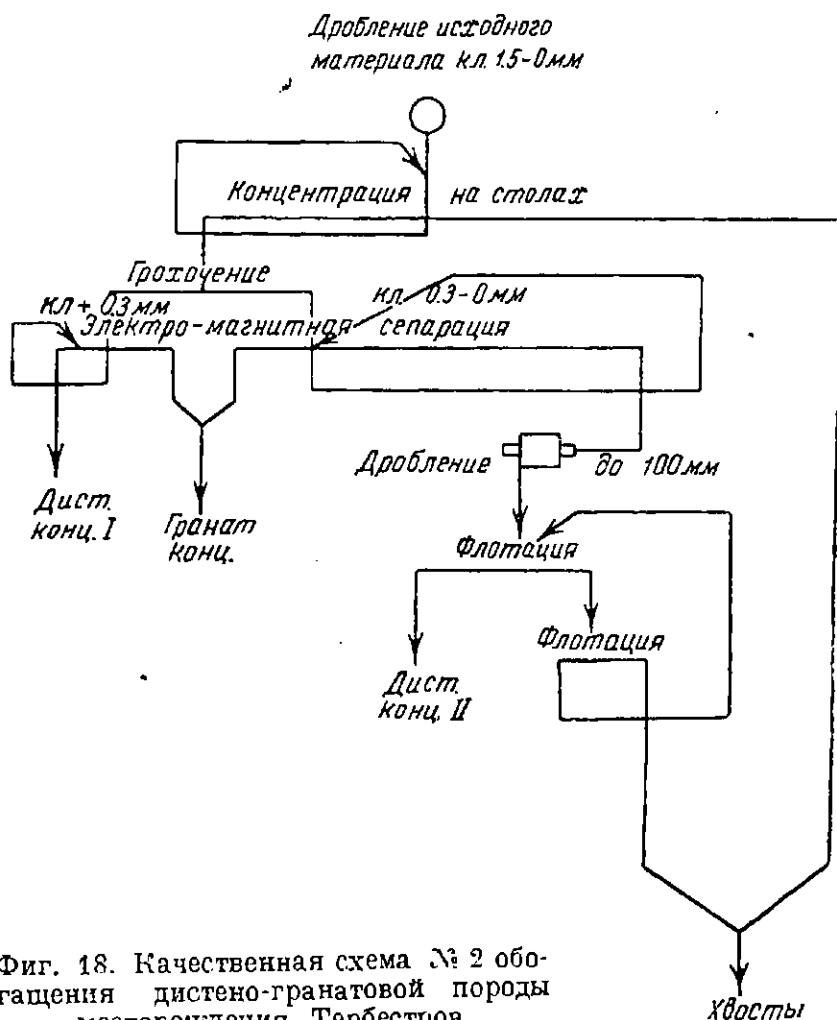
I, II, III, IV и V — фразии.



Фиг. 17. Качественная схема № 1 обогащения гранатовой породы месторождения Тербестров.

I, II, III и IV — фракции.

сокую производительность. На первом месте стоит использование гранатовой шкурки в деревообделочной промышленности. В Америке они применяются везде, где требуется подготовка поверхности для лака или окончательная ее полировка; особенно эффективна обработка твердых пород дерева. Прекрасные результаты получаются при обработке мебели, музыкальных инструментов, радиоаппаратуры и пр. Для обработки наружных стенок одного пианино требуется около 7.5 м^2 гранатовой бумаги. Большое количество гранатовой шкурки используется также для сглаживания поверхности при обработке рукояток для инструментов, оконных рам, дверей, паркетов и пр.



Тонкие номера гранатовой шкурки используются также для обработки окрашенных поверхностей. В Америке, например, ею обрабатываются стенки железнодорожных, трамвайных вагонов, автобусов, моторных лодок и т. д. Чтобы шкурка не забивалась стружкой, в некоторых случаях прибегают к выработке ажурных шкурок. В Америке в последние годы стали выпускать специальные водонепроницаемые шкурки.

Будучи непригодным для обработки твердых металлов, гранат дает довольно хорошие результаты при обработке меди, бронзы и латуни. Значительное количество шкурки потребляется машиностроением, заводами электротехнических изделий, металлической мебели и другими, где требуется очистка отливок, шлифовка отдельных машинных деталей и окончательная обработка поверхности частей, сделанных из вышеупомянутых мягких металлов.

Кожевенная промышленность использует гранатовые шкурки для отделки каблучков и подошв.

Шкурки из граната применяются также для отделки изделий из резины, бакелита и целлулоида, а на шляпных фабриках — при обработке фетра

и шелка. Значительное количество гранатовой шкурки идет для очистки поверхностей от старой краски и лака. Небольшие количества гранатовой шкурки находят применение в зубо врачебном деле.

Гранат в виде порошка применяется, главным образом, для шлифовки зеркальных стекол. Использование его для этих целей началось около 20 лет назад. В связи с возвращением зеркальных фабрик к гораздо более дешевому кварцевому песку, применение его для этих целей за последние годы, однако, сильно снизилось. В США, например, с 35% (от общего потребления) в 1931 г. оно упало в 1932 г. до 20%, а в 1937 г. — даже до 1—1.5%.

В незначительном количестве гранат используется также для производства *точильных и шлифовальных кругов*. Гранатовые круги идут для точил пил и лишь в некоторых случаях для шлифовки мягких металлов и стекла. Круги на органических связках, допускающие большую скорость вращения, могут, по видимому, в некоторых случаях заменить круги из материалов более высокой твердости, поскольку установлено, что скорость вращения значительно повышаст эффективность абразивного материала.

В Америке были попытки широкого применения граната в *пескоструйных аппаратах*. Однако, при его высокой стоимости, значительно превышающей стоимость кварцевого песка, такое использование оказалось невыгодным. В 1937 г. для пескоструйных аппаратов пошло не более 1—1.5% от общего потребления. По той же, по видимому, причине не развилось и применение граната при распиловке мраморных плит и других сравнительно мягких облицовочных камней.

Точильный камень. По данным Джонсона и Шаубле (Jonson a. Schauble, 1939), за последние годы сильно возрос спрос на широко известный гранатовый точильный камень «коктикюль» (costicule), добываемый в юго-восточной части Бельгии (Арденны). Он представляет собой двусторонний оселок, у которого одной стороной является весьма однородная тонкозернистая порода, в основном состоящая из мельчайших многогранных кристаллов спессартина (средний диаметр 0.02 мм), заключенных в массу серпичита, а другая представляет собой серо-голубоватый, иногда фиолетовый, филлит. Спессартиновая сторона является более твердой, а филлитовая — более мягкой. Коктикюль, будучи очень тонким абразивом, применяется, главным образом, для точил бритвенных лезвий. Возможность получения природно двустороннего камня обуславливается крайне незначительной мощностью спессартиновых прослоек (от 12 до 75 мм), залегающих согласно с филлитами.

До применения в абразивной промышленности гранат использовался только как *драгоценный камень*. Особой популярностью он пользовался в средние века, когда, помимо чисто декоративных качеств, ему приписывались также лечебные и магические свойства.

На мировом рынке фигурирует чрезвычайно большое число различных марок ювелирного граната, носящих самые разнообразные наименования. Нередко для поднятия цены гранат продается под именем других более дорогих камней. Так, например, хорошо окрашенные пиропы и альмандины часто продаются под названием рубинов, уваровит именуется изумрудом и т. д. И. Эйткенс (Aitkens, 1934) и Н. А. Дюкалов (1932) приводят следующий список ювелирных гранатов, известных в продаже:

1. А н д р а д и т — аллохроит, аплом, колофонит, демантоид, джеллит, меланит, топазолит, уральский изумруд.

2. А л ь м а н д и н — карбункул, цейлонский рубин, сирианский рубин, оделандовый рубин, коллинский гранат.

3. Г р о с с у л я р — синнамон, эссонит, гроссулярит, гессонит, тацинт, джасинт, романзовит, сокцинит.

4. П и р о п — капский рубин, фашодский гранат, аризонский рубин, колорадский рубин.

5. С п е с с а р т и н.

6. Уваровит.

7. Родолит.

Наибольшей известностью пользуются богемские кроваво-красные пиропы, южноафриканские капские рубины, уральские хризолиты, цейлонские, богемские и мадагаскарские карбункулы, отделяемые обычно кабошоном.

Огранка ювелирных гранатов производится почти исключительно на грапильных фабриках в Чехии (в Яблоницах и Туркове), где обрабатываются камни не только местного происхождения, но и привозные.

В виду своей широкой распространенности и легкой добычи гранат является одним из самых дешевых «драгоценных» камней. Необходимо отметить, что за последние 25—30 лет торговля ювелирным гранатом сильно сократилась и продолжает падать из года в год. Гранат перестает быть модным камнем, в особенности его красные разновидности.

Довольно большое количество граната используется в качестве *подпятников* в часах, счетных машинах и других мелких механизмах. Сапфир и рубин, обладающие еще большей твердостью и потому дающие лучшие результаты, слишком дороги для широкого применения и потому в дешевых механизмах заменяются гранатом.

По данным Майерса и Андерсона (Mayers a. Anderson, 1925), для подпятников ежегодно используется до 3 млн. гранатовых камней. Большая часть их вырабатывается из осколков, остающихся при огранке ювелирного граната. Почти все мировое производство гранатовых камней для подпятников сосредоточено в Швейцарии.

Во время империалистической войны 1914—18 гг., когда получение *ферросилиция* в США было затруднено, встал вопрос об использовании для его выплавки гранатовых отходов, в изобилии остающихся на фабриках в виде тончайших порошков. Этот процесс был запатентован в 1916 г., но не получил применения в промышленности.

В последние годы низкие сорта граната и гранатовая мелочь стали применяться в Америке для производства нестирающихся *цементных плиток*. Обладая значительной твердостью, гранат предохраняет их от износа, что представляется чрезвычайно важным фактором при покрытии полов вокзалов, гостиниц, почтово-телеграфных контор, больших магазинов и т. д. Прибавление гранатовых зерен не только удлиняет срок службы плиток, но одновременно и украшает их.

9. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГРАНАТУ

Требования к абразивному гранату. Наиболее важными свойствами граната как абразивного материала являются: высокая твердость, значительная вязкость, способность при дроблении давать частицы с остросрежущими краями, способность самонатачиваться и крепко приклеиваться к бумаге или полотну.

Этими свойствами в большей степени обладает алмаздин. Поэтому эта разновидность гранатовой группы, имеющая к тому же относительно широкое распространение, предпочитается в абразивной промышленности всем прочим. Пригодными, однако, считаются и другие железистые гранаты — андрадит, родолит и пироп. Известны случаи использования и спессартина, хотя, как и три предыдущих разновидности, он применяется гораздо реже, чем алмаздин.

Твердость граната должна быть выше твердости кварца и по возможности кремня. Поэтому предпочитается твердость около 8, однако промышленность использует гранат и с твердостью 7.

Вязкость граната обуславливает необходимую его стойкость в процессе работы. Лучшей надо считать такую вязкость, при которой зерна

граната во время шлифования будут разрушаться в тот момент, когда из-за притупления их эффективность понизится до экономически допустимого предела снижения абразивной способности (по М. И. Койфману, «коэффициент допустимого понижения производительности»).

Чрезвычайно важным моментом является *способность граната давать при дроблении частицы с острыми краями*. Именно эта способность в первую очередь обуславливает шлифующее действие гранатовых частиц. Укрепленные на той или другой основе, они представляют собою как бы соединение многочисленных микроскопических резцов, снимающих с обрабатываемого предмета тончайшую стружку. Во время работы гранатовое зерно, как и всякий резец, постепенно притупляется, и здесь особенно ценным является способность граната возобновлять остро режущие ребра систематическим отщеплением притупившихся краев.

Очень большое значение имеет способность гранатовых зерен *крепко приклеиваться* к полотну или к бумаге, так как работающая частица шкурки преодолевает огромное сопротивление при шлифовании или полировании.

Теоретического изучения абразивных свойств граната, как и большинства прочих абразивных материалов, почти не велось. В США абразивное качество граната, а отсюда и технические требования к нему, устанавливаются чисто экспериментально, путем сравнения испытуемого граната с материалом уже используемым промышленностью. Неоднократно упоминавшиеся уже нами Майерс и Андерсон (Mayers a. Anderson, 1925) пишут: «Точных спецификаций для абразивного граната не существует, единственным способом определить его абразивные качества является практическое использование и сравнение с другим гранатом, ценность которого как абразивного материала уже установлена». Поэтому, говоря о технических условиях, пока возможно ссылаться только на практику и прежде всего промышленности США.

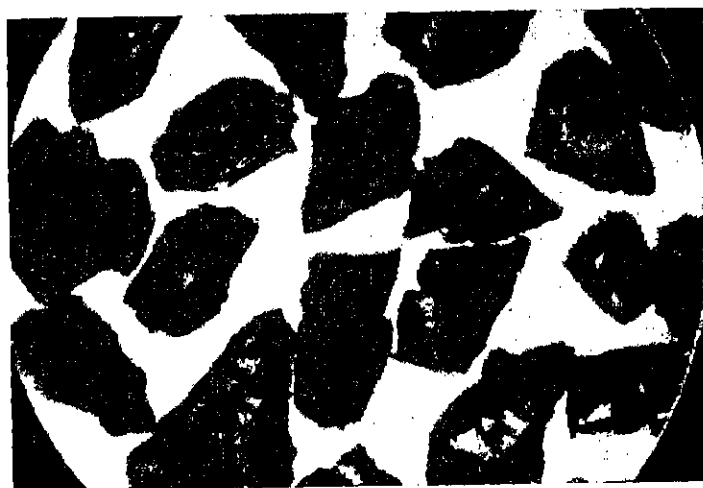
Требования к руде в основном сводятся к процентному содержанию граната, которое, как правило, не должно быть ниже 8—10%. Однако, некоторые американские фирмы (например, North River Warren Co) разрабатывают руды с содержанием граната даже в 4%. В то же время имеются рудники, где содержание граната в породе достигает 60%. Желательно, чтобы в состав руды входило как можно меньше таких компонентов, удельный вес которых близок к удельному весу граната. Это облегчает обогащение, которое, как правило, основывается на разнице удельных весов граната и сопутствующих минералов. Кроме того, предпочитают руды, в которых гранат заключен в мягкую породу, так как твердые массивные породы требуют при обогащении более тонкого измельчения, что ведет к значительным потерям товарного продукта.

Трещиноватость. Рассматривая шлиф граната под микроскопом, можно констатировать, что он почти всегда покрыт сетью мелких трещин (фиг. 11), которые, как установлено, обуславливают его способность регенерировать острые ребра расщеплением в процессе работы. Сетка трещиноватости гранатовых зерен, как показала практика, не должна быть слишком частой, а сами трещины не должны глубоко проникать в тело граната. Слишком частые и глубокие трещины приводят при измельчении к передроблению, давая слишком много мелочи, которая не находит применения в абразивном деле. Степень трещиноватости граната и ее характер представляются крайне важными моментами, в значительной мере предопределяя абразивные качества материала.

Величина гранатовых вкрапленников в руде также играет известную роль. Американцы предпочитают гранат размерами не меньше горошины и притом агрегатного строения. По их наблюдению, такие агрегатные гранаты имеют лучшую сетку трещиноватости. Крупные включения гра-



Фиг. 19. Американский гранатовый концентрат —
48+65 меш, обогащенный на фабрике в штате
Нью Йорк. $\times 25$.



Фиг. 20. Гранатовый концентрат Иссильского
месторождения. $\times 40$.

ната дают лучшие результаты также и при обогащении, допуская меньшее измельчение при первичном дроблении.

Гранат должен содержать возможно меньше примесей посторонних минералов, обычно более мягких (кварц, полевой шпат и др.). Эти минералы, глубоко прорастая кристаллы граната, разделяют его на мельчайшие участки и способствуют передроблению.

Цвет граната не играет большой роли, однако в американской промышленности предпочитают темные оттенки (темнокрасный, темно-вишневый и т. п.). Такое требование в значительной мере объясняется чисто психологическими моментами. Когда-то в Америке довольно значительном количестве использовался импортный испанский гранат, отличающийся низким качеством. Поскольку он был окрашен в светлые тона, последние и до настоящего времени ассоциируются у потребителя с дурным качеством граната.

Требования к концентрату. Переходя к рассмотрению технических требований к концентрату, необходимо различать, с одной стороны, сырой концентрат, а с другой — расклассифицированный продукт («сыпь»). В США обогащательные фабрики не ведут рассева концентрата. Он выпускается ими на рынок в виде несортированного измельченного материала, с зернами различной крупности (в среднем от 5 меш и мельче), в котором еще встречаются примесные минералы. Рассев по крупности и окончательная очистка производятся самими покупателями. Для этой цели на фабриках абразивных изделий имеются специальные рассевные цехи. На сырой концентрат в США стандарта не имеется. На практике содержание граната бывает не меньше 85%, хотя американцы нередко доводят его до 90%. Чем больше имеется в концентрате крупных номеров, тем он ценится дороже; зерна его должны обладать остросрежущими краями и хорошей капиллярностью.

На фиг. 19 дан шлиф американского гранатового концентрата, а на фиг. 20 — ислыского.

Упаковкой служат мешки емкостью в 45 кг.

Окончательная обработка сырого концентрата ведется на фабриках изделий и заключается в следующих операциях: дополнительном измельчении до 20 меш и мельче, в грубой сортировке, в очистке на вибрационных столах от последних остатков пустой породы и, наконец, после сушки, в тщательном рассеивании по сортам на шелковых ситах. Для «сыпи» в США разработан специальный стандарт, принятый American Surface Abrasive Manufacturers и приведенный в табл. 11.

Поуэр (Power, 1924) указывает, что до выработки этого стандарта потребовалось несколько лет работы специалистов абразивников. Продукты

ТАБЛИЦА 11

Стандартный сортамент гранатовой сыпи, принятый «The American Surface Abrasive Manufacturers» в США

(По Ladoo, 1922.)

Точка и пунтир между горизонтальными линиями указывают величину зерна. Так, например, № 2½, имеет величину зерен около 28 меш.

1	2	3
Сита в мешах	Величина отверстий в дюймах	Намерация гранатовой сыпи по величине зерен
200	0.0029	7/8
180	0.0033	6/8
160	0.0038	5/8
140	0.0042	4/8
120	0.0046	3/8
100	0.0055	2/8
90	0.0059	
80	0.0063	0
70	0.0073	
60	0.0097	1/2
50	0.0110	1
40	0.0140	1 1/2
30	0.0198	2
		2 1/2
		3
20	0.0340	3 1/2
		4
15	0.0468	5
10	0.0650	

за № 4 и 5 (табл. 11) производятся только немногими фирмами. Для выделки шкурок материал с величиной зерен меньше 220 меш, как правило, не применяется. Требования к «сыпи» отличаются большой строгостью. В стандартном номере соседнего допускается не более 5%. Каждая фирма имеет для посева специальное оборудование, обычно собственной конструкции, гарантирующее однородность выдаваемого продукта, а также собственную лабораторию для контроля.

В СССР стандарты на гранатовые абразивы пока не разрабатывались. Имеются, однако, выработанные заводом «Ильич» технические требования к гранатовой сыпи, которые приведены в табл. 12.

ТАБЛИЦА 12

Технические требования к гранатовой сыпи завода «Ильич»

№ сорта	Крупность зерен		Потребность (в %)
	в меш	в мм	
000	160—120	0.096—0.120	2
00	120—100	0.120—0.147	4
0	100—80	0.147—0.175	4
1/2	80—60	0.175—0.220	4
1	60—48	0.220—0.290	22
1 1/2	48—40	0.290—0.318	32
2	40—35	0.318—0.421	22
2 1/2	35—30	0.421—0.570	5
3	30—24	0.570—0.700	5

Кроме норм, указанных в табл. 12, имеются еще нормы, разработанные Союзстанкоинструментом для заводов «Ильич» и «Смычка», несколько отличные от норм, разработанных заводом «Ильич».

Стандарта на пудру для шлифования зеркальных стекол нет. Практически требуется, чтобы зерна ее не были крупнее 300 меш. По данным В. Вильмот (Eardley-Willmot), в США наиболее употребительными являются следующие сорта: № 7 — размером 0.0279 мм; № 8 — 0.0228 мм; № 9 — 0.0203 мм; № 10 — 0.0178 мм.

Классификация. Для иллюстрации выхода различных классов концентрата ниже приведены данные просева опытных концентратов ислыского граната:

Размер, в меш	Выход, в %	Размер, в меш	Выход, в %
+24	8.45	— 60+ 80	5.20
—24+30	3.15	— 80+100	3.75
—30+35	2.80	—100+120	2.35
—35+40	19.25	—120+150	1.22
—40+48	26.35	—150	10.78
—48+60	18.30		

При последующем измельчении класса + 24 меш мелочь (—150 меш) доходит до 11.5%. Если суммировать всю мелочь, получаемую в процессе дробления и обогащения ислыского граната, процент ее доходит до 27.54, что видно из следующих данных:

Отход сухой классификации	9.80%
» гидравлической классификации 6-й фракции	6.24
» концентрата	11.50
Итого	27.54%

В табл. 13 приведены ситовые анализы гранатовой породы месторождения Тербестров, измельченной по различным схемам (по данным Механообра).

ТАБЛИЦА 13
Ситовые анализы гранатовой породы Тербестров-
ского месторождения (в %)

Размер, в меш	№ пробы				
	II	III	IV	V	VI
+ 20	9.0	5.7	1.0	2.2	0.6
- 20 + 24	—	—	8.3	9.0	6.8
- 24 + 35	32.1	37.7	42.8	35.5	35.9
- 35 + 48	16.3	17.2	16.1	16.2	17.1
- 48 + 65	10.9	11.5	8.9	10.5	11.3
- 65 + 100	10.6	10.0	10.1	10.1	10.5
- 100 + 150	6.5	5.8	4.4	5.5	6.0
- 150	14.6	12.1	8.4	11.0	11.8
	100	100	100	100	100

Примерно такое же соотношение показал и рассев концентрата тербестровского граната. Мелочи (—150 меш) было получено: концентрата со столов — 8.2%, а концентрата магнитных сепараторов — 10.2%.

Испанский гранат, как известно, также дает очень много мелочи, что между прочим обуславливает его низкосортность.

Некоторые гранаты, однако, совершенно не дают передробления. Так, Майерс и Андерсон (Mayers a. Anderson, 1925) проводят ситовой анализ дробленого материала (повидимому, продукта Адирондакских рудников), где количество граната ниже 100 меш измеряется всего 0.52%.

Уормсер (Wormser, 1924) приводит следующий анализ 90% концентрата фирмы North Riwer (рудник Хошпер):

Фракции, в меш	..	+6	+6—12	+12—16	+16—22	+22—30	+30—68
Содержание, в %	..	17.1	28.0	14.3	18.2	9.2	13.2

В США введен следующий федеральный стандарт на гранатовые шкурки, принятый «Федеральным стандартным бюро в Вашингтоне» (Federal Specifications Board Washington) «на товары, покупаемые различными департаментами и учреждениями правительства США».

Гранатовая бумага делится на следующие классы:

А) Ream garnet finishing—гранатовая шкурка в пачках, тонкая (для доводки);

В) Ream garnet — гранатовая шкурка в пачках (обыкновенная);

С) Roll garnet — гранатовая шкурка в рулоне.

Класс А имеет следующие номера сортов: 8/0—280; 7/0—240; 6/0—220; 5/0—180; 4/0—150; 3/0—120; 2/0—100 и 0—80.

Класс В делится на следующие сорта: 4/0—150; 3/0—120; 2/0—100; 0—80; 1/2—60; 1—50; 1 1/2—40; 2—36.

Класс С имеет такие номера: 2/0—100; 0—80; 1/2—60; 1 1/2—40; 2—36; 2 1/2—30; 3—24.

Указанные номера всюду даны в порядке перехода от более мелких сортов к более крупным.

Классы А и В должны выпускаться в виде листов 229.5 мм × 240.5 мм. Класс С должен иметь в рулоне 50 ярдов (45.72 м) при той же ширине.

В стандарте приведены также технические требования на бумагу, используемую в качестве основы. Бумага должна быть высшего качества типа «горе рарет». Она не должна давать при сгибе трещин. Вес ее: для класса А — 40 фунт. (18.1 кг.); для класса В — 70 или 100 фунт. (31.7 или 45.3 кг), в зависимости от номера шкурки; для класса С — 130 фунт. (59 кг). Этот вес принят, исходя из расчета 480 листов бумаги в пачке (ream), при размере листа 609×914 мм. Бумага должна удовлетворять определенным требованиям на разрыв, также приведенным в стандарте.

В 1933 г. (см. Abrasive Industry, 1933, № 11) тем же Федеральным бюро в Вашингтоне дополнительно утвержден стандарт на водонепроницаемые шкурки. Для последних установлен один класс — в форме листов размером 228.6×279.4 мм семи стандартных номеров: 7/0, 6/0, 5/0, 4/0, 3/0, 2/0 и 0.

Требования к ювелирному гранату не отличаются от общих требований, предъявляемых к драгоценным камням. Для ювелирных целей используются почти все минералы гранатовой группы, однако наиболее популярными являются пироп, альмандин, гроссуляр и демантоид. Камни должны отличаться прозрачностью, чистотой, красивым цветом, однородностью окраски, хорошей игрой, способностью принимать огранку и достаточной величиной кристаллов. В некоторых случаях используются также и непрозрачные разновидности граната. Так, например, за границей одно время в большой моде был меланит, который носили как траурный камень.

10. ПРОИЗВОДСТВО АБРАЗИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ ГРАНАТА

Большая часть абразивного граната используется для приготовления *шлифовальных шкурок*. Основой шлифовальных шкурок служит или бумага или ткань (миткаль или нанка). Иногда ткань наклеивается на бумагу (комбинат). Бумага, обычно получаемая заводом в виде готовых рулонов, никакой предварительной обработки не требует. Ткань сначала спшивается в длинные полосы (1000×0.7 м), а затем покрывается с одной стороны специальной аппретурой. После аппретирования ткань сушится, затем свертывается в рулоны и, наконец, вальцуется на горячих каландрах для сглаживания неровностей и придания ей глянца. Зерна граната прикрепляются к основе или мездровым или костяным клеем.

Интересно отметить указание В. Вильмота (Eardley-Willmot, 1937) на широко практикуемый сейчас американскими фабриками шкурок предварительный обжиг гранатовой сыпи. Обжиг производится при температуре 800°, продолжаясь 12 час. После обжига сыпь охлаждается. Такая обработка гранатовой сыпи значительно увеличивает прилипаемость ее к основе и, улучшая излом и цвет зерен, одновременно повышает их вязкость.

Готовая шкурка во избежание ломки слегка увлажняется паром, а затем или скручивается в рулоны или идет в разрезку на листы, после чего поступает на склад.

Пудра для шлифования зеркальных стекол в США обычно готовится самими зеркальными фабриками. Исходным материалом служит или низкосортный концентрат или сырая руда с высоким содержанием граната до 35—40%. После дробления на дробилке Блека материал измельчается на шаровой мельнице Хердинга, снабженной шарами из хромистой стали размером 15—25 мм. Измельченный материал поступает в серию отстойников. Осадок из четырех последних отстойников передается в специальные баки, непосредственно питающие шлифовальные машины. Как видим, здесь никакого специального обогащения не проводится. Гранатовая порода «самообогащается» до нужной концентрации в процессе одного дробления.

Гранатовые круги в виду низкой температуры плавления граната не допускают керамической обработки и производятся с применением в качестве связки резины, шеллака и бакелита.

11. ДОБЫЧА И ПОТРЕБЛЕНИЕ ГРАНАТА ЗА ГРАНИЦЕЙ

Абразивный гранат

Мировое производство и потребление абразивного граната характеризуются следующими своеобразными чертами:

1) ограниченностью его добычи и потребления немногими странами, из которых лишь в США они измеряются более или менее значительными количествами;

2) замкнутостью рынков сбыта, поскольку подавляющая часть добычи поглощается самими странами-производителями;

3) слабым развитием гранатовой промышленности, которая за последние 15 лет, как и спрос на гранат, проявляет скорее тенденции к понижению, чем к повышению.

В настоящее время главным производителем и потребителем абразивного граната являются США, которые были первой страной, применившей гранат в качестве абразивного материала.

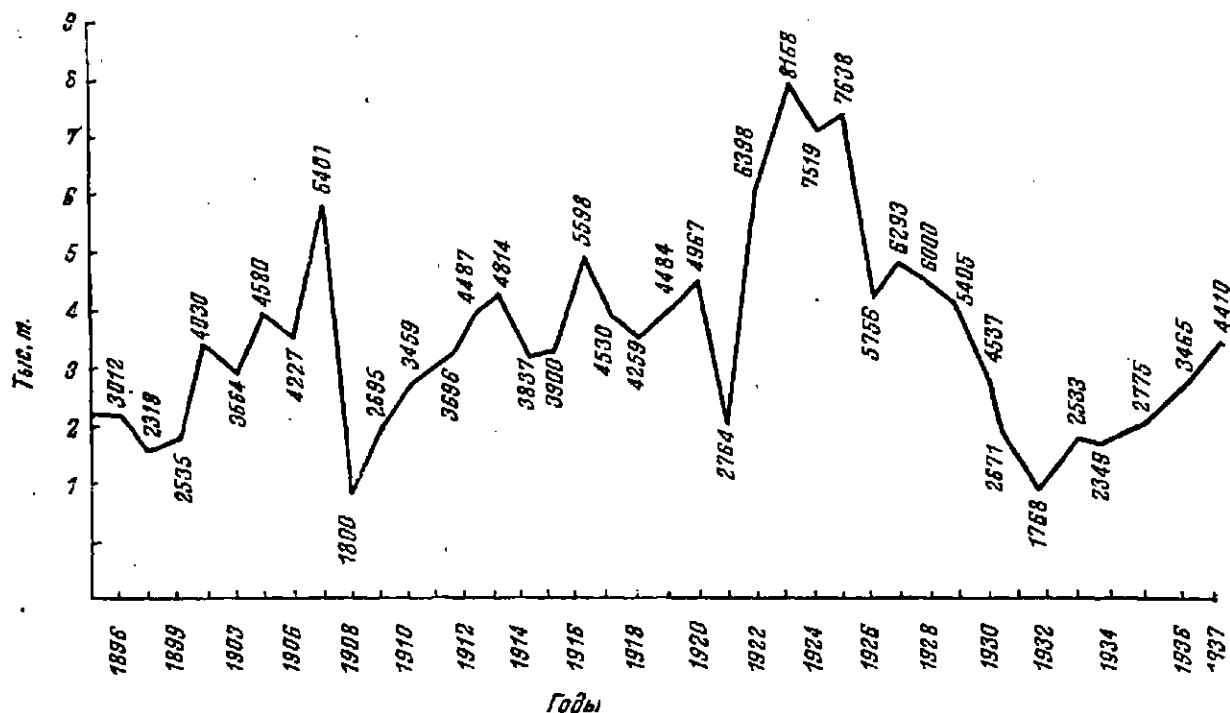
На втором месте по потреблению стоит Англия, годовая потребность которой, удовлетворяемая импортом, по данным Mineral Industry (1937), достигает 800 т. Своей добычи в Англии нет.

США. Добыча граната в США началась в 1880 г. и через 15 лет, несмотря на примитивность разработок, достигла относительно большой цифры в 3000 т концентрат. Но затем гранатовая промышленность как бы застывает, и через 25 лет в 1921 г. наблюдается та же цифра около 3000 т годового производства. Как видно из приводимой кривой (фиг. 21), отдельные годы дают то резкий скачок (1907 г. — 6400 т), то резкое падение (1908 г. — 1800 т), но общий тонус гранатовой промышленности США остается вялым (фиг. 22), несмотря на ряд вновь возникающих предприятий и большие капиталовложения на рационализацию горных работ и обогащение граната. Некоторый подъем замечается лишь в период 1923—1925 гг. Однако, со следующего 1926 г., т. е. задолго еще до кризиса, производство **вновь** начинает падать, чтобы дойти в 1931 г. до цифры меньшей, чем была добыча в 1895 г. Самую низкую цифру дал 1932 г., когда производство упало до 1768 т. Начиная с 1933 г., вновь замечается некоторое повышение. В 1937 г. производство поднялось уже до 4410 т, далеко не достигнув, однако, рекордной цифры 1923 г. (8168 т). В 1938 году оно вновь снизилось до 2420 т.

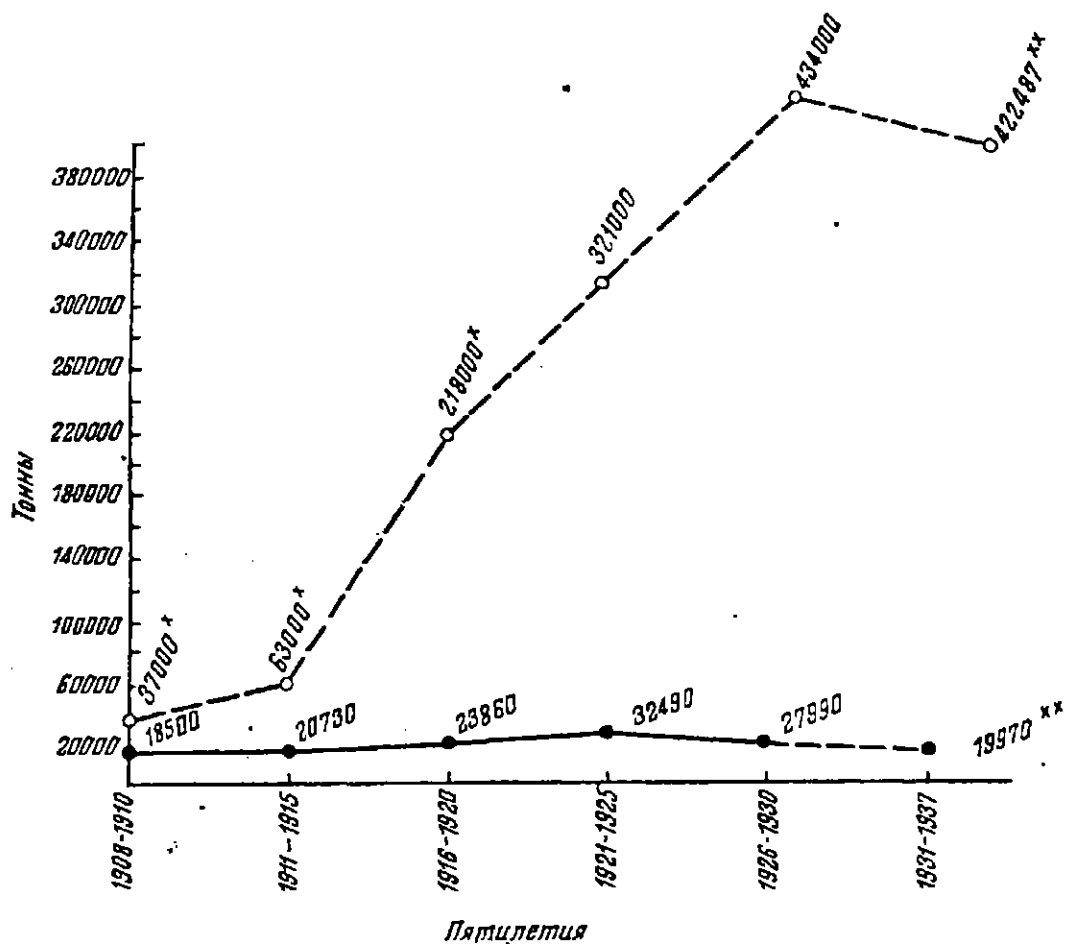
Таким образом, мы видим, что, испытывая в отдельные периоды очень резкие колебания, гранатовая промышленность США с годами не развивается, характеризуясь ясно выраженным застоем. Застойность ее особенно бросается в глаза при сравнении с темпами развития промышленности искусственных абразивных материалов высокой твердости (см. кривые на фиг. 22).

Для понимания этой особенности гранатовой промышленности США необходимо хотя бы в кратких словах коснуться общих условий ее развития. Производство абразивного граната впервые возникло в США, а не в какой-либо другой стране, главным образом потому, что на территории США при наличии крупных месторождений граната отсутствуют промышленные месторождения хорошего качества кремня, годного для абразивных изделий.

Хотя на абразивном рынке США и фигурируют кремневые шкурки, однако в действительности они делаются не из кремня, а из кварца. Об этом имеются прямые указания в американской литературе. Таможенная



Фиг. 21. Динамика производства абразивного граната в США по годам с 1896 по 1937 гг. (в тыс. т.).



Фиг. 22. Динамика производства граната и искусственных абразивов высокой твердости. Верхняя кривая — производство искусственных абразивов, нижняя — производство граната.

* Цифры не вполне точные; ** За 7 лет.

статистика США показывает, что значительное количество кремня ввозится в США из Дании. Отсутствие кремня, пригодного для изготовления абразивов, и неудовлетворительное качество применявшейся кварцевой шкурки толкали американскую промышленность искать заменителя кремня, который и был найден в виде граната. В странах Европы условия были совершенно иные. Здесь имелись мощные залежи прекрасного кремня и совершенно не было промышленных месторождений граната, если не считать низкосортных россыпей в Испании и в Баварии (месторождения в СССР были обнаружены всего 9—10 лет назад).

Таким образом, гранат вошел в абразивную промышленность США как заменитель кварца, играя ту же роль, какую играл и играет кремень в Европе. Гранат быстро вытеснил кварц, но, заняв примерно те же позиции, которые в Европе занимает кремень, не пошел дальше. Более широкому его внедрению мешали полная неизученность его абразивных свойств, высокая цена и, главное, конкуренция искусственных абразивных материалов высокой твердости — электрокорунда и карбида кремния. При гораздо меньшей эффективности, по сравнению с искусственными материалами высокой твердости, цена его только на 20—25% ниже цены последних. В конечном счете за гранатом остались только те сравнительно небольшие области, где применение его дает особые технические и экономические преимущества (главным образом, в деревообделочной, стекольной и кожевенной промышленности).

Мировой кризис 1930—1932 гг. сильно отразился на гранатовой промышленности США. Из 6 фирм, работавших в 1925 г., в 1932 и последующие годы, включая 1937 г., по данным Mineral Industry, работало всего 3 фирмы.

В 1931 г. закрылось крупное предприятие, пущенное только в 1929 г. в Допвачу для снабжения фордовских стекольных заводов гранатовой пудрой. Производительность его в 1929 г. равнялась 1000 т молотого продукта.

В 1937 г. производительная мощность гранатовых рудников была использована всего в размере 35—40%. Характерно, что полная мощность этих предприятий не была использована ни в одном году за все время существования в США гранатовой промышленности.

Почти все количество граната, добытое в 1937 г., пошло в США на производство шкурок. Хотя использование последних выросло по сравнению с предшествующим 1936 г. примерно на 10%, тем не менее, как отмечает Mineral Industry, удельный вес их в общем производстве шкурок в США упал, вследствие конкуренции искусственного корунда. Небольшое количество (не более 50 т) было использовано в виде тонкоизмельченного порошка для шлифования стекол и примерно столько же для пескоструйных аппаратов, применяемых при обработке камня.

США потребляют внутри страны почти всю продукцию своих предприятий. В сыром виде гранат почти не вывозится. Экспортируются только сортированная сырь и шкурки. По подсчетам М. И. Койфмана, в 1927 г. вывоз их в пересчете на гранатовый концентрат достигал 1400 т. Примерно такое же количество ввозилось и в последующие годы до кризиса.

Интересно отметить, что, несмотря на недогрузку собственных предприятий, США до 1926 г. ввозили гранат, хотя и в небольших количествах, из Канады и Испании. По данным В. Вильмота (Eardley-Willmot, 1937), импорт испанского граната одно время доходил до 500—3000 т. Даже в 1932 г., в самый разгар кризиса, из Испании было ввезено около 5 т. В 1938 году было импортировано 2 т. Некоторые объясняют ввоз граната из Испании тем, что, по данным американской практики, лучшие шкурки получаются при прибавлении низкосортного испанского граната к высокосортному американскому концентрату.

В Канаде добыча граната началась в 1922 г. фирмой The Bancroft Mines Syndicat на руднике в районе Тауксчип (Towkschip), в Онтарио. В 1923 г. его было добыто около 1250 т. Фабрика сломалась в том же году и была восстановлена только частично. Добыча значительно снизилась, а в 1925 г. прекратилась совершенно. По данным Mineral Industry, в 1932 г. имели место попытки возобновить производство на канадских предприятиях с небольшими «пробными» поставками. Весь канадский гранат целиком вывозился в США. Сейчас Канада сама импортирует гранат, ввезя в 1935 г.—132 т, в 1936 г.—127 и в 1937 г.—139.2 т.

Япония. По некоторым литературным данным, Япония по добыче и потреблению граната стоит на втором месте. В частности, Даммер и Тицце (Dammer u. Tietze), И. И. Гинзбург и М. Шихеева (1928), Б. Торгашев (Torgascheff, 1930) и Н. А. Дюкалов (1932), Справочник Industr. Mineral and Rocks (1937) указывают, что ежегодная добыча гранатового песка в Японии в период 1922—1925 гг. равнялась 3400—3500 т.

Однако, при просмотре автором ряда официальных и неофициальных статистических сборников, издаваемых в Токио, за последние 10 лет ни в одном из них не было обнаружено данных о производстве и потреблении граната в Японии, хотя в официальных изданиях отмечается добыча даже таких малоценных ископаемых; каким является кварцевый песок. В официальном сборнике The geology and mineral resources of the Japanese Empire за 1926 г. среди месторождений абразивных материалов гранат не упоминается совершенно, а в разделе драгоценных камней говорится, что, хотя в Японии известны месторождения граната, однако по своему качеству гранат для использования не годится и залежи его незначительны.

Испания. Как видно из нижеприведенных Т. Вегнером (Wegner, 1933) и в справочнике Industr. mineral and rocks (1937) цифр, добыча испанского граната за последние годы отличалась крайней неравномерностью и малыми размерами (в т):

1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935
966	4094	221	231	63	301	1	103	данных нет				179

Падение добычи объясняется, повидимому, двумя факторами: выработанностью месторождений и прекращением, начиная с 1933 г., спроса со стороны США, которые были основным потребителем испанского граната. После 1932 г. он реализуется только на европейском рынке, главным образом в Германии. Разработка ведется компанией Sociedad Financiera y Minera.

Германия. По официальной горной статистике Баварии (Statistic über Bergbau, Steinbrüche usw. in Bayern), добыча баварского граната по годам составляла (в т):

1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931
400	350	370	375	355	411	394	200	220

Примерно в таких же количествах добыча велась и в начале XX в. Вся продукция используется местными зеркальными заводами. Качество баварского граната низкое.

Британская Индия стала добывать абразивный гранат в начале XX в. кустарным способом, попутно с добычей ювелирного граната. Продукт, выпускаемый на рынок, отличается низким качеством и требует для своего промышленного использования дополнительной обработки. До войны добыча доходила до 1170 т (1914 г.), а затем резко сократилась и сейчас не превышает 200—300 т в год. По данным, приведенным в американском справочнике Industr. mineral and rocks (1937) и в других источниках, цифры добычи по годам составляли (в т):

1920	1921	1923	1926	1928	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937
20	5	3	14	480	7	0	147	295	225	294.8	4.5	299.3

В. Вильмот (Eardley-Willmot, 1937) упоминает еще о пробных партиях граната-альмандина, вывезенных в Англию из Северного Трансвааля (округ Loutransberg), а также об импорте в Англию 50 т из Швеции. Более подробных сведений об этих странах не приводится.

Цены на абразивный гранат отличаются значительной высотой и большой устойчивостью. По данным Mineral Industry, в США в 1937 г. за 1 т сырого адирондакского концентрата платили 85 долл., за ньюгемпшайрский (идущий для шлифования стекол)—30 долл. за 1 т фоб-рудник. Гранатовый песок для пескоструйных аппаратов расценивается в 15 долл. за 1 т; сортированная гранатовая сыпь — от 100 до 140 долл. за 1 т. В 1938 г. средняя цена была около 70 долл. за 1 т.

Цена на канадский гранат, экспортировавшийся в США, держалась в пределах 70—80 долл. за 1 т.

Испанский гранат в годы его импорта в США расценивался по 60 долл. франко-американский порт и по 250—300 марок при закупках в Германии.

Германский гранат, известный под именем баварского наждака (гранатовая пудра), продается, по данным Т. Вегнера (Wegner, 1933), по 50 марок за 1 т.

Из всех вышеприведенных данных о производстве и потреблении граната видно, что мировой гранатовый рынок фактически совпадает с внутренним рынком США, если не считать совершенно замкнутого и мало освещенного производства и потребления граната в Японии и нескольких сот тонн, потребляемых Англией. Все прочие страны применяют его в ничтожных количествах, и в абразивном балансе он не играет почти никакой роли. Однако, делать на этом основании выводы о малой пригодности граната как абразива было бы неправильно. Абразивные свойства его до сих пор совершенно не изучены, и применение его пока базируется только на производственной практике. Между тем установлено, что в ряде процессов гранат может дать весьма ценные технические преимущества. Кроме недостаточной изученности граната, вопрос более широкого применения его упирается также в чрезмерно высокие его цены.

Ювелирный гранат

Учета добычи и продажи ювелирного граната не ведется, потому сведения о нем носят только общий и при том случайный характер.

Главным производителем ювелирного граната были сначала страны Востока — Индия и о-в Цейлон, снабжавшие гранатом все прочие страны. Примерно с XIII в. началась добыча пироба в Чехии. Последний до сих пор пользуется на рынке большой популярностью. Лет 50 назад годовая стоимость добычи чешского пироба (сырья) оценивалась в 120—160 тыс. марок, но затем снизилась до 15 тыс. марок. Однако, вывоз гранатных изделий из б. Чехо-Словакии, как показывает таможенная статистика, до самого последнего времени выражался в довольно значительной сумме, превышая 1 млн. чешских крон. Небольшие количества пироба дают также южно-американские алмазные копи. В начале настоящего столетия широко развернулась добыча пироба в бывшей Германской Восточной Африке, гранат которой отличается исключительно хорошими качествами и большими размерами (весом до 10—15 каратов). Он известен под именем Faschoda granat. По данным Дюкалова, в 1900 г. стоимость его добычи оценивалась в 55 тыс. марок, а в 1911 г.—11 900 марок. Сейчас добыча в Восточной Африке измеряется всего несколькими десятками килограммов сырья, годного для огранки. Небольшая добыча ювелирного граната имела место также и в США, где он разрабатывался в различных пунктах. По данным Сиднея

Болл (S. H. Boll), в 1937 г. добыча его велась в штатах Калифорнии, Айдахо, Юта, Монтана, Колорадо и Северной Каролине. В прочих странах разработка его известна в Австралии, на Мадагаскаре и в Бразилии.

Размер добычи ювелирного граната очень непостоянен. В качестве иллюстрации можно сослаться на сильно сократившиеся сейчас разработки в Миттельбурге (б. Чехо-Словакия), где когда-то работало свыше 10 тыс. чел. (данные В. В. Вильмота). В настоящее время рынок драгоценного граната переживает период тяжелой депрессии, начавшейся еще до первой империалистической войны.

Цены на ювелирный гранат зависят, с одной стороны, от его природных качеств, с другой же — от степени того интереса, который в данное время предъявляет к нему рынок; в общем он относится к дешевым камням.

Гранат в необделанном виде ввозится в большинство стран беспошлинно, по примеру других драгоценных камней. Гранат шлифованный, в оправе или без нее, облагается различно в разных странах; как правило, в перечне драгоценных камней он особо не выделяется.

12. ГРАНАТОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ В СССР

Гранат для абразивных целей в СССР не добывается, и разработка его имела место лишь попутно с разведками. Так, в 1928—1929 г. ВИМС добыл из гранатовых месторождений на Урале 30 м³ гранатовой породы (Иссылское месторождение), давших после ручной сортировки 32 т концентрата с содержанием граната 90%. Им в том же году было отобрано 22 т кристаллов граната при разведке Глубочинского месторождения. Добытый материал частично был использован для технических исследований, частично был передан заводу «Ильич».

В 1931 г. Союзкарелгранит при разведках Шуерецких месторождений добыл из месторождения Еловый Наволок 2217 т несортированной руды и 199 т отсортированного граната. В 1932 г. тем же трестом в процессе разведок было взято из месторождения Тербестров 1044 т несортированного граната и 314 т отсортированного. В начале 1933 г. из того же месторождения трест дополнительно добыл 42 т несортированной гранатовой породы. Добытый гранат был направлен Союзкарелгранитом в небольшом количестве для технологического изучения в научно-исследовательские организации (ВИМС и Механобр) и в большей части заводу «Ильич» (в 1933 г. — 102 т сортированного граната) и заводу «Смычка» (248 т сортированного и 71 т несортированного материала). Себестоимость несортированного материала выразилась 103 руб. за 1 т, а сортированного — 155 руб. Продажная цена составляла 200 руб. за 1 т сортированного и 140 руб. за 1 т несортированного франко-станция отправления.

В 1929 г. «первым открывателем» Султан-Уиздагских месторождений велась небольшая добыча граната в россыпях Дарваз и Кахрал. Добытое количество не превышало нескольких десятков тонн. Материал в виде 85% концентрата был направлен заводу «Ильич». Перевозка его по железной дороге стоила около 165—170 руб. за 1 т.

М. А. Гордиенко указывает на производившуюся в 1931 г. пробную добычу 32 т граната-альмандина из месторождения близ 78-го разъезда ж. д. им. Л. М. Кагановича.

Сейчас ни на одном месторождении СССР промышленной добычи граната не ведется.

Что касается до ювелирного граната, то добыча его началась очень давно. А. Е. Ферсман приводит ссылки на литературные источники, где упоминается о добыче граната на территории нынешней Карело-Финской ССР еще в XVIII в. До революции на Урале разрабатывалось довольно значительное количество хризолита в Нижне-

Тагильской и Сысертской дачах. В добыче граната наблюдались чередующиеся подъемы и падения; так, например, в 1904 г. в районе р. Бобровой на работах было занято около 300 старателей.

А. Е. Ферсман оценивает дореволюционный сбыт хризолита в 300 тыс. руб. в год, указывая, что демантоид был на ряду с изумрудом основным камнем екатеринбургского гранильного рынка. Главнейшими его потребителями были Париж, Лондон и США. В 1910 г. цена за 1 карат хорошо граненого хризолита колебалась от 40 до 70 руб.; худшие сорта продавались по 5 руб. за карат.

В настоящее время добыча драгоценного камня на Урале сосредоточена в руках кооперативных организаций. Статистического учета не ведется, в связи с чем дать конкретные цифры современной добычи ювелирного граната в СССР не представляется возможным.

О перспективах развития гранатовой промышленности пока можно говорить только ориентировочно, базируясь на общих соображениях.

Производственные возможности гранатовой промышленности в нашем Союзе не сходны ни с американскими, ни с европейскими. Мы располагаем сейчас месторождениями первосортного граната и месторождениями хорошего кремня. В условиях советского хозяйства наличие тех и других дает нам огромные преимущества. Для нас открыта возможность подходить к использованию граната не с узкой точки зрения заменителя кварца и кремня, но с учетом всех экономических и технических преимуществ, которые могут быть получены от применения граната в условиях рационализации нашей промышленности.

Не подлежит сомнению, что технические возможности граната далеко еще полностью не выявлены и не исчерпаны. Уже сейчас имеется несколько областей, где гранат показывает прекрасный эффект, иногда лучший, чем все прочие абразивные материалы. В частности, отличные результаты он дает в деревообрабатывающей промышленности при работе на твердых породах, а также в кожевенном деле. В дальнейшем, по мере изучения абразивных свойств граната и методов его использования, эти области могут расширяться. Исследования М. И. Койфмана и А. Г. Елисеева открывают в этом направлении новые перспективы. В частности, работы М. И. Койфмана, подтвержденные экспериментальными исследованиями А. Г. Елисеева на тербестровском гранате, указывают на возможность использования его не только как заменителя кварца и кремня, но и как заменителя более твердых абразивных материалов, что в наших условиях дефицитности корунда и карборунда представляется чрезвычайно важным.

Наконец, нельзя упускать из вида выгодного положения СССР как единственной страны в Европе, располагающей крупными месторождениями абразивного граната.

Можно высказать предположение, о возможности его реализации на внешнем рынке.

Таким образом, мы можем наметить следующие три основных пути использования граната в СССР: 1) как самодовлеющего абразива, учитывая его большую эффективность по сравнению с кремнем и кварцем при обработке некоторых материалов; 2) в качестве заменителя дефицитного корундового материала в некоторых мало ответственных процессах обработки и 3) как объект экспорта.

Эти предпосылки дают основание говорить о принципиальной целесообразности организации у нас промышленности абразивного граната.

Сырьевая база абразивного граната может считаться достаточно подготовленной работой научно-исследовательских организаций. Выявленные запасы Исыльского на Урале и Тербестровского месторождения в Карело-Финской ССР обеспечивают производство на многие годы. Более или менее полно изучены также и качество исыльского и тербестровского граната,

их обогатимость и пригодность для производства абразивных изделий. В особенности детально исследован тербестровский гранат. В части технологии можно говорить лишь о самых незначительных доделках и о дальнейшем техническом испытании изделий в производственных условиях. Необходимо, однако, тщательно проработать экономическую сторону вопроса.

При таких данных есть веские основания говорить о наличии у нас серьезных предпосылок для организации и развития гранатовой промышленности, имея в виду как абразивный гранат, так и ювелирный, особенно его зеленые разновидности, пользующиеся широкой известностью на заграничном рынке драгоценных камней.

Поступило 22.XI.1939 г.

Ю. Л. Черношвитов

ЛИТЕРАТУРА

- Абразивы. Сборник. Т. I. ОНТИ, Химтеорет. Л. 1935.
- Артамонов В. О Шуердском месторождении гранатов. Мин. сырье, 1933, № 2, 71.
- Бездека Н. Предварительный отчет по обследованию гранатовых месторождений в Каракалпакской авт. обл. Фонд Всесоюзн. инст. мин. сырья, 1929, рукопись.
- Бельский С. Отчет о геологических работах 1921 г. в Волынской губ. 1923, 1—101, 162—217.
- Бичук М. Гранат. Кар.-Мурм. кр., 1929, № 5/6, 28—32.
- Борисов Н. В. и Любович Н. Г. Испытание абразивных свойств гранатов месторождения на мысе Стерлигова (берег Карского моря). Библ. Всесоюзн. инст. мин. сырья, рукопись.
- Борисов П. Гранат. Сб. Сырьевые и топливные ресурсы Ленинградской области. 1932, 16—19.
- Вертушкин Г. Отчет по обследованию в 1933 г. партией Уральского горного института Полдневского месторождения хризолита. Фонд Всесоюзн. инст. мин. сырья, рукопись.
- Вяфайский К. Месторождения полезных ископаемых западной части Чаткальских гор в Туркестане. Тр. Всесоюзн. геол.-разв. объедин., 1932, вып. 183, 1—53.
- Влодавец В. И. Гранат (Мурманский округ Ленинградской области). Справочник полезных ископаемых Ленинградской обл., ч. I — Ленинградская область. Лг., 1933, 435—436.
- Гинзбург И. И. и Шихеева М. Гранат. Год. обз. мин. рес. СССР за 1926/27 г. Лг., 1928, 251—256.
- Гнеденко А. Полезные ископаемые ККАССР и их хозяйственное значение. За индустр. Сов. Востока, 1933, № 1, 154—160.
- Гордиенко М. З. Месторождение граната в районе Полякова Лога Миасского округа на Урале. Горн. журн., 1927, № 8, 506.
- Месторождение граната в квартале 144 Полдневской лесной дачи на Урале. Горн. журн., 1928, № 9, 669.
- 1. Горные богатства Урала. Горн. журн., 1929, № 3, 380—382.
- 2. Месторождение граната в 85—205 кварталах Сысертской лесной дачи на Урале. Горн. журн., 1929, № 3, 382.
- 3. Месторождение гранатового песка на дне оз. Иткуль на Урале. Горн. журн., 1929, № 10, 1835.
- 4. Месторождение граната в квартале № 59—60 и кремня в квартале № 291 Нижне-Исетской лесной дачи на Урале. Горн. журн., 1929, № 11, 2143.
- Об использовании гранатовой пыли для получения тонких шлифующих материалов. Горн. журн., 1930, № 6—7, 215—216.
- 1. Месторождение нерудных ископаемых в районе дер. Косой Брод на Урале. Горн. журн., 1931, № 1, 65—67.
- 2. Использование отходов при добыче и обработке нерудных ископаемых на Урале. Горн. журн., 1931, № 7, 56—57.
- Свердловский район минерального сырья. Уралпортрест. Горн. журн., 1931, № 8—9, 76—79.
- вновь открытые месторождения металлических ископаемых на Урале за период с 1/I по 1/VII 1931 г. Горн. журн., 1932, № 7, 37—38.
- Гордиенко М. А. Перспектива использования граната и кианита (дистена) Карельской АССР (месторождения Кемского района). Мин. сырье, 1936, № 6, 62—64.
- Гранат на Украине. Горн. журн., 1927, № 4.

Гранат по Союзу. Горн. журн., 1930, № 4—5, 224.

Грунвальд Л. Горные богатства Якутии. Мат. по геол. и полезн. ископ. ЯАССР, 1927, № 7.

Дана Э. Описательная минералогия. Перевод под ред. А. Е. Ферсмана и О. М. Шубниковой. Лг.—М. ОНТИ, 1937, 190—191.

Дюкалов Н. А. Мировая торговля драгоценными и полудрагоценными камнями. М.—Лг., 1932, 1—167.

Елисеев А. Г. 1. О результатах исследования и обогащения гранатовой руды месторождения Тербестров в Карелии. Мин. сырье, 1933, № 2, 75—76.

— 2. Отчет Ленинградского отделения Всесоюзного Института прикладной минералогии (ВИМС) по технологическому исследованию гранато-дистеновой руды месторождения Тербестров, 1933, рукопись.

Заварицкий А. Н. Гора Магнитная и ее месторождения железных руд. Вып. 1, ч. 3, Тр. Геол. ком., 1927, вып. 122, 415—695.

Иванов Б. В. Новое месторождение граната в Карелии. Кар.-Мурм. кр., 1931, № 3/4, 23—26.

Иванов Е. Геологическая съемка в юго-восточной части Чимкентского листа (пл. V—5). Отчет о сост. и деят. Геол. ком. за 1925/26 г. Лг., 1927, 70—72.

Игнатьев Н. А. Окончательный отчет б. Ленинградского отделения Всесоюзного Института прикладной минералогии (ВИМС) по работе Шуерепской геолого-разведочной партии. Фонд Всесоюзн. инст. мин. сырья, 1932, рукопись.

Койфман М. И. Абразивные свойства минеральных частиц. М., 1932, 64.

Койфман М. И. и Черносветов Ю. Л. Создание и развитие промышленности неметаллических ископаемых. Тр. Инст. прикл. мин., 1933, 19—73.

Копотлов М. О полезных ископаемых на Тобольском Севере. Хов. Урала, 1926, № 19, 125—127.

Коптев-Дворников В. С. Разведка абразивного граната. Мин. сырье, 1930, № 1, 41—42.

— 1. Отчет о работах по Уральским месторождениям граната в 1928 г. Фонд Всесоюзн. инст. мин. сырья, рукопись.

— 2. Сводный отчет: 1) о поисках и разведках месторождений граната в 1929 г., 2) о детальных разведках и технологическом изучении граната Иссыльского месторождения. Фонд Всесоюзн. инст. мин. сырья, 1929, рукопись.

Краснянский М. Залежи граната в Одессине. Горн. журн., 1925, № 9, 795.

Лабунцов А. Н. К минералогии Северной Карелии. Изв. Акад. Наук, 1927, № 7—8, 609, 20.

Ландсберг К. Обогащение граната. Горно-обогатительное дело, 1932, № 2—3, 103—104.

Л. К. Гранаты на Украине. Горн. журн., 1927, № 4, 251.

Малкин Б. Природные богатства Сибири. М., 1931, 2.

Мамуровский А., Коптев-Дворников В. и Пылаев Б. Опыт промышленной оценки уральских месторождений граната. Мин. сырье, 1929, № 5/6, 666—687.

Материалы Учетно-сырьевой группы (учетные карточки). Фонд Всесоюзн. инст. мин. сырья, рукопись.

Машиовцев С. Ф. Материалы к геологии восточного склона Северного Урала. Тр. Всесоюзн. геол.-разв. объедин., 1933, вып. 254, 3—66.

Меренков Б. Я. Драгоценные, технические и поделочные камни. М.—Лг., ОНТИ, 1936, 96.

Метальников В. А. Проблема развития гранатовой промышленности в СССР. Фонд Всесоюзн. инст. мин. сырья, 1931, рукопись.

Наследов Б. Новые рудные месторождения Сев. Киргизии. Разв. недр, 1933, № 7, 16—20.

Обручев В. А. Ленско-Байкальская область. Хим.-техн. справ. Ископ. сырье, ч. 2, 1925, 271—287.

— Геологический очерк Прибайкальского и Ленского районов. Очерки по геологии Сибири. Лг., изд. Акад. Наук, 1932, 1—128.

Озеров К. Н. 1. Абразивные материалы (естественные) высокой твердости (корунд, наждак, гранат). Нерудные ископаемые. Недрa Сов. Азии. М., изд. Сов. Азии, 1932, 6—14.

— 2. К методике поисков и разведок некоторых естественных абразивных материалов. М.—Лг., 1932, 12—14.

Ортенберг Д. Очерк Дашкесанского месторождения железных руд по данным магнитной съемки в 1923—24 г. Тр. Гл. геол.-разв. упр., 1930, вып. 12, 38.

Отчет по обогащению граната Шубинского месторождения Средне-Волжского края. Фонд Гинцетмет, 1931, рукопись.

Отчет об обогащении гранатовой породы месторождений Еловый Наволок. Фонд Всесоюзн. инст. мин. сырья, 1932, рукопись.

Отчет по обогащению граната карельских месторождений. Фонд Гинцетмет, рукопись.

- Отчет об обогащении граната месторождений Каурси и Дарваз. 1933, Фонд Гинцветмет, 1933, рукопись.
- Отчет об испытании и обогатимости гранатовой породы месторождений Тербестров. Фонд Гинцветмет, 1932, рукопись.
- Петров. Обследование месторождений Казак-Каракалпакской авт. обл. Отчет о деят. Ср.-Азиат. отд. Геол. ком. за 1928—29 г. Ташкент, 1930, 72—74.
- Записки о гранатовых месторождениях Каракалпакской авт. обл. Фонд Всесоюз. инст. мин. сырья, 1929, рукопись.
- Полканов А. А. Геология, история металлогении и образование полезных ископаемых Кольского полуострова. Сб. Проблемы Кольского полуострова. Лг., 1933, 4—37.
- Поляков К. Минеральное сырье и энергетические ресурсы Халиловского района. Самара, 1931, 1—39.
- Поляков В. В. Месторождения граната в Советской Арктике. 1939, рукопись.
- Редлих. Результаты исследования граната с западного побережья Камчатки. Библ. Всесоюз. инст. мин. сырья, 1931, рукопись.
- Сердюченко Д. П. Альмандины из некоторых месторождений Сев. Кавказа и Украины. Зап. Мин. общ., 1933, 62, вып. 1, 97—102.
- Сямон И. Шуеречские гранатовые месторождения в Карелии. Мин. сырье, 1932, № 11/12, 60—61.
- Смирнов С. Материалы к геологии и минералогии южного Прибайкалья. Мат. общ. и прикл. мин., 1928, вып. 82.
- Соловьев С. и Никогосян Х. Аномальные гранаты района Тырныауза и переход их в изотропное состояние при нагревании. Зап. Мин. общ., 1938, 67, вып. 4, 651—654.
- Соухат И. Корунд, наждак, гранат и их возможная роль в хозяйстве Уральской обл. Хов. Урала, 1926, 8.
- Суражский Д. Отчет о разведках граната Маунского месторождения на Урале. Фонд Всесоюз. инст. мин. сырья, 1929, рукопись.
- Сырокомский В. Экспортные возможности в области минерального сырья на Урале. Мин. сырье, 1926, № 3, 238—44.
- Уральский Б. А. Отчет о разведках Маунского месторождения граната на Урале. Фонд Всесоюз. инст. мин. сырья, 1930, рукопись.
- Ферсман А. Е. Драгоценные и цветные камни. Сб. Нерудные ископаемые, т. I. Лг. Изд. Ком. по изуч. ест. произв. сил Акад. Наук, 1926, 359—400.
- Драгоценные и цветные камни России, т. 1—2. Пг. 1920—1925.
- Ферсман А. Е. и Порватов Б. Абразионные материалы. Сб. Нерудные ископаемые, т. I. Лг. Изд. Ком. по изуч. ест. произв. сил Акад. Наук, 1926, 1—34.
- Абразионные материалы. Мат. Ком. по изуч. ест. произв. сил Акад. Наук, 1926, вып. 57, 1—70.
- Химико-технологический справочник, под ред. А. Е. Ферсмана, ч. 2. Лг., 1925.
- Черносвитов Ю. Л. Гранат. Сб. Абразивы. Лг., 1935, 107—159.
- Шептунов Н. Недра Халилова на стройку социализма. Гос. техн. изд., 1921.

- Adams J. Reducing disk grinding coast. Abrasive Industr., 1921, 2, № 12, 407.
- 1. How to chose coated abrasives. Abrasive Industr., 1922, 3, № 1, 1—2.
- 2. Reducing excessive sanding coasts. Abrasive Industr. 1922, 3, № 1, 6—7.
- Agar W. a. Krieger Ph. Garnet rock near West Redding. Connect. Amer. Journ. Sci., ser. 5, 1932, 24, № 139, 69—80.
- Aitkens J. Garnets (gem stones). U. S. Bureau Mines, Inform. Circ. № 6518, 1934, 11.
- Bardwell E. Garnet milling in New Hampshire. Eng. Min. Journ., 1911, 1209—1210.
- Boescke H. Die Granatgruppe. Eine statistische Untersuchung. Zs. Krist., 1913, 53, 149.
- Boix M. The abrasive garnet industry. Abrasive Industr., 1928, 5, 93—96.
- Bramletts M. Natural etching of detrital garnet. Amer. Journ. Min., 1929, 14, 336—337.
- Brown J. A Garnet bearing dike near Mornya, New South Wales. Proc. Linean. Soc., 1929, 54, Pt. 3, 176—184.
- Brun A. Note sur les constants optiques de l'almandine, de la blende et du zircon. Bull. Soc. Fr. Min., 1930, 53, 35—46.
- Canadian natural abrasives. Canad. Min. Industr., 1928, 49, № 46, 938.
- Carnochan R. Concentration of garnet ore from Lebelles Quebec. Canad. Dep. Mines, Branch. Rep., 1930, 124—127.
- Carpanese T. Garnet, vesuvianite, ilmenite and titanite from Monte Rose di Vero (Monte Rose Group). Atti Accad. Lincei, 1932, 15, 591—595; 649—699.
- Corin F. A propos des grenats de la région de Bastogne—Libramont. Bull. Soc. Belge géol., paléont., hydrol., 1938, 48, 431—473.

- Doelter C. Handbuch der Mineralchemie, 1917, 2, Abt. 2, 878—914.
- Drau. Zs. Krist., 1933, 85, 392—403.
- Studien über den Chimismus der Granaten. Neues Jb. Min., 1925, 55, 60—91.
- Eardley-Willmott V. Increased demand and use for garnet. Canad. Min. Journ., 1924, 685—686.
- Abrasives, products of Canada. Technology and application. Part 3—Garnet. Canad. Dep. Mines, Mines Branch., 1927, 69.
- Abrasives Engineering, 1928, 125, 29.
- Abrasives. Industr. Min. a. Rocks, 1937, 1—58.
- Eckel E. Garnet as an amygdule mineral. Amer. Min., 1932, 17, 522—529.
- Eldmann L. Sui granatnelle pegmatiti dell'olgiassa. Anal. R. Inst. Super. Agrario e Forestale di Firenze, 1932, 8.
- Federal Specifications are proposed for garnet parer. Abrasive Industr., 1932, 13, № 11., 18—19.
- Fermor L. Composition of some Indian garnets. Rec. Geol. Surv. India, 1926, 54, Pt. 2.
- On khohorite a new garnet and on the nomenclature of garnets. Rec. Geol. Surv. India, 1938, 73, pt. 1, 145—156.
- Garnets and their role in nature. Calcutta, 1938, 105. (Реферировано в Geol. Mag., 1939, 76, № 900, 240.)
- Foissis S. Note sulle rocce granatifere delle regione di Orida. Bassunto Min. Met. Ital. 1929, 69, № 2.
- Ford W. A study of the relations existing between the chemical, optical and other properties of the garnet group. Amer. Journ. Sci., 1915, 4 ser., 33—49.
- Fleischer M. The relation between chemical composition and physical properties in the garnet group. Amer. Min., 1937, 22, № 6, 751—759.
- Garnet Canad. Min. Journ., 1928, 49, 760, 1929, 50, 332.
- Geodsped G. a. Coombs H. Quartz-diopside-garnet veinlets. Amer. Min., 1932, 17, 554—560.
- Gossner B. Über die chemische Zusammensetzung in der Granatgruppe. Neues Jb. Min., A, 1931, 64, 225—233.
- Gottfried C. Die Mineralien der Ademellgruppe. 3. Granat aus der Gegend des Passo del Termine. Chem. d. Erde, 1930, 5, 106—112.
- Greenleaf L. S. Manufacture and use of coasts. Abrasive Techn. Eng. News, 1921, № 5, 116—117.
- Gregory H. E. Garnet deposits of the Navajo reservation. Arizona and Utah. Econ. Geol., 1916, 11, № 3, 223—230.
- Groth P. und Mieleitner H. Mineralogische Tabellen. München, 1921, 92—93.
- Jacobs F. Abrasives and abrasive wheels. N. Y., 1919, 32—34; 166—175.
- Jaroz Z. Garnets from the pegmatites of Western Moravia. Gasopis Mus. Spolk. Clomoc., 1930, 47, 9—14.
- Jimori S., Yoshimura T. Geographical distribution of certain minerals in Japan. Sci. Paper. Inst. Phys. Chem. Res. Tokyo, 1929, 10, Suppl.
- Johannsen H. Mineralogische Mitteilungen. Zs. Krist., 1928, 68, 87—118.
- Jonson B. L. a. Schauble M. Abrasive materials. Chapter (preprint) from Min. Yearbook 1939, review of 1938. Washington, 1939, 11—12.
- Heritsch F. Röntgenographische Untersuchungen an einem Granat aus der Lieserschlucht bei Spittal a. d.
- Ladoo R. Garnet. U. S. Bureau Mines, 1922, Ser. 2347, 16.
- Mennie T. Modern garnet mills operated. Abrasive Industr., 1925, 51—54.
- Menzer G. Die Kristallstruktur der Granate. Zs. Krist., 1928, 69, 300—396.
- Merrill F. Handbuch of gems and precious stones. Smiths. Inst. U. S. Nat. Mus., 1922, Bull. № 118, 54—65.
- Mayers W. a. Anderson C. Recent developments in abrasive garnet. Reduction. U. S. Bureau Mines, 1925, Ser. 2691, June.
- Miller W. The garnet deposits of Warren County. Econ. Geol. 1912, 7, № 5, 493—504.
- Genesis of certain Adirondack garnet deposits. Amer. Min., 1938, 23, № 6, 399—408 a. 1937, 22, № 12, pt. 2, 9.
- Mineral Industry. Chapter on abrasives. 1918—1937.
- Minerals Yearbook. Washington, 1934, 1935, 1936, 1937.
- Newlang D. Mineral resources of the state of New York. N. Y. St. Mus., 1921, Bull. № 223—224, 79—85.
- Nowacek R. Der Kontaktgranat von Bludov (Norsmahrem). Priroda, 1930, 23, № 10.
- Papst A. The garnet in the glaucophane schists of California. Amer. Min., 1931, 16, 321—333.
- Philipsborn H. Beziehungen zwischen Lichtbrechung, Dichte und chemischer Zusammensetzung in der Granatgruppe. Abh. Nath.-phys. Kl. Sachs. Akad. Wiss., 1928, 40, № 3, 43.
- Power H. Preparing garnet abrasive. Abrasives Eng., 1924, 118, October, 532.

- Rec. Geol. Surv. India, 1911, 1933.
 S a n e r o E. Sopra due granati delle miniere di Cogne in Val d'Aosta. Period. Min., 1935, 6, № 3, 113—120.
 S i m o n d s H. Abrasives play an important part in piano construction. Abrasive Industr., 1922, 3, № 1, 9—13.
 S p e r i s e n F. L. Gem minerals of California. California. Journ. Mines and Geol., 1938, 23, № 6, 60—62.
 S t r o c k L. Spessartite from Avondale Delaware County, Pennsylvania. Amer. Min., 1930, 15, 40—42.
 S t o c k w e l l C. An x-ray study of the garnet group. Amer. Min., 1927, 12, 327.
 S t o s e G. a. G l a s s S. Garnet crystals in Cavities in metamorphosed triassic conglomerate in York County Pennsylvania. Amer. Min., 1938, 23, № 7, 430—435.
 S w a m i n a t a t h a m V. Mode of occurrence and chemical composition of garnet from Nellore district. Madras. Proc. 15 Ind. Sci. Congr., 1928, 288.
 T o r g a s c h e f f B. The mineral industry of the Far East. Shanghai, 1930, 413—414.
 The use of garnet for glass grinding. Glass industr., 1925, 6, 51—52.
 V a n d e r L i n g e n J. Garnets. S. Afric. Journ. Sci., 1929, 23, 2126.
 V a v r i n e c z G. Analyses of minerals. Magyar Chem. Folye rat., 1932, 38, 140—144.
 W a t o c k i W. Garnet sand at Heb, on the Baltic Sea. Bull. Int. Acad. Polonaise, 1928, 439—444.
 W e g n e r T. Das Schleifgranatvorkommen Hayazo in Nijar bei Almeria. Zs. Prakt. Geol., 1933, 41, H. 6, 89—97.
 W i n c h e l l N. a. W i n c h e l l A. Elements of optical mineralogy. N. Y. 1927, 257—266.
 W r i g h t W. The composition and occurrence of garnets. Amer. Min., 1938, 23, № 7, 436—445.
 W o r m s e r F. Mining concentrating and marketing garnets. Eng. Min. Journ. Press, 1924, 525—585.
 Z e d l e t z O. Über titanreiches Kalkeisengranat. Cbl. Min. A, 1933, 225—239.

ГРАНИТ

Granite (англ., фр.). Granit (нем.)

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ. МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Гранит в прежнем понимании — интрузивная кристаллическая зернистая порода, состоящая из ортоклаза, кварца и слюды. Современное содержание термина «гранит» расширено до пределов родового понятия; им охватывается обширное семейство пород, либо образовавшихся в результате застывания кислого «остаточного» расплава, являющегося конечным продуктом дифференциации первичной габброидной магмы, либо происшедших путем переплавления осадочного комплекса и более древних пород. Сохраняя основные типичные черты, гранит в этом понимании отличается значительными колебаниями химического и минералогического состава.

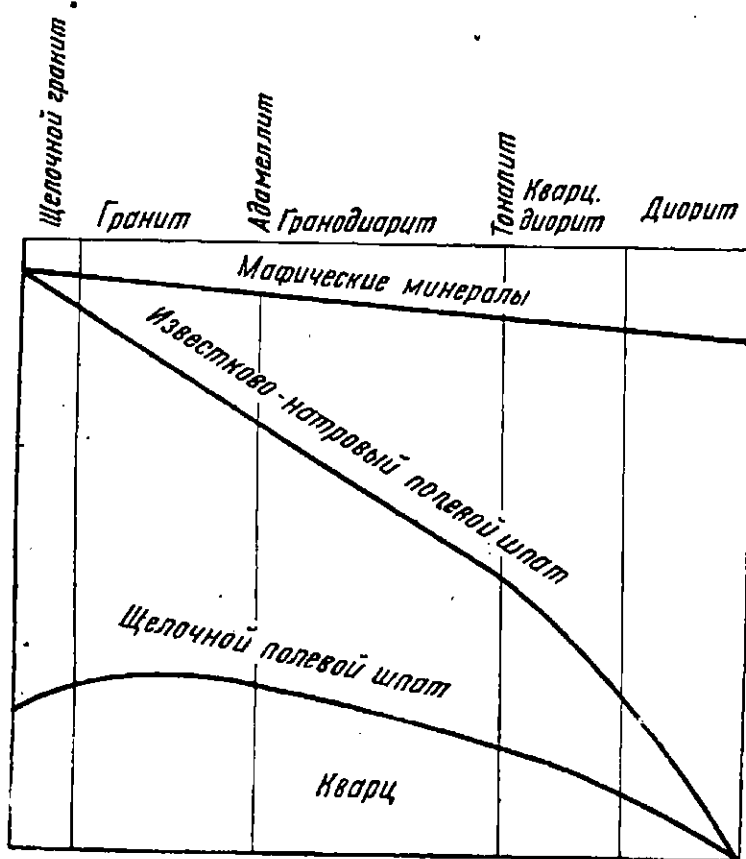
Минералогический состав типичных гранитов характеризуется следующими сравнительно немногими компонентами: кварц, щелочной полевой шпат (ортоклаз, микроклин, анортоклаз), кислый плагиоклаз (альбит, чаще всего олигонлаз), биотит, реже — роговая обманка, еще реже — пироксен. Роль кислых плагиоклазов в составе гранита, как показал В. Н. Лодочников, не только не уступает роли щелочных полевых шпатов, но в большинстве случаев ее превышает. Иногда более или менее значительное участие в составе гранита принимает светлая калиевая слюда — мусковит, значительно реже — лепидолит.

Сильное развитие плагиоклаза обуславливает переход гранита к адмеллиту, гранодиориту, тоналиту и кварцевому диориту. Убывание кварца при сохранении щелочного полевого шпата ведет к сиениту, при замене щелочного шпата плагиоклазом — к диориту. Диаграмма (из Тирреля, фиг. 1) иллюстрирует соотношение пород гранодиоритовой ассоциации.

Второстепенными компонентами гранита служат: гранат, апатит, турмалин, магнетит, циркон, сфен, кордиерит, пирит, эпидот и др.; иногда некоторые из этих минералов приобретают значение существенной составной части. Темные (цветные) минералы гранитов служат обычно их классификационным признаком. Таким образом, различают граниты: слюдяные (биотитовый, мусковитовый, двуслюдяной, литионитовый), амфиболовые (роговообманковый, рибекитовый, арфведсонитовый), пироксеновые (авгитовый, диаллаговый, гиперстеновый, эгириновый), хлоритовые, эпидотовые, турмалиновые.¹

¹ Строительная практика широко пользуется названием гранита, применяя его не только к чистым сиенитам и диоритам, но и к ряду пород, принадлежащих к совершенно иным петрологическим группам. Так, например, пользующийся широкой известностью «черный шведский гранит» (Ebony black) является на самом деле габбро; точно так же типичное габбро фигурирует под названием темного «слипичицкого гранита» (Житомирский район). Под именем жежелевского гранита добывается контактно-метаморфическая порода, состоящая из красного граната, голубоватого кварца и зерен кордиерита с оболочками биотита и плагиоклаза.

Структура пород гранитной группы настолько характерна, что ей присвоено специальное название гранитной. Это — равномерно-зернистая (гипидиоморфная) структура, при которой слагающие породу минералы, при неполно развитой кристаллической форме, имеют приблизительно одинаковые размеры, обуславливая однородное строение породы. Щелочной полевой шпат обычно встречается в виде табличатых недоразвитых кристаллов; плагиоклаз — в более мелких, но лучше сформированных, более идиоморфных частицах; кварц наблюдается либо в виде отдельных неправильных зерен, рассеянных между другими компонентами (диспергентное расположение), либо в виде сплошного, сетчатообразного заполнения промежутков между другими минералами (синдетическое расположение);

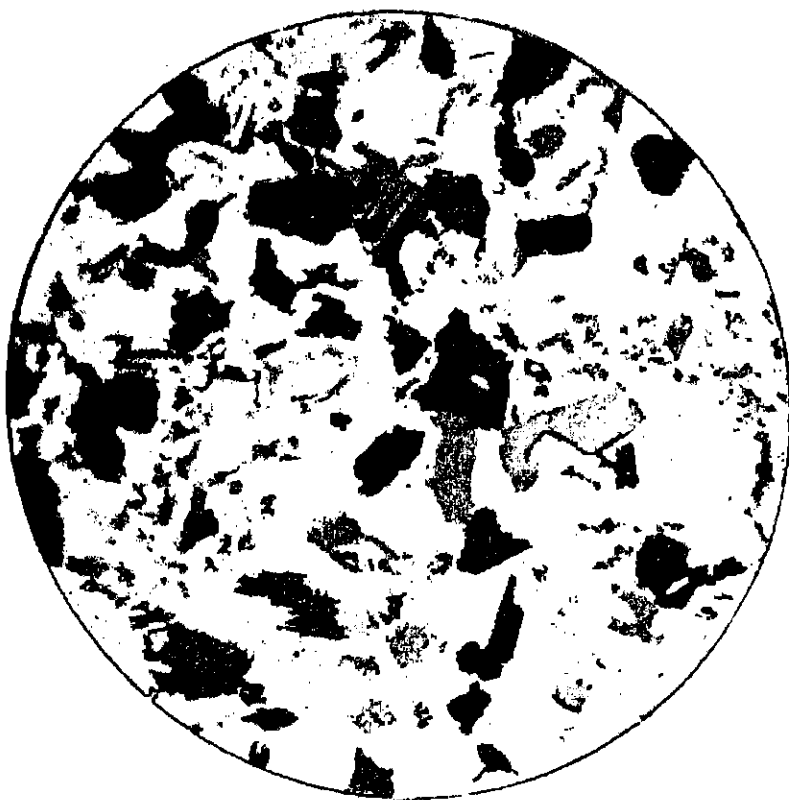


Фиг. 1. Диаграмма пород гранодиоритовой ассоциации. (По Тиррелю.)

биотит — в виде листоватых табличек с сильным блеском на плоскостях спайности. Из амфиболов чаще всего присутствует черная роговая обманка в форме вытянутых блестящих кристалликов; пироксены (авгит, гиперстен, эгирин) сходны с роговой обманкой, но отличаются слабее выраженной спайностью (фиг. 2).

Отступления от господствующего структурного типа наблюдаются сравнительно редко. В гранитных массивах, застывших близко от поверхности (лапколитах), а также в гранитах жильного типа наблюдается иногда сильное развитие кристаллов полевого шпата, что придает породе порфировидную структуру (фиг. 3). В других случаях сильный рост одинаково ориентированных пластинчатых компонентов сообщает граниту слоистое, гнейсовидное строение.

Для практических целей большое значение имеет структурная классификация гранитов, в основу которой кладется размер полевошпатовых частиц. Таким образом, подразделяют граниты на пять групп: мелкозернистые (с зернами полевого шпата 1—2 мм), довольно мелкозернистые (1—5 мм), среднезернистые (2—10 мм), крупнозернистые (3—15 мм), очень крупнозернистые (3—30 мм).



Фиг. 2. Нормальная (гранитная) структура гранита.



Фиг. 3. Порфировидная структура гранита.

Цвет гранита, играющий важную роль в практическом его применении, в высшей степени разнообразен. Основной его фон обычно связан с окраской полевого шпата, который может быть розовым, желтым, мясо-красным, серым, белым, зеленым. Кварц может быть стекляннопрозрачным, дымчатым, молочно-белым, иногда цветным: аметистовым, пурпурным, голубым, синим. Обилие черной или коричневой слюды сообщает граниту темный тон, иногда — при участии других темных примесей (окислы железа и титана) — доходящий почти до черного. Наоборот, отсутствие или подчиненное количество темных минералов при белой окраске полевого шпата дает красивые белые граниты. Большая или меньшая интенсивность окраски отдельных компонентов, неожиданные их сочетания, множество оттенков, в связи с видоизменениями структуры, обуславливают бесконечное декоративное разнообразие гранита и обилие его рыночных сортов и марок.

Химический состав. Основной химической характеристикой гранита является высокое содержание кремнекислоты (66—76%) со свободным избытком ее в виде кварца. Это стоит в связи с сущностью магматической дифференциации, приводящей путем последовательного удаления и преобразования тяжелых Mg-, Ca-, Fe-минералов к образованию остаточного гранитного расплава, обогащенного кремнекислотой, щелочами и рядом летучих газообразных компонентов.

Граниты, богатые щелочами и одновременно содержащие некоторое количество извести, образуют господствующий тип и называются нормальными или щелочно-кальциевыми гранитами. Граниты, бедные известью или совершенно лишенные ее, называются щелочными. Примерные анализы гранитов даны в табл. 1.

Эти цифры дают суммарную химическую характеристику гранита; однако, не подлежит сомнению, что химический состав даже основной его массы значительно сложнее. Еще в 1894 г. Г. Ласпейрес указал на высокое содержание в гранитах угольной кислоты в виде жидких или газовых включений в кварце. Кроме того, гранит в изобилии содержит редкие элементы. Находясь в основной массе породы в состоянии большего или меньшего рассеяния, они достигают высоких концентраций в образованиях, обособляющихся от материнской гранитной интрузии и сосредоточивающихся на ее периферии. Сюда относятся прежде всего элементы Rb, Cs, Y, Zr, Hf, Ta, Nb, Th, Mo, W, U («кислосое поле» А. Е. Ферсмана), элементы редких земель, также элементы «обычного поля»: Li, Be, B, F. К гранитной магме тяготеет и ряд типично «рудных» элементов: Cu, Hg, Sb, As, Bi, Sn, также Au, Ag, Pb, Zn. Под влиянием и при участии летучих компонентов (H_2O , CO_2 , H_2 , HF, HCl и др.) гранитная магма дает ряд разнообразных ответвлений в виде различного типа пегматитовых и гидротермальных жил, контактных и метасоматических образований, являющихся носителями вышеперечисленных рудных и редких элементов. Этим определяется колоссальное значение гранита как источника ценнейших скоплений металлических руд, драгоценных камней и многих других полезных ископаемых.

Выветривание гранита. С практической точки зрения чрезвычайно важно иметь в виду, что охарактеризованный выше химико-минералогический состав гранита может подвергаться весьма существенным изменениям в результате выветривания. Огромные залежи песков, мощные напластования глин дают представление о грандиозном масштабе, в каком идет на земной поверхности разрушение гранита и других магматических пород. Этот процесс, крайне медленный при одних условиях, может при других условиях протекать очень быстро.

Минеральные компоненты гранита неодинаково поддаются выветриванию. Кварц, как правило, остается почти невредим. Из полевых шпатов быстрее всего разрушаются плагиоклазы, а также те щелочные полевые шпаты, в которых значительна примесь извести. Из слюд очень стоек

ТАБЛИЦА 1
Химический состав советских и иностранных гранитов (в %)

Граниты и их месторождение	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	BaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O+	H ₂ O—	P ₂ O ₅	Сумма	Авторы
Граниты. Швеция (ор. состав)	70.36	0.83	13.79	1.92	1.90	0.17	2.16	0.11	0.77	3.23	4.41	0.77	—	0.28	100.20	П. Чирвинский
Биотитовый гранит. Шотландия, Эбердин, Петерхед . . .	78.70	—	14.44	0.43	1.49	—	1.08	—	следы	4.21	4.43	—	0.61	—	100.39	Д. Ватсон
Щелочной гранитит. Норвегия, Драммен	76.05	0.05	11.68	0.34	1.05	следы	0.42	—	0.29	3.79	5.09	1.36	—	—	100.12	Г. Розенбуш
Раппакиви. Финляндия, Питерлахты	75.81	0.32	11.22	0.86	1.91	»	4.25	—	0.34	2.27	5.49	—	0.40	следы	99.87	»
Гранито-гнейс. Кар.-Фин. ССР, Кашина Гора	70.68	0.28	15.57	0.24	2.12	0.03	2.30	—	0.68	4.14	3.49	0.53	0.16	—	100.22	Н. Г. Судовиков
Гранит. Кар.-Фин. ССР, вост. побер. Онежского оз. . . .	68.14	0.22	15.12	1.09	1.49	1.09	3.33	0.07	0.76	5.66	1.97	1.29	—	—	100.23	Г. Окнова
Адамеллит. Кар.-Фин. ССР, Третий Голец	71.52	0.18	15.65	нет	2.12	0.03	2.98	—	1.07	4.31	1.44	0.51	0.19	—	100.00	Н. Г. Судовиков
Олигоклазовый гранит светлосерый. Мурманская обл. Пала-губа	69.99	0.21	15.59	1.58	1.63	—	3.15	SO ₃ 0.14	0.95	4.45	2.36	0.12	0.50	—	100.67	П. Т. Швец
Гранофировый гранит. УССР, Коростень	75.41	0.31	12.42	1.18	1.10	0.03	0.93	—	0.09	2.80	5.63	—	—	—	99.87	П. И. Лебедев
Малинский раппакиви. УССР, Ирпа	73.43	—	13.31	0.50	1.45	—	1.20	—	0.18	3.00	6.64	—	—	—	99.71	В. И. Лучицкий
Чарнокит основной. УССР, Гнивань	51.73	—	19.73	5.25	8.15	—	5.94	—	4.30	3.83	0.99	—	—	—	99.92	Н. Безбородько
Гранит. Челябинский массив	73.40	0.20	11.82	1.47	0.73	—	1.95	—	1.58	4.43	4.12	—	0.46	0.29	100.51	Н. Смирнов
Гранит-порфир. Свердловская обл., В.-Исетская обл. . .	67.98	—	14.39	3.73	0.62	1.19	2.86	—	1.58	3.58	1.86	1.74	—	0.07	99.60	В. Никитин
Адамеллит. Груз. ССР, Дзирулы	70.01	0.23	14.50	2.05	0.94	—	4.59	—	0.62	4.20	1.50	—	—	—	98.64	Закавк. отд. ВМС
Адамеллит. Северный Кавказ, Дарьяльский массив . . .	67.98	—	14.39	3.73	0.62	1.19	2.86	CuO 0.04	1.58	3.58	1.86	1.78	—	0.07	99.68	Д. С. Белянин
Биотитовые граниты. Сев. Кавказ, Ледник Дых-су . . .	70.41	—	16.14	—	1.19	—	2.47	—	0.87	2.70	5.64	—	—	—	99.42	»
Неогранит. Центр. Кавказ, Суатип-Дон	68.47	0.58	14.91	2.34	0.64	—	2.95	—	1.26	3.96	4.42	—	—	—	99.53	Г. Смирнов

мусковит, и очень быстро разрушается биотит. Метасиликаты в общем хорошо сопротивляются химическому выветриванию, хотя авгит склонен расслаиваться от мороза.

Показателем свежести гранита служат зеркально-блестящие и лишённые трещин спайные поверхности полевых шпатов. Наличие пирита (особенно вместе с плагиоклазом) чрезвычайно вредно. Остальные аксессуарные компоненты гранита — гранат, андалузит, кордиерит, турмалин, эпидот — по отношению к выветриванию безразличны. Мелкозернистая ровная структура обеспечивает граниту более высокую погодостойкость. В особенности неустойчивы граниты с катакластической и микролитовой (богатой пустотами) структурой. Такие граниты относятся к категории сильно поглощающих воду («водопийцы» — по терминологии немецких инженеров).

Физико-технические свойства гранита должны рассматриваться с точки зрения практического употребления той или иной разновидности описываемой породы.

В американской практике принято делить граниты на следующие девять групп: 1) строительные — для построек зданий, мостов, плотин и т. п.; 2) монументальные; 3) скульптурные — для статуй и тонких резных работ; 4) надписные (inscriptional), применяемые специально для иссечения надписей; 5) полировальные (облицовочно-декоративные и поделочные) — способные принимать зеркальную полировку; 6) грубообделочные (рустовые); 7) бортовые (плитняковые) — с гнейсовидной текстурой; 8) волноломные (наволочные) — употребляемые для укладывания под водой; 9) мостовые — по легкой раскалываемости пригодные, главным образом, для брусчатки. Если эту классификацию дополнить еще группами — 10) кислотоупорных гранитов, обладающих, кроме механических качеств, также высокой химической стойкостью, 11) керамических и 12) абразивных гранитов, — то мы получим полное представление о применении гранитов.

Для полной характеристики механических свойств гранита специальными испытаниями определяются его объемный вес, твердость, вязкость, сопротивление раздавливанию, разрыву и скалыванию, влагоемкость и морозостойкость. Кроме того, при специальных применениях гранита определяются его огнестойкость и кислотоупорность.

Приводим ниже некоторые характерные свойства гранитов.

Удельный вес свежего, не затронутого выветриванием гранита лежит между 2.59 и 2.73, слагаясь из суммы удельных весов компонентов. Средний удельный вес — 2.66.

Объемный вес гранита, в виду его высокой плотности, близок к удельному весу и в среднем равняется (в монолите) 2.65.

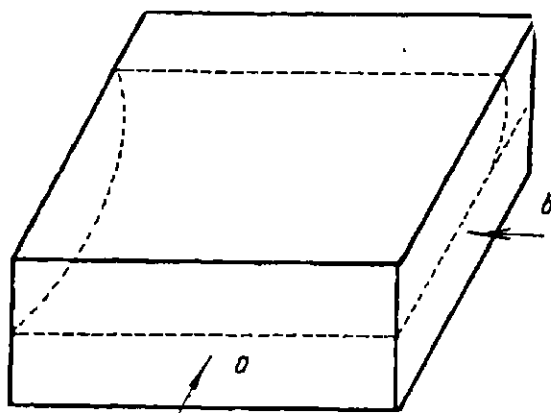
Для **сопротивления сжатию** гранитов А. Гельфер приводит следующие величины, выведенные из большого числа испытаний:

Граниты	Число испытанных образцов	Сопротивление сжатию
Крупнозернистые	23	1508 кг/см ²
Среднезернистые	70	1695 »
Мелкозернистые	20	1717 »

К важным техническим свойствам гранита, имеющим огромное значение как при его добыче, так и при обработке для некоторых целей, относится его *раскалываемость* (Teilbarkeit, Faserung Клооса). Эта способность состоит в том, что по некоторым (обычно двум) плоскостям гранит колется сравнительно легко, образуя ровные, гладкие, иногда блестящие поверхности, в то время как по другим направлениям он колется с трудом и дает при изломе грубо-неровную, зазубренную или волнистую поверхность, несколько аналогичную излому древесины поперек волокна; это дало Клоосу

основание называть линии облегченного раскола в граните «волоконным» (Faser). Технически это свойство необычайно ценно, но проявляется в гранитах очень непостоянно. Часто одна из линий облегченного раскола едва намечена или отсутствует вовсе; иногда отсутствуют обе. В одних случаях эти направления выдерживаются, не изменяясь, на большие расстояния, в других, наоборот, они изменяются на соседних участках одного карьера. Бывает, что гранит отлично колется в данной плоскости по одному направлению, но при иначе направленном ударе в той же плоскости дает внезапно изогнутый откол. Если удар раскалывающего инструмента направлен в точку *b*, гранит раскалывается на две ровных плиты; при ударе в точку *a* раскол направляется по кривой линии, совершенно искажающей намеченную форму блока (фиг. 4).

Направления плоскостей облегченного раскола связаны, повидимому, с определенной ориентировкой слагающих гранит минералов: пластинок



Фиг. 4. Изогнутый откол гранита.

слюды, спайных плоскостей полевых шпатов. В некоторых случаях ее можно, повидимому, связать с направлением миниатюрных (0.0028—0.03 мм) пузырьков, образующих включения в кварцевых зернах. По свидетельству Хау (Howe, 1910), в ряде гранитов такие включения встречаются в изобилии, ориентируясь по двум почти перпендикулярным направлениям. Американский геолог Дэл (Dale, 1923) связывает их с тонкими (0.09—1.3 мм) трещинками, крестообразно пересекающимися кварцевые кристаллы и распространяющимися на полевошпатовую

часть; в одном направлении эти трещины выражены сильнее, чем в другом. Часто трещинки более резко выраженного направления тянутся параллельно пластинкам слюды, а в некоторых порфировидных гранитах — параллельно длинной оси крупных вкрапленников. Обе линии облегченного раскола иногда совпадают с направлением пузырьков в кварце.

2. ГЕНЕЗИС ГРАНИТОВ. ТИПЫ И ОСОБЕННОСТИ ЗАЛЕГАНИЯ

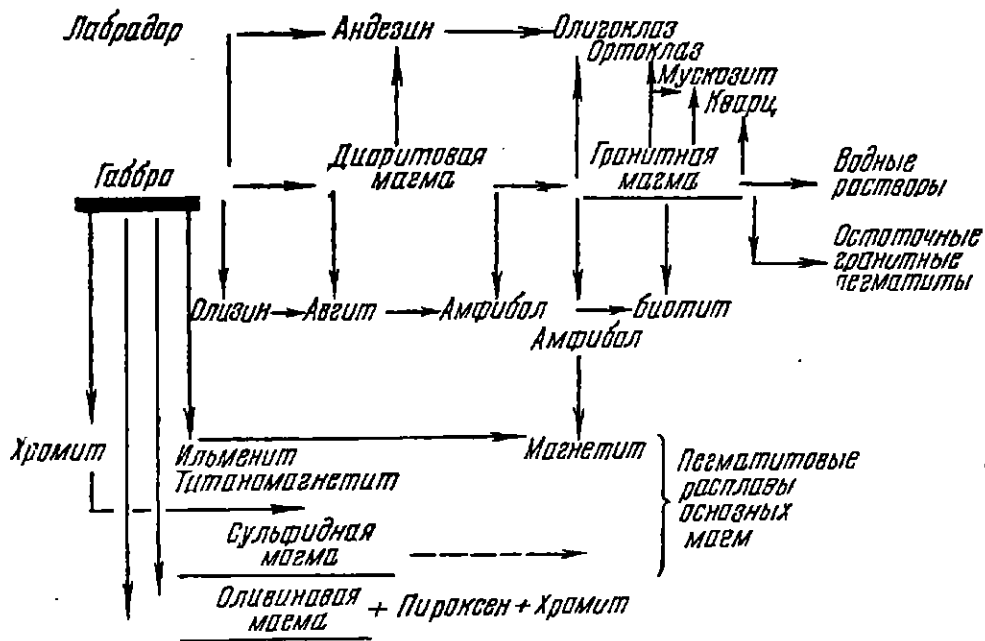
Вопрос о происхождении гранита, освещенный трудами многочисленных исследователей, не получил еще вполне бесспорного и общепринятого решения. Большинство авторитетнейших современных геохимиков и петрологов (Гольдшмидт, Боуэн, Ниггли, Ферсман, Фохт, Эскола, Тиррель и др.) рассматривают гранит как продукт далеко зашедших стадий дифференциации медленно охлаждающейся родоначальной габброидной магмы (более кислой, чем современные плато-базальты). Обычный ход дифференциации, частично иллюстрированный известными опытами Боуэна, характеризуется постепенным отделением от материнского расплава магнезиально-известково-железистых компонентов (в виде твердой фазы) и обогащением его кремнекислотой, щелочами и рядом прежде сильно рассеянных летучих газообразных элементов и соединений. Идя последовательно через серию габбро—диорит—кварцевый диорит—гранодиорит—гранит, этот процесс продолжается в самой гранитной магме вплоть до ее наиболее кислых остаточных выжимок — аплитов, пегматитов, кварцевых и рудных жил. На основании многочисленных анализов, заимствованных из работ Вашингтона, Фохт вычислил среднее содержание в граните окислов железа, магния, кальция, титана и фосфора, быстро убывающих в соответствии с возрастанием кремнекислоты (табл. 2).

Сумма щелочей (K_2O , Na_2O) при этом возрастании кислотности остается более или менее постоянной.

ТАБЛИЦА 2

Среднее содержание в граните окислов Fe, Mg, Ca, Ti и P в зависимости от содержания кремнекислоты (в %)

SiO_2	$Fe_2O_3 + FeO$	MgO	CaO	TiO_2	P_2O_5
65—66	4.50	1.5—1.4	3.20—3.10	0.55	0.20
67—68	4.05	1.25—0.95	2.65—2.40	0.47	0.15
69—70	3.05—2.85	0.80—0.65	2.25—2.00	0.39	0.14
71—72	2.70—2.50	0.60—0.55	1.75—1.50	0.34	0.12
73—74	2.40—2.00	0.45—0.30	1.25—1.15	0.19	0.09
75—76	1.85—1.60	0.25—0.20	0.90—0.80	0.18	ок. 0.02
77—78	1.55	0.18	0.80	0.13	—



Фиг. 5. Схема процессов дифференциации габброидной магмы.
(По Н. Л. Боуэну и В. М. Гольдшмидту.)

Самый факт этого рода дифференциации считается прочно установленным; гипотетический характер носят истолкования ее механизма (Дэли, 1914), а также вызывающих и направляющих ее факторов. Среди последних наиболее очевидны: 1) понижение температуры; 2) изменение концентрации; 3) ассимиляция химических веществ со стороны; 4) отделение и утрата летучих составных частей.

По В. М. Гольдшмидту (1933) и Н. Л. Боуэну (1934), «нормальный случай» образования гранита из первичной габброидной магмы может быть выражен в схеме (фиг. 5).

Этот процесс, однако, не является единообразным при всех условиях. Различные факторы могут сильно отклонять ход дифференциации от «чистой линии»; среди них важная роль принадлежит 1) горообразующим движениям и 2) вплавлению покровных пород. Часто действие этих факторов проявляется совместно.

В некоторых случаях, как, например, при интрузии магмы в глубоких геосинклиналях, где имеются зажатые в складках массы богатых водой глинистых осадков, образуются, как указывает В. М. Гольдшмидт, кислые гранитовые породы «мокрой магмы», тяготеющие к слюдяно-диоритовому

типу. Наоборот, интрузии в толщах древних, сильно обезвоженных гранито-гнейсов характеризуются образованием чарнокитов, эгириновых, гиперстеновых гранитов. Гольдшмидт считает доказанной связь образования щелочных семейств со сбросовыми трещинами и другими геологическими условиями, характеризующимися резким изменением давления: последнее вызывает распад богатых железом биотитовых минералов с образованием фельдшпатонидов и обычных щелочных пироксенов.

Таким образом, дифференцируясь в различных геологических условиях, одна и та же родоначальная магма может дать разнообразные типы гранитов и гранитоидов.

Наиболее энергичные возражения против кристаллизационно-дифференциационного генезиса гранита выдвигаются исследователями, ограничивающими происхождение гранитной магмы исключительно областями и эпохами прогибания геосинклиналей. Гранит, по этому воззрению, есть главный продукт переплавления геосинклинальных отложений, среднему химическому составу которых отвечает его состав. Гипотеза М. Люжона (Lugeon, 1930) стремится объяснить совокупность действующих при этом физико-химических факторов, энергетический и, в частности, тепловой режим орогена, достаточный для сплошного переплавления сложного осадочного комплекса; образующаяся при этом неоднородная магма гомогенизируется в результате механического и гравитационного перемешивания и диффузии жидких и газообразных компонентов.

Эти и близкие к ним (Алешков, 1936) взгляды на исключительно палингенетическое образование гранита все чаще встречаются в современной петрологической науке. Однако, как это явствует, например из приводимых выше построений Боуэна — Гольдшмидта, никто не умаляет роли резорбции вмещающих пород в образовании гранитных магм. Нельзя отрицать случаев, сравнительно редких, палингенеза больших масс гранитного или даже чисто кварцевого состава в глубинах синклиналей. П. Хольмквист (Holmquist, 1906) объясняет необычайно высокую кислотность знаменитых шведских гранитов Утгаммара и о-ва Оле (Alö) с содержанием 81.7% SiO_2 влиянием архейских кварцитов. Частичная, главным образом избирательная, резорбция постороннего силикатного материала представляет, вероятно, обычное явление. По замечанию П. Эскола, не всегда легко бывает различить в составе и структуре гранита ювенильную и палингенетическую часть. Переплавлению с последующим выжиманием подвергаются наиболее легкоплавкие компоненты различных пород, захваченных тектоническими факторами горообразования; таким образом, по мнению Эскола, от различных пород может быть избирательно выплавлен гранитизирующий расплав (ichog), выжимаемый затем вверх могучими силами орогена. Возможно, что именно таким образом образовались столь распространенные в Фенноскандинавском и Украинском щитах обширные поля мигматических гранитов, гранитизированных гнейсов («миксотенитов», по Безбородько); таким же путем могут образоваться небольшие интрузии гранитов жильного и пластового характера. Можно отметить мимоходом характерное для палингенетических гранитов бесплодие с точки зрения рудоносности.

Господствующая же масса гранитов является продуктом кристаллизационной дифференциации первичного габбро. Еще многое в этой области представляется загадочным. Нашим наблюдениям совершенно недоступны процессы, идущие на больших глубинах. Однако, за счет этих процессов Тиррель (Tuttle, 1926) относит такие факты, как непрерывно повышающаяся основность позднейших гранитов сравнительно с высококислыми гранитами древних эпох.¹ Почти все гранитоидные породы кайнозоя представляют

¹ Весьма вероятно, что в этом повышении основности молодых гранитов значительную роль играет влияние прогрессивно возрастающих количеств известковых масс в осадочной и метаморфической толще.

собой гранодиориты, тоналиты, кварцевые диориты. В связи с этим Тиррель делает предположение об идущих на глубине процессах смешения и базификации гранитных магм.

Это предположение соприкасается с воззрениями Ф. Ю. Левинсон-Лессинга, стоящего в вопросе о происхождении гранита на совершенно особой точке зрения. Этот исследователь считает, что монофилетические взгляды на происхождение различных магм опираются в значительной степени на недостаточный учет всех наблюдаемых в изверженных комплексах явлений и на «слишком широкие экстраполяции результатов лабораторных опытов» (Левинсон-Лессинг, 1929), что знаменитые эксперименты Боуэна недостаточны для решения проблем природного петрогенезиса, что процессами, аналогичными кристаллизации сухих лабораторных расплавов, нельзя получить из габброидной магмы магму гранитную. Не отрицая важной роли в природном процессе кристаллизационной и гравитационной дифференциации, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг (1934) полагает, однако, что основными источниками гранитной магмы являются (или являлись) «те неизвестные нам абиссальные процессы, которые еще в докембрийское время привели (быть может, приводят и теперь) в круговороте: магма — изверженные породы — осадочные породы — метаморфические породы — магма к образованию двух родоначальных магм всех изверженных пород — гранитной и базальтовой». Эти магмы существуют отдельно и независимо; все разнообразие изверженных и излившихся пород может быть результатом как их смешения друг с другом или с вмещающими породами, так и их дифференциации.

Типы залегания и особенности гранитного массива. Распространенность гранитов, их участие в строении ближайших к нам зон земной коры колоссальны. По подсчетам Дэли (Daly) из всей массы геологически картированных (в 1914 г.) на территории США плутонических пород около 90% представлено гранитами и близкими к ним гранодиоритами. По современному научному представлению, зона литосферы, непосредственно подстилающая осадочную оболочку (материковых областей), сложена на глубину до 16 км преимущественно породами гранитного семейства («мировой гранит»). Несмотря на такую громадную распространенность гранита, выходы его на земную поверхность ограничены рядом геологических условий. Кроме того, число промышленных месторождений высокосортных его разновидностей сравнительно невелико.

Выступающие на поверхность или приближающиеся к ней типы залегания гранитов чрезвычайно разнообразны как по размерам, так и по форме. До крайности разнообразен может быть общий облик гранитной области, являющийся продуктом пережитых ею геологических событий. Как это отмечено для некоторых областей Германии Э. Вейншенком (1935), площади распространения гранитов представляют собою иногда столовые области с широкими, нередко мшистыми или заболоченными долинами и пологими округлыми холмами, на вершинах которых громоздятся уцелевшие гранитные скалы. В таких областях не легко находить выходы свежих пород. В исключительно благоприятных условиях находятся гранитные области, недавно вышедшие из-под ледника (Фенноскандинавский, Канадский щит). Мощная абразивная работа ледника не только обнажила гранитные залежи на широких пространствах, но и срезала верхние выветрелые их части. Здесь выходы гранита на поверхность повсеместны, и масса породы свежа и крепка.

В областях молодых складчатых гор граниты выступают часто в виде высоко возносящихся пиков, игл, острых зазубренных гребней, грандиозных, причудливых нагромождений. Этим обуславливается как трудная доступность, так и сильная тектоническая (и гипергенная) нарушенность гранитов.

Размеры гранитных массивов также различны. Наиболее обычной и, вместе с тем, наиболее значительной формой являются батолиты— крупнейшие интрузивные тела, составляющие ядра существующих или бывших горных хребтов. Многие батолиты имеют громадные размеры. Так, например, гранитная масса в Аляске простирается на 2000 км, при ширине в 80 км; батолит в Патагонии имеет длину 1100 км. Характерной чертой батолитов является их «бездонность», отсутствие подошвы на практически доступной глубине. Другой, промышленно важной чертой батолитового залегания гранитов является однородность состава и структуры, не изменяющаяся ни в горизонтальном, ни в вертикальном направлениях на десятках квадратных километров. Эти особенности дают основание выделить батолитовые граниты в особый тип, в отличие от других форм залегания гранитов. К этим последним типам большею частью относятся структурные разновидности гранитов, отступающие от господствующего равномернозернистого типа и образующие значительно меньшие тела, застывающие ближе к поверхности (лакколиты) или внедряющиеся в покровные, выше лежащие породы в виде жил, даек, пластов и т. п. Нередко в этих случаях отмеченное выше взаимодействие гранитной магмы и боковых пород приводит к частичному сплавлению последних и образованию своеобразных полугибридных пород («миксотенитов»), изобилующих неравномерно распределенными примесями, инъекционными прослоями, обломками и включениями чуждого граниту минерального материала (ксенолитов) и т. п. Строительная техника должна надлежащим образом оценить эти различия между крупными гранитными массами (батолиты и штоки) и продуктами «отщепленной» гранитной магмы. В такой же мере должны быть приняты во внимание некоторые важные, в нашей практике часто игнорируемые или используемые не в полной мере особенности сложения и структуры гранита.

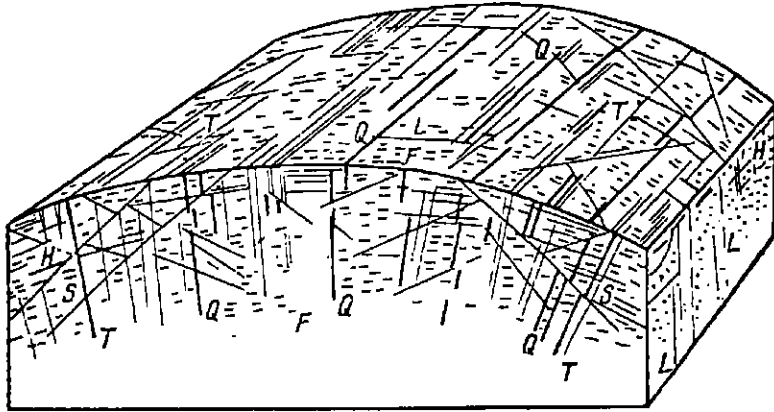
Эти особенности, являющиеся результатом сложного комплекса условий, действовавших во время и после застывания гранитного массива, выражаются в возникновении в нем ориентированных трещин, разбивающих массив на систему «отдельностей» и плоскостей облегченного раскола (см. выше). Специальное исследование тектоники гранитных интрузий позволило Г. Клоосу выделить несколько типов трещин отдельности. Одна из последних, которую Клоос обозначает буквой *S* (Spaltflache), почти вертикальна и, таким образом, перпендикулярна к направлению бокового давления (фиг. 6); другая, обозначаемая буквой *L* (Lager), почти горизонтальна и перпендикулярна к направлению силы тяжести (нагрузки). Эти плоскости наметились в теле интрузии еще в жидкой или пластичной фазе; по выражению Клооса, они «являются механическим проявлением слабой, часто скрытой ориентировки породы под давлением, действовавшим на расплав во время застывания».

Трещины в теле гранита явились, главным образом, результатом деформаций твердой фазы. Согласно Клоосу, в направлении наибольшего бокового давления образуется система более или менее зияющих трещин *Q*; нередко они бывают заполнены жилами аплитового или лампрофирового характера. Перпендикулярно наибольшему давлению располагается система вертикальных или круто наклонных трещин *S*, обычно более или менее скрытых. Третью систему образуют горизонтальные или слабо наклонные трещины *L*, связанные с нагрузкой и неравномерным охлаждением горизонтальных слоев и намечающие как бы пластовое разделение массива. Кроме этих трещин, Клоос отмечает еще диагональные трещины, возникающие в результате давления, превысившего предел упругости. Бросается в глаза, как указывает Клоос, неодинаковое отношение этих двух главных систем трещин к обоим главным плоскостям облегченного раскола. В большинстве случаев самые многочисленные и самые ровные трещины *Q* следуют

самой плохой плоскости делимости, а самые плохие трещины S , напротив, следуют как раз лучшей делимости.

По наблюдениям Howe, более выдержанными являются вертикальные трещины, образующиеся, по его мнению, при застывании гранита. Горизонтальные трещины, образующиеся позднее, под действием бокового давления (стресса), отличаются значительно меньшей правильностью, часто сохраняя лишь грубый параллелизм с поверхностью гранитного массива. Вертикальные трещины пересекаются под прямым или близким к прямому углом.

При более или менее равном удалении друг от друга всех этих трещин, массив имеет матрацевидную отдельность; при сближении горизонтальных плоскостей гранит приобретает плитняковое сложение, придающее ему вид как бы осадочной породы. Иногда отдельности имеют линзовидную форму. Характер отдельности является существенным фактором при выборе карь-



Фиг. 6. Расположение трещин в батолите. (По Г. Клоосу.)

ера. Слишком близкое расположение трещин отдельности препятствует получению крупных монолитов; наоборот, при далеком расстоянии их друг от друга выломка блоков может быть сильно затруднена.

Направления облегченного раскола не легко поддаются определению в карьере. Между тем своевременное их распознавание имеет большое практическое значение, облегчая отделение и окол блоков.

При отмеченной выше типичной для крупных гранитных массивов выдержанности состава, структуры и общего габитуса не исключена возможность их внезапного нарушения на значительных участках. Таким нарушением, как указано выше, может быть внедрение в гранит интрузивных масс различной формы. Иногда—это рассекающие массив различной мощности дайки кислых или основных пород; иногда—прихотливо ветвящиеся жилы пегматитов или аплитов. Особым видом включений, резко меняющих общий фон гранита, являются темные участки (шпильры), сильно обогащенные биотитом, роговой обманкой, пироксеном и т. п. Все эти образования характерны для периферических частей крупных гранитных массивов (батолитов) или для меньших по размерам обособленных гранитных тел.

Кроме коренных месторождений, значительные количества гранита встречаются нередко в виде гальки и эрратических валунов в местностях, некогда захваченных оледенением. Так, среди отложений конечной морены у с. Коенен в Восточной Пруссии был найден валун превосходного серого порфировидного гранита; валун был принесен ледником с Аландских о-вов; он достигал 8 м в поперечнике.

3. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГРАНИТА ЗА ГРАНИЦЕЙ

Великобритания занимает первое место в Европе как поставщик гранита. Источником превосходных серых порфировидных гранитов служат крупные армориканские интрузии Корнуола, Бадминмура на юго-западном по-

бережье Англии (начиная от о-ва Силли). По данным Саллэса, гранит Корнуола состоит из кварца (40.20%), ортоклаза (24.62%), альбита (13.44%), мусковита (10.09%), биотита (11.46%), магнетита и циркона. Величайшие гранитные богатства Великобритании сосредоточены в северо-восточной части Шотландии, где в изобилии развиты штоки, лакколиты и пластовые залежи посткаледонских биотитовых, двуслюдистых и роговообманковых гранитов. Главная масса гранита залегает к западу от Эбердина (карьеры Рубислав и Кемни), а также в северо-восточном углу в окрестностях Петерхеда. Среди шотландских гранитов мировой известностью пользуются серые и красные роговообманковые граниты Петерхеда, серебристо-серые — Дельбитти, голубовато-серые — Рубислава, светлокрасные — Коренни и др. Много гранитных месторождений находятся в других частях Великобритании.

Швеция, как часть великого, оголенного ледниковой эрозией Фенноскандинавского щита, необычайно богата гранитами. По словам П. Хольмквиста (Holmquist, 1906), граниты и близкие к ним по составу ортогнейсы «составляют более половины ее первозданной основы». Их состав и структура очень выдержаны: можно, по выражению Хольмквиста, «ехать мили за милями в гранитной области и не увидеть ни одного сколько-нибудь приметного отличия в макроскопическом характере господствующей породы». Работы многочисленных исследователей показали, что шведские (как и вообще фенноскандинавские) граниты могут быть подразделены на два типа: архейских, сильно измененных динамометаморфизмом, и спокойно залегающих, не измененных постархейских раппакиви.

Главная масса разработок сосредоточена в провинции Смоланд. Многие карьеры пользуются мировой славой: например, красные граниты Воневика, мясокрасные, малиновые и «рубиновые» Утгаммара («Von Accord»); знаменитый гранит Граверсфорса («шведский розовый») с голубым или пурпурным кварцем; светлосерые и бледнокрасные граниты Богуслава (Лизеколь, Мальме и др.).

Норвегия также располагает неисчерпаемыми ресурсами гранитов и близких к ним пород: кварцевых сиенитов, монцонитов, пуласкитов, нордмаркитов. Каледонские биотитовые граниты образуют знаменитый лакколит с силурийским покровом близ Драмменфиорда, где добываются специальные сорта высококислотоупорных, а также декоративных гранитов. Много гранита добывается из громадных массивов Остфольда (в фиорде Осло), также в округе Смаален (красные и серые граниты Смаален, ломки Бакке, Лигольт, Фатергольт, Ноккедаль и др.). В общем месторождения гранита рассеяны по всей стране как во внутренних ее частях (высокоценные гнейсо-граниты Опдала), так, в особенности, и по южному и западному побережьям (Крагеро, Арендаль, прекрасные белые граниты Сонгнесфиорда и др.).

Финляндия, лежащая целиком в области великого кристаллического щита, также располагает огромными запасами разнообразных гранитов, месторождения которых разбросаны по всей стране. По данным журнала Stone (1927), за последние десятилетия Финляндия, кроме старинных месторождений Ботнического побережья (Нюстад, Тиурола и др.), открыла множество новых месторождений строительных, монументальных и декоративных гранитов, разрабатываемых главным образом на экспорт.

Германия располагает значительными ресурсами гранитов, образующих, как отмечает Э. Вейншенк (1935), обычно небольших размеров массивы, число которых, однако, очень велико. В ряде мест наблюдаются столовые области с пологими холмами, сложенными гранитом. Наиболее крупные месторождения гранитов сосредоточены в Северо-Саксонских горах и в Силезии (Штиргкау, Цообтен и др.); богата гранитами также вся богемско-баварская пограничная горная область, также Гарц и в западной Германии — Шварцвальд (Деебенгейм), Оденвальд и др.

Франция обладает также богатыми природными ресурсами гранитов, выходы которых имеются в Центральном массиве, Севеннах и во многих пунктах Альп и Пиренеев. Однако, богатейшими областями промышленных месторождений гранита являются Бретань и Вогезы. В первой известностью пользуются армориканские красные и розовые граниты Перро-Гирек и Трабердап, голубые и серые Динанского района; значительная добыча желтоватых и серых гранитов ведется также на крайней западной оконечности полуострова, в окрестностях Ланннона. Другой, быть может, важнейшей областью гранитной промышленности Франции является долина Мозелотт в Вогезах с многочисленными, хорошо оборудованными ломками прекрасного серого гранита (Сент-Аме, Веньи, Сольксюр, Ла-Брас, Корнимон и др.).

Богатыми запасами гранитов располагает **Италия**, имеющая в одной только Новарской провинции (Пьемонт) в окрестностях Лаго Маджоре богатейший ассортимент строительного и декоративного камня: розовый и красный гранит Бавено, великолепный белый Альцо, цветные пятнистые граниты Монторфано и др. Многие острова Италии сложены целиком гранитами, как, например, о-ва Эльба, Жиллио, почти вся Сардиния, дающие около 25% гранитной продукции всей страны.

Из заокеанских стран первое место по развитию гранитов принадлежит **Канаде** с ее исполинским архейским гранито-гнейсовым щитом, обнаженным с небольшими перерывами почти на всей площади страны. Лишь ничтожная часть этих неизмеримых ресурсов разрабатывается в провинциях Онтарио (Кингстон, Парри Соинд), Нью Брунсвик, Нова Скотия, Квебек и др.

США располагают несколько меньшими, однако более изученными и промышленно освоенными ресурсами гранитов. Они группируются на четырех главных площадях: 1) восточная (Аппалахская) полоса от штата Мэн на севере до Джорджии на юге, 2) срединные штаты Висконсин и Миннесота, 3) Скалистые горы, 4) Тихоокеанское побережье, главным образом штат Калифорния.

4. ЗАЛЕЖИ ГРАНИТА В СССР

Обширная территория Союза включает в себе несколько областей развития гранитов. Крупнейшее значение среди них в настоящее время имеют: Кольско-Карельский щит, Украинская кристаллическая гряда и полоса гранитов и гнейсо-гранитов Урала. Громадные гранитные массивы сосредоточены в хребтах и отрогах Большого и Малого Кавказа, также в высокогорных районах Средней Азии. Обширные площади развития гранитов представляют Алтай, Прибайкалье и Забайкалье; в изобилии распространены граниты по Дальнему Востоку до отдаленнейших берегов Чукотки.

Экономическое значение этих колоссальных запасов в настоящее время весьма неодинаково, что объясняется как весьма неодинаковой их изученностью, так и расположением многих из них в трудно доступных местностях.

Северо-западные районы

Мурманская обл. Среди изверженных пород единственной в мире Кольской щелочной провинции граниты занимают видное место, но, в противоположность нефелино-сиенитовой группе, изучены крайне слабо. Лишь частично исследована обширная область р. Поной, сложенная в среднем и верхнем течении массивом щелочных гранитов. Исследованное О. А. Воробьевой, Б. М. Куплетским, Т. Л. Никольской и др. центральное плато с широким распространением щелочных гранитов и множеством разнообразных полезных ископаемых (слюда, гранат, иланит, графит и др.) в настоящее время малодоступно по транспортным условиям. В несравненно более выгодных условиях находятся месторождения прибрежных зон.

На побережье Кандалакшского залива, по данным В. И. Влодавца (1933), в районе с. Умбы сильно развиты микроклиновые граниты двух типов: 1) порфировидный, типа раппакиви, с крупными овоидами ортоклаза, иногда отороченного плагиоклазом, с линзами и полосками агрегатного кварца и мусковита — эти граниты залегают на площади свыше 150 км²; 2) мелкозернистый («островского» типа) гранит зеленовато-серой окраски с горизонтальной параллелепипедальной отдельностью, занимает площадь около 5 км². По мнению В. И. Влодавца, оба типа могут служить хорошим керамическим сырьем. Порфировидный тип обладает также декоративными качествами. В выгодных условиях находятся также гранитные поля северо-западной части Кольского п-ова, расположенные у незамерзающего моря и отмеченные А. А. Полкановым (1933) при геологическом картировании этого района. Из этих месторождений изучены лишь немногие.

В 1931 г. трестом Карелгранит в пределах Кольского фиорда в заливе Сайда-губы, в 17 км от г. Полярного и в 70 км от г. Мурманска, были открыты сплошные поля мелкозернистого лейкократового (розового и сероватого) гранита, отличающегося чрезвычайно низким содержанием слюды. Минералогический состав отобранных проб: кварца 21—54%; микроклина 15—40%; олигоклаза 21—55%; слюд (биотита и частью мусковита) 0.2—6%.

Химический состав сайдагубских гранитов, по исследованию Ленинградского геологоразведочного треста (Махов, 1932), приведен в табл. 3.

ТАБЛИЦА 3
Химический состав гранитов Сайда-губы (в %)

Компоненты	Крас- ный гранит	Розо- вый гранит	Бледно- розовый гранит
SiO ₂	73.73	73.53	73.63
Al ₂ O ₃	16.45	15.46	15.87
Fe ₂ O ₃	0.47	0.41	0.48
CaO	1.26	1.31	1.56
MgO	0.16	0.10	0.12
K ₂ O	4.01	4.87	4.95
Na ₂ O	3.98	4.22	3.63
SO ₃	0.15	0.12	0.12
Пот. при прок.	0.30	0.35	0.30
Сумма	100.51	100.37	100.66

Керамическим институтом доказана промышленная ценность сайдагубских гранитов как сырья для грубой и тонкой керамики. Граниты являются также прекрасным кислотоупорным материалом, как показывают результаты испытаний лаборатории ЦНИГРИ (табл. 4).

Разведкой ЛГРТ (Ленинградского горно-геологического треста) площадь товарного керамического гранита на Сайдагубском месторождении определена в 0.4 км² с ориентировочным запасом на глубину 10 м в 10.8 млн. т. При этом не была учтена периферическая часть месторождения, сложенная красными разновидностями гранита, также, по свидетельству Керамического института, представляющими высокоценное керамическое сырье. Как отмечает П. А. Борисов (1934), расположение месторождения в высшей степени благоприятно в виду: 1) наличия водного сообщения с железной дорогой и Мурманском, 2) близости мощной Туломской электростанции, 3) отсутствия наносов и, благодаря этому, легкости разработки, 4) благоприятных гидрогеологических условий.

ТАБЛИЦА 4

Сравнительная кислотоупорность гранитов Сайда-губы

Породы	По Зегер-Краммеру (10—17 часов)		По Каллаунер- Барту (1 час в концентр. H_2SO_4)
	В концентр. CH_1	В нитрозе (смесь H_2SO_4 и $HNO_3=1:1$)	
5 образцов сайдагубского гранита:			
в порошке	0.57—0.91	0.70—1.11	0.20—1.96
в плитках	0.12—0.34	0.09—0.27	—
Граниты челябинский, кыштымский и свердловский	—	1.72—317	1.50—2.00
Гранит карельский (голецкий)	—	3.63	3.98
Диабаз	—	2.09—2.84	1.80—1.99
Кварцит	—	0.49—0.60	1.31—1.59
Бештаунит	—	1.19	1.25

Некоторые очень светлые разности сайдагубского гранита — беловато-серого тона — могут, вероятно, найти применение в качестве облицовочного материала.

К отрицательным особенностям сайдагубских гранитов А. Н. Махов относит почти совершенное отсутствие пластовой отдельности, вынуждающее прибегать к взрывчатым веществам, что в некоторых случаях должно вредно отзываться на качестве гранита и повышать его себестоимость.

Другим хорошо разведанным месторождением Мурманского района является Палагубское. Оно лежит на юг от Сайда-губы, в 4 км к западу от г. Полярного, в 2 км от берега Кольской губы (40 км от Мурманска). Месторождение, по данным П. Т. Швеца (1935), представляет собою небольшой, вытянутый с юго-юго-запада на северо-северо-восток массив розовато-серого и светлосерого мелкозернистого олигоклазового гранита, покрытого на $\frac{1}{2}$ своей площади слабыми наносами. Протяжение массива 600 м, ширина 400 м; запас гранита на этой площади (по категории A_2) утвержден в размере около 9 млн. m^3 . Минеральный состав гранита: олигоклаз, альбит, небольшое количество микроклина, кварц, биотит. В некоторых (редких) разностях биотит развит сильнее, что придает им темнозеленоватый тон. Тектоника массива детально изучена П. Т. Швецом. Отдельность в массиве выражена удовлетворительно.

Механические качества палагубского гранита исключительно высоки: средняя величина их сопротивления сжатию равна 2500 кг/см^2 , что позволяет применять их для ответственных, несущих большие напряжения сооружений. Наиболее прочны светлосерые разности. Розовато-серая разность гранита в шлифовке должна быть очень красива и может дать интересный облицовочный материал.

Кроме названных месторождений гранитов, в Мурманском районе обследовано также несколько залежей микроклиновых гранитов, характеризующихся красной или розовой окраской, гнейсовым или порфировидным сложением. Граниты этого типа выступают на восточном берегу Кольского залива, а также к северо-западу от него вдоль берега Мотовского залива у о-вов Вичаны и в губах Ары, Малой и Западной Лицы и Кутовой.

Так называемые порфировидные «ара-граниты» с их красивой яркочерной окраской являются весьма привлекательным облицовочным материалом. Они развиты в южной части Ара-губы (100 км от Мурманска).

Ближе к Мурманску (50 км), в губе Волоковой Кольского залива было разведано (рекогносцировочно) аналогичное месторождение красных порфировидных гранитов. Несколько детальнее обследованы выходы микроклиновых гнейсо-гранитов, лежащих на побережье к востоку от Кольского залива, около Териберки (120 км от Мурманска). Граниты широко распространены в этом районе, так что, по данным Гипроводтранса, выбор удобного места для разработки не представляет затруднений. Запасы гранита неограниченны, и качество их очень высокое, как показывает табл. 5. Массив разбит трещинами отдельности, позволяющими извлекать монолиты размерами от $20 \times 20 \times 35$ до $55 \times 100 \times 180$ см и крупнее.

ТАБЛИЦА 5

Результаты испытаний гранитов Териберки и Пала-губы (Мурманской обл.)

Граниты и их месторождение	Временное сопротивление сжатию				Насы- щение водой, в вес. % (от—до средн.)	Лаборатория, производив- шая испыта- ние
	сухих образцов		насыщенных во- дой			
	Число испытаний	в кг/см ² (от—до средн.)	Число испытаний	в кг/см ² (от—до средн.)		
Граниты Терибер- ки. ¹ Южн. берег бухты Корабель- ной	3	$\frac{2114-2335}{2227}$	3	$\frac{1113-1942}{1478}$	$\frac{0.21-0.23}{0.22}$	Лнгр. инст. ииж. пут. сообщ.
Зап. берег бухты Лодейной	3	$\frac{1464-2716}{2104}$	3	$\frac{1450-1877}{1632}$	$\frac{0.15-0.17}{0.16}$	То же
Граниты Пала-губы: Розовато-серая разность	12	$\frac{2402-2900}{2588}$	11	$\frac{2171-2816}{2461}$	$\frac{0.05-0.08}{0.065}$	Лнгр. инст. сооруже- ний, 1933 г.
Светлосерая раз- ность	12	$\frac{2437-2965}{2630}$	9	$\frac{2535-2784}{2671}$	0.07	То же
Обогащенный тем- ными компонен- тами	3	$\frac{2225-2742}{2563}$	3	$\frac{2355-2588}{2556}$	0.13	»

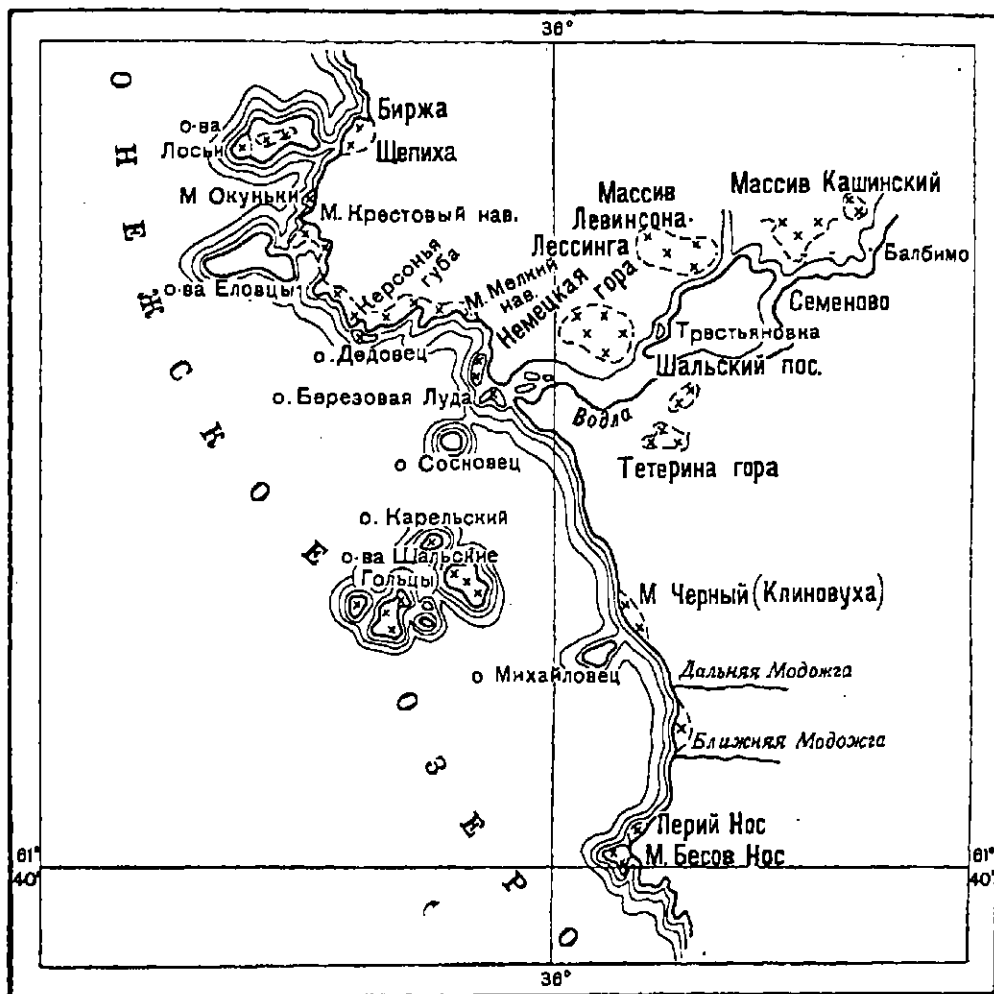
¹ Насыщенные водой в течение 11 дней и испытанные на морозостойкость, оба образца испытание выдержали.

Карело-Финская ССР. В необычайно богатой породами гранитного и гранито-гнейсового типа Карело-Финской республике последние изучены, однако, очень неравномерно. В восточной части республики выходы гранитов образуют две полосы, тянущиеся вдоль западной и восточной границ республики. Обогнув северное побережье Онежского озера, изрезанное полуостровами и островами и занятое по преимуществу зеленокаменными породами, обе гранитные полосы сливаются, все чаще обнаруживая переходы в гнейсо-граниты и гранито-гнейсы; на границе Кольского полуострова полоса представлена уже типичными гнейсами.

Западная гранитная полоса распространяется по ширине от восточного берега Ладожского озера до Виданского погоста, Сунозера и Пялозера. Граниты здесь представлены тремя основными типами: нормальными гранитами,

древними гранито-гнейсами и более молодыми порфировидными раппакиви. Граниты в общем отличаются большим непостоянством состава и структуры. Типы раппакиви издавна известны сравнительно малой погодостойкостью. Малонаселенная и удаленная от регулярных путей сообщения, эта область карельских гранитов обследована несравненно слабее обширного района восточного Прионежья.

Последний представляет собою часть сплошной древней гранитной (и отчасти диабазовой) финноскандинавской интрузии, оголенной последующими денудационными процессами и лишь частично сохранившей кое-где остатки первоначального сильно метаморфизованного покрова в виде вклю-



Фиг. 7. Граниты Прионежья.

чений кристаллических сланцев. Наступавшие несколько раз оледенения четвертичного периода придали поверхности этого громадного гранитного массива своеобразный рельеф, характеризуемый отдельными округлыми выпуклостями типа бараньих лбов, курчавых скал и т. п. Эти естественные возвышения, часто весьма внушительных размеров, могут дать крупные количества высокосортных гранитов финляндского и шведского типов.

Из разведанных до настоящего времени и описанных Д. С. Белянкиным (1924) и Н. Г. Судовиковым (1931) гранитных месторождений (фиг. 7) наиболее мощным является Кашина гора на восточном побережье Онежского озера (Пудожский район).

Кашина гора представляет собой плоский массив розового гранита длиной около 1.7 км при максимальной ширине в 1.2 км и наибольшей высоте над уровнем р. Водлы в 30 м. Значительная часть площади покрыта размытой мореной и песками; в районе разработок мощность наносов в среднем около 1 м.

Господствующим типом породы, по данным Н. Г. Судовикова (1931), является розовый гранит, состоящий из микроклина, олигоклаза (№ 20—23), кварца и биотита. Вторичными минералами являются хлорит, эпидот, клиноцоизит и серицит; изредка присутствует роговая обманка. Отклонения от нормальной структуры, а также текстурные особенности (слоистые полосы, гранитизированные чужеродные включения и т. п.), резко проявляющиеся на отдельных участках, дают основание отнести кашинский гранит к гранито-гнейсовому типу. Юго-западная часть массива отличается наибольшей однородностью состава и структуры.

Химический состав кашинского гранита (по анализу Е. А. Сержинской, см. табл. 1) отвечает типу нормального гранита.

Трещины отдельности в Кашинском массиве образуют несколько систем; наиболее выражены и постоянны по протяжению трещины вертикального или близкого к нему направления; особенно выделяется система трещин с северо-западным простиранием. Максимальный поперечник монолитов достигает 3—4 м, что, по мнению инженеров Союзкарелгранита Фишкова и Василевского, делает кашинский гранит вполне пригодным для производства 3—4-метровых гранитных «рубашек» (для валов бумажных машин), до сих пор в значительном количестве импортируемых.

Массовое и частое развитие трещин в юго-западной части массива предопределяет направление будущих карьеров и может в значительной степени облегчить работы по выломке блоков. Эта часть массива представляет наибольший интерес; запас здесь определен в 2 млн. м³. Общая же кубатура Кашинского месторождения исчисляется в 10 562 560 м³. Несмотря на некоторые признаки выветривания и отмеченные неблагоприятные структурные особенности, технические свойства кашинского гранита очень высоки (см. ниже табл. 6). В юго-западной части массива имеются каменоломни, расположение которых исключительно благоприятно в виду близости озера, связанного водным путем с Ленинградом, и значительной населенности окрестностей.

Острова Гольцы (Шальские) расположены в восточной части Онежского озера, в 9—10 км от устья р. Водлы. Наиболее интересный по качеству и запасам гранита Третий остров имеет в длину 600 м, в ширину — 250 м. Господствующей породой Голецкого месторождения является темно-серый среднезернистый гранит (адамеллит), состоящий в существенной части из плагиоклаза (№ 24), кварца и биотита; присутствуют также хлорит, соскюрит и серицит; щелочной шпат представлен мелкими зернами антитерита. Зубчатые очертания зерен и плотное их срастание придают породе высокую прочность. Это качество, в связи со значительной однородностью состава, позволяет причислить голецкий гранит к наиболее благонадежным.

Хорошо выраженные вертикальные трещины отдельности в голецком граните ориентируются по двум направлениям: одно — близко к меридиональному, другое — тяготеет к широтному с некоторыми колебаниями. Кроме этих трещин, в массиве имеются также пластовые, почти горизонтальные трещины.

Запасы в частях острова, удобных для разработки, определяются цифрой 290 тыс. м³ высокосортного гранита.

В 1 км к северо-востоку от Третьего лежит Второй Голец. Породы этого месторождения вполне аналогичны граниту Третьего Гольца, лишь с менее выдержанным составом и структурой. В южной части острова встречаются участки розового гранита. Довольно выдержанные трещины отдельности ориентируются в почти широтном направлении. Запас вполне доброкачественного гранита — 85 тыс. м³.

Первый Голец, расположенный в 200 м от Второго, по типу гранита очень сходен с последним. Запас гранита — 20 тыс. м³.

Из других, более или менее крупных выходов розовых и серых гранитов в районе р. Водлы (Немецкая гора, Тетерина гора, Погостская гора, массив Левинсон-Лессинга, Кленовуха, Перий Нос, Бесов Нос, Гажий Нос, мыс Кладовец, Толстый Нос, Калья гора, Бочилковский массив, Стекланный, Ропольский массив, Андомская Матка) ни один, по данным Н. Г. Судовикова (1931), не может по выгодности расположения, богатству запасов, качеству материалов и рентабельности разработок сравниться с месторождениями Гольцов и, в особенности, гигантского массива Капиной горы. Однако, для менее ответственных надобностей могут быть использованы граниты Немецкой горы, массива Левинсон-Лессинга и некоторых других.

Огромные запасы высокоценного гранита заключает в себе обследованный А. А. Турцевым и Б. В. Залесским (1937) большой гранитный массив, лежащий к северу от р. Водлы. Начинаясь недалеко от Глубокой кары, массив тянется в виде высокой и плоской возвышенности до залива Щепихи, посылая к побережью Онежского озера ряд сильно пережатых в основании отрогов. Пробы из отдельных выходов говорят о большой однородности породы: — это розовый гранит с выдержанной окраской, лишенный плириновых образований и крупных пегматитовых прорастаний. Запасы строительного камня на центральной территории массива, по подсчетам названных исследователей, выражаются внушительной цифрой в 210 405 770 м³. Кроме того, богатыми и чрезвычайно удобными для разработки месторождениями являются многочисленные выходы гранита по берегу озера, представляющему ряд бухт сложной формы («кар»). Прекрасный розовый строительный гранит обнажается в виде мысов, островов и т. п.

Следуя с юга на север, нужно отметить месторождения: Грибной мыс, Дедова кара, Гоношиха, Щепиха.

Грибной мыс представляет сильно выдающуюся в море довольно высокую гряду, между Керсоньей и Дедовой карами, длиной 450 м, шириной 200 м, при наибольшей высоте в 18 м. Западный конец гряды сложен габбро-диабазом, большая же, обращенная на восток, часть сложена гранитом. Подсчет запасов гранита приводит к цифре в 442 690 м³.

Далее следует отметить узкую (65 м шириной) гранитную гряду в северном углу Дедовой кары; выход гранита в виде небольшого обнажения в глубине бухты связывает гряду с обнажением Грибного мыса. От гранитной гряды на запад наблюдается по берегу еще ряд обнажений гранита, чередующихся с диабазом.

От Дедовой кары резко выступает в море мыс Г о н о ш и х а — крупное и удобное месторождение отличного гнейсовидного гранита. Слоистая текстура гранита, сказывающаяся на форме грубоплитняковой отдельности, дает возможность с большой легкостью вести ломку облицовочного камня и брусчатки. Выдающаяся форма мыса Гоношихи обуславливает удобную разработку его вплоть до самого пережима, где начинается подъем на тело массива. Длина площади возможной разработки 1017 м при ширине 750 м. Запас гранита, по расчетам А. А. Турцева и Б. В. Залесского, около 3 млн. м³.

Наконец, наиболее северным отрогом массива является береговая полоса от Чаешь-кары до залива Щепихи. Этот огромный район представляет почти сплошное обнажение гранита, сглаженное ледником и лишь частично покрытое легкими наносами ледниковых отложений. На этом участке залегает около 30 млн. м³ промышленного гранита.

Все перечисленные месторождения, с точки зрения удобства разработок и транспорта, находятся в исключительно благоприятных условиях. Приозерный склон гранитного массива, по свидетельству А. А. Турцева и Б. В. Залесского, своей подошвой почти подступает к заливам, а наиболее отдаленный северо-восточный его склон в крайних своих точках отстоит не далее 2.5 км от берега. Прибрежное положение массива дает возможность вести разработку одновременно в нескольких местах, приуроченных к глу-

ТАБЛИЦА 6
Физико-механические свойства прионежских гранитов

Месторождения гранита	Ориентиро- ван по плос- кости	Временное сопротивление сжатию, в кг/см ²						Потери при истирании в г/см ²		Весовое водо- насыщ., в %	Объемный вес	Потери прочности, в %			
		Сухой		Насыщенный		Замороженный		Потери при истирании в г/см ²				Насыщен- ный		Заморо- женный	
		Част.	Сред.	Част.	Сред.	Част.	Сред.	Част.	Сред.			Част.	Сред.	Част.	Сред.
Гольцы ¹	I	1.875	—	—	—	2.523	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	II	2.458	2.327	—	—	2.466	2.616	—	1.16	—	—	—	—	—	—
	III	2.806	—	—	—	2.860	—	—	1.16	—	—	—	—	—	—
Кашина Гора	I	2.839	—	1.861	—	2.280	—	—	0.19	—	—	34.4	19.7	—	—
	II	2.909	2.758	2.452	2.432	2.000	2.480	0.3	0.16	0.17	2.66	15.7	31.2	10.1	—
	III	2.528	—	2.083	—	2.600	—	—	—	—	—	17.6	—	—	—
Гоношха	I	2.371	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	II	2.091	2.365	2.604	2.604	2.120	2.120	0.1	—	0.18	2.54	—	—	—	—
	III	2.625	—	—	—	—	—	—	0.18	—	—	—	—	—	—
Немецкая Гора	I	2.986	—	—	—	—	—	—	—	0.12	—	—	—	—	—
	II	—	2.919	2.537	2.537	2.007	2.007	0.35	0.15	0.15	2.68	—	13.1	—	31.4
	III	2.853	—	—	—	—	—	—	0.18	—	—	—	—	—	—

1 Среднее сопротивление этого гранита изгибу — 264 кг/см².

¹ Среднее сопротивление этого гранита изгибу — 264 кг/см².

боким заливам, или карам, где легко по-строить пристани. Эти удобства особенно ве-лики в отношении ря-да перечисленных вы-ше прибрежных ме-сторождений — отро-гов большого массива.

Исследование ме-ханических свойств гранитов некоторых месторождений под-тверждает замечатель-ную выдержанность этих свойств и почти полную техническую равноценность всех прионежских грани-тов. Их свойства ха-рактеризуются в табл. 6.

Испытания кисло-тоупорности прионеж-ских гранитов (прав-да, пока весьма недо-статочные) говорят о значительном колеба-нии этого свойства в образцах из разных месторождений. Кис-лотоупорность гольце-вого гранита, иссле-дованная в лабора-тории Ленинградско-го отделения ВИМС, оказалась очень невы-сокой: по методу Зе-гер-Крамера 3.63, по методу Каллаунер-Барта 4.98%. Кисло-тоупорные свойства капинского гранита были испытаны (по методу Каллаунер-Барта) на 20 образцах. Большинство образ-цов показало удовле-творительную кисло-тоупорность; однако, для суждения о прак-тической пригодности капинского гранита в качестве кислото-упо-ра необходимы даль-нейшие испытания.

К берегам Онежского озера тяготеют еще два месторождения гранита: Оров-Губское месторождение на крайней восточной оконечности Повенецкого залива, между пристанью Песочное и дер. Мар-Наволоок. По данным Ленинградского ГРГ (1929 г.), оров-губский гранит обладает временным сопротивлением сжатию в 1500—1800 кг/см², объемным весом 2.8 и морозостойкостью.

Ванжозерское месторождение лежит на Медвежьей Горе (западное побережье Повенецкого залива). По сведениям Б. И. Скавропского (1939), ванжозерский гранит обладает временным сопротивлением в 1670 кг/см², при достаточной вязкости.¹

Отсюда к северу тянутся многочисленные выходы гранитов и гнейсогранитов. Они или мало исследованы или находятся в местах, удаленных от регулярных путей сообщения. Карелгранит отмечает, однако, что многие из них лежат вблизи от Мурманской ж. д. Заслуживает внимание гранит с голубым кварцем у Сегозера.

Побережье Кандалакшского залива Белого моря пользуется давнишней славой как район обширных пегматитовых полей, служащих источником прекрасного керамического сырья — полевого шпата и кварца. Этот же район — от Керети до Сонострова — изобилует крупными выходами плотных мелкозернистых, однородных и малослюдистых гнейсогранитов. Окраска их обычно темносерая или темнокрасная; пластовая и вертикальная отдельности разбивают породу на крупные блоки. Экспедиция Института Севера, по данным М. Г. Осмоловского (1933), наметила пункты выходов этих пород: побережье Узкой Салмы; губа Ежевникова (площадь 10 тыс. м²); губа Осечкова (площадь 60 тыс. м²); губа Сидорова; губа Летняя; о-в Шарапиха; устье губы Никольской; о-ва Б. Медвежий, Соностров, М. Горелый, Керетьский, Средний. Последние пункты очень выгодны в транспортном отношении. Граниты в особенности хороши для брусчатки. Запасы не учтены, но очень велики.

Значительная часть гранитных месторождений приходится на долю прибалтийской части Карело-Финской ССР, являющейся классической страной гранита. С давних пор пользовались известностью гранито-порфиры района Виипури (Выборга) — «раппакиви» с приятным шоколадным тоном и крупными вкрапленниками ортоклаза. Выборгский раппакиви — очень красивый, но, в связи с особенностями своей структуры, слабый и легко выветривающийся камень. Несколько более прочной разновидностью является так называемый питерлахтский (собственно виролахтский) раппакиви, залегающий между Виипури (Выборгом) и Хамина (Фредриксхамном). Раппакиви широко применялся для архитектурных памятников и в других городских сооружениях Ленинграда. Колоннады бывших соборов: Исаакиевского и Казанского (теперь музеи антирелигиозный и истории религий), колонна на площади Урицкого, парапеты набережных Невы — все это высечено из раппакиви и наглядно демонстрирует хорошие декоративные качества этого гранита. Большой популярностью пользовались также серые, розовые и красные, изобилующие полосами и шпирями, но очень прочные мелкозернистые граниты островов и окрестностей Ханко (Ганго) («гангеудский» гранит); светло- и темносерый мелкозернистый, монументальный и скульптурный гранит Сортавала (Сердоболя) на северном берегу Ладожского озера; красный гранит Валаамского о-ва на том же озере и др.

Центральные части СССР

Огромные площади центральных и западных областей СССР совершенно лишены коренных месторождений гранита (и других изверженных пород). Однако, ледниковый покров, распространившийся на Европейскую и За-

¹ Применен на цоколь Дома Совнаркома в Москве.

падно-Сибирскую часть нашей страны, оставил здесь внушительные количества гранита в виде различных размеров валунов, булыжника и гальки. В ближайшем соседстве с Москвою запасы этого материала уже сильно истощены; в ряде других пунктов они, напротив, очень велики. Значительные количества валунного камня добывались в последнее десятилетие в Ярославской обл. (ст. Деболовская, Петровск, Сильницы). А. Н. Гейслер (1927) в качестве очень крупных вторичных месторождений отмечает район Кубенского озера (к северу от Вологды). Ряд крупнейших месторождений валунного камня отмечается Н. П. Малюковым (1935) в виде ясно выраженных конечных морен, в изобилии встречающихся в Калининской и Смоленской обл. и в Белорусской ССР. По большей части они представляют собою цепи или дуги высоких холмов, состоящих обычно из гравия, песка и глин с валунами. Нередко валуны во множестве встречаются прямо на их поверхности. Особого внимания, по данным Н. П. Малюкова, заслуживают: 1) гряда конечной морены, тянущаяся у западной границы Велико-Лукского округа Калининской обл. от г. Себежа к м. Чайки; 2) несколько параллельных холмистых цепей между г. Невелем и Городном; 3) продолжение этих морен на водоразделе рр. Западной Двины и Вилии; 4) на водоразделе рр. Западной Двины и Днепра.

Такие же морены встречаются в Ленинградской обл., например, в Балдайском, Боровичском и других районах. Источником валунного камня могут нередко служить и другие формы моренного рельефа: озы, друмлины и др.

Гранит из ледниковых валунов часто отличается замечательной свежестью и превосходными строительными качествами.

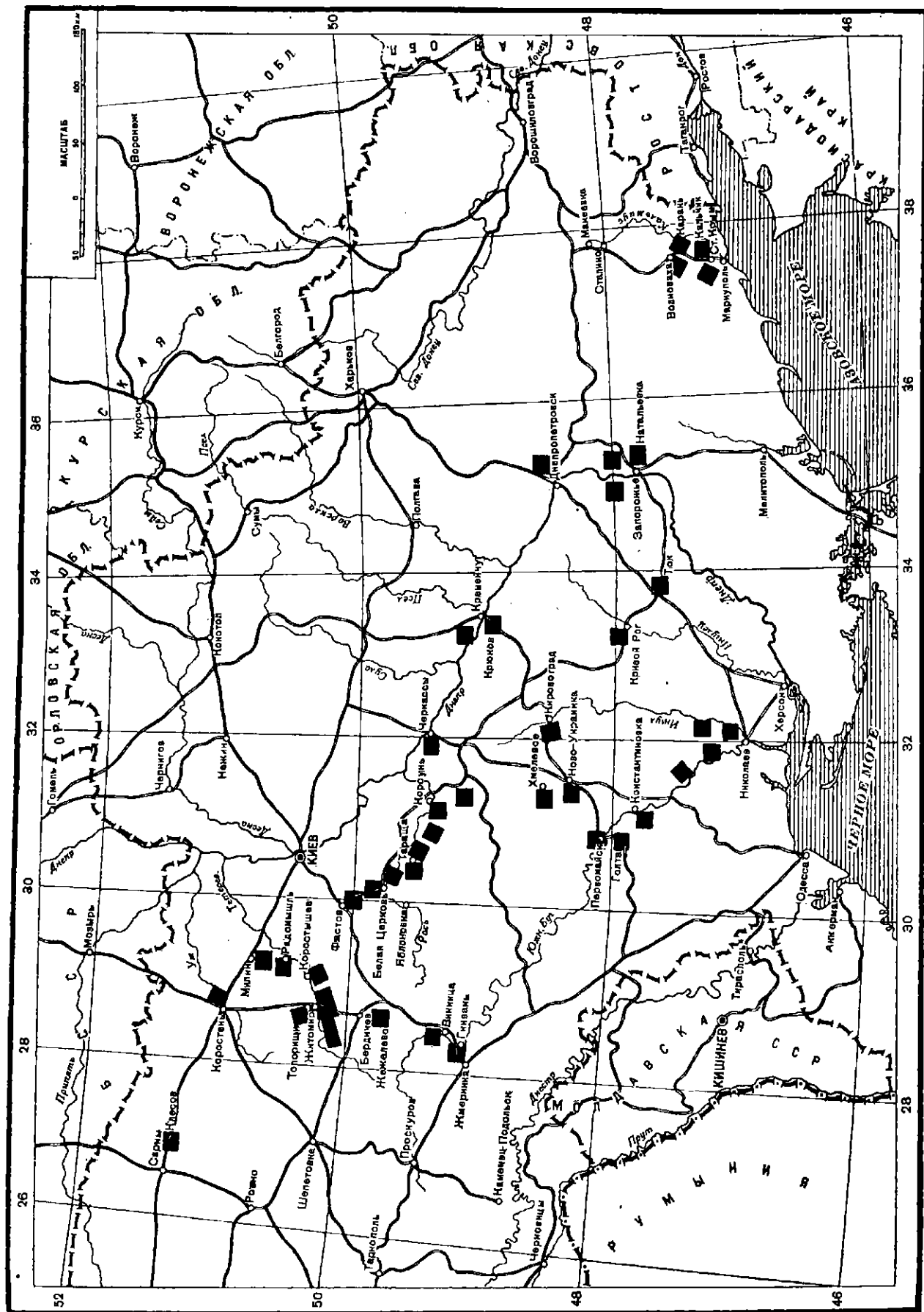
В Воронежской обл. выступ архейского кристаллического щита почти весь перекрыт отложениями различных геологических эпох, обнажаясь лишь в нескольких пунктах между Павловском и Богучаром. Небольшие выходы светлорозовых гранитоподобных пород выступают низко над водой по берегам р. Дона. Крупнейшее обнажение у Новокаменки (правый берег Дона, к востоку от г. Павловска) тянется на 115 м при высоте в 13 м; господствующей породой является здесь, по определению В. Н. Лодочникова (1927), амфиболо-омфацитовый кварцевый сиенит из микроклина (выделения до 1.4×1.5 см), олигоклаза (№ 20), омфацита, амфибола, кварца и акцессорных титано-магнетита, титанита, апатита. Такого же типа порода обнажается на левом берегу Днепра ниже дер. Русской Буйволówki и еще ниже, по р. Свинюхе (севернее Богучара); в последнем месторождении В. Н. Лодочников определяет породу как гнейсовидный биотитово-олигоклазовый кварцевый диорит.

Каменоломни имеются у с. Басовки, Украинской и Русской Буйволówki и с. Свинюхи.

Украинская ССР

{Огромные запасы разнообразнейших гранитов включает в себе обширный южный выступ докембрийского фундамента Русской платформы — Украинская кристаллическая полоса, тянущаяся через всю УССР на протяжении 1000 км при ширине иногда в 600 км (фиг. 8).

В. И. Лучицкий (1933) подчеркивает наличие на Украине двух практически весьма различных типов гранита. Граниты первого типа залегают в виде полос, часто совершенно неправильной формы, иногда в виде более или менее крупных масс среди гнейсовидных пород, образуя смешанные породы, мигматиты. Этот тип, характеризующийся обилием включений и отсутствием правильных форм отдельности, развит, главным образом, южнее Фастова — Казатина, широкой полосой вдоль правого берега Днепра, переходя также на левый берег, далее — в Приазовской части Украины до Осипенковского (б. Бердянского) района. Напротив, западная



Фиг. 8. Граниты УССР

часть Украинской кристаллической полосы — от волынских болот до Кривого Рога — и северная — от северной границы полосы до Корсуни и Черкасс — образуют обширную область распространения массивных гранитов.

По Н. И. Безбородько (1933), среди этих массивов можно наметить следующие типы, характеризуемые, по автору, батолитовой формой залегания: коростеньский тип — розовый, грубозернистый, с признаками порфировой структуры; житомирский — серый, среднезернистый; чудново-бердичевский — темносерый, средне- и грубозернистый; кировоградский — порфировидный, от розовых до темных разновидностей. К тому же разряду батолитов, лишь меньших размеров, Н. И. Безбородько относит массивы: Уманский — светлосерый, средне- и грубозернистый; Фастовский — близкий к Житомирскому; Богуславский — аналогичный Кировоградскому. Однако, по свидетельству Н. И. Безбородько, лишь в немногих случаях эти батолитовые массивы вскрыты процессами денудации на глубину, достаточную для того, чтобы могли проявиться все благоприятные свойства батолитового залегания, прежде всего — равномерность текстуры и структуры. Большею же частью эрозией обнажено только темя батолита, изобилующее аплитно-пегматитовыми образованиями. Поэтому классификация украинских гранитов Н. И. Безбородько, сохраняя большой теоретический интерес, с практической стороны важна лишь в смысле общей ориентировки.

По В. И. Лучицкому (1933), М. П. Субботину (1935) и др., а также недавним работам Института минерального сырья (1936 г.), можно дать следующее обозрение важнейших районов гранита, имеющих промышленное значение.

Житомирская обл. К житомирской группе принадлежит ряд крупных каменоломен *Соколовой горы* (в 7 км от Житомира) и других смежных мест, например на р. Крошне. Здесь залегает прекрасный мелко- и среднезернистый серый гранит, дающий параллельную отдельность и отлично принимающий полировку. Сопротивление сжатию — от 2200 до 2500 кг/см². Запасы месторождения значительны.

Много удобных для разработки выходов гранита обнажается у самого Житомира по берегам Тетерева; так, например, И. Солонинко (1937) отмечает месторождение интересной гранитной брекчии на Корбутовке, за Пыщанской насыпью, а также выходы гранита на участке Большие Березки.

Обширное пространство около *Коростышева* занимает денудированный, свободный от наносов массив прекрасного светлосерого порфировидного гранита. Обладая хорошо выраженной параллелепипедальной отдельностью, коростышевский гранит легко дает крупные монолиты для монументальных и строительных целей. Месторождение находится на шоссе на магистраль, в 30 км от Житомира и в 70 км от Киева. По данным ВИМС, петрографический состав гранита: калиевый полевой шпат, плагиоклаз, кварц, биотит, мусковит, магнетит, апатит; объемный вес — 2.64; водопоглощаемость — 0.30%; сопротивление сжатию сухого образца — 1724 кг/см², насыщенного — 1620 кг/см²; морозостойкость высокая.

По окраинам Коростышевского массива имеются крупные выходы высококачественных мелкозернистых серых гранитов у с. *Марьевки* и с. *Антоновки*. В обоих названных месторождениях гранит обладает прекрасной параллелепипедальной отдельностью. Условия разработки очень удобны, так как антоновский гранит прорезывается каньоном Горного Тикича глубиной до 20 м.

В том же районе имеется ряд значительных выходов превосходного красного гранита, приуроченных, по наблюдению В. Е. Тарасенко, к периферии обширного острова габбровых пород, составляющих особую формацию. Заслуженной известностью здесь пользуются коростеньский, топоричевский и лезниковский граниты, отличающиеся сочным желто-красным

или мясокрасным цветом и крупным размером монолитов. Запасы в *Коростеньском месторождении*, по данным М. П. Субботина (1935), подсчитаны в размере 2.7 млн. т, в *Лезниковском* — 6 млн. т. Последнее находится в 15 км к западу от ст. Горбаша (12.5 км по шоссе и 2.5 км по проселку) и представляет собою сплошной массив, тянувшийся в широтном направлении на 7 км. Гранит разбит правильной системой трещин на отдельности в 1—2 м³.

Среднезернистый красный, желто-красный, розово-желтый лезниковский гранит, примененный при облицовке Ленинского мавзолея, отличается в полированном виде высокими декоративными качествами.

Минералогический состав и технические свойства его приведены в табл. 7.

ТАБЛИЦА 7

Минералогический состав и технические свойства гранитов Житомирской обл.
(по данным ВИМС)

Образец	Минералогический состав	Объемн. вес	Водопоглощаемость, в вес. %	Врем. сопротивл. сжатию, в кг/см ²		Морозостойкость
				Сухой	Насыщенный	
Лезниковский	Ортоглаз-пертит, кварц, биотит, магнетит, апатит	2.62	0.38	1972	1357	Высокая
Малинский	Калиевый полевой шпат, плагиоклаз, кварц, биотит, роговая обманка, серицит, мусковит, хлорит	2.62	—	2000	1050	Высокая

Из цветных гранитов района заслуживает также упоминания красноватый порфировидный гранит, выступающий на поверхность около с. *Лыч* к югу от Коростышева. Этот массив, повидимому, значителен, но недостаточно исследован.

В районе *Малина*, по р. Ирше и ее притоку р. Здривле, залегает массив раппакиви зеленовато-серой, иногда серовато-розовой окраски с характерной порфировидной структурой, с овоидами ортоклаза, окруженными зеленой плагиоклазовой оторочкой. Красивый гранит этого типа добывается в крупном *Иршанском карьере* Главдортранса близ разъезда Пенизевичи, в 100 км от Киева (на Коростень). Правильная система трещин дает ВИМС основание рассчитывать на легкую добычу монолитов до 2—3 м³.

Характеристика «малинского раппакиви», хорошо поддающегося теске и полировке, приведена в табл. 7.

Запас камня достигает 8 млн. т.

Кроме описанных важнейших месторождений, в Житомирской обл. имеется еще множество ломов гранита, из которых изданный Киевским облисполкомом «Ценник-справочник» (1936 г.) упоминает следующие: Барапешевский район — с. Яблонец; Корнянский район — с. Корнин, ст. Кривое; Коростеньский район — г. Коростень, с. Пашины; Коростышевский район — с. Слободка; Новоград-Волынский район — ст. Колодянка; Овручский район — ст. Игнатополь; Попельнянский район — с. Голубятное; Попшевский район — с. Горбулев; Ружинский район — с. Белиловка; Словецкий район — с. Пелединки.

Ровенская обл., непосредственно граничащая с Житомирской, обладает крупными месторождениями гранитов. Они слабо исследованы, как и вся остальная часть Украинского кристаллического щита, входившая в состав

б. Польши. По данным П. Л. Фридмана (1940) спорадическая эксплуатация гранитных массивов велась, главным образом, вдоль железной дороги, между станциями Сарны и Ракитно-Волынское Ковельской ж. д. особенно в районе Клесова. Известностью пользовался также высокосортный скульптурный гранит из окрестностей Мочулянки почти на самом стыке Ровенской и Житомирской обл.

Винницкая обл. Непосредственно к югу от Житомира лежит район со своеобразными серыми гранитоподобными породами непостоянного состава, структуры и текстуры, иногда полосатыми или сланцеватыми. Они выступают во многих местах по берегам рек: у Жежелева, Курчицы, Плеховой, около Винницы и др. Петрологически — это типично метаморфические породы, содержащие наряду с биотитом большое количество зерен красного граната и, нередко, синеватых кристаллов кордиерита.

Огромное *Жежелевское месторождение*, заключающее не менее 12 млн. т камня, лежит в 12,5 км к югу от Бердичева на шоссе в Винницу. Это месторождение является одной из старейших каменных разработок в СССР. Мощность разрабатываемого в карьере гранита достигает 12 м; верхний выветрелый слой занимает не более 4 м. Сопротивление камня сжатию (в сухом состоянии) равно 1400 кг/см². Получение из карьера монолитов в несколько десятков куб. метров не является редкостью. Однако, по сравнению с другими гранитами, жежелевский камень отличается худшей раскалываемостью. Этот недостаток, в связи с применением при работах аммонала, ведет к снижению выхода штучного камня, составляющего лишь 16—17% от горной массы.

Далее к югу лежит область гиперстеновых гранитов (чарнокитов), издавна известных под именем гниваньских. Они охватывают обширный район по левому берегу р. Буга с особенно крупными выходами близ Винницы и ст. Гнивань. По В. А. Сельскому (1912), здесь имеются две разновидности: первая из них — гиперстено-биотитовые, ортоклазо-плаггиоклазовые, темносерые, иногда почти черные граниты с зеленоватым оттенком, с непостоянной структурой, то мелко-, то крупнозернистой. Минералогический состав этой разновидности также непостоянен; иногда гиперстен совершенно вытесняет биотит; иногда ортоклаз отсутствует, обуславливая переход породы в гиперстеновый диорит. Другая разновидность характеризуется отсутствием гиперстена, который заменяется красным гранатом. Все граниты гниваньского типа отмечены резкими признаками тектонического сдавливания и раздробления; текстура их часто типично гнейсовидная. Несмотря на это, они обладают высокой прочностью.

Широко известные *Гниваньские карьеры* лежат на высоком плато левого берега р. Буга (Юго-Западной ж. д., в 245 км от Киева), охватывая площадь около 10 га; разработки тянутся более чем на 1 км при ширине 200—300 м. Запасы гранита — до 70 млн. т. Наносы лёссовидных суглинков невелики. На месторождении имеются пять карьеров, соединенных подъездными путями с железной дорогой. Карьеры № 2 и 3 образуют один главный карьер, где разрабатывается знаменитая черная разновидность гранита. По данным В. Мамаенко и А. Гальперина (1939), во всех карьерах наблюдаются значительные массивы крупнозернистого гранита, переходящего часто в среднезернистый. Карьер № 4 целиком, а № 1 и 5 частично представлены крупнозернистым гранитом; в его массивах встречаются обломки пироксено-плаггиоклазового гнейса. На южной стороне карьера № 1 и в карьерах № 2 и 5 наблюдаются жилы крупнозернистого пегматитового гранита в среднезернистой массе; в карьерах № 2 и 3 крупнозернистый гранит образует жилы в мелкозернистом. Среднезернистый гранит слагает значительные массы в карьерах № 1, 2, 3 и 5, с постоянными переходами как в крупно-, так и в мелкозернистые разновидности, господствующие в карьерах № 2 и 3 и образующие отдельные участки в карьерах № 1 и 5.

Основное направление трещиноватости — горизонтальное, слабо наклонное, и вертикальное или близкое к нему. Имеются, однако, отдельные, ограниченные неправильными волнистыми поверхностями — в местах переходов от одной структуры к другой.

Гниваньские карьеры выдают бут, «формак», плиту, брусчатку, дробленый камень. Технические свойства гниваньского гранита, по данным П. А. Тутковского и К. К. Симиньского (1925), характеризуются следующими данными: 1) мелкозернистая разность: объемный вес 2.72—2.92; временное сопротивление раздавливанию 1455—1882 кг/см²; 2) крупнозернистая разность: объемный вес 2.72—2.75; временное сопротивление раздавливанию 896.9—1330.7 кг/см². Испытания гниваньского щебня на истирание в барабане Деваля показали всего 1—2% (коэффициент высокотвердых пород по американским нормам).

По данным Киевского облисполкома (1936 г.), в Винницкой области заслуживают еще упоминания месторождения гранита: в районе Плисковском — с. Скала (ст. Горбачи) и в Погребещевском районе — с. Круподерница (ст. Рось) и с. Погребеще (ст. Ржевусская). Г. Я. Лепченко (1936) описывает также Сабаровский карьер в 6 км к югу от Винницы. Н. М. Барановой (1937) обследовано месторождение гранита у с. Губник в Гайсинском районе.

Одесская обл. Ниже по течению р. Южного Буга лежит район многочисленных *Первомайских карьеров*, тяготеющих к ст. Голта (Киселевский, Тодоришенский, Элливский, Греческий, Синовийский, Ремиховский 1-й и 2-й). Запасы гранита здесь исключительно велики. Наибольшей однородностью отличается серый гранит в районе Киселевского карьера. Наличие сети правильно расположенных вертикальных и горизонтальных трещин позволяет разрабатывать гранит на брусчатку, кубик, бордюр, ступени и др. В остальных месторождениях, кроме Ремиховского 1-го, гранит в виду неоднородности пригоден, главным образом, на бут и щебень. К югу от ст. Голта (35 км) при с. Константиновке имеется выход гранита с пластовой формой залегания.

В 1935 г. ВИМС были обнаружены в Новоукраинском и Хмелевском районах, на большой площади, красивые порфировидные граниты с очень крупными вкрапленниками полевых шпатов и флюидальным их расположением. Обычно они серого цвета, но в ряде пунктов встречаются и красные разновидности этого же типа. Сюда относятся Новоукраинское и Капустинское месторождения.

Новоукраинское месторождение лежит на р. Черный Ташлык, в 8 км от ст. Новоукраинка (Одесской ж. д.). Гранит представлен двумя разновидностями.

Одна из них, красно-серая, разрабатывается (по левому берегу реки), главным образом, на бут и штучный камень. В 1935 г. было добыто несколько тысяч квадратных метров тесаных плит.

Более декоративная красная крупнозернистая разность новоукраинского гранита (не разрабатывавшаяся в 1936 г.) залегает по обоим берегам р. Черный Ташлык на значительной площади. Уже на глубине 2—3 м гранит совершенно свеж; его яркий, сочный тон обуславливается крупными, до 8 см в поперечнике, мясокрасными вкрапленниками полевого шпата; в основной массе породы участвует, кроме такого же полевого шпата, также заметное количество красного альмандина. Красивый контраст с красными компонентами породы составляет почти черный дымчатый кварц. Флюидальная текстура породы с параллельным расположением порфировидных вкрапленников дает на полированных поверхностях красивый рисунок в виде полос и потоков.

Свойства новоукраинского гранита характеризуются табл. 8.

ТАБЛИЦА 8

Минералогический состав и технические свойства новоукраинского гранита
(по данным ВИМС)

Разность	Минералогический состав	Объемн. вес	Водопоглощаемость, в вес. %	Пористость		Врем. сопротивл. сжатию, в кг/см ²		Морозостойкость
				кажущаяся	истинная	сухой	насыщенный	
Красно-серая	Микроклин-пертит, дымчатый кварц, плагиоклаз, немного биотита	2.58	0.52	1.35	1.53	1200	810	Хорошая
Красная крупнозернистая	Микроклин-пертит, плагиоклаз, кварц, биотит, гранат, циркон, рутил, титанит	2.63	0.41	1.09	1.33	1021	953	Высокая

К новоукраинскому красному граниту очень близок по виду и техническим свойствам гранит *Капустинского месторождения*. Это месторождение, лежащее по р. Плетеный Ташлык, между станциями Капустино и Адабаш Одесской ж. д., и отличающееся чрезвычайно благоприятным комплексом техно-экономических условий (хорошая обнаженность по берегам реки и впадающих в нее балок, наличие ширококолейной железнодорожной ветки, монолитность и высокая декоративность породы), должно, по мнению ВИМС, сделаться одним из основных источников облицовочного гранита для московского строительства.

Г. С. Володиным обследовано месторождение гранита у с. Гайворон при впадении р. Ташлыка в Буг.

Киевская обл. Очень богат выходами гранитов, но мало изучен, тяготеющий к Киеву Фастовский район (Фастов, Белая Церковь и др.). Крупный массив среднезернистого серого гранита, залегающего под значительными наносами, расположен в Черкасском районе по р. Ольшанке, близ с. Хлыстуновки; в том же районе, в окрестностях с. Воронцово-Городища, выступает совершенно черный, прекрасно полирующийся гранит.

Крупный массив гранитов залегает, по свидетельству В. И. Лучицкого, по р. Роси, от Яблуновки до Курсуни; гранит относится к типу биотитороговообманкового раппакиви с большими — до 4 и 5 см в поперечнике — овоидами плагиоклаза.

«Ценник-справочник» Киевского облисполкома (1936 г.) перечисляет еще следующие пункты разработок гранита: Бабанский район — ст. Бабаны, с. Гроздево, с. Косеновка, с. Танское; Белоцерковский район — с. Глибачка; Богуславский район — ст. Богуслав; Звенигородский район — с. Екатеринополь, с. Ерка, с. Скалеватка; Ракитненский район — с. Прусы, с. Синява, с. Сухоlesы; Смелянский район — с. Березняки; Тальновский район — ст. Тальное, разъезд Гордышевка; Уманский район — г. Умань; Шполянский район — с. Искрянка.

Кировоградская обл. В районе Кировограда развиты, главным образом, светлосерые биотитовые разновидности, напоминающие коростышевские граниты. Массив в 4 км от города, по обоим берегам р. Сугаклеи, содержит

крупные запасы серого, годного для всевозможных видов обработки гранита. Другой массив находится в 12 км от города, на так называемом Параскином поле.

Николаевская обл. По мнению ВИМС, особого внимания заслуживает Новоданиловский карьер Днепростройматериала близ железнодорожного разъезда того же имени (Одесской ж. д.). Карьер заложен в красновато-сером порфировидном граните, отличающемся совершенно исключительной монолитностью, обуславливающей незначительное количество отходов. Нередко с помощью взрывных работ удается отделить глыбы в несколько сот куб. метров, причем от одной бурки получаются прямые трещины длиной 20—25 м. В карьере добываются штучный камень, бут и щебень.

Характеристика этой разности по испытаниям ВИМС приведена в табл. 9 (№ 1).

ТАБЛИЦА 9

Минералогический состав и технические свойства гранитов Николаевской, Днепропетровской и Сталинской обл.

№ по пор.	Образец	Минералогический состав	Объемн. вес	Водопоглощаемость, в вес. %	Пористость		Врем. сопротивл. сжатию, в кг/см ²		Морозостойкость
					кажущаяся	истинная	сухой	насыщенный	
1	Новоданиловский	Микроклин, плагиоклаз, кварц, слюда, апатит, циркон	2.61	0.41	1.06	1.15	1127	1046	Высокая
2	Токовский гранит, яркокрасная разность	Микроклин, плагиоклаз, кварц, биотит, мусковит, титаномагнетит, циркон							
3	Токовский	—	2.62	0.24	0.64	0.89	1753	1322	Высокая
4	Караньский	Микроклин, плагиоклаз, биотит, мусковит, титаномагнетит, циркон. .	2.60	0.53	1.38	1.53	1768	790	Хорошая
			2.60	0.41	1.06	1.39	1689	1460	Высокая

Многочисленные обнажения гранитных пород идут далее на юг до самого Херсона, по рр. Бугу, Ингульцу, нижнему Днепру. Преобладающим типом пород здесь являются гнейсы и гравито-гнейсы.

Полтавская обл. Близ Кременчуга имеются значительные массивы серых среднезернистых миксотенитовых гранитов, с давних пор дававших материал для крупнейших в Союзе разработок бута и щебня. Важнейшими карьерами являются Крюковский (с. Диевка), Мало-Кахновский, Чикаловский, Песчанский, Торунжовский.

Днепропетровская обл. Крупные залежи гранитов гнейсовидного типа имеются в Криворожском районе (Подстепнянский, Ново-Криворожский, Скелеватский, Галковский карьеры, разработки Ново-Даниловки), но, по данным Н. П. Малюкова, только граниты при Большой и Малой Даниловке обладают формами залегания, пригодными для выломки штучного камня.

Район Днепропетровска отличается чрезвычайным обилием гранитов и гранито-гнейсов. Их мощные выходы обозначаются по Днепру и его притокам и нередко прослеживаются на больших пространствах под незначительными пластами синевато-серых гнейсов.

Вся область, однако, чрезвычайно мало исследована, и несмотря на огромное множество выходов и полукустарных разработок здесь можно пока указать лишь два месторождения, заслуживающие особенного внимания.

Близ ст. Ток 2-й Сталинской ж. д. (Апостоловский район) по берегам р. Камепки выступают мощные (до 40 м) обнажения величественных красных облицовочных гранитов. Величина запасов камня, замечательная красота и разнообразие его оттенков выдвигают *Токовское месторождение* на одно из первых мест среди союзных месторождений облицовочного и декоративного камня.

На правом берегу реки (в 5 км от станции) обнажается розово-серый, мало декоративный камень. Зато в 3,5 км от этого обнажения, в 7 км от станции выступает исключительной красоты яркокрасный среднезернистый камень.

Характеристика этой разности токовского гранита, по данным ВИМС, приведена в табл. 9 (№ 2).

Карьер Днепростройматериала на левом берегу р. Камепки вскрывает двумя уступами толщу гранита около 15 м. Порода, отличающаяся постоянством структуры и окраски, обладает правильной отдельностью, хорошо колется, отесывается и полируется. Выход штучного камня достигает 50% от горной массы. Механизация карьера вполне возможна, благодаря наличию линии электропередачи.

На правом берегу р. Камепки, кроме отмеченных выше, выступает еще более яркая разновидность гранита, сложенного красным полевым шпатом и прозрачным кварцем, через который просвечивает полевой шпат. Это сообщает красной окраске породы особую глубину и насыщенность.

Испытания камня приведены в табл. 9 (№ 3). Две последние таблицы дают, по свидетельству ВИМС, несколько пониженную характеристику токовских камней, так как в виду отсутствия глубоких разработок образцы были взяты из верхних горизонтов, затронутых выветриванием. Не подлежит сомнению, что с углублением карьеров токовский гранит обнаружит более высокие технические свойства.

Другим месторождением очень крупного масштаба является *Натальевский массив* серого гранита, замечательно выдержанного светлого тона и ровной мелкозернистой структуры (применен на постройке здания Московского телеграфа и для набережных Москва-реки). Натальевские и близкие к ним Скелеватские карьеры расположены у станций Янцево и Лежино Сталинской ж. д. Запас в Скелеватских карьерах, по М. П. Субботину, около 2,6 млн. т.

Сталинская обл. В. И. Лучицкий отмечает несколько типов строительных и облицовочных гранитов в Приазовье: розовые, довольно мелкозернистые граниты между ст. Карань и с. Старая Карань, в 3—4 км от станции; розовые крупнозернистые граниты с параллелепipedальной отдельностью, выступающие крупными массами, почти без паносов, по берегу р. Кальчика, в 1—2 км от ст. Кальчик; темносерые, зеленовато-серые, иногда почти черные граниты разнообразной структуры, широко распространенные в Мариупольском районе, начиная от ст. Волновахи и Хлебодаровки (балка Валя Тарама) и далее почти до Мариуполя и Старого Крыма, по р. Кальчику и его притокам. Это — очень красивые в полировке, частью типичные граниты, частью переходящие в сиениты. Наиболее крупные каменоломни расположены близ ст. Карань по дороге к с. Чертомлык и в 4 км от ст. Хлебодаровка.

По данным ВИМС, наибольшего внимания заслуживает *Старо-Караньское месторождение* розовато-серого (в полировке) мелкозернистого гранита, в 11 км от ст. Карань, эксплуатируемое Макеевским металлургическим заводом для собственных нужд, а также для гг. Ростова, Сталина и Луганска.

Данные, характеризующие гранит, приведены в табл. 9 (№ 4).

Гранит обладает резко выраженной пластовой отдельностью, очень облегчающей выделку блоков, и хорошо обрабатывается.

Урал

Урал, в особенности средняя и южная его части, является единственной в своем роде областью развития разнообразнейших производных гранитной магмы. Без преувеличения можно сказать, что значительная доля славы Урала связана именно с геохимией гранита, проявившейся здесь с исключительной силой. Общеизвестно значение многочисленных гранитных интрузий Верхотурья, Салды, Алабашки, Мурзинки, Южаковой, Липовой, Шайтанки, Адуя, Изумрудных Копей, Верхней Исети, Сысерти, Челябинска, Ильменских гор, Магнитной и др. с их огромными полями пегматитовых и рудных жил, с обширными зонами контактов, с необычайно разнообразной минерализацией, давшей начало бесчисленным месторождениям полезных ископаемых.

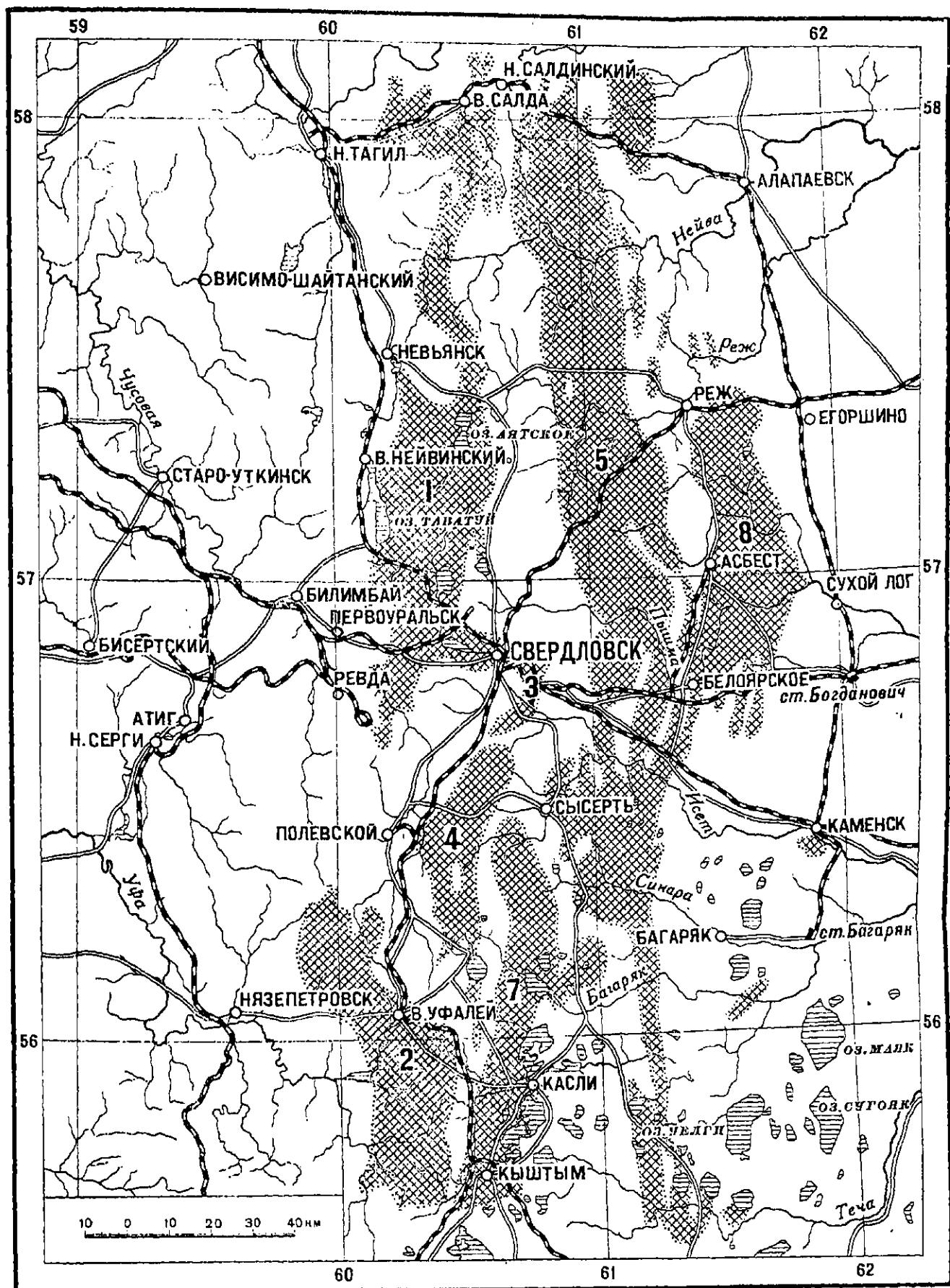
Изучение этих гранитовых месторождений, естественно, сосредоточилось на их специальном характере, игнорируя самое тело материнской интрузии. Исследование гранитных массивов как таковых, их распределения, залегания, химического и минерального состава и технических свойств гранита началось лишь в самое недавнее время — даже в отношении залежей, издавна используемых на добычу строительного и технического камня. Поэтому нижеследующий обзор не может претендовать на полноту.

Свердловская обл. О самых северных выходах гранитов известно очень мало, хотя в Верхотурских каменоломнях издавна добывался хороший гранит с временным сопротивлением 1200—1600 кг/см² (Гейслер, 1927). Сравнительно недавняя сводка Е. А. Кузнецова (Кузнецов и Лучицкий, 1936) начинает обзор гранитных полей с Салдинского района, где граниты и кварцевые диориты широко распространены и где большой массив лейкократового гранита обнажается у хутора и дер. Северной, также к северу и югу от нее.

Плагноклазовые граниты выходят в районе Нижнего Тагила по р. Кузьке, также в связи с кварцевыми диоритами.

В Алапаевском районе та же сводка отмечает *Сусанское месторождение* гранита. У Алапаевска, по данным А. Н. Гейслера, добывались граниты высокого качества для ответственных сооружений. Необычайно богат гранитами район Свердловска. Гранитные массивы охватывают Свердловск с востока и запада двумя широкими меридиональными полосами. По примерному подсчету М. О. Клера (1927), гранитные обнажения Свердловского района занимают площадь свыше 15 тыс. км². На карте, составленной в 1926 г. Б. М. Романовым, эта громадная гранитная область подразделяется на следующие более или менее обособленные поля: Верх-Исетское с Невьянским и Нейвинским ответвлением — 2425 км²; Уфалейское — 1425 км²; Шарташское — 225 км²; Сысертское — 725 км²; Кыштымско-Каслинское — 1575 км²; Монетно-Мурзинское (самое обширное) — 3425 км²; Щелкунское с южными ответвлениями — 1475 км²; Пышминско-Режевское — 1175 км². Отдельные островки гранитов, разбросанные по этой площади, занимают в общем не менее 1000 км² (фиг. 9).

Кировградский район богат промышленными гранитами. Каменоломни имеются у Невьянского пруда, также близ Кировграда (б. Калата); большие старинные ломки имеются и несколько восточнее Невьянска, у с. Коневского. Хорошего качества граниты и гранито-гнейсы добываются в Режевском районе, у знаменитого самоцветами с. Шайтанки, у селений Черемисского, Колташи и др.; превосходный гранит ломается у ст. Монетной ж. д. им. Л. М. Кагановича. К востоку по линии той же железной дороги ломки гранита имеются у ст. Талый Ключ (Боярская).



Фиг. 9. Гранитные поля Свердловского района.

1 — Верх-Исетское; 2 — Уфалейское; 3 — Шарташское; 4 — Сысертское; 5 — Кыштымско-Каслинское; 6 — Монетно-Муралинское; 7 — Челюнинское; 8 — Пышминско-Ревневское.

Ближайшим к Свердловску и наилучше изученным гранитным полем является *Верх-Исетский гранитный массив*, представляющий, по данным Е. А. Кузнецова, огромное интрузивное тело, границы которого на севере проходят у Невьянска, на юге — у дер. Кунгурки, на западе — вдоль зеленокаменной полосы; на востоке (по меридиану Свердловска) лежат тоже зеленокаменные и осадочные кварцитовые сланцы. Массив сложен в значительной степени плагиогранитами, иногда с гранит-порфировым характером; в восточной части имеются нормальные граниты, рассекающие массив плагиогранитов жилами. Граниты реагируют с покровными породами, обогащаясь темноцветными минералами. Внутри массива граниты имеют куполовидную форму — с центром в середине массива.

Из многочисленных, более или менее беспорядочных ломов Верх-Исетского поля М. О. Клером отмечается карьер у юго-западной окраины Верх-Исетского завода с запасом свыше 1.5 млн. м³ хорошего светлосерого гранита; массив этот распространяется к западу и юго-западу (Васькина Горка) и далее к оз. Чусовскому, вдоль Московского тракта (Широкореченский, Каменнореченский, Кордон, Хрустальная гора). Огромные залежи светлых средне- и крупнозернистых гранитов вскрыты разработками в районе ст. Исеть, с давних пор поставлявшей гранит для мостов, фундаментов, водокачек и железнодорожных зданий от Вологды до Омска. Разработками сняты все более выветрелые верхние части массивов.

Шарташские граниты были описаны Б. П. Кротовым и М. О. Клером. Это — среднезернистые, обычно лейкократовые породы, состоящие из плагиоклаза, микроклина, биотита и кварца с примесью мусковита, ильменита, титанита, эпидота, апатита и красной шпинели. Плагиоклаз, по данным Б. П. Кротова, включен в микроклин, но встречается и в виде самостоятельных зерен до 2 мм; микроклиновые частицы достигают 8 мм, содержат включения кварца, плагиоклаза, биотита. Биотит, в свою очередь, содержит включения апатита, циркона, сфена. Шарташские граниты отличаются высокими техническими качествами. Шарташское поле затронуто разработками, главным образом в западной своей части. Очень хорошие граниты лежат вблизи «Каменных Палаток», к югу от оз. Шарташ; далее, к юго-востоку и востоку и по восточному берегу озера, выступают красивые мелкозернистые синеватые граниты однородной структуры.

Сысертский массив представляет собою огромное гранитное поле, шириной до 30 км, ограниченное с запада и востока кристаллическими кварцитовыми сланцами. Граниты — лейкократовые, часто слегка сланцеватые, состоят из обильного кварца, микроклина, олигоклаза, листочков биотита и мусковита. Акцессорные минералы — апатит, сфен, циркон. Встречаются, кроме двуслюдяных, также биотитовые, мусковитовые, плагиоклазовые разности. Граниты содержат много обрывков и полос кварцитовой кровли.

Между озерами Иткуль и Синары граниты приобретают крупнозернистую структуру и к югу переходят в пегматитовые фации.

Разработки, довольно значительные, равно как и испытания свердловских гранитов до сих пор носили довольно случайный характер. Результаты испытаний пестры и противоречивы; многие из них относятся к верхним, разрыхленным и выветрелым частям гранитных массивов.

Челябинская обл. Как источник хорошего кислотоупорного гранита А. Ю. Сидоров (1934) отмечает *Уфалейский гранитный массив*, лежащий в 5 км к северо-западу от ст. Уфалей в виде возвышенности, прослеживающейся по длине на 500 м при ширине в 100—200 м. В восточной части массив вскрыт небольшим карьером. Гранит имеет хорошую пластовую отдельность с мощностью пластов 50—70 см, что позволяет извлекать блоки размерами 1.0×0.4×0.5 м. Порода хорошо колется, отесывается и держит кромку. Предварительные испытания гранита дали благоприятный результат.

Ближайший к Челябинску район является областью сплошных гранитов, принадлежащих к одному колоссальному массиву. По данным Б. Ф. Журавлева, Б. В. Залесского и В. Я. Степанова (1937), челябинский гранит представлен двумя типами. Более древний тип обладает нормальной гипидиоморфной, относительно крупнозернистой структурой, с преобладанием серой окраски и наличием шпировых включений. Его минералогический состав: кварца — 30.96%, микроклина — 53.9%, плагиоклаза — 11.4%, биотита — 2.6%, мусковита — 1.1%. Гранит более поздней генерации отличается красной или розовой окраской, меньшим размером зерен (в основной массе — 0.17 мм, во вкрапленниках — до 1.65 мм), меньшим содержанием цветных частей, нередко гранофировым строением. Его минеральный состав: кварца — 33.37%, микропертита — 54.68%, плагиоклаза — 9.22%, биотита — 1.66%, магнетита — 0.82%, мусковита — 6.25%.

Крупные ломки гранита второго типа имеются около с. *Шимы* на Свердловско-Челябинском тракте, в 60 км от Челябинска. Почти горизонтальная плитняковая отдельность дает возможность извлекать хорошие монолиты. Эта разность гранита была исследована на кислотоупорность и, по отзыву работников б. Петрографического института АН, может найти применение в химической промышленности как кислотоупорный материал среднего качества. Ее кислотоупорность по методу Каллаунер-Барта равна 2.0%, по Зегер-Крамеру — 2.4%. Кислотопроницаемость — 10 мм. Пористость по водопоглощению — 0.88%.

Разработки челябинских гранитов ведутся в многочисленных каменоломнях, как, например:

1) В Горловском районе, к северу, западу и югу от Челябинска, где выступают в изобилии мелкозернистые, частью порфировидные, серые, розовые и красные граниты; 2) между Южно-Уральской ж. д. и Уфимским трактом — район сплошных каменоломен и естественных выходов разнообразных гранитов; 3) в многочисленных выходах гранитов и гранито-гнейсов к югу и востоку от Южно-Уральской ж. д. и к западу от оз. Смолина; 4) в районе между р. Миассом и Уфимским трактом, где выступают серые граниты.

Рукописный отчет А. Ф. Шкилева (1933) дает подробную характеристику мощному месторождению светлосерого и розоватого гранита, частично переходящего в гранофир, у разъезда *Шерини* Южно-Уральской ж. д., в 6 км от Челябинска. Гранит разбит довольно правильной сетью трещин, разделяющих его на грубопластовую отдельность в виде плит, поставленных на голову. Этот тип отдельности дает возможность извлекать монолиты размерами 1×1.5×2 м, пригодные для бутовой кладки, шоссе, мостовых устоев и т. п. Механические качества гранита колеблются в довольно широких пределах: 1217—2170 кг/см².

На западном склоне хребта нужно отметить *Бердяушский массив* раппакви, розового — в середине, серого — по окраинам, с вкрапленниками розового ортоклаза, окаймленного зеленым олигоклазом. Минералогический состав: кварц, альбит, зеленая роговая обманка.

Гранитные выходы восточного склона исследованы недостаточно. Единственным хорошо изученным массивом является интрузия горы *Магнитной*, среди порфиритов, туфов и известняков визейского возраста (C₁²). Граниты представлены несколькими разностями лейкократового типа. Розовый лейкократовый среднезернистый гранит горы Березовой сменяется у северо-западного подножья кирпично-красным; наблюдаются также порфировидные разности. Кварц в этих гранитах присутствует или в виде зерен или в микропегматитовых сростках с полевыми шпатами; плагиоклаз — от № 20 до 37, иногда — альбит; калиевый и кали-натровый полевые шпаты — в различных количествах, иногда преобладают над остальными.

На восточном склоне следует отметить еще гранитный массив *Троица* (Кочкарский). В главной массе — это среднезернистый, двуслюдяной гранит, переходящий по окраинам в биотитовый; местами сопровождается гнейсами и содержит выходы пегматитов, аплитов, гранит-порфиров. Минеральный состав гранита: кварц, мутный ортоклаз (частью мусковитизированный), плагиоклаз, микроклин, биотит, мусковит. Детально массив не изучен, так же как и описанный Н. Н. Горностаевым массив к западу от Полтавки.

Чкаловская обл. В. Кодоурек и Н. Обуховский (1933) указывают месторождение гранодиорита и диорита по р. Суюндук, в 5 км выше с. Кваркена в Халиловском районе. Оренбургская ж. д. ведет разработки гранодиоритов у станций Айдырля и Шильда. Диорит добывается у станций Орск и Халилово.

Северный Кавказ

Северный Кавказ является областью колоссального распространения гранитов. Их обнажения выступают с перерывами по Главному хребту на протяжении почти 900 км. Главная масса гранитов сосредоточена в районе между верхним течением р. Белой и Военно-Грузинской дорогой. Они исследованы лишь отчасти и очень не полно.

К докембрию относятся серые и красные граниты, интрузирующие мощную свиту кристаллических сланцев в верхних бассейнах рр. Кубани, Лабы, Белой (Краснодарский край и Карачаевская авт. обл.). Как промышленно интересные С. П. Кривохатский (1935) отмечает серые и красные граниты по р. Белой между с. Хамышки и с. Даховской, близ с. Сахрай, по р. Бескес, на горе Флинт и др. (Краснодарский край). *Даховское* месторождение (отмечавшееся еще в старой сводке А. Н. Гейслера, 1927) относится к числу наиболее удобных для разработки из всех, донные известных на Северном Кавказе. Запасы гранита, пригодного как для рваной продукции, так и для штучного камня (облицовочных плит, ступеней, колонн и т. п.), здесь неисчерпаемы; условия для добычи вполне благоприятны. Даховский гранит, кратко описанный М. В. Заленским (1935-1), представляет из себя розовую, частью светлосерую крупнозернистую породу из кварца, ортоклаза, плагиоклаза, биотита и частью мусковита. Массив имеет вид острова, до 8 км в длину и 4 км в ширину, среди юрских отложений и кристаллических сланцев. Как отрицательную особенность массива М. В. Заленский отмечает сильное развитие в нем сбросо-сдвигов и густой сети микротрещин. Массив в изобилии прорезан также мощными (до 10 м) жилами аплитов и пегматитов.

А. Н. Гейслер (1927) отмечает еще следующие пункты выходов гранитов: урочище Умнырь в верховьях р. Лабы; Старое Жилище на р. Казгыч (приток р. Зеленчука); р. Кубань близ р. Индыш. Эти месторождения могут дать хороший строительный камень в случае развития железнодорожной сети.

Прекрасными декоративными (возможно также, кислотоупорными) качествами отличаются высокогорные граниты бассейна рр. Теберды и Кубани (Карачаевская авт. обл.). Так, например, в «Известиях» (1939) был отмечен серебристо-серый гранит *Улуу-Кама* близ с. Хурзук. Этого типа граниты выступают на многих, к сожалению, не всегда легко доступных высотах Карачая.

Двигаясь отсюда в восточном направлении, мы пересекаем область развития эопалеозойских мясокрасных, отчасти серовато-розовых биотитовых гранитов, выступающих по рр. Малке и Муште (Кабардино-Балкарская АССР). Далее, в районе Эльбруса, лежит огромный лакколит докембрийского гранита. Вся эта область исследована недостаточно. Заслуживают внимания небольшие выходы гранитов по р. Лакооновке, в 10—12 км

от Кисловодска. С. Чарноцкий (1924) отмечает также месторождение Эш-какой, расположенное, однако, на значительной высоте. По сведениям П. Козорезова и И. Филимонова (1935), лакооновский (в сводке П. Козорезова — аликоновский) гранит обладает средним сопротивлением сжатию: вдоль образца — 1707 кг/см^2 , поперек — 1287 кг/см^2 ; объемный вес — 2.62, влагоемкость — 0.36. Гранит выдерживает 25 замораживаний.

В Кабардино-Балкарской АССР встречаются многочисленные выходы молодых, кайнозойских гранитоидов (кавказитов, по Д. С. Белянкину); эти светлосерые, порою почти белые, необычайно свежие санидиновые породы обнажаются в районе ледника Дых-су, в верховьях рр. Терека, Ардона, Уруха, в районе горы Тепли, Колка-Хок и др.

В Казбекском районе в сложении Главного хребта большую роль вновь играют докембрийские граниты. Средне- и крупнозернистым, отчасти порфировидным гранитом сложен крупный Дарьяльский массив (Чечено-Ингушская АССР), разделяемый Терекон на две части: северную, собственно Дарьяльскую (площадью $8 \times 4 \text{ км}$), и южную Гвилетскую (Кистинскую — $1 \times 1 \text{ км}$); светлосерая среднезернистая разность дарьяльского гранита показала, по данным С. И. Чарноцкого (1924), сопротивление сжатию — 3875 кг/см^2 .

Возможно, что известное промышленное значение получают граниты Садонского докембрийского массива с очень разнообразным петрографическим составом — от чисто гранитовых, лейкократовых, до адамеллитовых, банатитовых и гранодиоритовых типов. Близким к Садонскому массиву является Фаснальский, составляющий его северо-западное продолжение.

Закавказье

Грузинская ССР. Очень богата гранитами западная Грузия. Граниты различного возраста входят в состав так называемого Дзирульского гранитного массива, занимающего площадь в 1200 км^2 на водоразделе между бассейнами рр. Куры и Риона. Петрографический состав этого громадного массива, как показали исследования Д. С. Белянкина, И. Г. Кузнецова, Г. М. Смирнова, А. А. Твалчрелидзе и др., очень сложен. Собственно гранит представлен здесь двумя генерациями: светло- и темносерыми докембрийскими, частью порфировидными и красными эопалеозойскими гранитами. Первые принадлежат к плагиоклазовому типу; красные граниты, наоборот, характеризуются преобладанием микроклина, всегда очень свежего; они богаты кварцем, образующим крупные, круглые, частью как бы оплавленные зерна, частью — мозаичную сетку, цементирующую зерна полевых шпатов. Цветных минералов (главным образом биотит) в красных гранитах мало.

По исследованиям Грузинского отделения ВИМС, в районе Дзирульского массива имеются также и сравнительно молодые (мезозойские) интрузии гранитного и адамеллитового типа — серые, очень свежие санидиновые породы. В качестве строительного и технического материала эти граниты совершенно не исследованы.

В виду практической общности употребления, здесь уместно упомянуть о мощном и отчасти исследованном месторождении сиенита в районе Вакис-Джвари (в Гурии), в 15 км от ст. Махарадзе, по р. Натанеби. Н. Вачнадзе (1937) описывает здесь сплошные обнажения однородной породы с красиво призмическими кристаллами полевого шпата, с временным сопротивлением сжатию — 2090 кг/см^2 .

Н. Вачнадзе отмечает также выходы пригодных для строительства гранитов (и гранодиоритов) в Абхазии: близ хут. «Дядина Отрада»; по рр. Клыпху и Чхалити; в верховьях правого притока р. Амтхел.

В 140 км от Тбилиси (на Батуми) близ ж. д. станции Ципа и села того же названия с давних пор известно месторождение светлосерых кварце-

вых диоритов, являющихся одним из выходов огромной интрузии, охватывающей площадь около 50 км². В массиве наблюдаются три системы трещин: две — крутопадающих северо-западного и меридионального простирания и одна — пологопадающая. Порода отличается довольно высокими механическими качествами (сопротивление сжатию в сухом состоянии — 1100 кг/см², в насыщенном — 955 кг/см²). Запасы очень велики.

По данным С. И. Чарноцкого (1924), граниты, главным образом серые среднезернистые, встречаются в западной части Горийского района, в окрестностях Сурама и далее к северу.

В Восточной Грузии Н. Вачнадзе указывает светлосерые граниты в Дарьяльском ущелье, по р. Тереку (временное сопротивление — 1375 кг/см²), также в районе Храми и Алгети, в окрестностях с. Охкрени и немецкой колонии Розенберг. Красноватые, реже серовато-белые, крупно- и мелкозернистые граниты тянутся по берегам Храми (на границе Тбилисского и Борчалинского районов) у колонии Александергольц на 7.5 км. Небольшие выходы гранита отмечаются также в районе Дамблудского медного месторождения.

Армянская ССР отличается широким развитием гранитных и в особенности гранодиоритовых интрузий, главным образом, молодых. Гранитоидные неинтрузии, описанные В. Грушевым (1930), обнажаются к северу от медного Аллавердского рудника; они сложены средне- и мелкозернистым, частью порфировидным гранодиоритом розоватой окраски. Петрографически близкие к ним породы выступают у с. Арчик, близ ст. Айрум, в 16 км к востоку от Аллаверды, а также в 40 км к югу от медного рудника, в окрестностях ст. Бамбак Закавказской ж. д. Последнее месторождение успело приобрести широкую известность; оно является крупнейшим из разведанных.

Серый бамбакский гранодиорит представлен двумя разновидностями: крупно- и мелкозернистой; последняя отличается особенно ровной структурой, высокой прочностью и прекрасными строительными качествами.

Исследования Закавказского института сооружений дают следующую характеристику бамбакского гранодиорита (табл. 10).

ТАБЛИЦА 10

Физико-механические свойства бамбакского гранодиорита

Карьер	Объемн. вес	Водопоглощаемость		Врем. сопротивл. сжатию, в кг/см ²		Потеря при истирании ¹
		в вес. %	в объемн. %	сухой	насыщенный	
№ 1	2.72—2.73	0.51	1.22	1495	925	1.20
№ 2	2.56—2.57	0.97	2.34	1179	787	1.062

¹ Отношение сноса образца к сносу эталона.

Запасы камня практически неисчерпаемы как в Бамбакском, так и в соседнем с ним Карагезском месторождении, представляющем ряд удобств для выломки крупных блоков.

Разнообразные породы гранодиоритового и граносиенитового типа развиты в Даралагезском районе (к востоку от Еревана). Особо мощным их развитием отличается самая южная часть республики — Сисианский, Кафанский и, главным образом, Мегринский районы.

Все эти породы исследованы лишь в самой малой степени.

Азербайджанская ССР. Точно так же крайне слабо изучены гранодиорито-монцонитовые породы Азербайджанской ССР, сильно развитые в металлоносном районе Кедабека, Заглика, Дашкесана и стоящие в тесном родстве с аналогичными породами Аллавердского района. Близ Кедабека, в окрестностях с. Славянки, выступает крупный массив серых и темносерых крупнозернистых биотито-амфиболовых гранитов, местами порфировидных.

Средняя Азия

В Туркменской ССР известны крупные запасы гранита в Красноводском районе. Удобным местом для разработок, могущих обслуживать Небит-даг, Красноводск и Кара-богаз-гол, являются сложенные гранитами, кератофирами и туфами возвышенности п-ова Шах-Адам и Уфру, в особенности участок на Шах-Адаме за городом к западу от Рыбной станции. Геологически и петрографически район слабо исследован. Гранит, по данным Е. А. Кузнецова, относится к жильному мусковитовому типу. Чрезвычайно сильно развитая трещиноватость красноводских гранитов при отсутствии линий облегченного раскола делает их мало пригодными для брусчатки и штучного камня, но они могут дать большие количества бута и щебеночного материала.

Е. К. Тепкин (1936) описал выходы гранита в Хорезмском оазисе у Ташауза на восточной окраине Туркменской ССР.

Тянь-Шань и Памиро-Алай. Гигантские скопления складчатых зон Тянь-Шаня и Алая, грандиозный горный узел Памира изобилуют бесчисленными и мощными, нередко богато минерализованными интрузиями гранитов. В последние десятилетия они деятельно изучаются (с точки зрения рудоносности). В качестве источника строительного камня могут быть интересны из них лишь части, легко доступные или близкие к крупным населенным пунктам.

Узбекская ССР. На южной стороне Зеравшана, в 17 км к югу от Самарканда, лежит массив серых и красноватых гранитов и гранодиоритов Каратюбе. По данным Я. Висьневского и Н. Лебедевой (1937), граниты Самаркандского района дают хороший строительный камень с временным сопротивлением сжатию свыше 1000 кг/см². Ломки гранита имеются у кишлака Агалык, в сае Келон и других местах.

В северо-западной части республики источником строительного камня может служить крупный палеозойский хребет Султан-Уиздага, сложенный гранодиоритами и гранит-порфирами и подходящий к Аму-дарье. Перекидывающаяся через песчаную пустыню прерывистая цепь каменных островов—Кара-тау, Букан-тау, Нура-тау, Ак-тау включает в себе ряд интрузий гранитов, гранититов, гранодиоритов, кварцевых диоритов; их географическое положение, однако, очень невыгодно.

Таджикская ССР. В этой высокогорной республике пока известно очень немного месторождений, имеющих хозяйственное значение. Я. Висьневский и Н. Лебедева (1937) указывают месторождение Бояк-сай, в 5 км к северу от перевала Джума, где выходит серый среднезернистый гранит, обладающий сопротивлением сжатию в 1373 кг/см².

Заслуживают внимания лежащие непосредственно к северу от Сталинабада и описанные Н. А. Смольяниновым и др. (1936) гранитные поля южных склонов Гиссарского хребта, обнажающиеся в бассейне Зилды — Варзоб. По данным В. С. Мясникова и В. П. Флоренского (Смольянинов, 1936), здесь можно выделить два минералогических и структурных типа гранита: в районе кишлаков Бигар, Гажни и др. лежит поле светлого, частью розоватого и красноватого крупнозернистого гранитита с крупными (до 3—5 см) вкраплениями светлорозового ортоклаза. Состав породы довольно постоянен. В северном гранитном поле между Гушари и р. Снома господ-

ствующее место принадлежит биотито-роговообманковому среднезернистому граниту. В южной части южного поля лежит значительный массив, состоящий, главным образом, из кварцевого диорита.

Киргизская ССР со стороны своих гранитных ресурсов совершенно не изучена. Среди сложных петрографических комплексов, развитых в Ферганском, Алайском хребтах и прилегающих частях Тянь-шаньской обл. и Кашгарии, сводка Е. А. Кузнецова (Кузнецов и Лучицкий, 1936) отмечает наличие многочисленных мелких, иногда более значительных массивов аляскитовых, биотитовых, биотито-роговообманковых гранитов, гранодиоритов, адамеллитов, кварцевых диоритов, а также монцонитов (центральный Алайский массив). Для суждения о хозяйственном их значении еще нет данных.

Необычайно богаты породами гранодиоритовой магмы также северные цепи Тянь-Шаня. Гранитами и гранито-гнейсами сложены седла хребтов Терской-Алатау и Кунгей-Алатау, охватывающих с юга и севера озеро Иссык-куль. Граниты занимают обширные площади на склонах хребтов в виде параллельных им полос. Структурное, текстурное и колористическое разнообразие этих пород необычайно велико. Точно так же в изобилии развиты разнообразные граниты в Александровском хребте и в Зайлийском Алатау, лежащем на границе Киргизии и Алма-Атинской обл.

А. В. Пэк (1940) отметил близ месторождения Ак-тюз (Северная Киргизия) широкую полосу гнейсов — темных среднезернистых и светлых мелкозернистых, легко раскалывающихся на блестящие плитки.

Казахская ССР

Казахстан располагает огромными ресурсами гранитов, распределенными весьма неравномерно и изученными слабо.

В Западно-Казахстанской обл. местность к востоку от Мугоджар сложена гранито-гнейсами и кристаллическими сланцами. По коллекции М. М. Пригоровского И. Г. Кузнецовым описан имеющийся здесь биотитовый светлосерый гранит, состоящий из калиевого полевого шпата, олигоклаза, кварца и биотита с акцессорными цирконом, апатитом и магнетитом. Ближе эти месторождения не изучены.

В центральной части республики необходимо отметить большой, расположенный на стыке Кустанайской и Карагандинской обл. массив Улутавских гор. Массив сложен гранитами, красными в центре, серыми и белыми на периферии. И. С. Яговкин отмечает выходы гранита по р. Кара-Тургай, в окрестностях Кургасынского свинцового месторождения (Кустанайская обл.).

В Карагандинской обл., в 100 км к северо-востоку от Акмолинска, по данным А. В. Глазковской и П. Н. Кропоткина (1940), залегает батолит светлого розовато-серого гранита, принимающего в периферических зонах более темную серую окраску. Химический состав гранита (в %):

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	
62.26	0.49	15.70	2.16	1.87	0.06	2.2	
CaO	BaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Пот. при прок.	H ₂ O+	Сумма
4.04	0.06	3.32	3.35	0.34	1.04	0.23	100.29

• Многочисленные обнажения гранита выступают по берегам р. Салеты и ее притоков Кедея и Ащи-айрык; граниты выступают также на площади всего массива (не менее 250 км²) в виде причудливых скал, щитообразных выступов, бугров, называемых казахами «кой-тас» (стадо овец). С этим батолитом связаны лейкократовые белые и розовато-белые граниты.

Каз. ГРУ отмечает на берегу р. Ишима гряду Уйкуе-Кой-тас, сло-

женную однородным среднезернистым гранитом, местами переходящим в порфировидный. Характер пластовой отдельности сильно облегчает добычу. В Нурынском районе, близ Караганды, строительные граниты имеются в горе Куланды, к западу от пос. Андроновского. В качестве бутового материала могут быть пригодны гранит-порфиры с хорошей отдельностью, залегающие в виде даек между Зеленой Балкой и Бель-Агач. Жилы и штоки плагиоклазового гранита наблюдаются по р. Караганде, Эскулы, Нарсай-тау. В 100 км к югу от Спасского завода, в районе Успенского рудника распространены, по данным И. С. Яговкина, мелкозернистые роговообманковые граниты и лейкократовые гранититы. Сильно развиты граниты также в восточной части Каркаралинского района.

Северные отроги Тянь-Шаня, заходящие в **Южно-Казахстанскую, Джамбулскую и Алма-Атинскую обл.**, богаты залежами разнообразных гранитов, изученными очень слабо. Я. Висньевский и Н. Лебедева (1937) отмечают крупное месторождение розового среднезернистого гранита Ак-таш в хребте Каржан-тау по берегам Аня-сай, в Бостандыкском районе Южно-Казахстанской обл.

В Алма-Атинской обл. сводка А. Барбот де-Марни и А. Сафонова (1934) отмечает в южной части г. Алма-Ата, по руслам рр. Большой и Малой Алмаатинки, Поганки, Весновки и др. (особенно в устье ущелья р. М. Алмаатинки) крупные скопления по преимуществу гранитных валунов, идущих на кладку фундаментов. В Илийском районе аналогичные скопления гранитных валунов имеются в 1.5 км к северу от пос. Каскален. Камень пригоден для облицовки.

Наиболее крупные запасы гранитов сосредоточиваются в северной и северо-восточной частях Казахстана.

Кокчетавский район **Северо-Казахстанской обл.** богат гранитами. Они слагают горы Кокшетау, Тур-Айгыр, Буланды, Беркуты, Джиланды и др. Они развиты по р. Ишиму в месте его крутого поворота на север. По структуре они то грубо-, то мелкозернисты; цвет их сероватый, желтоватый, розовый. Многие исследователи отмечают ярко выраженную в них матрацевидную отдельность. Местами граниты переходят в сиениты.

По данным А. С. Красильникова и С. Н. Идельсона (1936), заслуживает внимания гранитный массив близ оз. Борового.

По исследованиям Н. Г. Кассина, в Баянаульском районе **Павлодарской обл.** широко распространены варисцийские граниты, занимающие 18% площади; южная их полоса тянется на 100 км при ширине 30 км. Крупнозернистые серые и розовато-серые граниты чередуются с розовыми и красными мелкозернистыми гранитами более молодого возраста. Их пластовые отдельности согласны с залеганием окружающих пород верхнего палеозоя. Северная полоса гранитов Баян-аула тянется на 75 км.

Интрузии варисцийских гранитов многочисленны в южной части Экибастузского района.

Необычайно богата породами гранитного типа **Семипалатинская обл.**, составляющая естественное заиртышское продолжение Алтая. Граниты Калбинского хребта (главным образом средней его части) очень разнообразны. К варисцийской эпохе относятся крупнозернистые щелочные граниты. Светлосерые биотитовые и двуслюдяные граниты более поздних извержений слагают горы Сарызек, Чебарчек, у оз. Скалистого и ряд мелких массивов. Все эти огромные залежи едва затронуты научными исследованиями. Небольшая часть их была вовлечена в хозяйственный обиход края. По данным А. Барбот де-Марни (1934), в Бель-Агачском районе ломки роговообманкового гранита производились по ручью Уитас, к юго-востоку от пос. Селшярского. Каменоломни гранита находятся также близ с. Ново-Шульбинского, в урочище Джаксалы, по ручью Рамовка (строительный и жерновой камень); выше пос. Долонского, на левом берегу Иртыша; в

15 км вверх от Семипалатинска, по левому берегу Иртыша, где выступают ровнотерные биотитовые граниты.

В Джарлинском районе известно Бес-Терское месторождение превосходного крупно- и мелкозернистого гранита, пригодного для штучного камня; оно находится в 20 км от ст. Суук-Булак (Турк.-Сиб. ж. д.) и в 1.8 км хорошей проселочной дороги к северо-востоку от с. Ново-Таубинка.

Сибирь и Дальний Восток

Новосибирская обл. Обширной областью развития гранитов является район г. Новосибирска. Самый город расположен на выходах крупной интрузии варисцийского гранита, прослеживаемой в многочисленных разрозненных обнажениях вниз по обоим берегам р. Оби. Интрузия в основном сложена среднезернистыми порфировидными роговообманково-биотитовыми гранитами, переходящими в трондьемиты и кварцевые диориты. Ближайшие к городу части массива изучены хорошо и эксплуатируются в ряде каменоломен. По данным М. К. Бельштерли (1933), каменоломня на берегу р. Каменки (притока Оби) занимает площадь в 1.5 км² при глубине разработок до 40 м. Выходы светлосерого мелкозернистого гранита прикрыты здесь лёссовидным суглинком мощностью до 4 м. В верхней части карьера гранит имеет плитняковую отдельность, причем толщина отдельных плит увеличивается сверху вниз от 1.5 см до 35—40 см; верхние плиты залегают горизонтально, нижние же падают под некоторым углом. Более глубокие части гранита (под плитняковым слоем) имеют почти вертикальную отдельность с углами от 60 до 70°, иногда даже 88°. Расстояние между плоскостями отдельности варьирует здесь от 30 до 80 см, достигая в центральной части карьера, где ведется главная работа, 100 и 150 см.

Ряд каменоломен имеется в непосредственной близости к городу как вверх (Кривошековские карьеры), так и вниз по р. Оби и ее притокам: у нижней окраины с. Колывань, на левом берегу реки, также близ с. Чаусского и по берегу между Колыванью и Дубровиной; много обнажений гранита выступает по берегам р. Ини (левого притока Оби); в 78 км от Новосибирска по Алтайской линии Томской ж. д. плотный среднезернистый гранит разрабатывается тремя каменоломнями; разработки ведутся также несколько выше по р. Ине, в Малковском районе (в 8 км к северо-западу от дер. Локтинской — Куйбышевский карьер), и еще выше по той же реке в Маслянинском районе, в окрестностях дер. Старо-Гутовой среди диабазов и авгитовых порфиров. По данным Зап.-Сиб. ГУ (1938 г.), разработки ведутся в Ояшинском районе против ст. Ояш; крупнокристаллический гранит с временным сопротивлением сжатию 1540 кг/см² выламывается в Бибеевском бору на берегу Оби (75 км от Новосибирска); ломки порфировидного гранита имеются также по правому берегу р. Ояш в 5—6 км от дер. Бибеевой.

Некоторые из близких к Новосибирску гранитов были испытаны на сжатие: кривошековский гранит показал 1526 кг/см², бибеевский — 1552 кг/см², ояшские — 1330—2116 кг/см².

Та же сводка Зап.-Сиб. ГУ кратко отмечает промышленные месторождения гранита в восточной части области, в бассейне р. Кии (левый приток Чулыша): по р. Юре, притоку Кии (Маршанский район) и близ дер. Чумай на берегу Кии (Чебулинский район) (ломки гранита и диорита).

Алтайский край. Внутренние гранитные ресурсы Алтайского края более или менее освоены лишь в частях, тяготеющих к крупным культурно-хозяйственным центрам. Высокогорные части Рудного Алтая, Шории и Ойротии лишь медленно и постепенно втягиваются в народнохозяйственный обиход.

Цитированная выше сжатая сводка Зап.-Сиб. ГУ (1938 г.) указывает ряд месторождений в северных районах края. В *Троицком районе*, в 40 км

к востоку от ст. Белая Речка (120 км на юго-восток от Барнаула) находятся Горновские карьеры высокосортного мелкозернистого биотитового гранита, обладающего временным сопротивлением сжатию в 1795 кг/см^2 и выдерживающего 25 замораживаний. Выходы гранита, удобные для разработки, обнажаются на тракте Тогоул — Бийск у с. Еланды (Тогоульский район).

В *Бийском районе* выходы гранита (временное сопротивление сжатию $1160\text{—}1260 \text{ кг/см}^2$, выдерживает 25 замораживаний) имеются на р. Песчаной, притоке Катуня. В *Смоленском районе*, по рч. Чурилке (притоку р. Ануя) гранит добывается на выделку жерновов. Крупные месторождения гранита отмечает Зап.-Сиб. ГУ в западной части *Старобардинского района*, у с. Сростки. Вообще верхний бассейн р. Бии необычайно богат гранитами. По свидетельству Г. Д. Афанасьева (1934), здесь обнажается гранитный массив площадью около 2000 км^2 . Часть этого массива выступает по правобережью, в основном же он располагается по левому берегу р. Бии. Кварцево-ортоклазовые, бедные цветной частью крупнозернистые серо-розоватые граниты отличаются хорошей матрацевидной отдельностью. Обнажения очень однородного гранита выступают по рр. Каратайке, Ише, Уймень, по правому коренному берегу р. Бии; ими сложен массив горы Синюхи, на вершине и склонах которой обнажаются розово-серые и красноватые малослюдистые граниты с великолепно развитой параллелепипедальной отдельностью.

В *Уч-Пристанском районе* Зап.-Сиб. ГУ отмечает мелко- и среднезернистый строительный гранит по р. Чарышу, близ с. Усть-Журавлихинское; в *Усть-Калманском районе* по р. Чарышу, в 9 км от с. Журавлихи, у пристани Палатки обнажается прекрасный строительный, облицовочный и жерновой гранит. Крупнозернистый порфировидный гранит разрабатывается в 2 км от с. Усть-Калманки, в 55 км на северо-запад от ст. Алейской Алтайской линии Томской ж. д.

В *Змеиногорском районе* выходы и разработки гранита имеются в 15 км к северо-западу от Колыванской фабрики (Плитный Ключ); по рч. Секировке, в 1.5 км к юго-востоку от дер. Саушки; в горах Холодильник, Крутой и Плитняжной, между рч. Березовой и Корбалихой (Змеиногорские месторождения); в Мохнатых горах, в 2 км к юго-западу от Змеиногорска.

В *Залесовском районе* обнажения гранита (временное сопротивление 989 кг/см^2) тянутся на большое расстояние по берегам рч. Жерновки, в 3 км от с. Залесово.

В *Локтевском районе* известна Хуторская каменоломня гранита, в 6.4 км от с. Локтевского. Крупные месторождения гранитов имеются также в Талицких и Тигирецких Белках.

Красноярский край. Разнообразные породы гранитового семейства (граниты, гранодиориты, адамеллиты, банатиты) играют очень видную роль среди многочисленных интрузий Кузнецкого Ала-тау, Западного и Восточного Саяна, Восточно-Минусинских и других гор. Среди них можно лишь бегло наметить части, более или менее близко подступающие к железнодорожным или водным путям сообщения и крупным населенным пунктам.

Многочисленные выходы гранитов пересекаются Ачинск-Минусинской линией Красноярской ж. д., между станциями Уйбат и Сон. Крупные штоки гранитов и красных сиенитов среди кристаллических известняков обнажаются в долине Малой Ербы. Между станциями Сон и курортом Шира железная дорога идет, по свидетельству Я. С. Эдельштейна (1937), в долинах среди сплошных выходов гранитов. Несколько гор, сложенных породами гранитной семьи, отмечает А. А. Васильев в средней части кряжа Арга, тянувшегося параллельно Красноярской ж. д., между станциями Итат и Чернореченской.

В. Федоров (1934) и др. указывают на интересное месторождение гранитов и гнейсов по рч. Подкаменной у с. Никольского (Балай) в 5 км от ст. Балай. Образцы гранита выдерживают на сжатие 1498 кг/см^2 .

В районе Красноярска, в знаменитой «трубе» р. Енисея, пересекающей Красноярский хребет, довольно сильно развиты средние и щелочные породы (гранито-сиениты, гранодиориты, рибекитовые граниты). А. М. Вологдиным (1937) описана значительная интрузия гранодиорита, обнажающаяся по обоим берегам Енисея, в 50—60 км вверх от Красноярска в районе Шумихинского займища. Выше займища гранодиориты тянутся по берегам Енисея на 1.5—2.0 км. Еще выше по Енисею крупная интрузия лейкократовых гранитов лежит в районе гор Большой и Малый Имир недалеко от впадения р. Убей.

Иркутская обл. и Бурят-Монгольская АССР. Двигаясь от Красноярска на восток, в Восточном Саяне мы вновь вступаем в область крупнейших интрузий гранитной и гранодиоритовой магмы; их отдельные пятна, как отмечают А. Вологдин и Р. Вялов (1937), «измеряются тысячами квадратных километров». Мощные интрузии гранитов, гранодиоритов, монцонитов развиты в Прибайкальском районе от юго-западных берегов Байкала до р. Витима, между Муей и Ципой; бесчисленные обнажения их выступают в откосах Кругобайкальской ж. д. Точно так же чрезвычайно богата гранитами Селепгинская Даурия. Однако, сведения об этих гранитах крайне бедны и отрывочны. Практическое знакомство с ними, как с источником строительного камня, относится, главным образом, ко временам проведения Сибирской магистрали. В то время гнейсы и граниты восточной части Иркутской области, от ст. Байкал до границы с Бурят-Монгольской АССР разрабатывались довольно интенсивно в многочисленных каменоломнях, часть которых с 1929 г. начала работать вновь. Вышедшая недавно сводка А. И. Горавского (1939) отмечает несколько месторождений гранита по Байкальскому побережью. Ни одно из них не разведано. В настоящее время из них разрабатывается на брусчатку и щебень Лиственичинское месторождение (близ селения того же названия, в устье пади Банной), сложенное среднезернистым биотито-роговообманковым гранитом. Мелкозернистый биотитовый гранит Крестовского месторождения на берегу Байкала, в 1 км к северо-северо-востоку от Крестовского мыса, разрабатывался на поделку жерновов.

В Бурят-Монгольской АССР, от Слюдянки до Улан-Удэ расположен ряд каменоломен, также интенсивно работавших в период постройки Забайкальской (ныне им. В. М. Молотова) ж. д. А. И. Горавский (1939) перечисляет (очень кратко) около двух десятков месторождений, частично разрабатываемых в настоящее время. Повидимому, наиболее значительным из них является Мишихинское, между ст. Мишиха и Мысовая Восточно-Сибирской ж. д., — крупный массив, простирающийся до хребта Хамар-Дабан и сливающийся с ним. Западная часть массива сложена мелкозернистыми, восточная — крупнозернистыми плагиоклазовыми гранитами, обладающими объемным весом от 2.60 до 2.78 и временным сопротивлением сжатию от 1310 до 1905 кг/см². Запас гранитов подсчитан в количестве 13 млн. м³ (категория С). Месторождение разрабатывается для строительных целей. Эксплуатируется в настоящее время также крупное Заиграевское месторождение (близ ст. Заиграево), являющееся гранитным отрогом Яблонового хребта. Заслуживают внимания также Джидинское месторождение гранита, пригодного для жерновов (на водоразделе падей Дабатык и Н. Булык), а также ряд месторождений гнейсов — превосходного материала для стеной кладки, тротуаров и т. п.; к последнему типу относится месторождение светлых желтовато-розоватых, делящихся на крупные плиты гнейсов в верховьях пади Хапчеранга, в 8 км к северо-востоку от г. Кяхты.

В 16—18 км к юго-востоку от Улан-Удэ в широком масштабе разрабатывался серый и красноватый гранит пади Баядоновой, непосредственно у дороги (сильно песчаной). В 1929 г. для Дома Советов г. Улан-Удэ была

возобновлена разработка бесплюдного крупнозернистого и красноватого гранита в пади Воровской, в 24 км на юго-восток от города, в 5 км от Николаевского винокуренного завода.

Читинская обл., переполненная складками Монголо-Охотского пояса, с мощными интрузиями гранитов, с их рудами и скоплениями самоцветов, с их необычайной по богатству, напоминающей Урал минерализацией — изучена совершенно непропорционально своему промышленному значению. Геологический материал, собранный здесь многочисленными исследователями, отрывочен, противоречив и, как указывает В. И. Лучицкий (Кузнецов и Лучицкий, 1934), почти не подвергался петрографической проработке.

Из 37 месторождений гранита, кратко описываемых в сводке А. И. Горавского (1939), большая часть разрабатывалась на бут, щебень и штучный камень при постройке Сибирской магистрали. Разведаны среди них лишь два—три месторождения, как, например, Гыршелунское, близ разъезда Гыршелун ж. д. им. В. М. Молотова, с запасом в 135 тыс. м³; Атамановское, близ ст. Атамановка, с запасом в 297 тыс. м³; Петровскозаводское месторождение сиенита на Змеиной сопке, в 1 км к северу от ст. Петровский Завод, с запасом в 394 тыс. м³, и некоторые другие. Заслуживает внимания присутствие белых разностей среди розовых гранитов Иондинского месторождения, в 4 км от Бакачачинских каменноугольных копей.

Несомненно, что запасы гранитов всевозможных типов в области громадны, и распространение их повсеместно.

Якутская АССР является областью колоссального распространения гранитов, изучение которых, однако, началось в сравнительно недавнее время. Огромные гранитные массивы залегают в Олекминско-Витимском районе; крупнейшее значение имеет среди них золотиносный белый биотитовый гранит, переходящий местами в биотито-роговообманковый. Богат разнообразными гранитами также Алданский район, где, кроме докембрийских красных аляскитовых гранитов, широко развиты интрузии послелюрских порфировидных светлосерых гранитов. Еще более богаты гранитами разнообразных типов центральные и северные части этой обширной республики; изучение их уже привело к весьма интересным результатам, однако данных для оценки якутских гранитов, с точки зрения их пригодности для строительных целей, еще не имеется.

Приморский и Хабаровский края. Колоссальное количество гранитов всех возрастов и типов включает в себе Амурско-Приморский район, охватывающий огромные пространства с хребтами Буреинским и Мало-Хинганским, с мощной приморской грядой Сихотэ-алинь, северными цепями Станового хребта и вулканической областью Камчатки. Эта огромная территория также изучена лишь в немногих своих частях и то крайне неполно. Разработка гранитов велась sporadически близ железной дороги и у крупных населенных пунктов. В частности, ломки хорошего строительного гранодиорита известны у ст. Корфовка Амурской ж. д. в 38 км от Хабаровска. Месторождение разведано Дальгеотрестом и описано Н. В. Медведевым (1937).

5. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ГРАНИТА

Господствовавшие еще недавно грубо экспериментальные приемы исследования месторождений гранита все более сменяются в последнее время методами комплексного изучения, стремящегося осветить месторождение с точки зрения его гео- и литологии, особенностей залегания гранита, его генетического типа, состава, текстуры и структуры, степени сохранности и связанных со всем этим физико-технических свойств.

Для практических целей прежде всего необходимо удостовериться в размерах и технической благонадежности месторождения. Обычная для гранитов батолитовая форма залегания и большая однородность состава часто сводят эту задачу к отысканию участков, удобных для открытых работ, с небольшими наносами, с наименьшим развитием процессов выветривания.

При разведке месторождения, рассчитанного на крупный опорный карьер, требующий запаса в 2—3 млн. м³, разведочные работы охватывают площадь в 15—20 га; на этой площади закладываются по определенной сетке 4—5 скважин механического колонкового бурения, околонтуривающих месторождение, в расстоянии 250—300 м друг от друга и глубиной 20—25 м. Между этими скважинами, по 100-метровой сетке, располагаются скважины ручного ударного бурения или шурфы для выяснения мощности наносов и глубины выветрелой зоны. Центральные и некоторые краевые шурфы проходят и в свежем граните на 0.5—1.5 м с целью выемки проб.

Геофизические методы. Полезным средством для предварительной качественной оценки гранитного массива, для суждения об его размерах и особенностях залегания служат геофизические методы. Интересные работы М. А. Заблоцкой (1937) на Мочищенском месторождении гранита (близ Новосибирска) показали, что массивный гранит обладает более высоким электросопротивлением, чем рыхлые породы, и что магнитная восприимчивость монолитного гранита больше, чем у продуктов его разрушения и у осадочных пород. Таким образом, с помощью магнитометрии можно определить общий контур массива, проследить его контакт с вмещающими породами.¹ Электроразведка уточняет данные магнитометрии об элементах залегания; ошибка в определении глубин массива даже при беглой полевой обработке не превосходит в среднем 15—25%. Интерпретация геофизических данных корректируется параметрическими замерами на всех естественных и искусственных обнажениях породы, а также путем зондирования, заложения пробных шуров и т. п. Более детальные приемы электропрофилирования дают возможность дифференцированной оценки массива с качественной стороны. Так, электрометрические замеры на Мочищенской сопке показали, что наиболее высокие сопротивления — порядка 2000—3000 ом — соответствуют крепкому массивному граниту; сопротивления в 1000—2000 ом приурочиваются к раздробленным, трещиноватым, рассыпающимся от удара молотка породам; сопротивления ниже 1000 ом говорят о совершенном (от щебня до глины) разрушении гранита. Легко видеть, в какой мере геофизическое обследование месторождения полезно для сосредоточения последующих вскрышных и эксплуатационных работ на заведомо благонадежных «высокоомных» участках.

Изучение трещин отдельности. В числе необходимых методов предварительного исследования гранитного массива видное место принадлежит изучению рассекающих его трещин отдельности, их протяженности, направления, взаимных пересечений, их расстояния друг от друга, правильности образуемых ими плоскостей и форм отдельности. Тот или иной характер трещиноватости предопределяет практическое использование месторождения, и умение распознавать различные системы трещин является обязательным условием его правильной оценки. Изучение тектоники массива достигается путем многочисленных наблюдений-замеров, наносимых графически на специальную диаграмму.² Сводная диаграмма (роза трещин) дает направле-

¹ По словам В. А. Катяева (1934), примененные к микросъемке на месторождениях Ольховского золоторудного района z-весы Шмидта четко отбивают контакты гранита с известняками.

² Сущность построения такой диаграммы состоит в следующем. От некоторого центра проводят радиусы через каждые 5° и на них в произвольном (но одинаковом для данной диаграммы) масштабе откладывают от центра количество трещин данного про-

ние господствующих трещин. Рядом с этим суммируются наблюдения за линейной текстурой гранита, главным образом за явлениями так называемого растяжения (*Streckung*), т. е. чередования ориентированных в определенном направлении полос неодинакового сложения и окраски (зависящих от неодинаковых количеств биотита или неодинаковой зернистости породы).

При исследовании трещин отдельности не только замеряются элементы их залегания, но и отмечают: их характер (прямолинейный, ровный и т. п.), природа заполняющего их материала, густота образуемой ими сети. Нужно фиксировать не только ясно видимые, но и скрытые волосные трещины. Они или обнаруживают себя при ударе молотком, или выступают в выветрелых частях породы. Для лучшего их распознавания в полевой лаборатории применяется окрашивание цветными растворами: 4% раствором нигрозина в спирте, водным раствором метиленовой синьки, марганцево-кислым калием или берлинской лазурью — для светлоокрашенных, флюоресцином — для темноокрашенных гранитов.

Направление господствующих трещин и преобладающего растяжения определяет наиболее выгодные для эксплуатации направления карьера. Залежи с правильной системой трещин отдельности в общем довольно редки.¹

Для детального изучения тектоники массива, равно как и для всестороннего ознакомления с составом и свойствами гранита, необходим отбор многочисленных образцов.

При выемке проб для технического испытания необходимо, как рекомендует инструкция Н. П. Малюкова (1932), точно фиксировать направление трещин и отмечать их на образце таким образом, чтобы при последующем изучении образца, ориентируя последний относительно стран света, можно было установить все существующие в массиве направления трещин.

Методы лабораторного испытания гранита являются, в большинстве, общими для всех изверженных пород и рассматриваются в статье Каменныестроительные материалы. Здесь вкратце укажем лишь некоторые виды испытаний, рассчитанные на специфические особенности гранита.

Испытание *огнестойкости* гранита практически ограничивается некоторыми специальными видами его применения (лестничные ступени, подоконники и т. п.). Сущность процессов, происходящих в сложном составе гранита под влиянием накаливания, и крайне разное поведение при этом его компонентов хорошо иллюстрируются интересными опытами М. К. Бельштерли (1934) по нагреванию гранита до различных температур с последующим быстрым охлаждением. Наблюдения Бельштерли показали относительную сохранность гранита при нагревании лишь до 550°;

стирания. Если соединить полученные точки прямыми линиями, то получается довольно отчетливая диаграмма. Такое построение, как отмечает А. В. Пэн, можно провести для количества трещин, для их длины; но эта диаграмма отчетливо отражает только азимут простирания, трещины пологого падения на ней трудно изобразить. Этот недостаток восполняет круговая диаграмма Шмидта, описание которой можно найти в книге А. В. Пэка (1939).

¹ Возведение высоконапорных плотин электростанций придает изучению трещиноватости горных пород, и в частности гранита, характер совершенно специальной, исключительно серьезной и ответственной задачи. Дело идет в данном случае о связи тектоники массива с его фильтрационной способностью, об определении коэффициентов фильтрации и величины фильтрационных потерь. Литературные и практические сведения по этому вопросу крайне скудны. Ценный материал для освещения этой важнейшей и в значительной мере новой проблемы дают работы М. В. Заленского (1935-2) по изучению тектоники и фильтрационных свойств гранита на Хамышской плотине на р. Лабе (Лабинский район Краснодарского края). В виду специального характера расчетов М. В. Заленского, отсылаем заинтересованного читателя непосредственно к его статье.

при более высоких температурах (с последующей закалкой) начинается быстрое разрушение, а затем и сплавление полевых шпатов и биотита и распад кварца на отдельные частицы.

На практике гранитные плитки, закрепленные вертикально на стене специального прибора, испытываются в искусственной «пожарной» обстановке: накалинные до 950° , они подвергаются резкому охлаждению струей воды из брандспойта. Образцы, сохранившие при этом достаточное внутреннее сцепление частиц, считаются пригодными для сооружений, угрожаемых в пожарном отношении.

6. МЕТОДЫ ДОБЫЧИ И ОБРАБОТКИ ГРАНИТА

Как общее правило, гранит разрабатывается открытыми работами. Выбор каменоломни определяется данными разведки и предварительного изучения гранита.

Работы начинаются со снятия наносов ручным способом или с помощью экскаватора. Снимается также верхний, более или менее выветренный слой гранита. Получаемые при этом отбросы необходимо сваливать так, чтобы они не могли помешать будущему развитию каменоломни.

Способы ломки варьируют в связи с особенностями карьера, а также и с назначением добываемого материала. Крупные взрывные работы применяются с выгодой, когда нужно получить камень для бута и щебня. Для этого пробивают глубокую коленчатую минную галлерею, заканчивающуюся камерой; закладывают огромный (до нескольких тонн) заряд пороха или другого взрывчатого вещества, заделывают камеру кирпичом на цементе, заваливают галлерею камнем и производят взрыв. Опыт такого обрушения был сделан в 1937 г. на Корбинском гранитном карьере (Днепропетровск), где с помощью пробитого заранее колодца (шурфа) была обрушена масса гранита, давшая 2825 м^3 камня. В новейшей практике союзных каменоломен такой способ добычи уже не является редкостью. Опыты В. Мамаенко и А. Гальперина (1939) на Гниваньских карьерах показали, однако, что применение массовых обрушений должно строжайше сообразоваться как с особенностями месторождения, так и, главным образом, с назначением добываемой продукции.

Обработка гранита, соответственно с назначением, сводится к весьма разнообразным формам ручного или машинного труда (см. *Строительные камни*). Труднейшей формой является выработка и отделка всевозможных архитектурных декоративных и художественных форм.

Ручная распиловка гранита является крайне непроизводительным и отходящим в прошлое видом работы. Она ведется с помощью полосы котельного железа различной длины, толщиной до 2,5 мм и шириной от 12,5 до 25 см. На распиловку таким образом 1 м^2 гранита средней твердости требуется от 200 до 260 час.

При *шлифовании* на кованую или пиленую поверхность гранита насыпают кварцевый или стальной песок и растирают чугуном утюгом, сглаживая неровности; большой эффект достигается при работе карборундовым или наждачным бруском. Шлифовка дает гладкую, но не скользкую матовую поверхность и для некоторых изделий из гранита является заключительной стадией работы (краскотерочные вальцы и др.).

Вендом обработки камня является *полировка*, процесс которой отличается от шлифования только большей тщательностью и применением более тонких абразивных средств (мелкозернистого наждака, трепела и др.). Полировке иногда предшествует «подправка» камня, т. е. искусственное заполнение поверхностных трещинок, щербин и «цапин» от выкрошившихся при обработке зерен гранита.

Механическая обработка гранита, достигшая за последние десятилетия

громадных успехов, может быть сведена к двум типам: ударной обработке и шлифованию. Случается, что при подготовке гранита к полировке ударный инструмент оставляет в некоторых кристаллах трещины. Эти повреждения остаются незамеченными, камень идет в шлифовку и полировку, и при окончательной его отделке поврежденный кристалл выпадает, вызывая необходимость кропотливых и, в сущности, весьма сомнительных искусственных «подправок». Для предотвращения этого рекомендуется прорабатывать подготовленную для шлифования поверхность круглой проволочной щеткой под большим давлением для удаления поврежденных кристаллов.

Для механической распиловки гранита пользуются особым типом ленточных пил, натягиваемых на движущуюся раму. На шотландских камнетесных предприятиях пилой служит гладкая полоса томасовского железа в 23 см ширины и около 6 мм толщины. Лучшим абразивом при этом является стальная дробь (стальмасса) с зернами диаметром в 2.4 мм (8 меш). Скорость опускания пилы 6—7.5 см в час. Последнее десятилетие принесло и здесь крупные усовершенствования. Так, в Эбердине, по сообщению *The Stone Trades Journal*, в 1930 г. была применена для распиловки гранита стальная круглая пила с карборундовым ободом и скоростью вращения до 1200 об/мин. Конструкция машины позволяет ставить пилу под любым углом к изделию; последнее помещается на подвижном столе, который по мере обработки подвигается автоматически или рукой мастера. С помощью этой машины процесс распиловки сравнительно с работой обычной ленточной пилы ускоряется в 5—6 раз. Этого типа машины вводятся в последнее время также и в США.

К массовым видам гранитной продукции принадлежит выработка брусчатки (шашки) для мощения, где, однако, с гранитом конкурирует ряд других изверженных пород (диабаз, базальт, диорит).

Громадное количество гранита перерабатывается на щебень и дресву. Дробление достигается как ручной, так и машинной бойкой. При ручной бойке камень предварительно шплинтуется, т. е. разбивается кувалдами на куски в 15—20 см поперечником; затем бойщики, сидя и зажав ногами крупную глыбу, измельчают на ней расшплинтованный камень молотками в 1.5—2.5 кг весом. Щебень ручной работы, в виду более однообразной формы, считается выше качеством. Однако, масштабы потребления этого вида продукции ведут к быстрой замене ручной бойки механической, достигаемой посредством различного типа камнедробилок.

Сплошь и рядом дробление гранита принимает характер крупнейшего заводского производства. Так, при возведении Днепрогэса работало два завода гранитного щебня, производительность которых доходила до 250 т гранитного щебня в час. Эта производительность еще далеко не является пределом. Один из крупнейших заводов США в Ватсонвиле (Калифорния) может при необходимости доводить выход дробленого и рассортированного на 18 фракций материала до 627 т в час.

7. ГРАНИТНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ЗА ГРАНИЦЕЙ

По объему гранитной продукции, добываемой, ввозимой и вывозимой, первое место в Европе принадлежит *Великобритании*. Ее собственная гранитная промышленность очень развита: кроме обширных, превосходно оборудованных каменоломен Корнуола, Кернарвона, Лейчестера, Эбердина, Лэнерка и др., добыча гранита ведется еще на нескольких десятках месторождений, раскиданных по всей стране. По данным английского *The Quarry Managers Journal*, американского ежегодника *Foreign Commerce Yearbook* и др., общая добыча гранита Великобритании (с некоторой примесью других изверженных пород) характеризуется следующими цифрами (в тыс. т):

1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937
10 671	9753	9352	9010	9198	9931	10 469

Прекрасные серебристо-серые граниты Корнуола, голубовато-серые и красные Эбердина в значительном количестве экспортируются в страны Европы и Америки. Необходимо, однако, иметь в виду, что под видом британского (главным образом шотландского) гранитного экспорта фигурирует значительное количество скандинавских, в особенности финляндских гранитов, ввозимых в Англию и Шотландию в полуобработанном виде. Они отделываются и маркируются на технических мощных заводах Эбердина и поступают затем на рынок под маркой шотландских (известный «Красный Бармораль», «Серый Биркголл» и др.).

По сведениям The Building Times, Англия является крупным потребителем импортного монументального гранита. В 1935 г. в Англию ввезено 9420 т гранита только для памятников; в 1936 г. Англия ввезла строительно-монументального (обработанного) гранита из Швеции — 921, т, Германии — 2489 т, Чехо-Словакии — 2845 т, Финляндии — 7217 т; всего 13 673 т, на сумму 350 тыс. фунт. стерл.

Старейшими и классическими странами-производителями гранита в Европе являются государства, лежащие в пределах великого кристаллического щита.

Швеция, с незапамятных времен строявшая из гранита свои крепости и церкви, с половины XIX в. становится энергичным поставщиком гранита в Европу в связи с быстрым развитием портового и дорожно-мостового строительства. Перед 1914 г. добыча гранито-гнейсов в Швеции достигла 1.4 млн. т; после резкого падения, вызванного войной, она вновь поднялась к 1924 г. до 1 млн. т, из которых около 700 тыс. т было вывезено за границу. Кризис снова привел гранитную промышленность к упадку. В последнее десятилетие началось усиленное объединение и картелирование мелких камнедобывающих предприятий. В последнее время ослабевшая шведская гранитная промышленность, продолжая вывозить (в виде блоков) знаменитые сорта своих облицовочных гранитов, все более специализируется на экспорте брусчатки и клейнпфлястера, вырабатываемых из легко колющихся гранито-гнейсов Гётеборгского округа. Миллионы гранитных пашек вывозятся в Германию (50% всего шведского экспорта), США, Аргентину, Австралию и др.

Ежегодная продукция шведских карьеров 600—700 тыс. т. Количество обработанного камня, вывозимого за границу, по данным цитированного выше американского справочника, таково:

Годы	1932	1933	1934	1935
Тыс. т	283	233	194	120
Тыс. долл.	1312	1046	848	567

Норвегия завоевала почетное место на мировом гранитном рынке с середины XIX в., причем гранитная ее промышленность базировалась, главным образом, на вывозе плит и брусчатки из громадных месторождений Остфольда (в фиорде Осло) в европейские и заокеанские страны. Ряд крупнейших гаваней, как, например, Дувр, Девоншир, также порты Риги, Штеттина, Гамбурга, сооружения Кильского канала были построены из норвежского гранита. Экспорт остфольдского камня достиг максимума в 1913 г. Во время первой империалистической войны он прекратился совершенно; достигнув между 1924 и 1930 гг. нового расцвета, он вновь стал клониться к упадку, вследствие потрясшего капиталистический мир кризиса, а затем — в связи с усилиями многих европейских стран (главным образом Германии) развить собственную гранитную промышленность.

Многие виды норвежской гранитной продукции продолжают играть

на мировом рынке заметную роль. Энергично используются превосходные кислотоупорные граниты Драммен-фиорда, а также широко распространенный как в самой Норвегии, так и в Англии, Дании, Швеции, Франции, Голландии гнейсо-гранит Опдала, исключительно удобный для получения ступеней, плит, бордюра, брусчатки и т. п. Однако, по свидетельству Ф. Марль (Marle, 1935), гранитные карьеры Норвегии выдают в настоящее время не более одной трети того, что могли бы дать.

По данным Foreign Commerce Yearbook (1938), норвежский экспорт обработанного и полупроцессированного гранита выражается следующими величинами:

Годы	1932	1933	1934	1935	1936
Тыс. т	154.5	188.6	289.8	213.5	255.2
Тыс. долл.	902	1011	2096	1637	2063

Финляндия удерживает свое довольно скромное, но прочное место экспортера высокосортных декоративных и строительных гранитов, вывозимых, главным образом, в Великобританию и США; в последних они составляют 40—50% всего гранитного импорта. Как сказано выше, много финляндского облицовочного и монументального гранита маркируется в Эбердине и расходится затем по всем странам под именем шотландского. По американским данным, экспорт финляндского обработанного и полупроцессированного гранита характеризуется следующим образом:

Годы	1932	1933	1934	1935	1936
Тыс. т	4.44	17.7	43.7	49.2	23.2
Тыс. долл.	192	250	592	663	918

Германия начала развивать свою гранитную промышленность сравнительно недавно, но с большой энергией. Стимулом этого развития явилось строительство новых скоростных дорог, основным материалом для которых служат как дробленый гранит, так и, главным образом, клеинишлястер. Начиная с 1933 г., Германия создала для сети своих автострад новую отрасль промышленности — гранитную, поглотившую в одном 1935 г., по данным The Quarry Managers Journal, около 6 млн. фунтов ст. Представление о масштабе развивающейся в Германии гранитной промышленности могут дать приводимые в Steinindustrie und Strassenbau огромные (даже на американский масштаб) цифры: 25.5 млн. т дробленого гранита и 3.7 млн. т брусчатки (в 1936 г.). Кроме гранитов из силезских и саксонских месторождений, Германия импортирует граниты из Швеции, Финляндии и других стран (в 1935 г. — 173.5 тыс. т, в 1936 г. — 191 тыс. т). Значительную часть ввозимых гранитов она, подобно Эбердину, перерабатывает и реэкспортирует в Швейцарию, Голландию, Бельгию, США.

С присоединением Чехии Германия получает новый источник гранитной продукции, характеризуемой (в 1937 г.), по данным Статистического чехо-словацкого ежегодника (1938), солидной цифрой 944 601 т (на сумму в 58 247 крон).

Италия также является солидным производителем гранита, как это видно из следующих данных Annuario Statistico Italiano за 1939 г. (в тыс. т):

1934	1935	1936	1937	1938
108.2	139.3	197.7	170.8	146.6

Большая часть добываемого гранита идет на новое строительство в Риме, Милане и др. Небольшая часть декоративных гранитов района Лаго-Маджоре (Lago Maggiore), Бавено и др. вывозится за границу.

Гранитная промышленность Франции, Швейцарии и других европейских стран не играет заметной роли на мировом рынке.

США обладают наиболее развитой и технически модернизированной

гранитной промышленностью, являясь одновременно мощным производителем и энергичным импортером всех видов гранитной продукции. В добыче различных штатов намечается некоторая естественная специализация. Так, Вермонт поставляет главным образом монументальный мелкозернистый гранит, причем в одном только округе Барри (Barre) было добыто в 1932 г. 45 000 т, в 1934 г. — 48 230 т, в 1935 г. — 50 350 т; в 1936 г. — 58 300 т. Важнейшими поставщиками строительных видов гранита являются штаты Мэн, Нью Гемпшайр, Джорджия, Массачусетс, Висконсин, Миннесота, Северная Каролина. О масштабах потребления строительного гранита дает представление табл. 11.

ТАБЛИЦА 11
Потребление строительного гранита в США
(по данным 1938 г., в тыс. т)

Спецификация камня	1936 г.	1937 г.
Строительный камень:		
сырье строительное	124.0	156.5
» облицовочное	25.9	42.9
обработанный	47.9	50.0
щебень	70.3	101.1
Монументальный камень:		
сырье	151.2	170.4
обработанный	33.5	27.8
Плиты	64.0	66.9
Борт	89.1	66.0
Всего	605.9	681.6
На сумму (в млн. долл.)	11.0	11.5

Кроме указанных количеств гранита, применяемого главным образом в городском строительстве, США потребляет в огромных размерах дробленый гранит. В общем колоссальном количестве потребляемого дробленого камня (базальта, гранита, песчаника, известняка и др. в 1936 г. — 150.3 млн. т, в 1937 г. — 153.3 млн. т) граниту принадлежит примерно $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{15}$ часть. Распределение этого количества между различными видами применения показано в табл. 12.

ТАБЛИЦА 12
Потребление дробленого камня в США

Показатели	1936 г.		1937 г.	
	в т	в тыс. долл.	в т	в тыс. долл.
Навалочный камень	6 155 596	3 565	5 293 333	626.4
Дробленый для шоссе и бал.	6 191 829	7 295.7	5 880 924	7 092.4
Ж.-д. балласт	1 010 711	8 907.9	1 209 905	872.6
Разные применения	40 360	44.8	104 191	149.0
Всего	13 398 496	19 814.3	7 724 353	8 740.4

Кроме своих гранитов, США ввозят гранит из европейских стран. Так, например, в 1935 г. было ввезено из Финляндии 772.15 т, Швеции — 434.2 т.

8. ГРАНИТНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ В СССР

Разработки гранита в России велись с Петровских времен, но ни масштаб их, ни, в особенности, степень изученности месторождений ни в какой мере не соответствовали огромным природным богатствам страны. Сводка добычи строительных материалов за 1911 г. дает для гранита 1 900 тыс. м³. Более поздние данные, приводимые Н. П. Малюковым, характеризуют добычу гранита в 1913 г. цифрой 1 808 446 т, т. е. всего около 500 тыс. м³. Преобладание в этой добыче принадлежало украинским карьерам, давшим в 1913 г. 1 247 488 т гранита в виде бута, щебня и частью мостового камня. Некоторым распространением пользовался гранит в качестве монументального и облицовочного камня, причем в этой области господствовали финляндские и частью импортные граниты.

После революции добыча гранита восстанавливается. В 1924/25 г. добыто 260 тыс. т, в 1925/26 г. — 645 тыс. т, в 1926/27 г. — 960 тыс. т. Первое место среди производящих районов как по количеству, так и по качеству материала попрежнему принадлежит Украине; за нею следуют Урал и Карело-Финская ССР. Быстрое развертывание строительства, в особенности дорожного, обнаруживает громадную потребность в гранитах. В течение нескольких лет Комиссия по изучению естественных производительных сил (КЕПС) при Академии Наук СССР, объединившая лучших знатоков природного камня, выпустила — в виде серии «Каменные строительные материалы» — ряд специальных работ, посвященных восстановлению и радикальной реконструкции нашей камнедобывающей и, в частности, гранитной промышленности. Однако, по замечанию М. А. Карасика (1930), еще в 1928/29 г. в СССР не было ни одной достаточно мощной организации, которая могла бы обеспечить строительство гранитными материалами (плиты, бут, щебень и пр.) в требуемые сроки и по приемлемым ценам.

Тем замечательнее представляется быстрый рост нашей гранитной промышленности в течение последующих 5—6 лет. Эти годы ознаменованы невиданными прежде размерами добычи и потребления гранита, несравнимыми с приведенными выше цифрами прошлой его добычи. К сожалению, дать сколько-нибудь точные величины современного потребления гранита за отсутствием статистического учета невозможно. Как правильно указывает А. Барышев (1931), особенность рынка естественных строительных материалов «состоит в том, что ряд потребностей и ряд заготовок нерудноископаемых не включаются в общий товароборот, а удовлетворяются за счет самозаготовок или местного ограниченного оборота. Самозаготовкой удовлетворяется подавляющее большинство объектов строительства, не охватываемых учетом и планом». Кроме того, как справедливо указывает М. П. Субботин, очень многие областные и даже республиканские карьеры и тресты входят организационно в состав хозяйственных органов, ведающих строительными материалами вообще, т. е. и камнем, и кирпичом, и глиной и т. п., и дающих о них суммарные сведения (подобно тому, как в тарифах ж.-д. перевозок обычно фигурирует «камень всякий»).

Таким образом, широкий масштаб современного потребления гранита может быть лишь более или менее иллюстрирован отдельными примерами.

Представление о масштабах потребления каменных материалов одними только железными дорогами Союза могут дать несколько цифр, приводимых А. Наумовым (1931), для настоящего времени, вероятно, уже довольно скромных. В промежуток от 1924 по 1929 и 1931 гг. некоторые железные дороги потребляли следующие количества (табл. 13).

Огромен масштаб потребления гранита при сооружении автодорог, шоссе и др. По расчету А. Н. Гейслера (на основании американских материалов), количества дробленого камня, требующиеся на 1 км пути, составляют, в зависимости от глубины и ширины балластного слоя, от 655 до 6550 т.

ТАБЛИЦА 13

Потребление гранита некоторыми железными дорогами СССР (в м³)

Районы потребления	1923/24	1924/25	1925/26	1926/27	1927/28	1928/29	1929/30	1930/31
Урал								
Камень. .	—	845	3 368	7 989	11 200	12 808	—	—
Щебень. .	—	1 328	7 800	36 759	45 199	50 254	—	—
УССР								
Щебень. .	15 280	16 463	19 800	405 260	668 000	902 400	—	—
Закавказье								
Щебень. . {	9 000	20 000	27 000	36 000	100 060	109 000	118 060	111 060
	36 000	85 000	81 060	132 060	390 060	665 000	772 060	708 060

Колоссальное количество камня потребляют технические стройки последних лет. При сооружении первой в Союзе, сравнительно небольшой Волховской гидростанции было употреблено на кладку и перемычки 25 тыс. м³ (36 250 т) бутового гранита. На строительство 128-километрового канала Москва—Волга было (не считая более 5 млн. м³ гравия и 110 млн. шт. кирпича) употреблено, по некоторым данным, около 2 млн. м³ (более 5 млн. т) камня, т. е. более половины всего количества гранита, потребленного США в 1937 г. (около 7 млн. т).

Потребление обработанного гранита в Союзе также выросло со сказочной быстротой. В 1930 г. постройка мавзолея В. И. Ленина явилась большим событием в истории нашего каменного дела. Впервые возводилось сравнительно крупное сооружение целиком из крепких пород союзных месторождений: Лезниковского, Жежелевского, Шокшинского и др. Впервые в это время б. Минералрудом были собраны распыленные кадры мастеров камнетесов, привлечены немногие специалисты и организованы в довольно широком масштабе добыча и обработка облицовочного камня. Следующим шагом в этом направлении была облицовка сверху донизу светлым наталевским гранитом огромного здания нового Московского телеграфа. Одновременно в ряде городов закладываются новые здания с широким применением гранита — на ряду с его расходом в качестве бортового, ступенного и мостового камня. Облицовка гостиницы «Москва» потребовала в 1934 и 1935 гг. 2590 м² гранитных плит. При облицовке полированным и тесаным гранитом надземных вестибюлей первой очереди метро было уложено 1500 м². Гранитные работы, укладка ступеней с бортовыми камнями были произведены на протяжении 13 км. В 1935 г. для московских набережных потребовалось около 100 тыс. м² тесаного гранита. К 1937 г. уложено 42 км набережных. Как и в других отношениях, Москва в данном случае возглавляет общее движение. За нею следует Ленинград и другие города Союза.

Начиная с 1934—1935 гг. для нашей камнедобывающей промышленности наступает эпоха подлинной революции, поднимающей почти непочатую целину огромных природных ресурсов и вместе с тем ставящей остро и во весь рост важнейшие организационно-технические задачи. Среди последних в первую очередь выдвинулась необходимость генерального пересмотра нашей сырьевой базы.

Важным шагом в этом направлении явились работы ВИМС 1936 г. Институт особенно подчеркнул отмечавшееся еще рядом довоенных авторов (П. А. Тутковский, С. В. Бельский и др.) отсутствие в обычной методике разведок специальных сведений, которые позволяли бы переводить описание пород, дающееся петрографами, на язык характеристики декоративных качеств. Многие из старинных даже гранитных карьеров представлялись с этой

стороны «темными», так как весь штучный камень обычно выпускается ими в тесаном виде, скрадывающем подлинные декоративные качества породы; камне-ломни же, добывающие «рваную» продукцию, естественно, не интересуются внешним видом породы, сплошь и рядом пуская на бут и щебень высокоценные залежи архитектурных и облицовочных гранитов (Калустинский, Иршанский и другие карьеры СССР). Опробовательскими работами ВИМС было положено начало качественной классификации карьеров и выяснению определенного рыночного ассортимента гранитов. Намечались примерные опорные точки естественного районирования добычи в виде мощных месторождений: Токовского (красные граниты), Иршанского (зеленоватые), Соколовского (серые граниты). В частности, работы ВИМС показали исключительное богатство Украины гранитами сочных густокрасных тонов, а также крупнозернистыми порфировидными разностями (аналогичными столь популярным когда-то финляндским раппакиви). В этом отношении ассортимент СССР — даже в пределах современной ее изученности — превосходит рыночный набор (23 марки) декоративных гранитов американской «National Building granite Quarries Association».

Работы в этом направлении велись и другими организациями как центральными (б. Петрографическим институтом Академии Наук, Украинской Академией Наук, Управлением строительства Дворца Советов), так и местными филиалами ГГРУ, ГРТ, Украинским отделением НИТО горняков в Киеве и др. Работами инженеров Карелгранита, сотрудников ЛГРТ, ПЕТРИН и др. были, кроме значительного ассортимента строительных и облицовочных гранитов Карелии и Мурмана, открыты и испытаны весьма интересные разности кислотоупорных и керамических гранитов.

Другая группа вопросов, выдвинутых необычайным размахом применения гранита, связана с организацией *карьерного хозяйства*. Прежнее крайнее распыление карьеров должно уступить место сосредоточению их в крупных государственных предприятиях. К таким, перед организацией Народного комиссариата промышленности строительных материалов СССР, относились: трест Народного комиссариата местной промышленности — Облбутмат, ведший разработку Соколовского, Коростышевского, Лезниковского, Коростеньского, Емельяновского месторождений; Главдортранс, работавший на Малинском, Иршанском, Шепетовском, Константиновском, Александринском, Пруссянском месторождениях; Винницкий облтрест — с гигантом камнедобывающей промышленности Гниваньским карьером; Винницкий трест стройматериалов с другим гигантом — Жежелевским месторождением; трест Днепростройматериал с рядом исключительных по масштабу и качеству карьеров — Токовским, Мокрянским, Янцевским (Натальевским), Новоданиловским. Ряд карьеров находится в ведении Управления шоссежных дорог НКВД; кроме того, имеется несколько крупных кооперативных организаций, как, например, Киевский горностройсоюз, объединяющий около 40 карьеров в Киевской, Житомирской и Винницкой обл. Разработки карельских месторождений сосредоточены в крупном гос. тресте — Союзкарелгранит.

Несмотря на это, раздробленность работ даже в пределах крупных организаций еще очень велика. Кроме них, работы ведутся артелями на бесчисленных мелких карьерах.

В качестве третьей серьезнейшей задачи выдвинулась организация *обработки камня*. Опыт московского строительства, получавшего с десятков месторождений тесаный гранит, показал чрезвычайно низкое качество ручной, по преимуществу, обработки камня и высокую его себестоимость. Это вынудило Трест набережных организовать собственное предприятие для обработки получаемых блоков и «болванок». К устройству собственного камнеобрабатывающего завода был вынужден в дальнейшем ряд крупных столичных строительных организаций: Строительство Дворца Со-

ветов, Дормост, Трест скульптуры и облицовки и др. Это форма взаимоотношений между сырьевыми базами и обрабатывающими центрами также не может считаться оптимальной. Перевозка в центры сырья с последующей обработкой, дающей крупный отход, приводит к крупным накладным расходам.

Подытоживая свои работы 1936 г., ВИМС рекомендовал организацию мощных, технически усовершенствованных предприятий на крупнейших опорных месторождениях гранитов (например, Токовском, Соколовском, Ирпанском и т. п.). Освоение этими предприятиями пневматических молотков с твердыми сплавами, электрического инструмента для колки и резки камня, распиловки гранита на полосовых и дисковых пилах должно дать строительству дешевый гранит. Но срочная реализация этой задачи требует коренной перестройки всей добычи гранита, концентрации вложений в немногочисленные объекты, воспитания и объединения квалифицированных кадров, а также более тесной связи производителя гранита со строителем и архитектором.

Поступило 3.XI. 1939 г.

Е. С. Синегуб

ЛИТЕРАТУРА

- А в щ и н С. Промышленность строительных материалов Кар. АССР. Кар.-Мурм. край, 1934, № 1, 2.
- А л е ш к о в А. Н. О генезисе гранитной магмы. Горные породы горы Неройки. Тр. Ледн. экспед. Акад. Наук, вып. 4 — Урал, М., 1936.
- А ф а н а с ь е в Г. Д. Петрографические исследования в бассейне рек Бии, Антропа и Иши. Мат. по петр. и геохим. Кузнецкого Алатау и Алтая, ч. 1. Тр. Сов. по изуч. произв. сил Акад. Наук, 1934, вып. 15.
- Б а р а н о в а Н. Геологический отчет Губниковской поисковой партии на граниты. Всесоюз. геол. фонд, 1937, рукопись.
- Б а р б о т д е - М а р и и А. и С а ф о н о в В. Сырьевые ресурсы Казахстана для производства строительных материалов. Алма-Ата, М., 1934.
- Б а р ы ш е в А. Экономика рынка нерудноископаемых строительных материалов. Сб. Нерудноископаемые материалы. М.—Лг., 1931.
- Б е з б о р о д ь к о Н. Граниты Волыни и их пегматиты. Киев, 1929.
- К вопросу о батолитовой проблеме на Украине. Пробл. сов. геол., 1933, 4, № 9.
- Петрогенезіста петрогенетична карта кристалічної смуги України. Київ. Изд. Україн. Акад. Наук, 1936.
- Б е л ь ш т е р л и М. К. Граниты Новосибирска. Тр. Петр. инст. Акад. Наук, 1933, вып. 3.
- Опыты нагревания гранита. Тр. Петр. инст. Акад. Наук, 1934, вып. 6.
- Б е л ь н и к и н Д. С. Граниты Олоньского края. Мат. Ком. по изуч. ест. произв. сил Акад. Наук, 1924, № 48.
- Магматические горные породы Западной Грузии. Тр. Петр. инст. Акад. Наук, 1934, вып. 6.
- Б е р л и н г Н. И. К плану и организации геолого-разведочных работ по строительным материалам на Кольском полуострове в 1933 г. Тр. I Заполярн. геол.-разв. конфер., 1933.
- Б е с с а р а б о в Б. Н. Изделия из гранитного камня. Строит. Москвы, 1940, № 2.
- Б и л и б и н Ю. Диссоциация молекул в магматическом расплаве, как фактор дифференциации магмы. Доклады Акад. Наук, 1939, 24, № 8.
- Б і р у л ь О. Гніванська каменарня. Харків, 1931.
- Б л а г о в е щ е н с к и й В. Отчет о разведке Могиланского месторождения гранита в Коростеньском р. Житомирской обл. Всесоюз. геол. фонд, 1936, рукопись.
- Б о р и с о в П. А. Керамические граниты Сайда-Губы на Кольском полуострове. Изв. Ленингр. геол.-гидро-геодез. тр., 1934, вып. 1.
- Б о у э н Н. Л. Эволюция изверженных пород. Перевод под ред. В. И. Лучицкого. М.—Лг.—Новосибирск, 1934.
- В а р д а н я н ц Л. и О р л о в Б. Новые выходы неинтрузий в долине р. Бансан. Геол. на фронте индустр., 1934, № 9—10.
- В а ч н а д з е Н. Камни строительные. Сб. Минеральные ресурсы Грузинской ССР. Тбилиси, 1937.
- В е й н ш е н к Э. Спутник петрографа. М.—Лг., 1935.

- В и к т о р о в А. Каменные горные породы в дорожном деле. М., 1938.
- Разведка и исследование гранитов для дорожного строительства. Разв. недр, 1939, № 8.
- В и с ь н е в с к и й Я. и Л е б е д е в а Н. Минеральные ресурсы Узбекской ССР. Ташкент, 1937.
- В л о д а в е ц В. И. Граниты и гнейсо-граниты. Сб. Полезн. ископ. Ленингр. обл. и Кар. АССР, ч. 1. 1933.
- В о б л и й К. Естественные строительные камни Правобережья УССР. Строит. мат., 1935, № 5.
- В о л о г д и н А. Г. и В я л о в Р. Район г. Красноярск. Международный XVII Геол. конгресс. Сиб. экскурсия, Красн. край, Лг. — М. 1937.
- В о л о д и н Г. С. Геологический отчет по Гайворонскому месторождению гранита по материалам разведки 1936 г. Всесоюз. геол. фонд, рукопись.
- Геологический отчет по Синявскому месторождению гранита в Ракитянском районе. Всесоюз. геол. фонд, 1937, рукопись.
- В о р о б ь е в а О. А. Контактная зона щелочных гранитов и кристаллических сланцев западной части центрального водораздела Кольского полуострова. Тр. Петр. инст. Акад. Наук, 1932, вып. 2.
- Г а в р и л о в Ф. Строительные материалы окрестностей Братска на Ангаре. Сб. Нерудно-ископаемые стройматериалы Восточной Сибири. Иркутск, М., 1939.
- Г е й с л е р А. Н. и др. Карта строительных материалов, испытанных в ИИПС. Мат. Ком. по изуч. ест. произв. сил Акад. Наук, 1925, № 54.
- Строительные камни. Сб. Нерудные ископаемые, т. 3. Лг., изд. Акад. Наук, 1927.
- Г л а з к о в с к а я А. В. и К р о п о т к и н П. Н. Граниты среднего течения р. Селеты. Изв. Акад. Наук, сер. геол., 1940, № 2.
- Г о л о в е н к о А. Геологический отчет Старо-Бабанской геолого-разведочной партии на гранит. Всесоюз. геол. фонд, 1936, рукопись.
- Г о л ь д ш м и д т В. М. Типы семейств изверженных пород. Основные идеи геохимии. Перевод Е. Е. Костылевой. Лг., 1933.
- Г о р а в с к и й А. И. Изверженные породы, как строительные и дорожные материалы. Минеральные ресурсы Восточной Сибири, т. 2. Минеральные строительные материалы. Изд. В.-Сиб. геол. упр., Свердлов.—М., 1939.
- Г о р о х о в с к и й М. и Д о л г о п о л о в Н. Методы лабораторных и полевых испытаний стройматериалов. М.—Лг., 1935.
- Г о р т и Дж. Крупный взрыв в каменоломне. Взрывное дело, 1939, вып. 36.
- Г р а н и т для облицовки Дворца Советов. Изв. Сов. депутат. труд. СССР, 1939, № 85 (6855).
- Г р у ш е в о й В. Аллавердское месторождение в Закавказье. Тр. Гл. геол.-разв. упр., 1930, вып. 1.
- Г у н ц а д з е В. Диориты и тешениты. Мин. ресурсы Грузии. Тбилиси, 1937.
- Г у с е в А. Геологическое строение и полезные ископаемые района г. Новосибирск. Изд. З.-Сиб. геол.-гидро-геодез. тр., 1934.
- Г у т и н Д. и А м с т и с л а в с к и й Ф. Механическая обработка камня. М.—Лг., 1936.
- Г у ц к о в. Облицовка гостиницы Моссовета. Строит. Москвы, 1934, № 11.
- Д р е й е р А. И. Исследования и свойства строительных материалов. Мат. Ком. по изуч. ест. произв. сил Акад. Наук, 1923, № 41.
- О потреблении в России каменного строительного материала и причинах, задерживающих развитие нашей каменной промышленности. Мат. Ком. по изуч. ест. произв. сил Акад. Наук, 1924, № 48.
- Д у б я н с к и й А., П а н к о в Д. Ископаемые богатства Воронежской обл. Сб. Развитие и перспективы местной промышленности Воронежской обл. Воронеж, 1934.
- Д ы м с к и й Г. А. Строительные материалы Кольского полуострова и пути их использования. Тр. Заполярн. геол.-разв. конф., 1933.
- Д а л и Р. А. Магматические горные породы и их происхождение, ч. 2. Перевод А. П. Герасимова. М., 1920.
- Ж у р а в л е в В. и Ш а м с о н о в а Б. О методике испытаний механической прочности естественных каменных строительных материалов. Разв. недр, 1937, № 3.
- З а б л о ц к а я М. А. Поиски и разведки гранита геофизическими методами. Вестн. З.-Сиб. геол. тр., 1937, № 5.
- З а л е н с к и й М. В. 1. Инженерно-геологические исследования на р. Белой под проектируемые гидроэлектростанции. Геол. на фронте индустр., 1935, № 7.
- 2. Методы расчетов фильтрационных потерь в гранитах на Хамышинской плотине. Геол. на фронте индустр., 1935, № 10.
- Зб. корисні копалини України. Київ, изд. Всеукраїн. Акад. Наук, 1931.
- К а р а с и к М. А. Трест Минеральное сырье. Мин. сырье, 1930, № 1.
- К а т я е в В. А. Геофизические работы в Западной Сибири в 1934 г. Вестн. З.-Сиб. геол.-гидро-геодез. тр., 1934, вып. 6.

- Клер М. О. Граниты Свердловского уезда. Урал. техн., 1927, № 7.
- Климовский А. Добыча полезных ископаемых в Туркменской ССР. Соц. хоз. Туркмении, 1934, 2—3.
- Козорезов П. и Филимонов И. Строительные и абразивные материалы Сев.-Кавказского края. Сб. Природные богатства Сев.-Кавказского края. Пятигорск, 1935.
- Кондратьев В. Геофизические методы поисков негматитов. Изв. Ленингр. геол.-гидро-геодез. тр., 1935, вып. 1 (6).
- Костырко В. Нужно производство отделочных материалов. Строит. пром., 1935, № 1.
- Костюк Н. Геологический отчет Игнатопольской поисковой партии на граниты. Всесоюз. геол. фонд, 1937, рукопись.
- Коцюрек В. и Обуховский Н. Естественные строительные материалы Средне-Волжского края. М.—Самара, 1933.
- Красильников А. С. и Идельсон С. Н. Боровской гранитный массив. Всесоюз. геол. фонд, 1936, рукопись.
- Крашенинников И. К тектонике Челябинского гранитного массива. Ежегодн. мн. и геол. России, 1911, 16.
- Кривохатский С. П. Дадим сырье для местной промышленности. Геол. на фронте индустр., 1935, № 10.
- Кривцов А. и Ершов В. Геологический очерк и полезные ископаемые Челябинского района. Челябинск, 1936.
- Кропоткин П. Н. Опыт исследования связи кислой магматической деятельности с энергетикой тектонических процессов. Тезисы докладов Междунар. XVII геол. конгр., М.—Лг., 1937.
- О происхождении гранитов. Сов. геол., 1940, № 9.
- Крынин Д. Рационализация карьерного и каменного хозяйства. Поверхн. и недра, 1926, № 4.
- Кузнецов Е. А. и Захаров Е. Е. Садонское свинцово-цинковое месторождение. Тр. Инст. прикл. мин., 1930.
- Кузнецов Е. А. и Лучицкий В. И. Петрографические провинции СССР. М.—Лг., 1936.
- Кузнецов И. Г. Геологическое строение части Западной Грузии. Экскур. по Кавказу, Груз. ССР, Западная часть. Междунар. XVII геол. конгр., Лг.—М., ОНТИ НКТП, 1937.
- Куплетский Б. М. Петрография Кольского полуострова. Петрография СССР, вып. 1. Лг., 1932.
- Обзор современных взглядов на происхождение гранитов. Доклад на 197 заседании научного кружка Петрографического сектора им. акад. Ф. Ю. Левинсон-Лессинга 4 октября 1940 г. Библ. Отд. геол.-геогр. наук Акад. Наук, рукопись.
- Куплетский Б. М. и Воробьева О. А. Геолого-петрографические наблюдения на центральном водоразделе Кольского полуострова летом 1928 г. Тр. Ленингр. общ. ест., 1930, 60, вып. 4.
- Лебедев П. И. и Лучицкий В. И. Петрография Украины. Лг., изд. Акад. Наук, 1934.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Об организации испытаний каменных строительных материалов на огнестойкость. Мат. Ком. по изуч. ест. произв. сил Акад. Наук, 1923, № 41.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю. К вопросу о генезисе изверженных пород. Тр. Мин. музея Акад. Наук, 1929, 3.
- Петрография 3. Изд. М.—Лг., 1934.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю. и Струве Э. А. Петрографический словарь, 2 изд. Лг.—М., 1937.
- Левинский. Перспективный план развития гранитокольного производства в Бамбаке на 1933—37 гг. Рукопись.
- Лелюх Т. Разработка гранитного карьера способом массового обрушения. Строит. мат., 1937, № 9.
- Лепешинский Ю. и др. Геофизические методы разведки полезных ископаемых. М.—Лг., 1930.
- Лепченко Г. Я. Отчет о разведочных работах на Сабаровском месторождении гранита. Всесоюз. геол. фонд, 1936, рукопись.
- Лодчиков В. Н. Тектоника гранитных массивов и проблема батолитов Ганса Клоаса. Зап. Мин. общ., 1926, 54, № 2.
- К петрологии Воронежской кристаллической глыбы Русской платформы. Мат. по общ. и прикл. геол., 1927, вып. 69.
- Лучицкий В. И. К вопросу о происхождении гранитных пород юга России. 1910.
- Петрография, т. 2 (3-е перераб. изд.), М.—Лг., 1932.
- Полезные ископаемые Украины. М.—Лг.—Новосибирск. Госнаучтехиздат, 1933.

- Любимов А. Л. и Малавкина Н. Г. Нерудные ископаемые и проблема «второстепенного экспорта». Мин. сырье, 1930, № 1.
- Малюков Н. П. Гранит и другие изверженные породы. Год. обз. мин. ресурсов СССР за 1926/27 г. Лг., 1928.
- Практические и научно-методические указания полевому обследованию и оценке месторождений каменных строительных материалов. Прилож. к книге Л. Белявского и др. Методы испытаний каменных материалов. М.—Лг., 1932.
- Естественные каменные дорожные материалы на базе геологической карты. Лг., 1935.
- Малавкин С. Минеральные строительные материалы. Поверхн. и недра, 1926, № 10—12.
- Мамаенко В. и Гальперин А. Массовые обрушения колонковыми зарядами на Гниванских гранитных разработках. Взрывное дело, 1939, вып. 36.
- Манухина Г. А. Геологический отчет по детальной разведке Иршанского месторождения гранита. Всесоюз. геол. фонд, 1936, рукопись.
- Мархилевич Ю. Материалы по петрографии Горного Алтая. Изв. Гл. геол.-разв. упр., 1930, вып. 7.
- Медведев Н. В. Отчет о поисково-разведочных работах Дальгеолтреста на Корфовском месторождении. Всесоюз. геол. фонд, 1937, рукопись.
- Медведюк А. Больше внимания району р. Теберды. Геол. на фронте индустр., 1934, № 1—3.
- Геологический очерк области палеозоя в бассейне р. Теберды на Сев. Кавказе. Изв. Новочерк. индустр. инст., 1939, 5.
- Наследов В. и др. Контуры металлогении и металлорудных возможностей Средней Азии (Лит. по полезн. ископ. Ср. Азии). Ташкент, 1932.
- Наумов А. Основные потребители нерудноископаемых строительных материалов. Сб. Нерудноископаемые строительные материалы. М.—Лг., 1931.
- Некрасов Н. Н. Минеральные строительные материалы Бурят-Монгольской АССР и Иркутской области. Иркутск, 1930.
- Никольская Т. и Ваганова М. Породы Кейвской свиты в центральной части Кольского полуострова. Изв. Ленингр. геол.-гидро-геодез. тр., 1935, вып. 1 (6).
- Оминин Л. Граниты Кольского района и Карелии, как керамический материал. Кар.-Мурм. край, 1933, № 7—8.
- Оминин Л. и Огранович Ф. Применение розовых гранитов Сайдагубского района в тонкокерамических массах. Отчет Всесоюз. научно-иссл. инст. керам., тема 517, 1933, рукопись.
- Орлов А. М. Вопросы организации промышленности облицовочного камня. М.—Лг., 1936.
- Орловский В. Г. Экономические данные по каменоломной промышленности России в довоенное время. Поверхн. и недра, 1926, № 7—9.
- Осмоловский М. Г. Гранит, диабаз, габбро, порфирит. Сб. Полезн. ископ. Ленингр. обл. и Кар. АССР, ч. 2, М.—Лг., 1933.
- Осотских Т. П. Изверженные породы. Полезные ископаемые Красноярского края. Красноярск, изд. З.-Сиб. геол. упр., 1938.
- Петров В. Г. Геологический отчет о детальной разведке гранитов месторождения Белая Церковь близ с. Чмиревки. Всесоюз. геол. фонд, 1937, рукопись.
- Пилипенко П. П. Минералогия Западного Алтая. Томск, 1910.
- Полезные ископаемые районов Новосибирской области и Алтайского края (краткий перечень месторождений), Томск, изд. З.-Сиб. геол. упр., 1938.
- Полканов А. А. Геология, история, металлогения и образование полезных ископаемых Кольского полуострова. Проблема Кольского полуострова. Лг., 1933.
- Пак А. В. Трещинная тектоника и структурный анализ. М.—Лг., 1939.
- О механизме возникновения сианцеватости. Изв. Акад. Наук, сер. геол., 1940, № 2.
- Радугин К. Геология юго-западной окраины Енисейского края. Мат. по геол. Краснояр. края, т. 2. Томск, изд. З.-Сиб. геол. тр., 1937.
- Розенбуш Г. Описательная петрография. Пер. с нем., М.—Лг.—Новосибирск, 1934.
- Рунин М. М. Результаты работ треста по нерудным полезным ископаемым. Вестн. З.-Сиб. геол. тр., 1936, № 6.
- Русakov М., Ваганов М. и Яговкин И. Успенско-Спасский район в Северо-восточном Казахстане и его минеральные ресурсы. Тр. Геол.-разв. объединения, 1935, вып. 236.
- Савич-Заблокский К. Н. Исследование Садонского гранита. Харьков, 1908.
- Петрографическое исследование пород гранодиоритовой магмы Горной Осетии. Зап. Мин. общ., 1927, 56, № 1—2.
- Сагайдак И. Розшуки, розвідки, випробування й підрахунки запасів гранітів. Вісті Київ. гір.-геол. унів., Київ, 1934, 1.

- Сагайдак И. и Кузьменко В. Кристаллические породы СССР, как строительные материалы. Всесоюз. геол. фонд, 1936, рукопись.
- Санин Д. и Сыромятников А. Гранитчик и мраморщик. М., 1936.
- Саухат И. Каменные строительные материалы Уральской обл. Свердловск, 1925.
- Сельский В. А. Гниванские граниты. Ежег. геол. и мин. России, 1912, 14.
- Сидоров А. К. Кислотоупорные материалы. Мин. ресурсы Урала. Свердловск, 1934.
- Скавронский Б. Облицовочные материалы. М.—Лг., 1939.
- Смирнов Н. Граниты Челябинска. М., 1916.
- Смоляников Н. А. и др. К минералогии и геологии Варзоба. Тр. Таджик.-Памир. экспед. 1933 г., вып. 34, Лг., изд. Акад. Наук, 1936.
- Соколов Д. и Смирнов А. Методика графического изображения характера трещиноватости. Разв. недр, 1937, № 1.
- Соловьев Д. и Авилов Б. Облицовочные камни Украины. Строит. Москвы, 1936, № 7—9.
- Соловьев С. П. Геолого-петрографический очерк верховьев р. Ирика (юго-восточное подножье Эльбруса). Изв. Гл. геол.-разв. упр., 1931, вып. 18.
- Соломатов И. Меркушинский гранит. Нар. хоз. Омской области, Омск, 1935, № 6.
- Солонишко И. Геологический отчет о разведочных выработках на Житомирском месторождении гранитной брекчии. Всесоюз. геол. фонд, 1936, рукопись.
- Результаты геолого-экономического обследования месторождения гранита на участке Большие Березки в окрестностях г. Житомира. Всесоюз. геол. фонд, 1937, рукопись.
- Страмеитов А. Из прошлого Москвы. Набережные. Строит. Москвы, 1937, № 3.
- Строительные материалы Туркменской ССР. Проблемы Туркмении. Тр. I Конфер. по изуч. произв. сил Турк. ССР, т. 1. Лг., изд. Акад. Наук, 1934.
- Субботин М. П. Естественные строительные камни. Одесса, Госизд. Украины, 1926.
- Наблюдения над выветриванием надгробных памятников. Мат. Ком. по изуч. ест. произв. сил Акад. Наук, 1928, № 67.
- Строительное камневедение. Харьков — Киев, 1935.
- Судовиков Н. Г. Результаты обследования каменных строительных материалов по восточному побережью Онежского озера. Тр. Гл. геол.-разв. упр., 1931, вып. 114.
- Танатар И. Месторождения полезных ископаемых Приднепровья. М.—Лг., 1931.
- Татаринов П. М., Малявкин С. Ф. и Гейслер А. Н. Курс нерудных месторождений, ч. 2. Месторождения минеральных строительных материалов. Лг.—М., 1935.
- Тепкин Е. К. Отчет по поисковым работам на стройматериалы в Татауэском окр. Турк. ССР за 1936 г. Всесоюз. геол. фонд, рукопись.
- Терцаги К. Инженерная геология. Пер. с нем. Лг.—М.—Новосибирск, 1934.
- Топуриа П. Ривийский интрузив порфировидного гранита в Дзаурульском массиве. Бюлл. Геол. инст. Грузии, 1938, 3, вып. 4.
- Турцев А. А. и Залесский Б. В. Каменные строительные материалы восточного побережья Онежского озера от устья р. Водлы до Уна-Губы. Тр. Петр. инст. Акад. Наук, 1937, вып. 10.
- Тутковський П. А. и Симинський К. К. Кам'яні будівельні мат. Київщини. Київ, 1925.
- Удавихина Т. И. Механическая обработка прямых гранитных плит. Строит. промышл., 1940, № 2.
- Усов М. А. Геолого-экономический очерк Западной Сибири. Сиб. экскур., Междунар. XVII геол. конгр. Лг.,—М., ОНТИ НКТП, 1937.
- Федоров В. Балайский комплекс минеральных стройматериалов. Сб. Нерудно-ископаемые стройматериалы Восточной Сибири. Иркутск — М., 1934.
- Ферсман А. Е. Геохимия, тт. 1—4. Лг., 1933 — 1939.
- Философов П. Строительные материалы. Лг.—М., 1931.
- Флоренский А. Петрография и полезные ископаемые центральной части Нахичеванской АССР. Тр. Совета по изуч. произв. сил Акад. Наук и Петр. инст. Акад. Наук, сер. Закавказ., 1935, вып. 16.
- Флоренский А. и Степанов В. Строительные и керамические материалы центральной части Нахичеванского края. Тр. Совета по изуч. произв. сил Акад. Наук и Петр. инст. Акад. Наук, сер. Закавказ., 1936.
- Фридман П. Л. Природные богатства западных областей УССР. Сов. наука, 1940, № 8.
- Хоменко А. Геологический отчет по детальной разведке гранита Руднянского месторождения 1936/37 г. Всесоюз. геол. фонд, 1936, рукопись.
- Чарнопкий С. Строительные материалы Кавказа. Ест. мин. строит. мат., 1924, вып. 3.

- Черкасский И. Архитектурное оформление и отделка метро. Стронт. Москвы, 1935, № 2—3.
- Чиглаков Ф. И. Механическая полировка гранита. Стронт. пром., 1939, № 6.
- Чирвинский Д. Количественный минералогический и химический состав гранитов и грейзенов. М., 1910.
- Швец П. Т. Тектоника, состав и механическая прочность палагубских гранитов. Изв. Ленингр. геол.-гидро-геодез. тр., 1935, вып. 1 (6).
- Шкилев А. Ф. Отчет по детальной разработке месторождения гранита развезда Шершни Пермской ж. д. Всесоюз. геол. фонд, 1933, рукопись.
- Шуммер А. и Яцук С. Геологический отчет о разведывательных работах на Ревовском месторождении гранита 1937 г. Всесоюз. геол. фонд, рукопись.
- Эдельштейн Я. С. Отст. Сон до ст. Шира. Междунар. XVII геол. конгресс. Сиб. экск. Красноярский край. Лг. — М. 1937.
- Aberdshire. Quarries to-day. Stone Trades Journ., 1933, 53, № 5.
- Aloisi P. Le rogge. Bologna, 1932.
- Anderson J. G. C. The geology and scenery of Central France. Quarry Managers Journ., 1939, January.
- Bowles O. The structural and ornamental stones of Minnesota. Bull. USA Geol. Surv. 1918, № 663.
- The stone industries. Dimension stone. Grushed stone, N. Y. — London, 1934.
- Bowles O. a. Coons A. F. Dimension stone. USA Bureau Mines, Min. Yb., 1932/1933, Washington, 1933.
- Bowles O., Gnam C., Coons A. Stone USA Bureau Mines, Min. Yb., Washington, 1936.
- Brierley J. The selection of igneous rocks for roadmaking. Quarry Managers Journ., 1937, February—April.
- Charrin V. Emploi de granit à Vichy. Rev. Matér. Construct., 1933, Novembre.
- Charrin V. Le granit gris des Vosges. Rev. Matér. Construct., 1935, Février.
- Cloos H. Tektonik und Magma. Bd. 1. Abh. Preuss. Geol. Landesanst., N. F., № 89.
- Dale T. N. The commercial granites of New England. Bull. USA Geol. Surv., 1923, № 738.
- Denny J., Robson W. a. Irwin D. Aluminium a possible acid in reducing silicosis. Eng. Min. Journ., 1937, September.
- Eckel E. Building stones and clays. N. Y., 1912.
- Economic study of granit industry. Stone, 1931, May.
- Elsden I. V. a. Howe I. A. The stones of London. London, 1923.
- Englands Einfuhr von fertigen Granitarbeiten im Jahre 1936. Steinbruch u. Sandgrube, 1937, April.
- Escola P. On the origin of granitic magmas. Min. Petr. Mitt., 1932, 42, H. 5/6.
- Field R. Natural resources of the USA. N. Y., 1936.
- Foreign commerce yearbook 1936. USA Dep. of Commerce, Bureau of Foreign and Domestic Commerce. Washington, 1937.
- Gaber E. Neuere Gesteinsuntersuchungen der Versuchsanstalt für Holz, Stein, Eisen an der Technischen Hochschule Karlsruhe. Zs. Geol. Ges., 1930, 82.
- Granigg B. Granite und Syenite als Rohstoffe der Glass- und keramischen Industrie. Coburg, 1932.
- Granite setts preferred in New York for express highway. Quarry Managers Journ., 1936, June.
- Granite trade progress. Building Times, 1935, April.
- Hanker P. Quenast quarries, Belgium, produce cubical crushed stone. Rock Prod., 1937, October.
- Hirschwald T. Die Prüfung der natürlichen Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit. Berlin, 1908.
- Holmquist P. J. Studien über die Granite von Schweden. Bull. Geol. Inst. Upsala, 1906, 7, 77—269.
- Howe I. A. The geology of building stonoes. London, 1910.
- Import of manufactured granite. The Quarry Managers Journ., 1938, February.
- Jeffery I. R. The quarrying and manufacturing of engineering and architectural granite. Quarry Managers Journ., 1932, November, December.
- Kruger K. The use of stone in road construction. Quarry Managers Journ., 1936, October.
- Lugeon M. Sur l'origine du granite. C. R. Acad. Sci., Paris, 1930, 190, 1096—1099.
- Mar... Graniti d'Italia. Marmi, pietre, graniti, 1932, 10, № 1.
- Marcotte E. Les pierres naturelles et artificielles. Paris, 1928.
- Marle F. Les carrières Scandinaves. Rev. Matér. construct., 1935, Octobre.
- Marmi, Pietre, Graniti (ежегодно).

- McPherson S. The future of the roadstone quarrying industry. Quarry Managers Journ., 1936, May.
- Merrill G. P. Stones for building and decoration. 3 ed. N. Y., 1909.
- Mines carrieres, grandes entreprises (ежегодно).
- Nordquist H. Granitindustrien i förenade staterna. Sver. geol. undersök., Ser. C, 1931, № 365, Arsbok, 24, № 2, 118.
- Oxal J. Norsk granit. Kristiania, 1916.
- Pit and Quarry (ежегодно).
- Postelmann A. Der «Hindenburgstein» für das Reichsehrenmal. Zs. Geschiebeforschung u. Flachlandsgeol., 1936, 12, H. 1.
- Quarry Managers Journal (ежегодно).
- Quarrying development in Russia. By a granite trade correspondent. The Quarry Managers Journ., 1933, March. Quarrying granite in Norway and Sweden. The Quarry Managers Journ., 1934, August.
- Rathgen Fr. u. Koch J. Verwitterung und Erhaltung von Werksteinen. Berlin, 1934.
- Revue des matériaux de construction et des travaux publics (ежегодно). Издание прекращено в 1936 г.
- Rock Products (ежегодно).
- Schneider J. F. Ingenious equipment for one man control of stone plant. Rock Prod., 1937, № 12.
- Shaw E. West coast oreperation has many original features. Rock Prod., 1935, April.
- Sherman H. H. A revolution in quarrying-what electricity is doing for the granite industry. Electr. Light Power, 1930, 8.
- Some English granites. Stone, 1938, № 4.
- Statistisches Jahrbuch der Czechoslovakischen Republik. Statistisches Staatsamt. Prag, 1938.
- Steinindustrie und Strassenbau (ежегодно):
- Stone at New York Worlds Fair. Stone, 1939, July.
- Technological changes in the crushed stone industry. Eng. Contract. Rec., 1939, 13.
- The competition organized by the Architectural Association for the Cornish Quarry Masters Association. Stone Trades Journ., 1932, № 11.
- The Building Times (ежегодно).
- The Stone (ежегодно).
- The Stones of Finland. Stone, 1927, № 6.
- The Stone Trades Journal (ежегодно).
- Thiel G. a. Dutton C. The architectural, structural and monumental stones at Minnesota. Min. Geol. Surv., 1935, № 25.
- Thoenen J. R. Crushed and broken stone. USA Bureau Mines. Min. Yb. 1932/1933. Washington, 1933.
- Tyrell G. W. The principles of petrology. London, 1926.
- Vogt J. H. Magmas and igneous ore deposits. Econ. Geol. 1926, 21, № 3, 4, 5.
- 1. Die Genesis der Granite, physiko-chemisch gedeutet. Dtsch. Geol. Ges., 1931, 83, H. 4, 193—214.
- 2. The physical chemistry of the magmatic differentiation of igneous rocks. III., Second Half (On the granitic rocks). Oslo, 1931.
- Wardnes A. K. Building stones, their properties, decay and preservations. London, 1926.
- Watson Th. L. Granites of the South-East Atlant. States. Washington, 1910.
- Wentworth T. Producing granite paving blocks on a large scale. Compressed Air Mag., 1929, 34, № 12, 2959—2962.

ГРАФИТ

Graphite (англ., франц.). Graphit (нем.)

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАФИТА И ЕГО ВАЖНЕЙШИЕ СВОЙСТВА

Первые литературные сведения о графите относятся ко второй половине XVI в. и связаны с описаниями появившихся в ту пору карандашей из графита Борроудальского месторождения. Андреас Цезалипинус принимает пишущее вещество карандаша за молибденит. Ферранте Императо называет карандаш чертежным свинцом (Reissblei), причем считает, что этот минерал является продуктом изменения талька. Другие авторы относили графит то к группе железа (Леонард), то к слюдам (Моос), то к антрацитам (Науман) и т. д. Все одинаково сходились на том, что пишущий минерал содержит некоторое количество свинца.

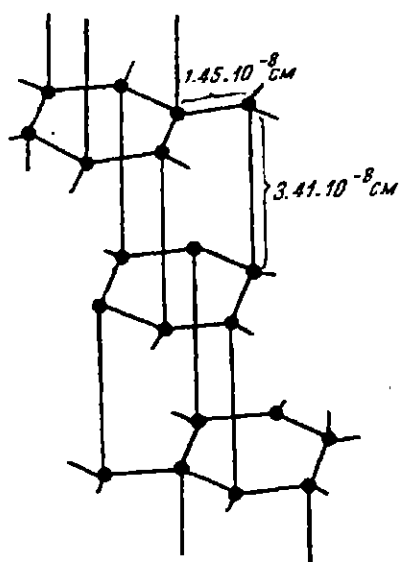
Только к концу XVIII в. Шееле впервые доказал, что пишущий минерал является элементарным углеродом, а Вернер назвал его графитом, от греческого слова *γράφω* — пишу.

Определение графита. Словом графит в минералогии и в промышленности обозначается группа минералов, главной составной частью которых является графитовое вещество, помимо которого в них всегда содержатся различные минеральные примеси, сорбционные газы, пары и т. д.

Графитовое вещество, образующее кристаллы графита, определяется как металлическая аллотропическая форма углерода (алмаз — металлоидная аллотропическая форма углерода) и характеризуется определенной структурой кристаллической решетки, от которой зависят все его свойства.

Структура кристаллической решетки графита. Графит принадлежит к тригональной или ромбоэдрической сингонии. В кристаллической решетке графита атомы углерода расположены в параллельных плоскостях, в углах правильных шестиугольников, причем угол одного шестиугольника приходится над центром нижележащего, стороны же их между собой параллельны. Длина стороны шестиугольника $1.45 \text{ \AA}$; расстояние между двумя плоскостями $3.41 \text{ \AA}$ (фиг. 1 и 2). Такую кристаллическую решетку имеют не только все минеральные разновидности графита, но и так называемый аморфный углерод — сажа, кокс и другие углеродистые вещества, которые, следовательно, состоят из мельчайших кристаллов графита.

В слоистой решетке графита атомы связаны главными (химическими) валентностями только в пределах слоев, и углерод является трехвалент-



Фиг. 1. Кристаллическая решетка графита. (По Дебаю и Шереру.)

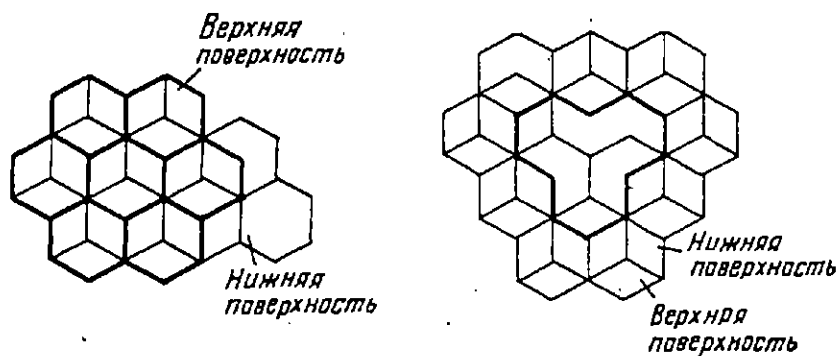
ным. Слои атомов связаны между собою побочными связями, образуя как бы отдельные плоские молекулы неопределенной величины:

Классификация графитов (графитовых тел). Минералы группы графита классифицируются по признакам их дисперсной структуры, т. е. по величине, форме и взаимному расположению кристаллов графита, и разделяются на две разновидности, которые в свою очередь подразделяются на различные виды:

1. Явнокристаллическая разновидность, в которой можно распознавать кристаллы либо невооруженным глазом, либо под микроскопом.

2. Скрытокристаллическая разновидность, кристаллическая структура которой может быть обнаружена только рентгенографическим способом.

Основываясь на результатах минералогических исследований, В. И. Вернадский (1908, 1927) предложил классификацию, которая охватывает кроме графитов также угли и в которой графитовые тела являются крайними высшими членами.



Фиг. 2. Кристаллическая решетка графита. (По Бруннеру.)

Эта классификация была подробно разработана В. С. Веселовским в 1934 г. и в ее современном виде наглядно представлена на фиг. 3. Все графитовые тела разделяются на две большие группы: на грубодисперсные тела, или собственно графиты, и на высокодисперсные тела, или угли. Эти группы в свою очередь разделяются на классы и виды.

И. Грубодисперсные тела, или собственно графиты:

1. Плотнокристаллические графиты. Сложение кристаллов преимущественно лучевидное, реже встречаются слоистокристаллические и хаотические структуры. Сюда относятся:

а) Волокнистая форма; возникает, главным образом, в случае пневматолитического образования графита (Цейлонское месторождение); эта структура наблюдается и у некоторых искусственных графитов.

б) Осевая форма лучевидной структуры; представлена она нитевидными тельцами с закругленными концами — толстыми и короткими цилиндрами, у которых один конец закруглен, а другой раздут в головку каплевидными образованиями различных размеров (Ботогольское месторождение).

в) Сферолитная форма; сферолиты образованы радиально расположенными удлиненными кристаллами графита (месторождения на берегу озера Еланчик на Урале).

г) Пучкообразные формы; встречаются в пегматитовых жилах и в графитовых сланцах (месторождения Архутское и Цаган-Гунское в Восточных Саянах и Мало-Хинганское на р. Амуре у с. Союзного).

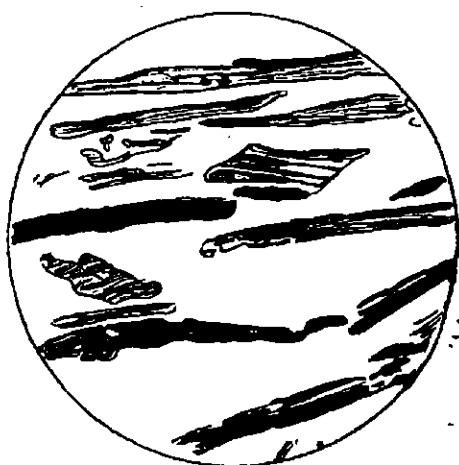
Хаотическая структура встречается иногда в руде Ботогольского месторождения, но чаще в монгольском графите из месторождения на берегу озера Косогол.



Фиг. 4. Микроструктура графитовой руды месторождения Сухой Яр.



Фиг. 5. Микроструктура графитовой руды Троицкого месторождения.



Фиг. 6. Микроструктура графитовой руды Завальевского месторождения.

Темное — графит, светлое — пустая порода. $\times 140$; диаметр поля 0.7 мм.



Фиг. 7. Микроструктура графитовой руды Ботогольского месторождения.

Темное — чешуйки графита в виде отдельных зерен; заштрихованное — скопления тончайших чешуек, образующих плотные массы; светлое — пустая порода. $\times 60$.



Фиг. 8. Микроструктура графитовой руды Союзного месторождения.

Темное — графит, светлое — пустая порода. $\times 130$; диаметр поля 0.85 мм.

2. Чешуйчатые графиты. Кристаллы графита этой разновидности имеют вид тоненьких табличек или чешуск величиной 1—2 мм², толщиной 0.01—0.1 мм. Иногда чешуйки графита бывают настолько топки, что просвечивают и имеют сероватый цвет (Шевинское месторождение, Забайкалье). Только тонкие чешуйки бывают монокристаллами. Обычно же чешуйки

образуют сростки по базису пластинчатых кристаллов, которые в этой плоскости могут быть повернуты одни относительно других на разные углы.

В зависимости от величины чешуск графиты разделяются на крупно и среднечешуйчатые. Первые преобладают в месторождениях Мадагаскарском, Завальевском, некоторых американских и др. Вторые встречаются в большинстве украинских, в баварских и отчасти богемских месторождениях.

Мелкокристаллические графиты отличаются от чешуйчатых только меньшими размерами чешуск и кристаллов, обычно от 10^{-2} до 10^{-4} см (Троицкое месторождение на р. Берде в СССР, Мало-Хинганское месторождение на Амуре у с. Союзного, Петровское на р. Ингульце в СССР) (фиг. 4—8).

Слоистокристаллические графиты характеризуются параллельной ориентировкой крупных пластинчатых кристаллов и срастанием их по базису в значительные массы («рыбки» Петровского и некоторых других украинских месторождений).

3. Скрытокристаллические («аморфные») графиты. (фиг. 9) Отличаются они чрезвычайно малыми размерами кристаллов — от 10^{-4} до 10^{-6} см. Взаимное расположение последних различно и определяется условиями генезиса.

Скрытокристаллические графиты подразделяются на плотные и тощие. Первые состоят преимущественно из графитового вещества, посторонние примеси входят в виде включений; содержание углерода в них более 80%.

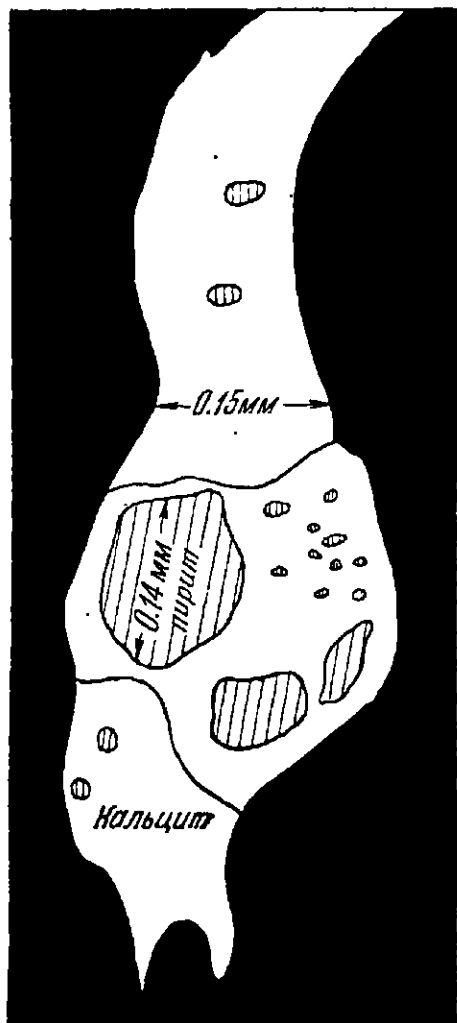
Они образуются в процессе метаморфизации углей и углистых сланцев и сохраняют слоистую структуру этих пород. Кристаллиты в них более или менее ориентированы базисом параллельно плоскости слоистости. Размеры кристаллитов типичных представителей этого класса следующие (в см):

Курейский	}	Туруханский район	{	5·10 ⁻⁵
Ногинский				5·10 ⁻⁵
Мексиканский				n·10 ⁻⁵
Полтавский (Южный Урал)				n·10 ⁻⁶

Тощие скрытокристаллические графиты составляют переход к мелкокристаллическим графитам, отличаясь от них более высокой дисперсностью.

4. Минеральные графито-угли. В этот класс входят тела, являющиеся переходными между собственно графитами и минеральными углями. Сюда относятся:

а) Графитистые антрациты; встречаются у с. Фаина (Средний Урал)



Фиг. 9. Микроструктура графитовой руды Курейского месторождения.

и у с. Полтавки (Южный Урал), а также в штате Род-Айленд (США). Ографиченные участки (скрытокристаллический графит) залегают рядом с антрацитом, разрабатываемым в качестве топлива.

б) Шунгиты (антраксолиты) — продукты коксования под давлением плавких масс органических соединений в замкнутом пространстве. Шунгит — стекловидный минерал черного цвета; удельный вес 1.98, твердость 3.5—4, черта черная. Его химический состав: С — 98%, Н — 0.5%, N — 0.5%, зола — 1%. Излом раковистый; размер кристаллитов — $4 \cdot 10^{-7}$ см.

Встречается разновидность серого матового шунгита с признаками слоистости и с зольностью около 50%. Его дисперсность 10^{-5} см.

II. Высокодисперсные тела:

5. Минеральные угли и коксы. Первичная структура минеральных углей очень мало изучена. Это — сложные коллоидные системы, в которых, не считая минеральных включений, рентгенографически удается обнаружить только графит.

В антрацитах большая часть углерода находится в состоянии графита или, по крайней мере, в виде многослойных графитосом. Кристаллиты имеют форму пластинок толщиной около 10^{-7} см, т. е. состоят всего из 3—4 слоев графитовой решетки.

Коксы являются продуктами пирогенетического разложения органических веществ без доступа воздуха.

Различают три типа коксов.

а) Афроиды, или пенообразные коксы; образуются при коксовании плавких органических веществ (сахарные и кровяные угли, смоляные коксы и т. п.). Размер кристаллитов $2 \cdot 10^{-7}$ см.

б) Дермонды (пленчатые) — древесные и костяные угли; кристаллиты имеют величину 10^{-7} см и содержат лишь около 200 атомов углерода.

в) Псаммонды, рассыпчатые, слабо связанные.

Активные угли отличаются большой абсорбционной емкостью. Их абсорбционная активность обусловлена огромной величиной их поверхности (100 м^2 на 1 г угля) и наличием мелких пор. В структурной классификации они должны быть поставлены рядом с коксами, из которых они образуются в результате окислительной обработки.

6. Блестящие угли имеют вид плотных (сплошных без пор) твердых корок. Низшие члены этого класса, вследствие их высокой дисперсности, блестящи, как черное стекло. Их свойства зависят, главным образом, от температуры образования и почти не зависят от природы исходного вещества. При повышении температуры от 650 до 2000° величина кристаллов возрастает от $2 \cdot 10^{-7}$ до $3 \cdot 10^{-6}$ см.

К блестящим углям относится ретортный уголь или ретортный графит. Он образуется при температуре 1200 — 1600° на раскаленных стенках реторт в процессе производства светильного газа. Величина кристаллов ретортного угля, полученного при 1300° , определена в $25 \cdot 10^{-8}$ см.

7. Раздельнодисперсные угли. Этот класс охватывает следующие виды графитовых тел:

а) Саж — продукт неполного сгорания летучих соединений углерода; состоят из агрегатов кристаллитов, имеющих сложную структуру. Первичная дисперсность саж от $2 \cdot 10^{-7}$ до $n \cdot 10^{-6}$ см.

Сажеподобные порошки образуются при разложении газообразных соединений углерода на поверхности катализаторов. Их дисперсность более низкая, чем у других углей.

б) Золи и суспензии графитов. Этими терминами обозначаются тела, состоящие из газообразной, жидкой или твердой среды, в которой распределены частицы графита, почти или вовсе не связанные друг с другом.

Среда называется дисперсионной фазой, а распределенные в ней частицы — мицеллами или диспергированной фазой.

Сюда относятся копоти и сажи в момент их образования (ксерозоли и ксеросуспензии); далее—промышленные черные смолы, дегти и пеки (лиозоли); затем—промышленные графито-коллоидные и угольно-коллоидные препараты (лиосуспензии графита); наконец, кристаллозоли, т. е. золи графита, у которых дисперсионная среда кристаллическая, например карбопадо, серый чугун и многие промышленные карбиды.

Изложенная структурно-дисперсионная классификация имеет то преимущество, что она тесно связана, с одной стороны, с генезисом графитовых тел, а с другой — с их техническим использованием.

Физические свойства графита. Графит имеет ясно выраженный металлический характер, который проявляется во всех его важнейших физико-химических свойствах.

Плотность графитового вещества, вычисленная из его кристаллической решетки, равна 2.22 г/см^3 . Многочисленные определения плотности чистых графитов дали среднюю постоянную величину, равную $2.23 \pm 0.01 \text{ г/см}^3$. Плотность же графитовых тел колеблется в широких пределах от 1.9 до 2.5 г/см^3 . Так, определение плотности в трех образцах курейского графита с содержанием 92.01, 92.65 и 92.86% углерода дало соответственно величины плотности 1.906, 2.168 и 2.271. Удельный вес графитовой руды Ботогольского месторождения с содержанием 70% углерода оказался равным 2.45. В. И. Лучицкий (1936) произвел сравнительное определение удельных весов графитов главнейших советских месторождений (табл. 1). Образцы графита, обогащенного флотацией, дополнительно очищались от примесей посредством механического фазового анализа (на центрифуге). Результаты очистки проверялись под микроскопом, причем обнаружены были ничтожные количества минеральной примеси. Удельный вес определялся пикнометром.

ТАБЛИЦА 1
Удельный вес графитов

Происхождение графита	Определения		Среднее
	1-е	2-е	
Старо-крымский	2.037	2.030	2.034
Завальевский	2.105	2.101	2.103
Сретенский	2.247	2.245	2.246
Ботогольский	2.144	2.165	2.150
Курейский	2.038	2.031	2.035

Самым плотным оказался наиболее зольный сретенский графит.

Определение удельного веса зольных примесей дало для старо-крымского, завальевского и бабенковского графитов от 2.45 до 2.47, а для цейлонского — 2.70. Отсюда можно вывести заключение, что минеральные примеси обуславливают увеличение удельного веса графита.

Что касается пониженной плотности курейского графита, то она вызвана высокой дисперсностью этого графита и объясняется наличием у него кристопор, недоступных для пикнометрической жидкости.

Электропроводность графита имеет металлический характер, т. е. перенос электричества осуществляется электронами, которые двигаются внутри кристаллической решетки.

Удельное омическое сопротивление графита определено различными авторами с весьма небольшой точностью в виду трудности изготовления

из его кристаллов стержней, пригодных для измерений. Минимальное сопротивление цейлонского графита Д. Робертс (Roberts) в 1913 г. определил в $\rho \cdot 10^4 = 0.50$ ом/см, при комнатной температуре. Е. Ринкевич (Ryschkewitz) в 1923 г. для искусственного монокристалла графита нашел $\rho \cdot 10^4 = 0.42$ ом/см, при температуре 18° .

Электросопротивление графитовых порошков и изделий зависит от крупности частиц испытуемого материала и давления. Табл. 2, составленная на основании исследовательских работ б. Института прикладной минералогии (позднее Института минерального сырья — ВИМС), показывает сопротивление порошков различных графитов и других углеродистых материалов при почти одинаковой крупности зерна и одинаковом давлении около 100 кг/см^2 .

ТАБЛИЦА 2
Электросопротивление графита (в омах)

Наименование исследованных образцов	Зольность, в %	Крупность зерна, в англ. мешах	$\rho \cdot 10^4$ при длине столба графита	
			10 см	5 см
Графит курейский, обогащенный химическим способом	9.10	— 50 + 90	210	195
Графит курейский, химически обогащенный	3.36	— 90 + 100	196	164
Графит месторождения Старый Крым (УССР)	11.74	— 90 + 160	178	168
Графит мадагаскарский	22.85	— 50 + 90	204	—
» ботокольский	5.36	— 90 + 120	124	119
» искусственный (электрод Сименса)	0.12	— 50 + 90	57	60
То же	0.12	— 90 + 160	88	77
Графит цейлонский тигельный	3.13	— 50 + 90	—	124
Кокс нефтяной	2.37	— 90 + 120	427	404

Столь резкое колебание электросопротивления объясняется тем, что в порошках и блоках прохождению электричества препятствует не только объемное сопротивление кристаллов, но и сопротивление контактов между ними. Кроме того, вследствие пористости уменьшается сечение проводника и удлиняется путь, проходимый электричеством.

Из приведенных в табл. 2 цифр видно, что наивысшей электропроводностью в порошке обладает искусственный графит. Удельное сопротивление графитовых порошков, по Ринкевичу, выражается формулой $\rho = \frac{a}{p} + 0.0075$ ом/см, где a — константа, характерная для данного порошка, а p — давление в кг/см^2 .

Небольшое количество примесей (до 10%) заметного влияния на электропроводность графита не оказывает; значительная зольность увеличивает электросопротивление.

Оптические свойства. Кристалл графита оптически отрицателен, его показатель преломления равен 2.00 ± 0.07 . Раскаленный графит не имеет селективного лучеиспускания и поглощения; он, по определению Люммера, является «серым» телом. Коэффициент поглощения находится в сильной зависимости от характера поглощающей поверхности: очень высокодисперсный графит (например, в виде сажи) имеет коэффициент поглощения, немногим отличающийся от такового у абсолютно черного тела; угольные изделия из очень тонкого материала — угольные нити и стержни — имеют

коэффициент поглощения около 0.77; в изделиях из более крупнозернистого материала он снижается до 0.55 и даже 0.525. Исследованиями ВИМС установлено, что тонкие пластинки графита толщиной 2—0.2 м просвечивают и в проходящем свете имеют серый цвет.

Цвет явнокристаллических графитов — серый и серебристый; скрытокристаллические графиты кажутся черными. Это объясняется различием их дисперсной структуры: в первых базисные грани кристаллов графита, имеющие серый цвет и металлический блеск, занимают большую долю поверхности, чем во вторых.

Механические свойства. Тонкие чешуйки графита обладают большой упругостью. Они легко изгибаются и очень прочны в направлениях, перпендикулярных к оси *c*. Их сопротивляемость разрыву равна 2 кг/мм². Но они очень легко расщепляются на тонкие листочки по спайности, что объясняется малой связанностью атомов в направлении, перпендикулярном к плоскостям слоистости решетки. Поэтому твердость графита, определяемая путем царапания, оказывается около 1 по Моосу, но значительно выше (5—6 по Моосу), если определяется в условиях, в которых расщепление по спайности затруднено.

Для исследования твердости графитовых тел пользуются на ряду с методом Мооса также методом Шора, реже — Бринеля. «Твердости», определяемые разными методами, несравнимы между собой, так как зависят от различных свойств тел, над которыми производятся определения.

Твердость угольных блоков, прессованных из порошка со смолой и прокаленных, по Шору — от 40 до 80, угольных щеток для электромашин — 50±10.

Измерения твердости по Моосу дали: для блоков из руды плотных явнокристаллических графитов и блоков, графитированных при высокой температуре, — 0.5; для блоков из руды скрытокристаллических графитов — 0.5—1.5.

Твердость мягких графитовых блоков, по Бринелю, 6—9.

Скользкость (жирность) графитовых порошков зависит главным образом от величины и ориентировки кристаллитов. Для измерения скользкости пока не существует удовлетворительного метода.

Спайность графитового кристалла весьма совершенная перпендикулярно к оси *c*. Коэффициент объемного сжатия, по Ричардсу (Th. W. Richards) $\frac{1}{v} \cdot \frac{v_1 - v_2}{v_1} = 3.04 \cdot 10^{-6}$ на 1 атм. при 20° и в интервале давлений от 99 до 493 атм.

Термические свойства. Теплоемкость графита при не очень высоких температурах аномально мала — около $C_p = 0.2 \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{атом}}$. Это зависит от за-

ТАБЛИЦА 3

Теплоемкость C_p графита при различных температурах

Температура в °C	Теплоемкость в $\frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{атом}}$		Автор
	вычисленная	измеренная	
28.7	0.03	0.06	В. Нернст
44.1	0.10	0.10	»
85.0	0.30	0.305	»
137.0	0.59	0.688	Корсф
284.0	1.91	1.92	Вебер
623.0	4.17	4.00	»
1250.0	5.40	5.60	»

трудности тепловых колебаний атомов в решетке. В табл. 3 показаны соотношения между температурой и теплоемкостью графита.

Теплопроводность графита высокая: для кристаллов она определена в 3.55 ватт/град./см. Графит в блоках проводит тепло лучше сурьмы, свинца, почти так же, как железо, но гораздо хуже алюминия и серебра.

Теплопроводность порошкообразного графита вообще меньше и зависит от давления, под которым находится графитовый порошок, от размера его зерен и т. д.

Температура плавления измерена довольно точно и равна $3850 \pm 50^\circ$. Расплавить значительные количества чистого графита до сих пор не удалось, так как скорость испарения при столь высоких температурах очень велика.

Температура кипения точно не установлена. Различными исследователями она определяется в пределах от 3900 до 6000°.

Химические свойства графита. При многих реакциях графита с другими веществами не происходит полного разрушения его решетки. Нарушается связь между атомными слоями, сами же слои могут оставаться совершенно нетронутыми. Так, при образовании графитовой окиси в водной среде путем воздействия сильных окислителей на чешуйки графита, последние, не изменяя значительно своей формы, теряют металлические свойства, делаются прозрачными (желтовато-бурыми) и лишаются способности проводить электрический ток. Рентгенографические исследования показывают, что слои шестиугольников решетки остались нетронутыми, но что сильно увеличилось расстояние между ними.

Графитовая окись является весьма непрочным соединением. Она бурно разлагается, почти со взрывом, при нагревании ее до 150—200°.

Графит имеет большое сродство к кислороду и реагирует с ним даже при низких температурах. В этом случае реакция, однако, не идет внутрь кристаллической решетки, а образуются только поверхностные окислы. При повышении температуры эти окислы разрушаются с образованием CO_2 .

Теплота горения графита равна $7\,856 \pm 1$ кал/г. Она связана со степенью дисперсности графитовых тел. Теплота горения углей значительно выше: по данным различных авторов, — от 8020 до 8137 кал/г (древесный и газовый уголь).

Горючесть тесно связана со структурой графитовых тел и, наряду с электропроводностью, является одной из важнейших характеристик графита.

Скорость стационарного горения при постоянной температуре определяется: 1) скоростью диффузии газов, 2) скоростью реагирования и 3) величиной активной поверхности. Если нагревать в воздухе вырезанную из однородного куска пластинку графита, то наблюдается следующее: при температурах ниже 400° заметной убыли в весе не обнаруживается, так как окисление идет слишком медленно. Выше 400° начинается заметное окисление, которое достигает измеримой величины при различных температурах, в зависимости от материала пластинки. Скорость окисления на этой стадии равна 0.0004 г/см²/мин. На протяжении следующих 50—75° эта скорость медленно возрастает до 0.0010 г/см²/мин. Затем в пределах 50° происходит быстрое увеличение скорости до 0.01 г/см²/мин. После этого следует опять медленное увеличение, и между 500 и 900° скорость остается почти постоянной — ее величина для всех графитов лежит в пределах 0.0085 и 0.010 г/см²/мин., т. е. мало зависит от их природы.

Таким образом, наиболее характерной величиной для материала пластинки является не сама скорость окисления, а температура, при которой происходит резкое увеличение скорости.

В табл. 4 представлены результаты экспериментальных работ ВИМС по потерям в весе различных графитовых тел при нагревании их в течение

определенного времени и при известной температуре. За начало окисления принята температура, при которой потери в весе при нагревании на воздухе в течение 10 мин. достигают 3%.

ТАБЛИЦА 4
Потери в весе при нагревании графита

Наименование материалов	Температура, при которой потеря = 3% за 10 мин.	При 635°		При 685°	
		Потеря за 25 мин., в %	Потеря за 1 мин., в %	Потеря за 25 мин., в %	Потеря за 1 мин., в %
Искусственный графит	607	12.87	0.515	37.84	1.514
Курейский »	537	52.83	2.112	60.80	2.432
Ботогольский »	680	2.63	0.105	9.02	0.361
Мадагаскарский »	732	0.76	0.030	2.08	0.083
Старо-крымский (украинский) графит	737	0.81	0.032	3.06	0.122
Цейлонский графит	727	1.37	0.055	3.33	0.133
Кокс нефтяной	575	41.43	1.657	50.40	2.016

Крупночешуйчатые графиты имеют практически одну и ту же температуру начала окисления в 730°. Ботогольский графит, вследствие мелкости (тонкости) его чешуйки, окисляется при более низкой температуре. Скрытокристаллические графиты (курейский) по своей горючести приближаются к нефтяному коксу и к искусственному графиту. Для сжигания графита требуется температура в 800°, но при этой температуре явнокристаллические графиты сгорают очень медленно.

Растворимость. Графит растворяется в очень небольших количествах только в расплавленных металлах. Так, в серебре — от 0.001 до 0.022%, в меди — от 0.024 до 0.033%, в свинце — от 0.024 до 0.094%, в висмуте — от 0.012 до 0.023%, в сурьме — от 0.033 до 0.094%.

Более значительные количества графита растворяются в тугоплавких металлах: железе, марганце, никеле, кобальте, платине, хrome, молибдене, ванадии и вольфраме. В расплавленном железе при температуре 2500° растворяется до 12% графита. Из охлажденных расплавов графит частью выделяется в виде кристаллов.

Окисление в водной среде. Графит не поддается воздействию ни кислот, ни щелочей в условиях, когда его окисление невозможно. К окислению же в водной среде различные графиты относятся неодинаково: явнокристаллические графиты заметно не реагируют с азотной кислотой; скрытокристаллические графиты реагируют с азотной кислотой с выделением окислов азота. На различном отношении к азотной кислоте некоторыми авторами (Луци, Броди) была построена ныне отвергнутая классификация графитов на графит, графитит и графитоид. Это же различие легло в основу метода, предложенного Донатом для обнаружения фальсификации графитовых порошков углем.

Взаимодействие графита с некоторыми другими элементами. При высокой температуре графит вступает в соединение с другими элементами. С водородом он соединяется при температуре вольтовой дуги, т. е. около 4000°, образуя ацетилен, метан и др. Наиболее важным из карбидов металлов является карбид кальция (CaC_2), полученный впервые Велером путем непосредственного соединения графита с кальцием при накаливании их до темнокрасного цвета. Различными исследователями были получены также карбиды стронция, тантала и др. Заслуживает внимания карбид бора (B_2C_2), полученный Мюльхейзером (Mühlheiser). Он имеет вид спек-

пихся шариков, напоминающих собой графит и обладающих настолько большой твердостью, что в измельченном виде ими можно шлифовать даже алмаз.

С азотом графит дает карбид азота или циан.

Металлический хром, сильно нагретый, легко соединяется с графитом, образуя карбид хрома (Cr_2C_3). Последний очень устойчив, медленно сгорает в струе кислорода даже при температуре 1200° и обладает большой твердостью (8.5).

Химический состав. Графитовые тела никогда не состоят из одного только углерода, а всегда содержат некоторое количество второстепенных веществ или «примесей».

Все без исключения графиты содержат в количестве от 0.1 до 2% абсорбированные газы (CO_2 , CO, CH_4 , H_2 , N_2 , NH_3 , H_2S), которые выделяются при прокаливании графита в вакууме. Однако, полного удаления из графита абсорбированных газов не удается достигнуть в вакууме даже при 1350° . К таким газам относятся водород, содержащийся в графите в количестве от 0.05 до 0.17%, и азот.

Кроме газов, все графитовые тела содержат большее или меньшее количество неорганических примесей (алюмосиликатов, окислов железа, кальция, магния, щелочей и проч.), проникающих в графит из вмещающих его пород в процессе его образования. При сжигании графита эти примеси оставляют золу.

В табл. 5 приведены результаты анализов различных графитовых руд и продуктов их обогащения и показан состав золы, полученной при их сжигании.

Микроструктура графитовых руд показана на фиг. 4—12.

Искусственный графит. Свойствами натурального графита обладают так называемые искусственные графиты:

1. *Ачесоновский графит*, изготавливаемый из антрацита в электрической печи при температуре выше 2000° . Вопрос об ачесоновском графите будет всесторонне освещен в главе 6 — «Обработка графитового сырья», так как процесс его производства аналогичен термическому рафинированию графитов.

2. *Доменный графит* образуется в условиях горячего хода доменной печи, когда чугун в горне печи слишком насыщается углеродом. По мере охлаждения чугуна углерод выделяется в виде чешуек графита (спели). Вследствие своего сравнительно с чугуном небольшого удельного веса, графит всплывает на поверхность. Часть его, уносимая газами, называется «летучим» графитом.

Графит выделяется, главным образом, из литейного чугуна. Из перелитого чугуна, содержащего мало кремния (меньше 1%) и сравнительно много марганца, графита выделяется мало.

Кроме «летучего» графита, значительная часть его остается в ковше. После разлива чугуна ковш опрокидывается, и вместе с чугунными «козлами», кирпичами, отставшими от внутренней футеровки ковша, и коксом, которым был засыпан чугун, выпадают чешуйки графита, чаще всего спрессованные со скелетиками железа или спаянные каплями чугуна.

Дроблением и просевом получают продукт, содержащий 20—25% графита, 40—50% железа и 25—30% прочих примесей. Путем обогащения этого материала можно получить продукт, вполне пригодный для различных графитовых изделий.

Графит в довольно значительных количествах содержится в шлаке, остающемся на дне миксера бессемеровского цеха.

Полное количество чистого графита, выделяющееся из литейного чугуна, определяется, на основании исследовательских работ ВИС 1938 г., в количестве 0.13365% от веса чугуна.

ТАБЛИЦА 5

Химический состав графитовых руд и обогащенных графитов (в %)

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
C	8.00	19.91	20.84	11.34	56.68	—	89.40	85.82	85.06	86.50	85.0	88.97	87.50	84.66
CO ₂	—	0.30	0.85	2.21	—	—	1.70	—	—	1.10	—	1.30	—	—
SO ₃	—	0.11	0.05	0.31	0.61	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H ₂ O	2.53	—	—	—	0.05	—	—	0.55	0.56	0.30	1.5	—	—	1.36
Зола	85.04	—	—	—	33.42	78.95	8.90	10.22	11.60	11.78	13.5	9.72	12.50	13.98
Сумма	95.57	—	—	—	90.76	—	100.00	96.59	97.22	99.68	100.00	99.99	100.00	100.00
Состав золы														
SiO ₂	62.76	58.56	70.10	70.59	53.67	65.38	20.90	52.72	51.09	55.41	—	44.65	40.80	57.89
TiO ₂	0.57	1.54	0.63	0.62	0.20	0.60	—	0.20	1.95	—	—	3.91	—	—
Al ₂ O ₃	12.89	11.80	16.91	11.37	16.46	15.72	7.53	10.20	15.05	11.93	—	24.69	48.80	30.17
Fe ₂ O ₃	3.74	16.49	3.39	8.30	10.81	8.64	36.29	14.21	24.39	20.97	—	11.11	9.60	2.52
MnO	0.52	0.04	0.25	0.04	0.40	1.33	0.79	0.06	следы	0.44	—	—	—	—
MgO	3.95	3.38	4.22	1.58	0.17	0.02	6.63	4.70	2.03	1.19	—	6.89	—	2.73
CaO	4.56	4.22	1.06	1.18	5.65	5.45	22.13	0.80	5.64	5.79	—	0.72	0.80	4.55
Na ₂ O	—	2.22	0.00	0.34	4.02	—	5.73	—	—	—	—	—	—	—
K ₂ O	—	2.99	3.39	3.08	8.71	—	—	—	—	3.92	—	6.89	—	—
P ₂ O ₅	—	—	—	—	0.10	—	—	—	—	0.34	—	0.20	—	—
Сумма	88.99	101.24	99.95	97.10	100.19	97.14	100.00	91.89	100.15	99.99	—	99.06	100.00	97.86
Где производился анализ	ВИМС	ВИМС	ВИМС	ВИМС	ВИМС	Механобр	Лаборатория д-ра Бишофа, Берлин	ВИМС	Механобр	ВИМС	Стандартная тигельная марка	Муассан	—	—

Графитовая руда месторождений:

Обогащенный графит:

- 1 — Завальевского (УССР, Одесская обл.);
2 — Старо-Крымского (УССР, Сталинская обл.);
3 — Петровского (Власовского) (УССР, Кировоградская обл.), с мелкокристаллическим графитом;
4 — Водянского (УССР, Кировоградская обл.), с мелко- и среднечешуйчатым графитом;
5 — Ботоогольского (Бурят-Монгольская АССР);
6 — Хинганского (Еврейская авт. обл., у с. Союзного на Амуре);
7 — Курейского (Красноярский край).
- 8 — завальевский;
9 — хинганский;
10 — цейлонский;
11 — мадагаскарский;
12 — ньюйоркский;
13 — шварцбахский (Богемия);
14 — мексиканский (штат Сонора).

Физико-химическим исследованием доменного графита (В. С. Веселовский) установлена его принадлежность к чешуйчатой разновидности и доказано наличие двойников.

2. ОБРАЗОВАНИЕ ГРАФИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Вопросы образования графита обсуждаются уже несколько десятилетий, однако до настоящего времени не удалось установить единую точку зрения на их генезис и выработать общепризнанную классификацию.

Наибольшие разногласия вызывают условия образования месторождений графита в осадочных породах, как, например, украинские месторождения и аналогичные им баварское, богемское и отчасти нижнеавстрийское. Вейншенк (1897) считал, что баварские графитоносные гнейсы (Пассау) образовались путем пневматолито-эпигенетического отложения в них графита, в результате разложения газов, выделившихся при невысокой температуре из охлаждающейся гранитной интрузии и состоявших, главным образом, из окиси углерода, углекислоты и цианистых соединений. Эти эманации проникали по трещинам, в которых графит отлагался вследствие разложения окиси углерода и других углеродистых соединений. В последние годы эту пневматолитовую теорию развили и подкрепили советские исследователи (И. Танатар, Н. С. Лаврович, В. Царалкин, Н. Н. Карлов и др.) на основании наблюдений над украинскими месторождениями. Последние приурочены к районам значительных тектонических нарушений и представляют собою толщи графитоносных пород — гнейсов, графито-гнейсов, гранитов, пересеченных жилами аплита, пегматита и кварца, к которым приурочены рудные залежи. Здесь, как в Пассау, встречается ряд гидатогенных минералов из группы каолинита (нонтронит и пингвит), представляющих изоморфные соединения, соответствующие каолиниту с заменой в нем алюминия железом.

В графитовых месторождениях района с. Петрово обнаружены халцедон, опал, хлоропал, пеликанит и другие минералы, присутствие которых говорит об интенсивных гидротермических процессах.

Другие авторы (В. И. Лучицкий, В. С. Веселовский, Д. П. Сердюченко и др.) настаивают на метаморфическом происхождении украинских месторождений. Некоторые из них допускают влияние на перекристаллизацию углерода процессов инъекции и пневматолита, но отводят им второстепенную роль, считая, что эти процессы могли способствовать переносу и концентрации графита в отдельных участках, но что их отсутствие не могло помешать образованию месторождения.

В. И. Лучицкий (1934) предложил следующую схему классификации графитовых месторождений.

I. Месторождения, связанные с магматическими процессами

1. Образовавшиеся в результате кристаллизации при остывании магмы.
2. Образовавшиеся пневматолитическими процессами.
3. Образовавшиеся при ассимиляции магмой известняков.

II. Месторождения в осадочных породах

1. Образовавшиеся при тектонической или контактной метаморфизации минеральных углей.
2. Образовавшиеся при глубинной метаморфизации древних осадочных пород.

Эта классификация является наиболее ясной и может быть принята для месторождений СССР с некоторыми оговорками.

К разделу I нужно отнести Миасское месторождение, в котором выделение графита происходило путем непосредственной кристаллизации из

магмы. Пневматолитовый характер образования Цейлонского месторождения (группы 1—2) ни у кого не вызывает сомнений. Здесь имели место процессы, вызвавшие разложение летучих углеродистых соединений, которые могли быть как органического, так и неорганического происхождения. Форма залегания графита в виде жил подтверждает это предположение.

В Ботогольском месторождении (группы 1—3) рудное тело залегает в виде штоков и линз. Микроскопическое изучение графита показывает, что последний выкристаллизовался одновременно с силикатами вмещающей породы — нефелинового сиенита. Эти факты, а также нахождение в породах Ботогольского гольца большого количества минералов, содержащих хлор, углекислоту и воду (содалит, слюды, кальцит, калкрит и скаполит), позволяют высказать предположение, что графит здесь привнесен извне.

К разделу II — к месторождениям в осадочных породах — относятся прежде всего все залежи графита обширного Туруханского района в Красноярском крае (Курейское, Нижне-Тунгусское или Ногинское, Бахтинское и Фатьянское). Эти месторождения представляют собой части угольного пласта Тунгусского бассейна (верхний карбон), подвергавшегося метаморфизации контактовым воздействием трапзов (диабазов). Интрузия в угольный пласт пропикала в форме апофиз и межпластовых образований и, войдя в соприкосновение с углем, превратила его в графитовые сланцы и графит. Вследствие сравнительно небольшой мощности интрузивных тел их контактное воздействие на уголь было непродолжительным и происходило при не очень высокой температуре, в связи с чем перекристаллизация была неполная и могли образоваться только мельчайшие кристаллиты графита.

Превращение плагиоклаза диабазовых жил в скаполит и образование ряда минералов, как кальцит, гранат, апатит и др., указывают на участие в процессе графитизации также жидких и газообразных минерализаторов.

Месторождения скрытокристаллического графита среди пикнекарбовых отложений восточного склона Урала (Боевское, Полтавское) и некоторые другие возникли при других условиях метаморфизации углей, именно под влиянием горообразующих процессов при невысоких температурах. Здесь мы имеем явления динамометаморфизма.

В украинских месторождениях и аналогичных им забайкальских (Шахтминский район Читинской обл.) и дальневосточных (Мало-Хинганское на Амуре Еврейской авт. обл.), которые по классификации В. И. Лучинского относятся к группе II—2, часть графита образовалась на месте вследствие метаморфизации углистого вещества, содержавшегося в осадочных породах, слагающих эти месторождения (гнейсах и сланцах). Процессы метаморфизации были здесь более интенсивные, чем в предыдущих двух случаях, поэтому кристаллиты графита тут более крупные. Несомненно, однако, что в образовании этих месторождений большую роль сыграли процессы пневматолита и инъекции, связанные с гранитами, аплитами и пегматитами. Это доказывается присутствием нонтронита, каолина, серицита и других минералов, характерных для пневматолитических процессов. Возможно, что в отдельных случаях эти процессы отсутствовали, и графит образовался на месте из углистого вещества осадочных пород исключительно под влиянием метаморфизма. Но эти случаи, очевидно, чрезвычайно редки. Поэтому правильнее будет относить украинские и аналогичные им месторождения к смешанному пневматолито-метаморфическому типу.

Гренвальское жильное месторождение графита в Канаде (провинция Квебек), заключенное в кристаллических известняках, необходимо выделить в особый контактово-пневматолитовый тип.

3. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗА ГРАНИЦЕЙ

Графит — минерал, широко распространенный на земном шаре. Однако, лишь в немногих странах (Германия, Италия, США, Цейлон, Мексика, Канада, Мадагаскар и Корея, не говоря о СССР) концентрация графита достигает размеров мощных месторождений и ведется крупная добыча графита.



Фиг. 10. Микроструктура графитовой руды Цейлонского месторождения.



Фиг. 11. Микроструктура графитовой руды Цейлонского месторождения.

Контакт графитовой жилы с вмещающей породой. Последняя сильно разрушена и проникнута графитом.



Фиг. 12. Микроструктура графитовой руды Цейлонского месторождения.

Равномерное распределение графита в породе.

Цейлон. Месторождения графита представляют собой жилы различной мощности (от 1.25 до 10 см), включенные в гнейс и радиально расположенные вокруг гранулитового массива. Они сосредоточены преимущественно на периферии острова, в западной и юго-западной его частях, занимая пространство около 200 км в длину и около 100 км в ширину. Иногда жилы расширяются, образуя большие карманы, заполненные чистым графитом.

Руды цейлонских месторождений состоят из графитовых зерен, находящихся в сростании со слюдой (фиг. 10), или графит импрегнирует разрушенную вмещающую породу и равномерно в ней располагается (фиг. 11 и 12).

В литературе совершенно отсутствуют сведения о разведанности цейлонских месторождений. О размерах залежей в недрах острова можно составить себе представление лишь по данным добычи за истекшие 100 лет. В среднем в год извлекалось 30 тыс. м³ руды с содержанием около 50% графита.

В довоенное время залежи графита разрабатывались сравнительно неглубокими шахтами до горизонта 100—150 м. С 1915 г. стали вводить в эксплуатацию более глубокие (до 500 м глубины) шахты с применением механизации.

Установлено, что по мере углубления разработок мощность жил уменьшается и качество руды падает. Добывается преимущественно кристаллический графит, представленный плотнокристаллической разностью, формами стеблевидной и радиальной (розетка с лучистым расположением кристаллов). Содержание в отсортированной руде чистого графита колеблется от 50 до 98%. Вредными примесями являются кварц и отчасти пирит.

Мадагаскар. Графит на Мадагаскаре связан преимущественно с рогово-обманковым гнейсом, в котором он замещает слюду. Встречается он также в кристаллических известняках, кварцитах и сланцах. Выходы графитоносных пород наблюдаются во многих пунктах, но наибольшие скопления графита установлены на возвышениях в средней части острова и на восточном и западном его берегах.

Месторождения относятся к метасоматическому типу; чешуйки графита размерами до 1.5 см рассеяны в породе. Графитоносный гнейс на глубину до 45—60 м сильно выветрелый и составляющие его минералы, за исключением графита и кварца, превращены в мягкую глину — латерит. Вследствие этого добыча руды открытыми работами производится в исключительно легких условиях.

Генезис месторождения (по Ласгоix, 1922) контактово-метаморфический. Графит крупночешуйчатый. Содержание в руде чистого графита колеблется от 2—3 до 80—90%.

Микроскопическое исследование графитоносных пород показывает, что чешуйки графита частично включены в кварц, полевой шпат, амфибол и пироксен. Графит, следовательно, образовался одновременно с этими минералами.

Корея. В предвоенные годы крупная добыча графита развернулась в Корее. В южной части полуострова добывается исключительно скрытокристаллический графит с содержанием 80% углерода. В северной части, наряду со скрытокристаллической разновидностью, добывается также явнокристаллическая, встречающаяся, например, в гнейсах Янг-Богна (геологические данные отсутствуют). Скрытокристаллический графит поступает на рынок в виде пластинчатой крупки, имеющей 2—3 мм в поперечнике; иногда также в виде порошка (карапашный графит). По своей электропроводности он стоит выше мексиканского, но ниже папского и курейского.

Китай. Известно месторождение графита в пограничной Джунгарии к северу от г. Кульджа, в 10 км к востоку от озера Сайрам-Нор, в горах Куюкты, служащих водоразделом между рр. Паличи и Джергалал, с одной стороны, и р. Кыз-Имчак, с другой. На северном склоне этих гор в долине одного из верхних притоков р. Кыз-Имчак, на площади 3 км², среди слюдистых песчаников и глинистых сланцев залегают пласты графитового сланца. Три наиболее значительных пласта имеют мощность 0.7, 0.35 и 0.15 м. Свита, повидимому, каменноугольного возраста. Она сильно измята и метаморфизована. Графит скрытокристаллический образовался из угля. Запас определяется в 1 млн. т. Месторождение было обследовано И. В. Мушкетовым в 1875 г.

Мексика. Крупнейшие месторождения находятся в штате Сонора, недалеко от Санта Мария, в 96 км восточнее Калифорнийского залива. Здесь

обнаружены семь пластов графита мощностью от 2 до 3 м, заключенных в метаморфизованном песчанике. Месторождения, повидимому, относятся к контактовым и образовались при воздействии интрузии гранита на залежи каменного угля. Графит чрезвычайно плотный, среднее содержание углерода около 80%. На месте добычи происходит только сортировка руды, обработка же ее (дробление, обогащение) производится в США. Мексиканский графит, освобожденный от примесей и тонко измельченный, применяется, главным образом, в карандашном производстве.

США. Промышленные залежи графита имеются в штатах: Алабама, Нью Йорк, Пенсильвания, Техас, Висконсин, Мичиган, Северная Каролина, Огайо, Невада, Вирджиния и Джорджия.

Наиболее крупные месторождения сосредоточены в штате Алабама, но руда здесь бедная, содержит не более 2—3% графита. Месторождение Апшлэнд образовано графитовыми сланцами, при участии пегматитовых и гранитных инъекций. Сланцы сильно разрушены. Зона выветривания достигает глубины 10—20 м. Минералы инъекций (крупнозернистый кварц, ортоклаз, герцинит, турмалин, апатит) составляют до 50% графитопослой породы.

Генезис месторождения — результат перекристаллизации углистых веществ осадочных пород на месте и ассимиляция углерода инъекциями в более глубоких горизонтах, с последующим переотложением его в форме графита в вышележащих, более холодных горизонтах сланцев (Брун). Это месторождение является главным источником чешуйчатого графита в США.

В центральных штатах — Висконсин и Мичиган — графит преимущественно плотный. В Вирджинии графитоносными породами являются гнейсы и сиениты. Содержание углерода в руде иногда доходит до 75—80%. В Пенсильвании чешуйчатый графит встречается в разрушенных сланцах. Содержание графита в руде 3.5—4.5%. Руда мягкая, залегает пластами с падением 35—50°.

В Техасе графитоносными породами являются окварцованные сланцы. Мощность пластов 22—28 м, падение достигает 65°. С глубиной увеличивается содержание графита в руде, но в то же время возрастает содержание в ней пирита, слюды и других вредных примесей.

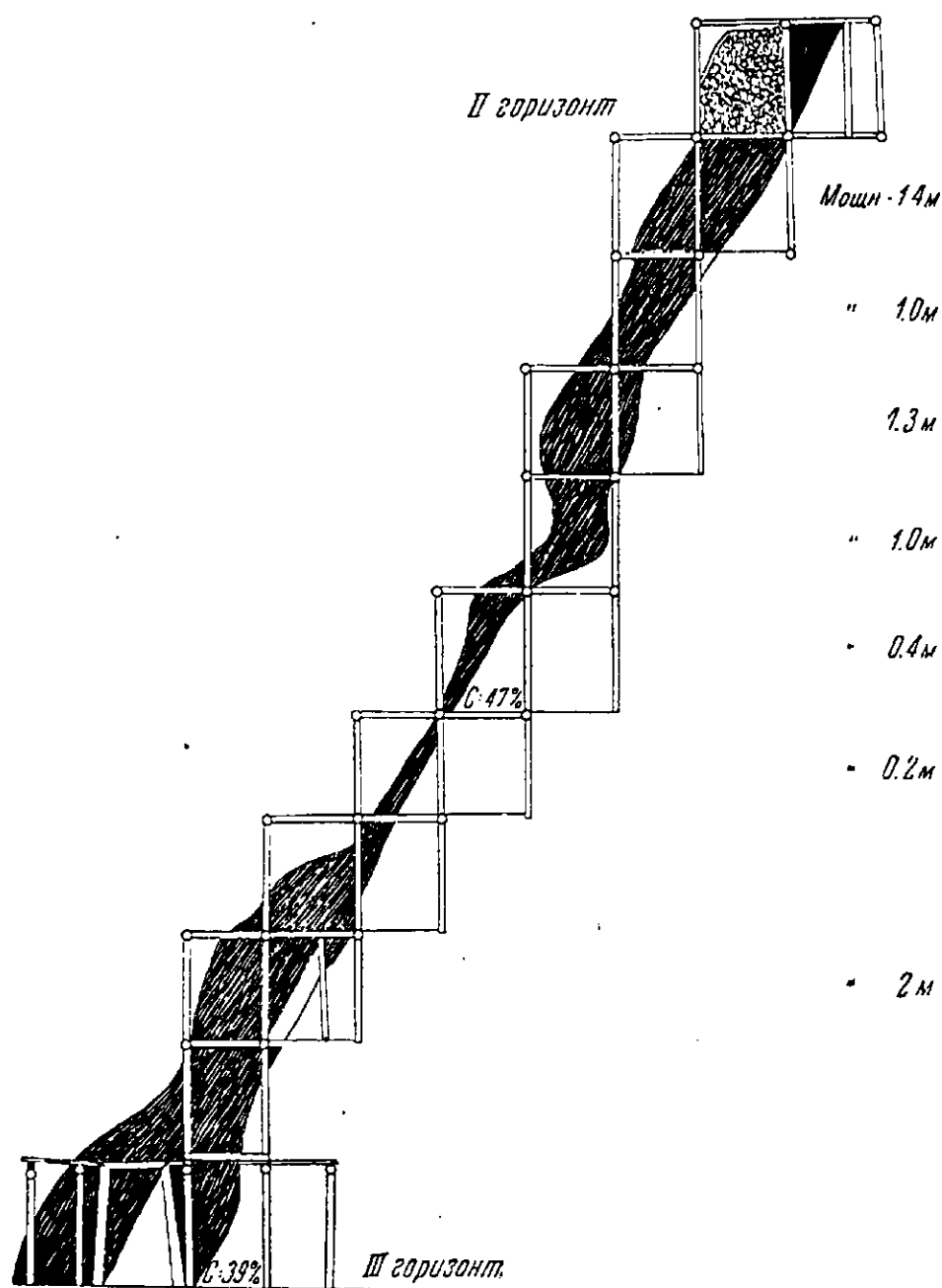
Канада. В восточной части страны в различных пунктах имеются многочисленные месторождения графита, которые по характеру залегания могут быть подразделены на две группы: жильные, содержащие более чистый графит, но незначительные по запасам, и вкрапленные, более мощные.

Важнейшие месторождения находятся в провинции Квебек у Гренвилля. Включаящей породой является кристаллический известняк, который прорезается интрузиями гранита и диабазы. Жилы графита приурочены к интрузиям указанных пород. Месторождения принадлежат к контактово-пневматолитовому типу. Среднее содержание графита в руде достигает 20—25%; в некоторых пунктах добывается и 40% руды. Графит преимущественно кристаллический, стеблевидный или листоватый. Встречаются также залежи скрытокристаллической разновидности. В провинции Онтарио известны месторождения графита, геологически очень близкие к квебекским.

Германия. Месторождения графита сосредоточены в Баварии близ Пассау, где добыча ведется с давних времен, а также в Штирии и Нижней Австрии. В строении района участвуют кордьеритовый гнейс, габбро, богатые титаном сиениты и известняки. Эти породы связаны с гранитным массивом, лежащим на границе Баварии и б. Австрии. Графитоносный гнейс прорезан во многих местах гранитовыми интрузиями и сильно разрушен (каолинизирован); в свежем гнейсе графит отсутствует. Сопутствующими минералами являются рутил и пирит; графит средне- и мелкочешуй-

чатый, содержание его в руде составляет 20—35%. Залегание линзообразно рудные тела падают круто. Разработка ведется шахтами на глубину до 100 м.

В Штирии полоса графитопослых (серовакковых) пород тянется от Земмеринга до Тироля, причем ее центральная часть находится близ г. Леобена. Графит залегает пластами мощностью до 6 м. Содержание углерода —



Фиг. 13. Геологический разрез месторождения в Штубене (Богемия).

до 95%, в среднем — 80%. Графит чаще всего плотный скрытокристаллический. Производственная мощность главных трех рудников достигает 40 тыс. т в год.

Месторождения графита в Нижней Австрии геологически тесно связаны с месторождениями Ваварии и б. Чехо-Словакии. Все они сосредоточены на сравнительно небольшой площади, между Пассау, Будвейсом и Веной. Рудой здесь является разрушенный гнейс, чаще всего каолинизированный. Жилы чешуйчатого графита отделяются от скоплений скрытокристаллического графита пропластками кристаллического известняка. Содержание чешуйчатого графита в руде 20—35%. Главную массу, однако,



Фиг. 14. Обзорная карта графитовых месторождений Европейской части СССР Месторождения: 1 — Хошеватое; 2 — Завалье; 3 — Люшнево; 4 — Кошары-Александровское; 5 — Петровское; 6 — Власовское; 7 — Бабенковское; 8 — Зеленое; 9 — Кальчик; 10 — Троицкое; 11 — Сачновы хутора; 12 — Вишняковы хутора; 13 — Темрюк; 14 — Джимаринское; 15 — Алабашское; 16 — Боевское; 17 — Полтавское; 18 — Брединское.

составляет скрытокристаллический графит, вернее, графитовый сланец, содержащий 35—45% углерода и 5—6% пирита.

В Южной Богемии важнейшие месторождения графита сосредоточены в Шварцвальде, Крумау (Крумлов), Муграу, Шварцбах (Черная), Штубен (Гурка) (фиг. 13) и др. Они геологически тесно связаны с вышеописанными месторождениями Нижней Австрии и дают здесь как скрытокристаллическую, так и чешуйчатую (флинцграфит) разновидности. В районе г. Будвейса на высоте 720 м над уровнем моря залежи графита в виде крутопадающих пластов и линз различной мощности простираются с юго-запада на северо-восток. Вмещающая порода — тот же разрушенный гнейс, тянется от Пассау до Будвейса, часто переслаиваясь с древними кристаллическими известняками и прорываясь интрузиями гранита. Преобладает скрытокристаллическая разновидность, с содержанием 35—45% углерода и 3—5% серы. Мощность пластов от 0.2 до 4 м. Добыча производится шахтами на глубине 60—100 м.

В Моравии месторождения графита известны в районах Гольденштейн, Альтштадт, Муглия и др. Вмещающие породы — кристаллические известняки, чередующиеся с гнейсами, амфиболитами и кварцитами. Графит то мягкий, листоватый, то твердый, плотный. Содержание углерода доходит до 53%. Добыча ведется штольнями.

Месторождения в Словакии не представляют большого интереса.

Италия. Графитовые залежи встречаются в районе Пинероло, недалеко от Турина, а также в Лигурийских Альпах в долине Бармада. В геологическом отношении здесь имеется аналогия с месторождениями Штирии. Филлиты, вмещающие пласты графита, образуют пояс в виде полукруга, тянувшийся на протяжении около 60 км от Джинаверно через Пинероло до Салупцо. В Лигурийских Альпах пласты графита, образовавшиеся из антрацита, залегают в пермо-карбоновых песчаниках и конгломератах. Графит черный, мягкий. Содержание углерода в руде в среднем 35—40%. Содержание железа незначительное. Структура — скрытокристаллическая. Графит применяется для литейных целей.

4. МЕСТОРОЖДЕНИЯ В СССР

В разных частях СССР зарегистрировано свыше 350 месторождений графита. Однако о подавляющем большинстве из них известно лишь их местонахождение, и только немногие из них подверглись изучению в той или иной степени.

В настоящей статье описаны преимущественно месторождения последней категории, т. е. такие, которые были разведаны и запасы которых были подсчитаны.

Нужно отметить, что из двух разновидностей графита — явнокристаллического и скрытокристаллического (аморфного) — наибольший интерес представляет первая, так как ценные свойства графита (пестротечность, электропроводность, жирность) в ней выражены более ярко, и она поэтому имеет более обширное и более разнообразное применение. Вместе с тем, руды явнокристаллического графита, даже при содержании в них 5—6% графита, могут быть рентабельно использованы в промышленности, так как методом флотации они могут быть переработаны в высокоуглеродистые концентраты с содержанием 90% и более углерода. Наоборот, руды скрытокристаллического графита трудно поддаются обогащению (для них весьма эффективна сортировка), и поэтому ценными являются только руды с высоким содержанием углерода (более 80%) типа туруханских (курейская, ногинская). После соответственной обработки курейская графитовая руда может применяться в производстве графитовых электроизделий (щетки), карандашей, противонакипного препарата и для литейных целей. Руды

скрытокристаллического графита с содержанием 25—30% углерода типа боевского используются в молотом виде для некоторых видов чугунного литья. Руды же скрытокристаллического графита с содержанием углерода ниже 25% типа джимаринской имеют лишь местное значение.

Основные графитоносные районы в СССР следующие: 1) Украинская ССР — Приазовский, Криворожский и Прибугский; 2) Кавказ — Ада-хохский и Джимаринский; 3) Урал — Кыштымский, Миасский, Багарянский и Полтавский; 4) Узбекская ССР — Кенимехский и Ферганский; 5) Казахская ССР — Аягузский и Семипалатинский; 6) Красноярский край: Туруханский район; 7) Восточная Сибирь: Саянский район; 8) Дальний Восток: Сретенский, Биробиджанский, Уссурийский, Приморский (фиг. 14 и 21).

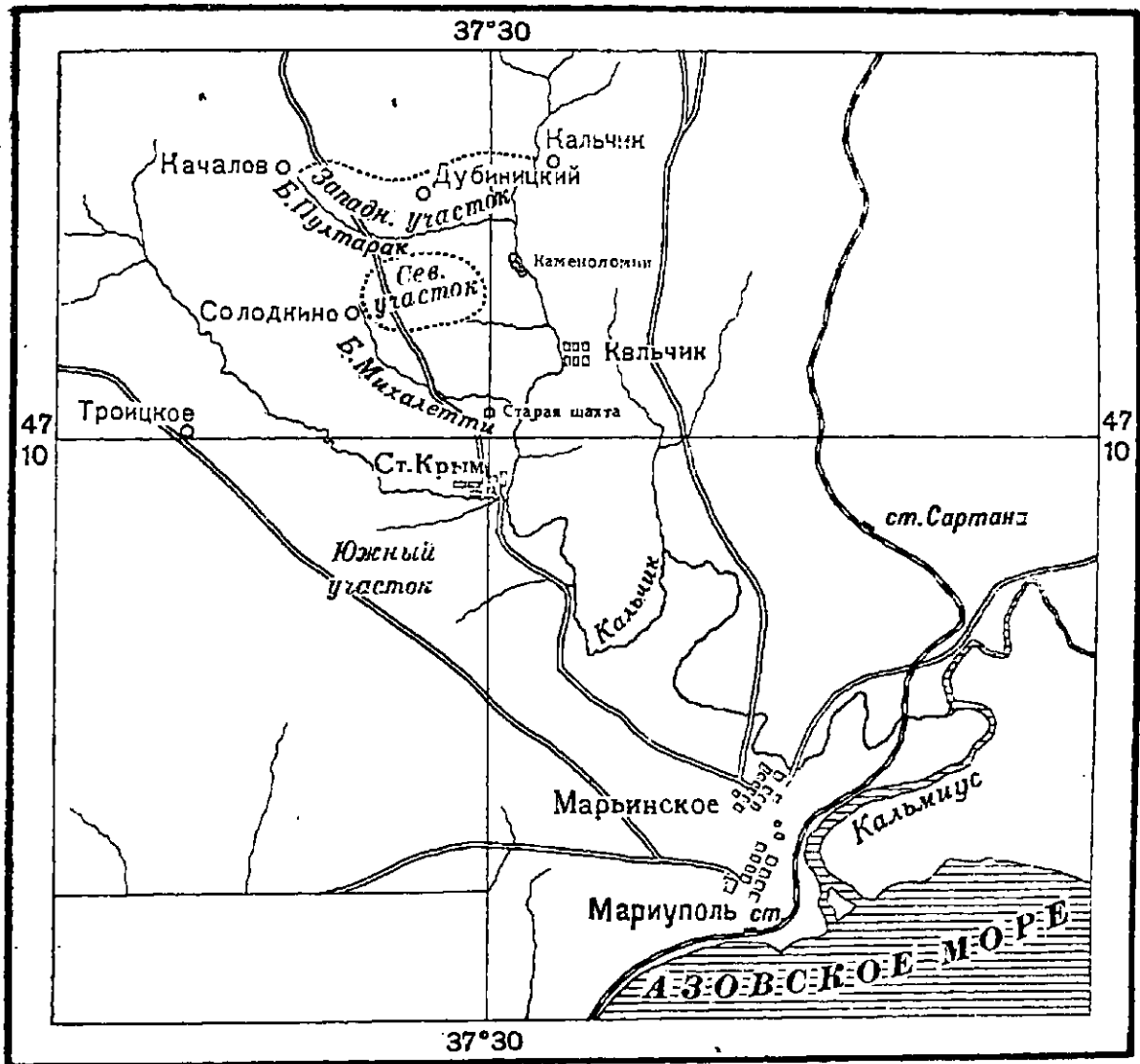
Украинская ССР

Графитоносные породы наблюдаются по всей Южно-русской кристаллической полосе, тянущейся от нашей бывшей границы с Польшей (Волынь) через Киевщину вдоль левого берега Буга и Криворожье до северных берегов Азовского моря. Длина полосы около 1000 км, ширина 600 км, общая площадь 600 тыс. км².



Фиг. 15. Приазовский графитоносный район УССР.

Изученные графитоносные породы Украины принадлежат, по В. И. Лучинскому, к тетерево-бугской свите докембрийского (архейского) возраста. Свита состоит из комплекса древних осадочных метаморфических пород: парагнейсов (в том числе графитовых), силикатизированных известняков, кристаллических известняков, глубоко измененных кварцевых пород и вторичных кристаллических. Свита прорезана многочисленными жилами гранита, пегматита и анлита. Там, где воздействие изверженных пород было более интенсивным, образовались смешанные породы типа мигматитов. Свита в значительной своей части размыта, сохранились небольшие участки, образующие графитоносные районы: 1) Приазовский — вблизи Мариуполя и Осипенко (б. Бердянска) в бассейнах рр. Кальчика и Берды.



Фиг. 16. Старо-Крымское месторождение графита.

2) Криворожский у с. Петрова в верхнем течении р. Ингульда и 3) Прибугский — на левом берегу р. Буга между с. Хоцевато и г. Первомайском. Киево-Волынская группа месторождений очень слабо изучена и здесь не описывается.

1. Приазовский графитоносный район (фиг. 15). *Старо-Крымское месторождение* (Кальчикский участок) находится в Сталинской обл., в 14 км от г. Мариуполя, на правом берегу р. Кальчика. Оно ограничено с востока р. Кальчиком, с запада — водоразделом бассейнов рр. Кальчика и Берды, с юга — широтной границей выходов кристаллических пород. Северная граница проходит в 4 км к северу от с. Старый Крым (фиг. 16).

В строении района участвуют сиениты, граниты, гранито-гнейсы, габбро, диориты и аплиты. Графитоносными породами являются разрушенные биотитовые гнейсы, залегающие весьма прихотливо без всякой закономерности среди гнейсов в виде жиллообразных полос, простирающихся с северо-запада на юго-восток. Жилы пегматита, гранита и аплита разбивают эти полосы на отдельные участки.

Содержание графита в руде в среднем 6%. Графит крупно- и средне-чешуйчатый. Чешуйки имеют форму массивных пластинок, являющихся сростками крупных кристаллов по плоскости базиса. Кристаллы графита обычно переслаиваются листочками слюды.

Руда Старо-Крымского месторождения хорошо обогащается флотацией. Однако, установленный на Мариупольском заводе процесс позволяет

получить только концентрат, содержащий 30% золы. Количество тигельной чешуйки крупнее 100 меш в валовом концентрате достигает 40%. Старо-Крымский графит в хорошо обогащенном виде (с содержанием золы не более 10%) обладает всеми качествами крупночешуйчатых графитов и вполне пригоден для производства тиглей, гальванических элементов, электроугольных изделий, карандашей и т. д.

По данным рудоуправления (август 1937 г.), разведанные в 1931 г. 213 тыс. т руды распределялись следующим образом:

1) 125 тыс. т на восточном участке. Последний выработан, осталось около 10 тыс. т;

2) 13 тыс. т на южном участке. Разработка этого участка, в связи с его рельефом, требует производства дорогостоящих подготовительных работ и признана нерентабельной;

3) 75 тыс. т на западном участке; подлежат еще вскрыше. Учитывая потери, составляющие 15—20%, имеющийся запас руды может быть определен в количестве 50—60 тыс. т. При годовой потребности Мариупольского завода в 14 тыс. т руды, остающийся запас обеспечивает его работу на 4 года. Однако, если учитывать руды с содержанием 3—5% графита, которые также могут быть рентабельно использованы в промышленности, запасы значительно возрастают. Запасы на 1. I. 1940 г., по данным ВГФ, приводятся в табл. 14 (стр. 203).

Химическая характеристика старо-крымского графита дана в табл. 6.

ТАБЛИЦА 6

Химический состав старо-крымских руд и концентрата (в %)

Компоненты	Руда Кальчинского участка ¹	Концентрат Мариупольской фабрики ²
Графит	7.68	62.64
CO ₂	0.53	—
S	0.76	—
H ₂ O	1.96	—
Зола	86.35	30.40
Состав золы		
SiO ₂	65.25	47.71
Al ₂ O ₃	16.02	22.01
Fe ₂ O ₃	9.94	10.76
Mn ₂ O ₄	0.10	—
MnO ₂	—	0.36
MgO	2.20	14.21
CaO	2.71	5.10

¹ Пробы, доставленные в Механобр в 1931 г.
² Марка «Э» 1931 г. Уд. вес 2.47.

Троицкое месторождение расположено у села того же названия, в 30 км к северо-северо-востоку от г. Осипенко и в 50 км к северо-западу от г. Мариуполя. Район сложен преимущественно амфиболовыми и биотитовыми графитизированными гнейсами; встречающиеся здесь граниты, гранито-гнейсы, пегматиты и аплиты играют подчиненную роль.

В районе с. Троицкого разведаны четыре участка:

I — на правом берегу рч. Берестовой у ее устья. Толща пород разбита жилами пегматита на полосы мощностью 0.1—0.4 м. Распределение графита очень неравномерно.

II — на правом берегу рч. Берестовой несколько выше I участка. Мелкокристаллический графит включен в пачки гнейса мощностью 0.25—2 м.

III — на левом берегу рч. Берестовой по балочке Добрицына-Цюцюрина. Этот участок представляет наибольший интерес. Полоса графитового гнейса, шириной в среднем 9.5 м, тянется с северо-запада на юго-восток с падением, близким к вертикальному. Разведками ВИМС полоса прослежена по простиранию на 1700 м, а вкрест простирания — на 7 м. Руда частично кальцитизирована. Содержание в руде графита колеблется в пределах от 7 до 30%; среднее содержание — 12.5%. Графит мелкокристаллический.

Запасы до глубины 10 м (в тыс. т): по категории A_2 — 137 и по категории В — 83; всего $A_2 + B = 220$ тыс. т.

Опыты обогащения руды III участка методом флотации дали благоприятные результаты (табл. 7). Участок разрабатывался кустарно с 1912 до 1917 г. В 1925 г. добыча производилась Химуглем.

ТАБЛИЦА 7

Химический состав руды и концентрата с III участка
Троицкого месторождения (в %)

Компоненты	Средняя проба руды (уд. вес 2.33)	Концентрат
Графит	7.56	89.43
S	0.29	0.21
H ₂ O	2.30	—
Зола	—	7.20
Состав золы		
SiO ₂	40.98	40.00
TiO ₂	0.01	0.16
Al ₂ O ₃	12.53	13.19
Fe ₂ O ₃	8.93	34.02
MnO	6.32	2.08
MgO	2.90	3.48
CaO	27.58	7.08
P ₂ O ₅	0.80	—

IV — на правом берегу рч. Берестовой в 2.5 км к северо-западу от III участка по балкам Кушнерова и Гусева. Полоса имеет мощность около 100 м. Содержание в руде графита 8—12%. Запасы не разведаны.

Сачковы хутора. Месторождение расположено на правом берегу р. Берды. Здесь развиты графитоносные гнейсы, полоса которых шириной около 1 км проходит в северо-восточном направлении. С запада и востока полоса ограничивается гранитами. Известны два участка: Усадебный на правом и Нагорный на левом берегах балки Мухиной. Гнейсы сильно кальцитизированы. Содержание в руде графита составляет от 8% (в Нагорном участке) до 12% (в Усадебном участке), в среднем 10%.

Запасы руды по категориям с содержанием графита более 5% по данным разведки 1928 г. (партия б. ИПМ) выражаются в следующих количествах (в тыс. т):

	A, на глуб. 10 м	B, на глуб. 20 м	A + B
Усадебный участок	59	120	179
Нагорный	340	860	1200
Всего	399	980	1379

Графит средне- и мелкочешуйчатый.

Вишняковы хутора. Месторождение находится на левом берегу р. Берды, против Сачковых хуторов. Здесь также проходит полоса графитоносных биотитовых гнейсов со средним направлением на северо-восток $25-45^\circ$. Ширина полосы достигает 140 м. Гнейс сильно каолинизирован и прорезан большим количеством жил изверженных пород. Наносы имеют незначительную мощность. Содержание в руде графита в среднем $8-9\%$. Оно возрастает с глубиной. Графит среднечешуйчатый.

По данным разведки 1929 г. (Царапкин) запас руды с содержанием более 4% графита составляет: по категории А, до глубины 10 м, — 66 800 т, по категории В, до глубины 20 м, — 200 800 т.

Опыты обогащения руды, произведенные Механобром (1932 г.), дали неудовлетворительные результаты.

Темрюкское месторождение находится между южным концом с. Темрюк и Вислой Могилой на правом берегу рч. Темрюк, в 7 км к северо-востоку от с. Каратюк. Полоса графитоносных гнейсов прослежена по простиранию северо-восток $10-15^\circ$ на 1200 м; падение почти вертикальное. Вмещающими породами служат сильно разрушенные биотитовые и амфиболовые гнейсы, обильно инъецированные гранитами, аплитами и пегматитами. Графит чешуйчатый со средним содержанием $4-6\%$. В средней пробе оказалось 5.91% графита и 5.5% CO_2 .

Действительные запасы руды, по П. В. Кулибину (Химуголь, 1926 г.), — 200 тыс. т; по Н. С. Лавровичу (б. ИПМ, 1927 г.), — 30 тыс. т по категории В на глубину до 5 м.

Каратюкское месторождение находится на правом берегу рч. Каратюк (левый приток р. Берды), в 2 км к северо-востоку от Вишняковых хуторов. Оно образовано полосой амфиболитовых и биотитовых графитоносных гнейсов мощностью около 30 м, имеющей направление на северо-восток $50-55^\circ$. Полоса густо инъецирована интрузивными породами и сильно кальцитизирована. Графит мелко- и среднечешуйчатый. Среднее содержание графита в руде — 10% .

Запас руды, по Кулибину и Овчинникову (Химуголь, 1926 г.), — 17 300 т по категории В на глубину до 13 м.

Малая мощность последних двух месторождений и сильная кальцитизация руды обуславливают их второстепенное промышленное значение.

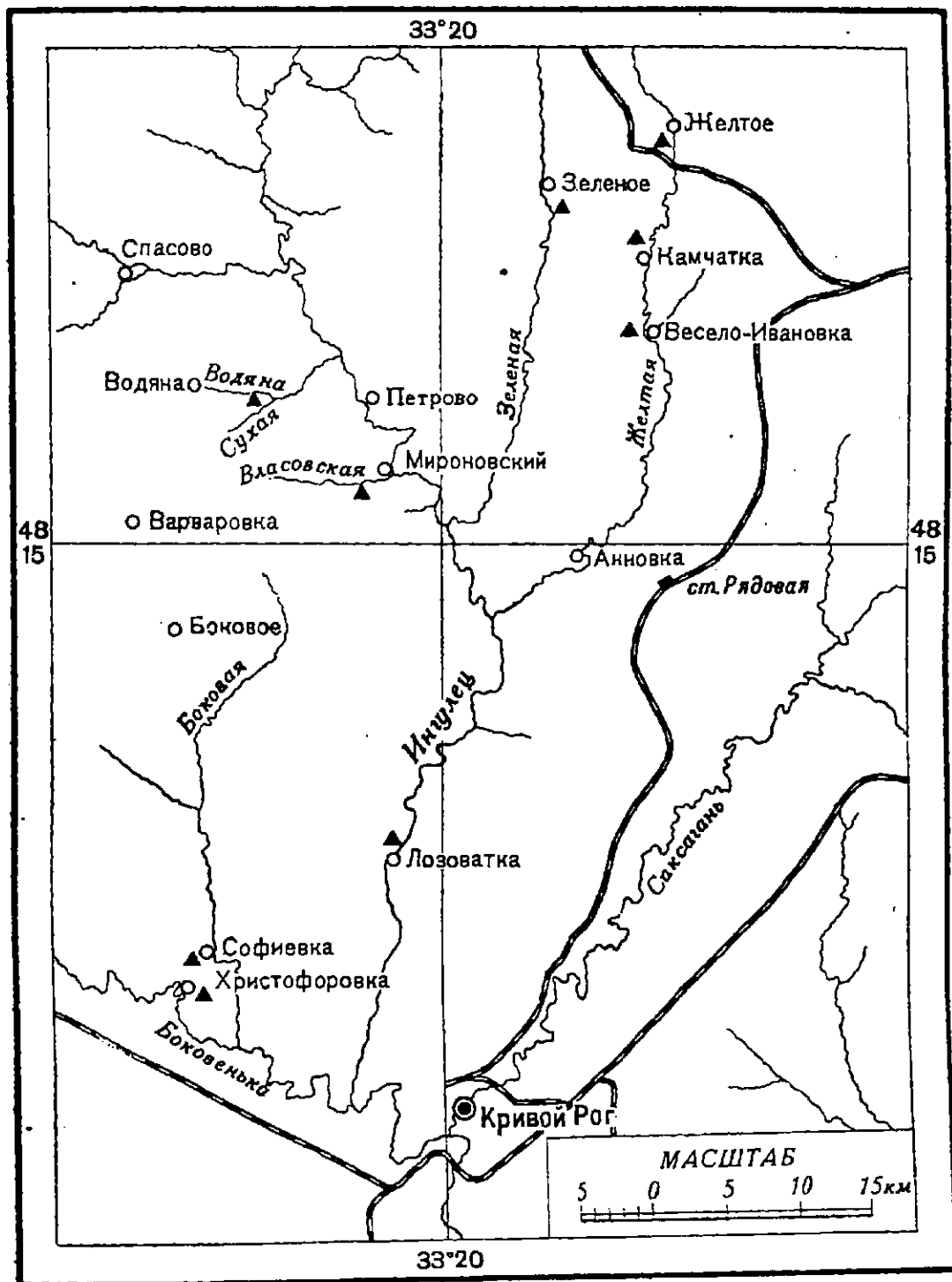
2. Криворожский графитоносный район. Под общим названием *Петровские месторождения* объединяется группа графитовых залежей, расположенных в Петровском районе Кировоградской обл. на правом берегу р. Ингульца, по впадающим в нее балкам Петровской, Водяной, Власовой и ответвлению последней — балке Бабенковой (Сухой). Село Петрово находится в 18 км от ст. Рядовой Сталинской ж. д. (фиг. 17).

В геологическом отношении район, по данным отчета УКР ГРУ (1930 г.), сложен древними докембрийскими кристаллическими породами (гнейсы, амфиболиты, кварциты), которые перекрыты осадочными, третичными и послетретичными отложениями.

Гнейсы и связанные с ними породы, большей частью уже разрушенные, в особенности к югу от с. Петрово, то встречаются в виде отдельных пачек, то в измененном виде входят в состав широко распространенных по Ингульцу мигматитов, образующих большой массив, вытянувшийся на несколько километров в направлении, близком к меридиональному. Эти породы представлены как типичными средне- и крупнозернистыми гранитами, так и переходными к породам с гнейсовой структурой разностями.

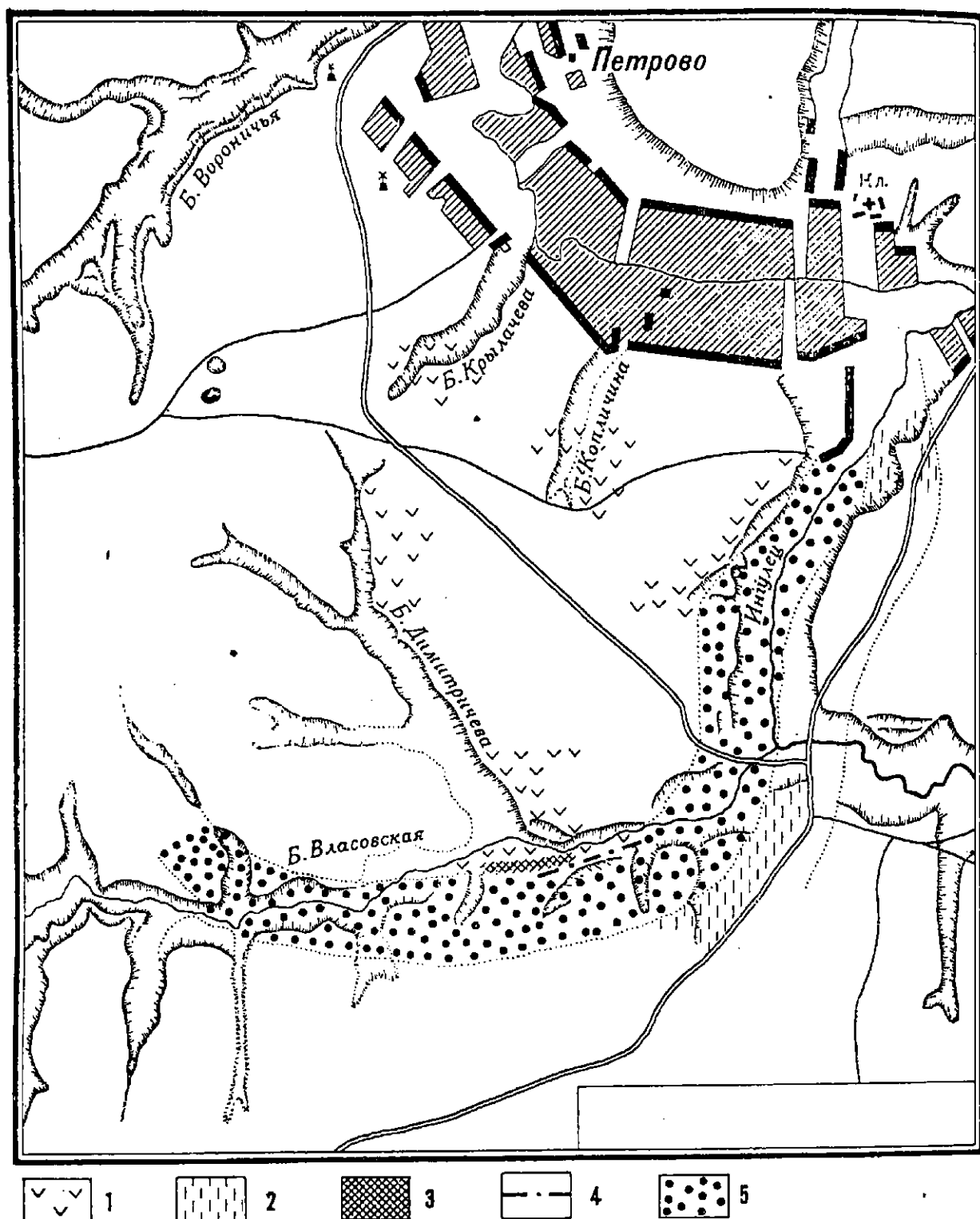
Гнейсы широко распространены в северной части района по балкам Власовой, Водяной и Бабенковой (Сухой). Они значительно выветрены. Кое-где в них наблюдаются явления складчатости (Петровская балка).

Месторождение Белые Горбы находится на правом склоне долины р. Ингульца, в северном конце графитоносной полосы, выше устья балки Власовской. Среднее содержание графита в руде (по данным Е. П. Петровского, 1933) — 19%. Графит мелкокристаллический. Запас руды по категории С определен в 250 тыс. т.



Фиг. 17. Криворожский графитоносный район УССР.

Власовское месторождение расположено на правом склоне балки Власовой (фиг. 18). Графитоносными породами («синьки») являются сланцы и разрушенные тонкозернистые гнейсы. Графит тонкокристаллический. Содержание его в руде 7—10%. Запасы по категориям А и В определены разведками Химугля (П. В. Кулибин) в 5 млн. т. По данным разведки 1930 г. (Д. А. Матвеев), запасы балки Власовой для руды с содержанием не



Фиг. 18. Геологическая карта Власовского месторождения графита. (По Ю. И. Пс-ловинкиной, 1929.).

1 — мигматит; 2 — гнейсы; 3 — контактовые роговики; 4 — пегматитовая жила; 5 — графитовые породы.

менее 10% графита подсчитаны в количестве 3 500 тыс. т по категории В. Запасы на 1. I. 1940 г., по данным ВГФ, приводятся в табл. 14 (стр. 203).

Анализы и опыты обогащения произведены Механобром (табл. 8).

Водяное месторождение расположено на правом, довольно пологом, склоне балки Водяной (фиг. 17). Оно тянется в виде узкой полосы шириной в 12—50 м с северо-запада на юго-восток на 250—270 м. В северо-западном конце наносы незначительны; в средней части их мощность увеличивается и достигает в юго-западном конце 8—10 м.

ТАБЛИЦА 8

Химический состав руд и концентратов участка Белые Горбы (в %)

Компоненты	Гнейсовая серо-жел- тая руда	Глинистая серая руда	Средний состав синек	Концентраты из руды	
				гнейсовой	глинистой
Графит	9.88	22.10	16—22	63.56	88.97
S	0.26	0.14	0.05—0.25	0.15	0.14
H ₂ O	4.08	0.88	—	2.12	0.40
Зола	81.36	73.99	78—84	29.68	8.60
Состав золы					
SiO ₂	70.32	79.40	72	57.37	77.19
TiO ₂	1.72	1.46	—	0.32	1.44
Al ₂ O ₃	12.89	13.39	14	28.46	11.54
Fe ₂ O ₃	8.17	1.98	2	2.03	7.35
MnO	0.02	—	—	следы	—
MgO	3.45	0.92	1.5	3.54	0.61
CaO	0.86	0.98	2	1.10	0.94

Месторождение приурочено к толщам сильно выветрелых среднезернистых гнейсов, переходящих в сланцы. Вся толща пересечена и инъецирована мелко- и среднезернистыми биотитовыми гранитами и более молодыми светлорозовыми амфиболитовыми гранитами. Графитизированные породы состоят преимущественно из мелкозернистых гнейсов, обогащенных графитом, в состав которых входят, главным образом, кварц, биотит, клинохлор и графит. Содержание графита в руде в среднем 9%. Графит средне- и мелкочешуйчатый, ему почти всегда сопутствует кальцит. Содержание в руде CO₂ достигает 13—15%, редко снижаясь до 1%.

Запасы, утвержденные ЦКЗ (1931 г.): по категории А₂ — 129 тыс. т, по В — 9 тыс. т.

Обогатимость водянской руды изучалась в Гинцветмете и в Механобре (1930 и 1931 гг.). Из некальцитизированной руды получен концентрат с зольностью 15% при выходе 6.8% от руды с содержанием 56% класса +100 меш. Кальцитизированная руда дала 6.3% концентрата зольностью 13.3%, содержащего 37% класса +100 меш. В 1934 г. водянский графит испытывался в производстве гальванических элементов; оказалось, что он значительно уступает другим чешуйчатым графитам (старо-крымскому, завальевскому, хинганскому).

Бабенковское месторождение расположено по обоим склонам балки Сухой у с. Бабенкова. На правом склоне балки кристаллические породы прикрыты непосредственно палевыми и бурыми суглинками, на левом берегу под суглинками встречаются пески-илыуны мощностью 1—2 м. Мощность паносов на правом склоне балки колеблется от 0.5 до 12—14 м.

В геологическом отношении Бабенковское месторождение аналогично Водянскому, но здесь сильнее развита гранитная инъекция, причем часть гранитов также обогащена графитом. Графит крупно- и среднечешуйчатый. В концентрате тигельная чешуйка +100 меш составляет 35—40%.

Содержание графита в руде в среднем 6.63%, доходя иногда до 15%. Некоторые участки этого месторождения дают сильно кальцитизированные руды. Запасы, утвержденные ЦКЗ (1931 г.), составляют по категории А₂ — 190 тыс. т и по категории В — 58 тыс. т.

Обогатимость бабенковской руды изучалась в Механобре (1930 и 1931 гг.). Флотацией получен концентрат зольностью 13.7% при выходе 6.5% от руды, содержащей 39.4% класса +100 меш.

Велико-Водянское месторождение находится у с. Великая Водяная на правом берегу р. Ингульда и является продолжением Бабенковского. По данным Д. А. Матвеева (1931), графитизация полосы гнейсов Бабенковского месторождения, после обеднения на левом склоне балки Сухой, по мере продвижения на водораздел постепенно увеличивается, образуя новое месторождение графита.

Рудой являются, главным образом, выветрелые мелко- и среднезернистые сильно разрушенные биотитовые гнейсы, в которых биотит часто заменен графитом. Местами гнейсы кальцитизированы. Они пересечены жилами среднезернистого гранита.

Простираение графитизированной полосы на склоне балки северо-западное $330-350^\circ$ (как и в Бабенковском месторождении), но по мере удаления от склона балки на водоразделе к с. Великая Водяная оно отклоняется на запад. Падение непостоянное, на северо-восток. Угол падения $50-60^\circ$.

На водоразделе графитоносные гнейсы прикрыты палевыми и бурыми лёссовидными суглинками, мощность которых достигает 23 м.

Содержание графита в руде в среднем 6.51%. Чешуйки примерно таких же размеров, что и на Бабенковском месторождении.

Запасы руды определены разведкой в 1.5 млн. т по категории С.

Из вышеизложенного явствует, что Петровская группа месторождений представляет собой крупный источник чешуйчатого и мелкокристаллического графита, оцениваемый в несколько миллионов тонн. Однако район недостаточно освещен геологоразведочными работами. Данные о гидрогеологии почти отсутствуют.

Здесь должна быть организована детальная и систематическая разведка всего района с предварительной обработкой материалов разведок прежних лет. В первую очередь изучению подлежат месторождения Власовское и Белые Горбы, которые по характеру своей руды представляют наибольший интерес для ближайших лет.¹

Из других месторождений Криворожского района заслуживает описания графитоносная полоса сильно каолинизированных гнейсов, тянущаяся вдоль правого берега р. *Желтой* (левый приток р. Ингульда). Выходы гнейсов известны между с. Желтым и Камчатским в следующих местах: балка Куринка, балка Сухая у южного конца с. Желтого, балка Сагалайская (Тернуватая, Губарева), балка Бурбончива, балка Синяя у с. Камчатка, с. Весело-Ивановка.

Ширина полосы около 50 м. Гнейсы инфильтрованы гранитом и местами имеют мягкую складчатость. Графит очень мелкочешуйчатый с содержанием в породе от 8 до 25%.

Приводим рациональный состав породы на основании определения потери при прокаливании, количества растворимых и нерастворимых в соляной кислоте веществ и их главных составных частей (в %):

Каолинит	46.2	Графит	8.3
CaCO ₃	29.8	Боксит	6.9
MgCO ₃	2.7	Кварц	6.1

Начиная с 1924 г., месторождение многократно обследовалось украинскими разведочными организациями. Запасы не подсчитаны, но предполагаются весьма значительными.

3. Прибугский графитоносный район тянется приблизительно на 85 км вдоль левого берега р. Буга и ограничивается с запада местечком Хоцевато, а с востока местечком Лысая гора. Северная его граница проходит вдоль узкоколейной железной дороги, а южной служит р. Буг (фиг. 19).

¹ В 1938—1939 гг. производилась детальная разведка Власовского месторождения партией ВИМС (И. И. Орешкин).

Местность представляет холмистое плато, прорезанное рядом балок (яров), впадающих в долину р. Буга. По этим ярам имеются многочисленные естественные обнажения кристаллических пород.

Северная часть плато сложена в основном гранито-гнейсами и гранитами с подчиненными им гнейсами, амфиболитами, кварцевыми и пегматитовыми жилами. Мигматиты и граниты то мелко-, то крупнозернистые, обычно сильно выветрелые, часто каолинизированные. Иногда они содержат розовый гранат, скопления биотита и чешуйки графита. Среди этих пород заключены небольшие толщи серых и зеленовато-серых, всегда сильно разрушенных, графитоносных гнейсов.

С юга к этой свите примыкает полоса, сложенная в основном метаморфическими породами: кристаллические известняки, богатые зелеными силикатными минералами (оливин, диопсид, серпентин и шпинель), марганцово-железистые образования, вторичные каолины. Перечисленные породы, характерные для графитовых месторождений, принадлежат, по мнению В. И. Лучицкого, к тетерево-бугской свите.

Кристаллические породы покрыты суглинками мощностью до 7—9 м. По мере приближения к водоразделу мощность суглинков увеличивается.

Месторождения графита имеются также по правому берегу Буга, но здесь они прикрыты балтскими отложениями.

Прибугский район в целом является мощной сырьевой базой крупночешуйчатого графита.

Хощеватовское месторождение расположено на левом берегу Буга в окрестностях местечка Хощевато, в 3 км от ст. Хощевато узкоколейной ж. д. Главными графитоносными породами являются небольшие толщи серых и зеленовато-серых сильно разрушенных гнейсов, принадлежащих к тетерево-бугской свите. Их наиболее значительные участки находятся среди каолинизированных гранитов в яру Чернеча, на склоне р. Буг, между ярами Стенка и Чернеча, в яру Цегельня и в яру Выгнанка.

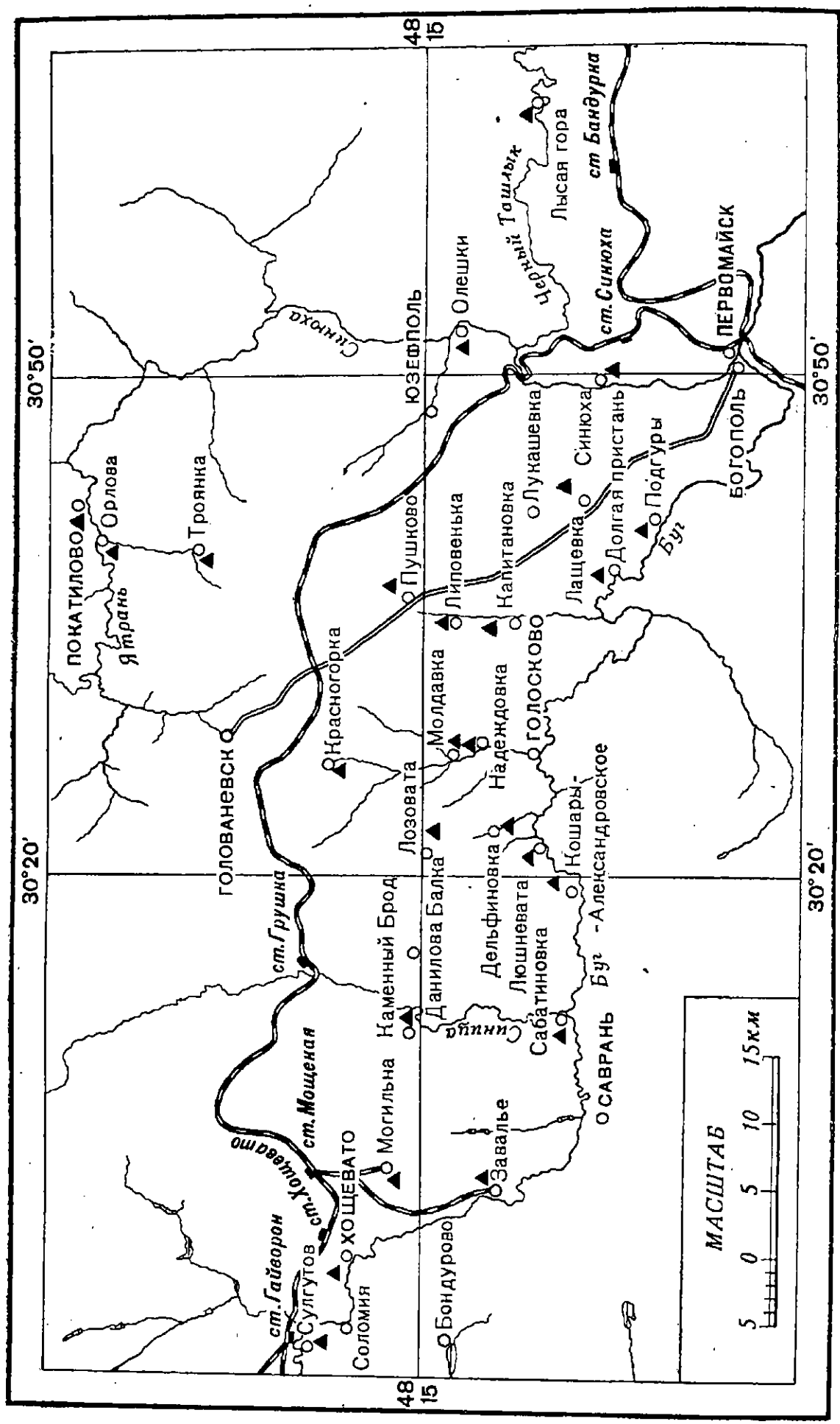
Запасы на 1928 г. для залежей на берегу р. Буг между ярами Стенка и Чернеча по категории В составляют 14 000 т, из которых 10 000 т содержат меньше 6% графита и 4000 т — от 6 до 12%.

Завальевское месторождение расположено на левом берегу Буга в с. Завалье, в 11 км от ст. Мощеная Юго-Западной ж. д. Месторождение сложено преимущественно слюдистыми гнейсами, кварцево-гранатовыми и кварцево-железистыми породами. Гнейсы сильно каолинизированы. С юго-запада к этой свите прилегает толща в 32 м слоистых кварцитов. Далее к югу идет полоса крупнозернистых кристаллических известняков, мощностью около 735 м. К юго-западу от известняков залегают среднезернистые мигматиты, а с юга к ним примыкает свита кварцито-слюдистых гнейсов мощностью около 500 м.

Простиранье метаморфических пород постепенно изменяется от северо-востока 50—60° в северной части до северо-востока 80—85° в южной, сохраняя на всем протяжении почти отвесное падение. На кристаллических породах лежит слой песка и суглинка мощностью до 8 м, выклинивающийся по направлению к берегу р. Буга и утолщающийся у водораздела.

Графитоносные породы, по И. В. Дубына, образуют синклиналь, ось которой почти вертикальна и находится в 2 км к востоку от берега Буга. Ветви этой синклинали, выходя из откоса берега, образуют северную и южную графитоносные полосы. Мощность всей северной ветви около 250 м, из которых 37.8 м могут считаться рудой. Она состоит из ряда графитизированных пластов мощностью от 4.7 до 42 м, отделенных друг от друга кварцево-графитовыми породами (фиг. 20).

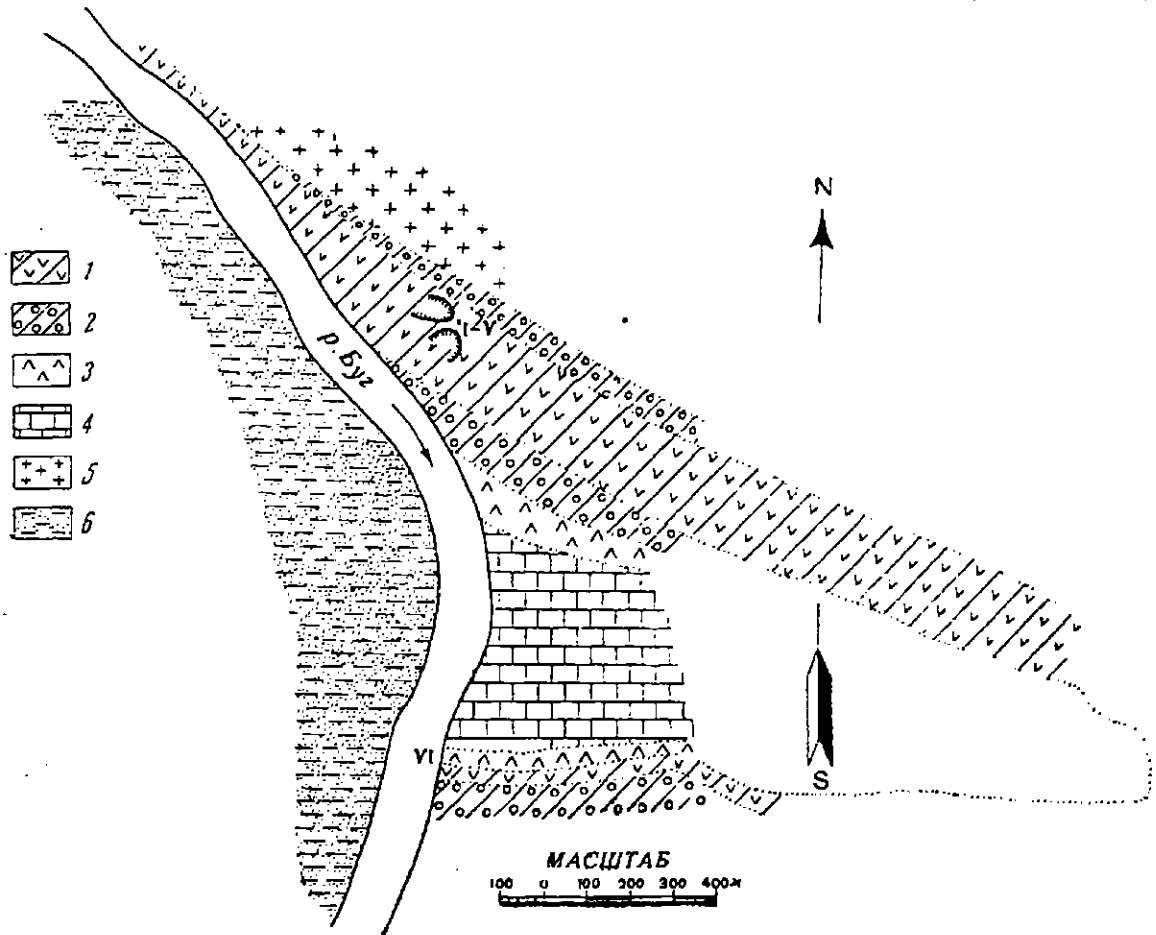
Участок «Терраса» является продолжением северной полосы на северо-запад. Он имеет ширину 100 м и разведан в глубину на 30—40 м. Северная полоса разведана по простиранью на 2 км и в глубину на 80 м. Южная



Фиг. 19. Прибугский графитоносный район УССР.

полоса разведана по простиранию на 600 м и в глубину на 50 м, ее мощность достигает 8—12 м.

Графит крупночешуйчатый. Содержание его в руде 5—6%. Чешуйки имеют форму продолговатых массивных пластинок; они сложены из немногих крупных кристаллов. Завальевский графит отличается малой горючестью, высокой электропроводностью и большой скользкостью (жирностью).



Фиг. 20. Схематическая геологическая карта Завальевского месторождения графита.

1 — графитовые гнейсы; 2 — гранатовые породы; 3 — кварциты; 4 — кристаллические известняки; 5 — мигматиты; 6 — аллювиальные террасовые отложения; I—VI — графитные карьеры.

ТАБЛИЦА 9

Химический состав средних проб завальевской руды (в %)

Компоненты	Пробы 1928 и 1932 гг.	Сильно каолинизированная руда
Графит	7.0 — 8.0	6.4 — 9.4
CO ₂	5.5	12.3 — 23.3
S	0.19 — 0.3	—
H ₂ O	2.5 — 3.6	—
Состав золы		
SiO ₂	63.2 — 65.2	40.7 — 55.8
TiO ₂	0.5	0.5
Al ₂ O ₃	12.6 — 13.4	6.9 — 10.5
Fe ₂ O ₃	3.9 — 11.0	2.4 — 7.5
MnO	0.17 — 0.54	0.05 — 0.3
MgO	3.4 — 4.9	23.1 — 32.3
P ₂ O ₅	0.13	0.03

В валовом концентрате класс +100 меш составляет свыше 50%. Химический состав приводится в табл. 9.

Запасы, подсчитанные И. В. Дубына (1931) и утвержденные РКЗ, разделились по категориям в следующих количествах (в тыс. т):

	А	В	С
Главный участок	297.7	50.9	34.9
Участок «Терраса»	64.1	108.1	19.9
Южная полоса	183.8	21.8	14.4
	545.6	180.8	69.2

Запас руды Завальевского месторождения на 1 января 1937 г., по данным треста Союзграфиткорунд, составлял по категории $A_2 + B$ 448 500 т. При производственной мощности Завальевской обогатительной фабрики в 105 400 т руды в год она обеспечивается выявленными запасами на 4 года. Однако в виду развития оползневых явлений эти запасы оказываются не вполне реальными, и Комиссия геологического контроля в середине 1937 г. предложила сократить подсчитанные запасы на 220 тыс. т.

Тем не менее, Завальевское месторождение представляет одну из крупнейших баз крупночешуйчатого графита. Поисковыми работами УГРТ (Украинского геолого-разведочного треста) в 1932 г. на так называемом юго-восточном участке выявлен перспективный запас в 3 млн. т руды, не уступающей по качеству ныне добываемой. В 1934 г. промышленной разведкой, организованной Завальевским графито-обогатительным заводом, определен запас руды на юго-западном продолжении главного участка (1.5 км) по категории $C_1 + C_2$ 2.5 млн. т (сообщение В. С. Веселовского). Запасы на 1. I. 1940 г., по данным ВГФ, приводятся в табл. 14 (стр. 203). Здесь необходимо произвести в большом масштабе промышленные разведочные работы в целях перевода перспективных запасов в категории A_2 и В, с одновременным детальным гидрогеологическим изучением всего района.

Завальевская руда хорошо обогащается методом флотации со стадийным додрабливанием промежуточных концентратов. Обогащенный графит успешно применяется в тигельном, электродном и элементном производствах.

Кошары-Александровские месторождения находятся на левом берегу Буга у с. Кошары-Александровское в 20 км от ст. Груша и в 40 км от г. Первомайска. Выходы графитоносных пород обнаружены в Сухом и Мокром ярах в виде ряда графитоносных полос.

1-я полоса прослежена по простиранию на 630 м; ее мощность около 100 м. Графитосодержащими породами являются биотитовые гнейсо-граниты, мигматиты, пегматиты и аплиты. Содержание графита в руде колеблется от 14 до 24%.

2-я полоса находится к востоку от Мокрого яра на левом берегу Буга. Она не имеет промышленного значения.

3-я полоса находится в 1.5 км к югу от первой. Мощность ее 1.1—1.75 м, простирание северо-западное 70° при отвесном падении и залегает в амфиболовом гнейсе. Руда характеризуется необычайной величиной чешуек, достигающих иногда 2—3 см в длину. Содержание графита в руде 16.6—17.4%, CO_2 12.1—17.4%.

4-я полоса расположена близ устья Мокрого яра. Она не разведана.

5-я полоса расположена в 700 м к северу от 1-й полосы по Мокрому Яру.

Запасы руды по 1-й графитоносной полосе, по данным разведки 1928 г., составляют по категории A_2 :

Содержание графита, в % . .	1—5	6—10	10—15	свыше 15
Запасы, в тыс. т	75	75	150	50

Промышленные запасы, за исключением руд с содержанием графита ниже 5%, составляют 275 тыс. т; по категории В выявлено 700 тыс. т.

Часть руды значительно кальцитизирована. Кальцит присутствует в виде отдельных зерен и цементирует всю графитоносную породу.

Сухой яр расположен в 2 км к западу от Мокрого яра. Здесь разведаны три графитоносных полосы.

1-я полоса образована комплексом выветрелых, местами сильно каолинизированных и кальцитизированных гранитов и мигматитов, прорезанных жилами пегматита и кварца. Графитосодержащей породой является гранатовый мигматит. Полоса прослежена по простиранию на 205 м; ее мощность 13.25 м. Содержание графита в руде в среднем 3%, при значительном количестве CO_2 .

2-я полоса находится в 60 м к югу от 1-й. Вмещающие и графитосодержащие породы те же. Среднее содержание графита 4.5%, CO — 21%. Она прослежена по простиранию на 195 м. На глубине 20 м содержание графита возрастает до 7.15—12%.

3-я полоса проходит в 90 м к югу от 2-й. Она прослежена по простиранию на 305 м, имеет мощность 22.3 м. Она также сильно кальцитизирована. Содержание графита в руде — от 3 до 10%.

Запасы руды по разведкам 1928 г. по категории A_2 :

Содержание графита, в % . . .	3—6	6—10	свыше 10
Запасы, в тыс. т	38	31	3

Опыты обогащения руд Мокрого и Сухого яров производились б. ИИМ в 1927 и 1928 гг. Из руды Мокрого яра путем повторного дробления и флотации получен концентрат, содержащий 87% графита, крупностью зерна 300 меш 75%. Из-за тесного срастания кальцита с графитом не удается получить малозольный концентрат в более крупном классе.

Люшневатское месторождение находится в Леминовом яру в 3 км к востоку от с. Люшневата. Выход графитоносной полосы обнаружен по яру в 400 м от его устья на левом склоне. Простирание полосы северо-западное 35° , падение крутое на север, мощность 30—40 м. Прослежена по простиранию на 200 м. Графитосодержащими породами являются, главным образом, серые, чрезвычайно мягкие, в значительной степени каолинизированные гнейсы. Графит — крупночешуйчатый, сосредоточен в двух пластах мощностью 3.5 и 4.5 м.

В средней пробе руды по всей разведанной в 1928 г. (б. ИИМ) площади оказалось: графита — 6.86%, CO_2 — 10.75%, серы — 0.28%.

Запасы по категории В определены в 50 тыс. т.

Липовеньковское месторождение находится на территории государственного лесного участка у восточной окраины с. Липовеньки, в 30 км к северо-западу от г. Первомайск. Графитоносными породами являются зеленовато-серые гнейсы, светлосерые каолинизированные аплиты и мигматиты. Графит распределен либо равномерно, либо небольшими линзами. Содержание его в руде 12—18.5%.

Запас, по данным обследования 1928 г. (Лаврович и Гуляева), 5 тыс. т по категории В.

Капитановское месторождение расположено в 1.5 км на север от с. Капитановки, в небольшом овражке, впадающем в балку, проходящую через Липовеньки и Капитановку, близ шоссе на дорогу Первомайск — Голованевск. Графитоносная полоса мощностью 30 м залегает среди каолинизированных продуктов разрушения гранитов. Среди этих пород у северо-восточного контакта с гранитами обнаружен богатый графитом пласт мощностью 1.7 м. Верхняя часть пласта сцементирована кальцитом (графита — 7%, CO_2 — 35%). На глубине 4.5 м порода становится мягкой и менее каль-

цитизированной. Содержание графита в руде достигает 16.5% при CO_2 — 21%.

Запас, по данным Н. С. Лавровича и А. В. Гуляевой (1929), 2 тыс. т по категории В.

Лащевское месторождение находится на правом берегу рч. Сухой Ташлык (правый приток р. Синюхи), против с. Лащевки. Небольшие толщи биотитово-графитовых гнейсов залегают среди разрушенных гранитов и мигматитов. Графит чешуйчатый и распределен в гнейсах равномерно; содержание его в руде 7—15% при полном отсутствии CO_2 . Юго-восточная залежь отличается сильной кальцитизацией. Мощность 2 м. Содержание графита 3—5%, CO_2 — 27.5%.

Запас, по данным А. В. Гуляевой, 10 тыс. т по категории В.

Кавказ

В отличие от Украинской ССР, где имеется большое количество месторождений явнокристаллического (чешуйчатого) графита, на Кавказе встречается только скрытокристаллическая разновидность его.

Графитоносные сланцы мезозойского возраста распространены по центральному хребту от берега Черного моря до р. Терена. Они залегают линзами до 2 м мощностью, местами сильно измяты. Графит образовался из минерального угля в силу динамического метаморфизма.

Адай-Хохское месторождение находится на водоразделе ледников Зарамагского и Аргамаского к юго-востоку от вершины Адай-Хох. Абсолютная высота месторождения 3200 м. Графитовый сланец залегает в южном крыле опрокинутой к югу алай-хохской антиклинали; падение на север под углом 60°. Он прикрывается палеозойскими кристаллическими сланцами и подстилается юрскими глинистыми сланцами и песчаниками. Мощность пласта 1—1.5 м; по простирацию он прослежен на 1 км. Среднее содержание графита (скрытокристаллического) 20—30%, иногда достигает 60%.

Общие запасы графитового сланца оцениваются в 300 тыс. т.

Джигмаринское месторождение расположено в одноименном ущелье в 5 км от с. Джигмары (Стыр-дон) и в 47 км от г. Орджоникидзе по верховьям р. Гизель-дон (Мадаграбендон). Выходы графитового сланца обнаружены на обоих берегах. Наиболее значительные залежи имеются: 1) на горе Сонук (Исонук), 2) в урочище Кабу-тау (оба на левой стороне р. Гизель-дон) и 3) в ущелье рч. Фарсильцы-дон, правого притока р. Гизель-дон.

Пласт на горе Сонук залегает на абс. высоте 2000 м в северном крыле антиклинали, осложненной сбросами. Падение крутое. Мощность пласта — от 0.2 до 0.3 м. Прослежен он по простирацию на 500 м.

Пласт в Кабу-тау, повидимому, является южным продолжением пласта горы Сонук. Простираение на юго-восток, падение на север под углом 65°. Мощность 2 м.

Толща, вмещающая пласт графитового сланца, состоит из пачки кварцитов, переслаивающихся с глинистыми сланцами. Она собрана в изоклинальные складки. Общее протяжение всей толщи с востока на запад 4—5 км. Среднее содержание углерода в сланце 26.7—28.5%.

Запасы графитовой руды, по отчету И. Е. Поповского (1932), характеризуются табл. 10.

Обогащаемость графитового сланца изучалась ВИМС и Механобром (1932 г.). Результаты отрицательные. Путем сортировки удается получить продукт с содержанием 30—39% углерода. Применяется для литейных целей. По своей дисперсности, горючести и электропроводности джигмаринский графит стоит на одном уровне с антрацитами.

ТАБЛИЦА 10

Запасы графитовой руды Джимаринского месторождения

Участок	Средняя мощность пласта, в см	Средн. содерж. углерода, в %	Запасы по категориям, в т		
			C ₁	C ₂	C ₁ + C ₂
Исонук	30	26.7	1 800	23 700	25 500
Фарсильцы-дон	30	16.34	7 600	92 700	100 300
Всего	125.8 тыс. т				

Урал

На Урале, на берегу озера Б. Еланчик, было открыто в 1826 г. первое русское месторождение графита. Однако, хотя графит и высокого качества, но обнаруженная залежь оказалась весьма незначительной. Месторождение, по сообщению М. П. Мельникова, находится на восточном берегу озера среди слюдястых сланцев, причем графит залегает жилой в граните, проходящем среди этих сланцев. Г. Руилович (1858) сообщает, что залежь графита по мере углубления подошла под озеро, вследствие чего добыча была прекращена. Месторождение разведывалось в 1911 и 1912 гг., повидимому, с отрицательными результатами.

Из других уральских месторождений явнокристаллического графита заслуживает внимания Мурзинско-Кыштымская (чешуйчатый графит) и Миасская (мелкокристаллический графит) группы.

Сарапульское месторождение находится к западу от с. Сарапулка в 10 км к югу от с. Мурзинское, в 55 км от ст. Невьянск. Среди гранитов и гнейсов, на глубине 3—5 м, проходит пегматитовая жила, в восточном залъбанде которой залегает графитовая жила мощностью от 0.02 до 0.75 м. Графит мелкокристаллический со средним содержанием в руде около 17%.

Начало разработки месторождения относится к 70-м годам прошлого столетия. Эксплоатация возобновилась в 1913 г. и с перерывами продолжалась до 1929 г. Данные о запасах отсутствуют.

Мурзинское месторождение расположено в окрестностях с. Мурзинского, к югу от р. Алабашки. В этом районе во многих пунктах обнажаются выходы гранитов и гранито-гнейсов, содержащих 3—4.5% крупночешуйчатого графита. Месторождение находится в 10 км на запад от станции узкоколейной ж. д. Алапаевск — Нейва — Шайтанский завод и в 55 км на северо-восток от ст. Реж.

Между селами Верхняя и Нижняя Алабашка и к югу от них графитизированные гранито-гнейсы занимают площадь около 15 км². Обнажения этих пород можно наблюдать в старых разработках топазово-берилловых пегматитовых жил под наносами 3—4 м мощностью (Везымянская яма, Старцева яма, копь Мокруша). Такие же обнажения наблюдаются в копи Тальян, в 8—10 км к югу от с. Мурзинки. Этот район заслуживает детальной разведки.

Большой интерес представляют залежи графитизированного гнейса, обнаруженные в районе г. Кыштыма. В случае благоприятных результатов разведки, данное месторождение послужит базой для питания рудой Кыштымской обогатительной фабрики.

Выходы графитоносных кристаллических сланцев наблюдаются по берегам Миасского заводского пруда на рч. Черной (правый приток

р. Миасс), близ станицы Чернореченской и на рч Малый Ирмель. Эта же полоса обследована в урочище Остров в 1.5 км от ст. Миасс. Твердая кварцевая порода содержит 2% графита.

Актуальное промышленное значение имеют уральские месторождения скрытокристаллического графита. Кроме Боевского месторождения, описание которого дано ниже, представляют интерес также ографиченные антрациты Полтаво-Врединского угленосного района.

В южно-уральском угленосном бассейне известны четыре угленосных полосы, разделенные друг от друга выходами изверженных пород и вытянутые в меридиональном направлении параллельно уральской складчатости. Наиболее изученная из них — Вородиновско-Полтаво-Врединская — занимает центральную часть бассейна. Общая протяженность этой полосы 180 км, ширина ее у с. Полтавки 1 км и 30 км у с. Бреды; площадь отложений нижнего карбона определяется в 1800 км². Западной границей полосы служат мощные выходы гранита, а восточной — осадочные породы и гранито-гнейсы.

Нижнекаменноугольные отложения подверглись контактовому метаморфизму и динамометаморфизму, обусловившему графитизацию части угольных пластов. Графитизация неравномерная и неполная, редко достигающая стадии образования типичных скрытокристаллических графитов.

Боевское месторождение графита находится в Багарякском районе Челябинской обл. в 35 км к юго-западу от ст. Сипарской Южно-Уральской ж. д., на правом берегу р. Воевки, близ впадения ее в р. Багаряк на горе Графитовой.

Породы, слагающие район, в основном представлены гранитами и их аплитовидными разностями и кристаллическими сланцами (хлоритовыми, биотитовыми), а также кварцитами. Среди осадочных пород значительное развитие приобретают известковистые сланцы, мраморовидные известняки, глинистые, углистые, графитистые сланцы, конгломераты и песчаники.

К этому комплексу приурочено месторождение графита. Известны два пласта графитового сланца — западный и восточный, отстоящие друг от друга на 300 м. Западный пласт залегает среди глинистых сланцев, в различной степени графитизированных. Падение пласта западное под углом 70—75°, простирание 340°, мощность 4 м. Восточный пласт в данный момент не имеет промышленного значения.

Постоянными спутниками графита являются кварц, тальк, асбест и характерные псевдоморфозы кварца по асбесту. Графит — скрытокристаллический. Содержание его в руде в среднем, по данным Шадринского промкомбината, для западного пласта — 31.2%, для восточного — 45.84%. В отдельных случаях встречаются образцы графита с содержанием от 70.36 до 78.96% углерода. Зола боевского графитового сланца по своему составу приближается к каолину. Вследствие малого содержания оснований она тугоплавка (1590—1680°, по Юрганову). Присутствие в боевском графите глинистых веществ обуславливает его способность хорошо смачиваться водой и давать устойчивую водную суспензию.

Запас на 1 января 1937 г., по данным Уральского отделения ВИМС (в тыс. т): по категории А₂ — 39, категории В — 79, категории С — 67; всего 185 тыс. т.

Опыты обогащения руды не дали благоприятных результатов. Тем не менее, почти полное отсутствие в графите железа и серы и высокие огнеупорные свойства золы делают этот графит весьма пригодным для литейного дела. Недостатками месторождения являются отдаленность его от железнодорожной станции (33 км) и большой приток воды.

Полтавское месторождение находится в 2—3 км от ст. Карталы Южно-Уральской ж. д. по обоим берегам р. Карталы-Аят в Полтавском районе Челябинской обл.

• Полоса угленосных нижнекаменноугольных отложений вытянута почти на 20 км в меридиональном направлении, от пос. Бородинского на севере до пос. Наслединского на юге. Пласты угля залегают в свите глинистых сланцев, глин и песчаников, сильно метаморфизированных, пересеченных многочисленными кварцевыми жилами. Месторождение подвергалось сильному боковому сжатию и представляет, по видимому, изоклинальную складку. В силу контактового и динамического метаморфизма угли превратились в антрацит, причем в боковых участках пластов, где сжатие было наиболее сильное, имело место вторичное уплотнение угольной массы и ографичение угля. Залежи ографиченного угля имеют форму линз, приуроченных преимущественно к угольным пластам, тектонически сильно нарушенным. Они или выклиниваются или переходят в антрацит.

Встречающиеся редкие образцы графита относятся к скрытокристаллической разновидности. Он темносерый, с тусклым серебристым блеском; имеет тонкослоистую структуру, которая сильно изогнута и скручена. Переход от графита к антрациту постепенный. Анализ графита (в лаборатории Златоустинского завода) дал следующие результаты: углерода 89.96%, зола 7.28%, серы 0.23%, летучих 2.76%. В образцах ографиченного угля, собранных партией ВИМС в 1940 г., зола оказалось в среднем 22%.

Отделение ографиченного угля от антрацита может производиться только сортировкой вручную.

В Полтавском месторождении имеются залежи графитового сланца зольностью 65—70%.

Брединское месторождение расположено по той же полосе угленосных нижнекаменноугольных отложений, в 75 км к югу от Полтавского месторождения и в 6 км от разъезда Рамеевского Южно-Уральской ж. д. Условия генезиса и залегания графита те же, что в Полтавском месторождении. Однако линзы графитизированного угля здесь встречаются реже. Считая, что ографиченные угли составляют приблизительно 5% от общей массы антрацита, запасы которого утверждены ВКЗ (Всесоюзной комиссией по запасам) на 1. I. 1940 г. по Полтавскому месторождению в количестве 36.4 млн. т, предположительные запасы ографиченной части можно принять равными 1.82 млн. т.

Добыча ографиченного угля может рентабельно производиться только одновременно с разработкой пластов угля. Наличие на Урале вблизи железнодорожных путей больших ресурсов углистого вещества, способного служить заменителем скрытокристаллического графита представляется весьма интересным с точки зрения снабжения уральских машиностроительных заводов литейным графитом.

Узбекская ССР

Вдоль горных хребтов, окаймляющих эту территорию с юга и востока, наблюдаются многочисленные месторождения графита, очень мало изученные и большей частью незначительные. Интерес представляет Бухарская группа, из которой заслуживают описания месторождения Кенимехского района (фиг. 21, № 19).

Последние встречаются в гряде палеозойских останцев, служащих как бы продолжением хребта Нур-Ата. Палеозой (верхний силур) представлен, главным образом, известняками, кремнистыми, глинистыми и метаморфизованными сланцами и мраморами. Толща прорвана интрузиями гранитов, габбро, габбро-норитов, диорита, которые развиты преимущественно на западном конце Кульджук-тау.

Графит, приуроченный непосредственно к интрузиям, главным образом в Кульджук-тау, имеет явно кристаллическую структуру, содержащийся в сланцах Уйректы-тау — скрытокристаллический.

В горах Кульджук-тау наиболее значительно месторождение *Тас-Казган*. Оно расположено на западном конце гор Кульджук-тау в 210 км к северо-западу от г. Вухары, между аулами Джунгильды и Кала-ата, и приурочено к меридиональному разрыву палеозойских известняков, заполненному интрузией габбро-норитов. Известняки метаморфизованы в мрамор, на контакте с которым залегают трубчатые жилы графитоносной породы, наклоненные к горизонту на 50° в меридиональном направлении. Графит выполняет также трещины в мраморе и равномерно рассеян во всей изверженной породе (обычно 5—7% и только в отдельных участках до 14%). Графит относится к мелкокристаллической разновидности.

Запас руды на площади в 4 км² подсчитан разведкой в 1 млн. т при среднем содержании графита в руде 16.3%. ЦКЗ утверждены (1930 г.) запасы (в т): по категории А₂ — 12 900, категории В — 41 775 и категории С — 213 350.

Условия разработки месторождения довольно благоприятны; в худшем положении транспортные условия и водоснабжение. Сообщение с Вухарой производится на верблюдах.

Кенимехская руда скрытокристаллического графита напоминает курейскую, но более жирная. Обогащается плохо.

Среди графитовых залежей Ферганской группы необходимо отметить *Кшемьшское месторождение*, расположенное в верховьях р. Кшемьш (правый приток р. Исфара на северном склоне Туркестанского хребта) при выходе ее из-под ледника, на высоте 100—500 м над уровнем реки. Абсолютная высота 3300—3700 м. Графитовые сланцы залегают среди сильно метаморфизованных гнейсов и известняков палеозойского возраста. Толща интрузирована гранитными и пегматитовыми дайками. Графит мелкокристаллический, включен в гнейс и сосредоточен на контактах этих даек. Мощность графитовых прослоек достигает 0.4 м. Чешуйки совершенно ориентированы параллельно сланцеватости. Содержание графита в двух образцах руды — 19.25 и 20.85%.

Запасы, по данным разведки Г. В. Холмова (1934 г., Таджикско-Памирская экспедиция), 10 тыс. т. Отдельные залежи имеют запас от 10 до 250 т.

От месторождения до кишлака Варух — 20 км въездной тропы по долине р. Кшемьш; от Варуха до ст. Исфара Ташкентской ж. д. — 45 км автомобильной дороги.

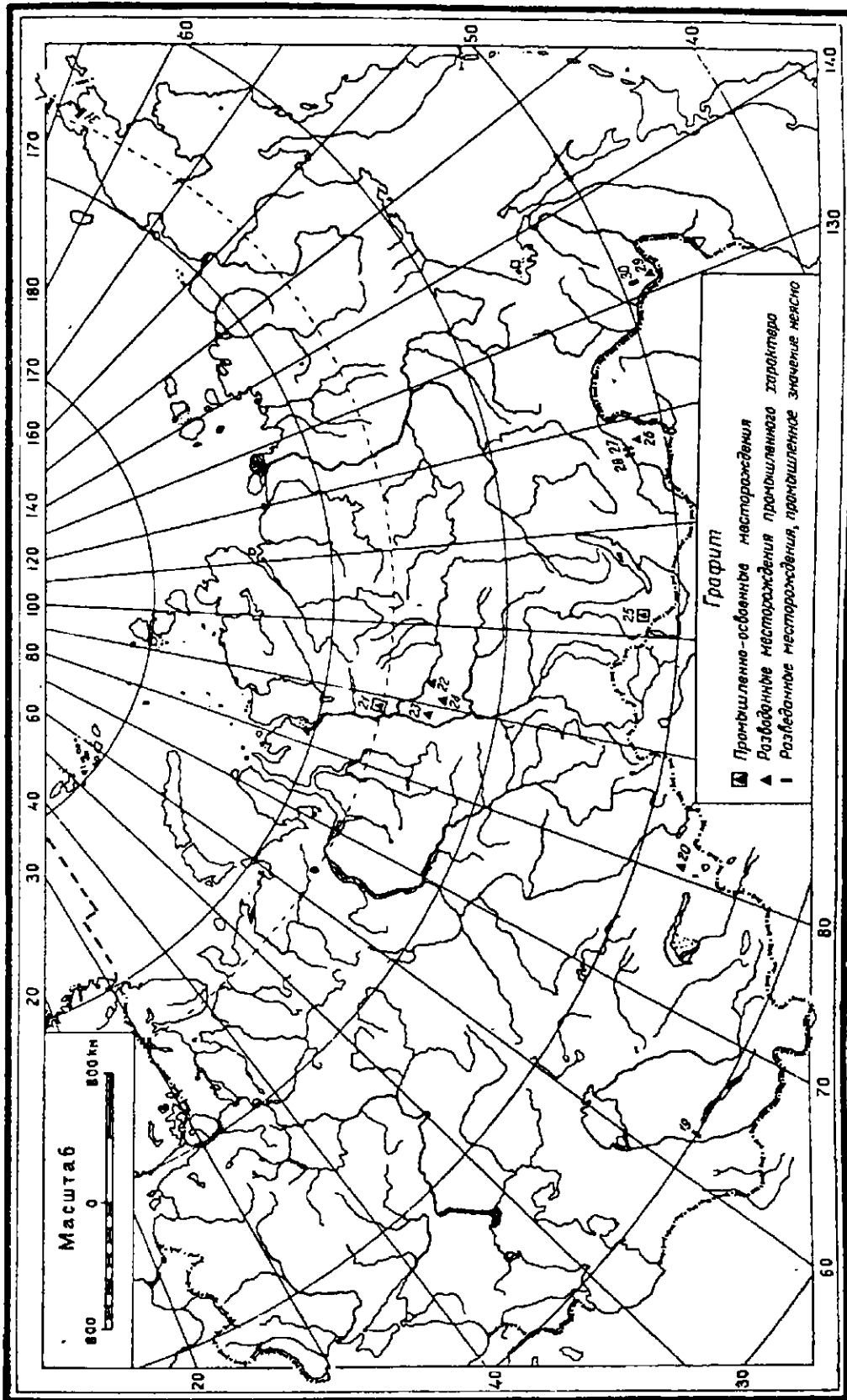
Казахская ССР

Графитоносный район расположен на восток от г. Аягуза Семипалатинской обл. (фиг. 21, № 20) в бассейне верхнего течения р. Аягуз, впадающей в озеро Балхаш. Местность имеет степной характер с отдельными стоящими грядами гор. Район совершенно безлесный и беден водами.

Развитые здесь графитовые сланцы образовались в результате метаморфизации углей. Графит — скрытокристаллический.

Балтатааракское месторождение находится в урочище Балтатаарак в 55—60 км к востоку-северо-востоку от г. Аягуза, в 8 км от правого берега р. Талды-Боорлы. Месторождение в основном сложено из глинистых сланцев и кварцево-андалузитовых роговиков, прорванных жилами гранита (сильно измененного). Среди этой свиты почти горизонтально залегают пласты графитового сланца с различным содержанием графита. Из разведанных трех пластов центральный прослежен по простиранию на 1 км; он имеет мощность в несколько метров и запас (по данным разведки 1929 г.) — 93 тыс. т по категории В. Общие запасы, повидимому, велики.

Графит скрытокристаллический с содержанием в руде 20—35%, в среднем 25%.



Фиг. 21. Обзорная карта месторождений графита Азиатской части СССР.

Месторождения: 19 — Кеппахонское; 20 — Ангусеин; 21 — Курейское; 22 — Ногинское; 23 — Фатхалинское; 24 — Бахтинское; 25 — Ботогольское; 26 — Тонтоинское; 27 — Данинское; 28 — Мироновское; 29 — Союзное; 30 — Бирское; 31 — Телганаарское.

Коке-тауское месторождение расположено в юго-восточной части гор Коке-тау на левом берегу р. Талды-Боорлы, в местности Сия-Кезень и в 70—75 км на восток от г. Аягуза. В орографическом и геологическом отношениях месторождение сходно с предыдущим, от которого оно находится в 20—25 км к юго-востоку. Общая мощность пластов графитового сланца 6 м. Запас, по данным разведки 1929 г., 36 тыс. т по категории В.

Графит скрытокристаллический с содержанием в руде от 33 до 50%, в среднем 40%.

В районе г. Аягуза имеется еще ряд мало изученных месторождений скрытокристаллического графита: в 20 км к югу от гранитного массива Агжайляу — Кызыл-тас, находящегося на водоразделе озер Балхаш и Зайсан; в 25—30 км к юго-востоку от г. Аягуза; на горе Айгай-джал в 215 км к западу от с. Кокпекты, на запад от Кокпектинского тракта и др.

В районе *Семипалатинска* обнаружены выходы глинистых и филлитовых сланцев, содержащих графит, а также графитовых сланцев.

По данным В. А. Афанасьева (Казгеолтрест), из месторождений Бухтарминского района (Восточно-Казахстанская обл.) особого внимания заслуживают *Бухтарминское* и *Орловское*. Первое расположено по р. Северной у горы Беликовской. Графит крупночешуйчатый. Второе месторождение расположено в 25 км южнее Усть-Каменогорска. Оно представлено серией тонких жилоч чистого кристаллического графита в гранодиоритах.

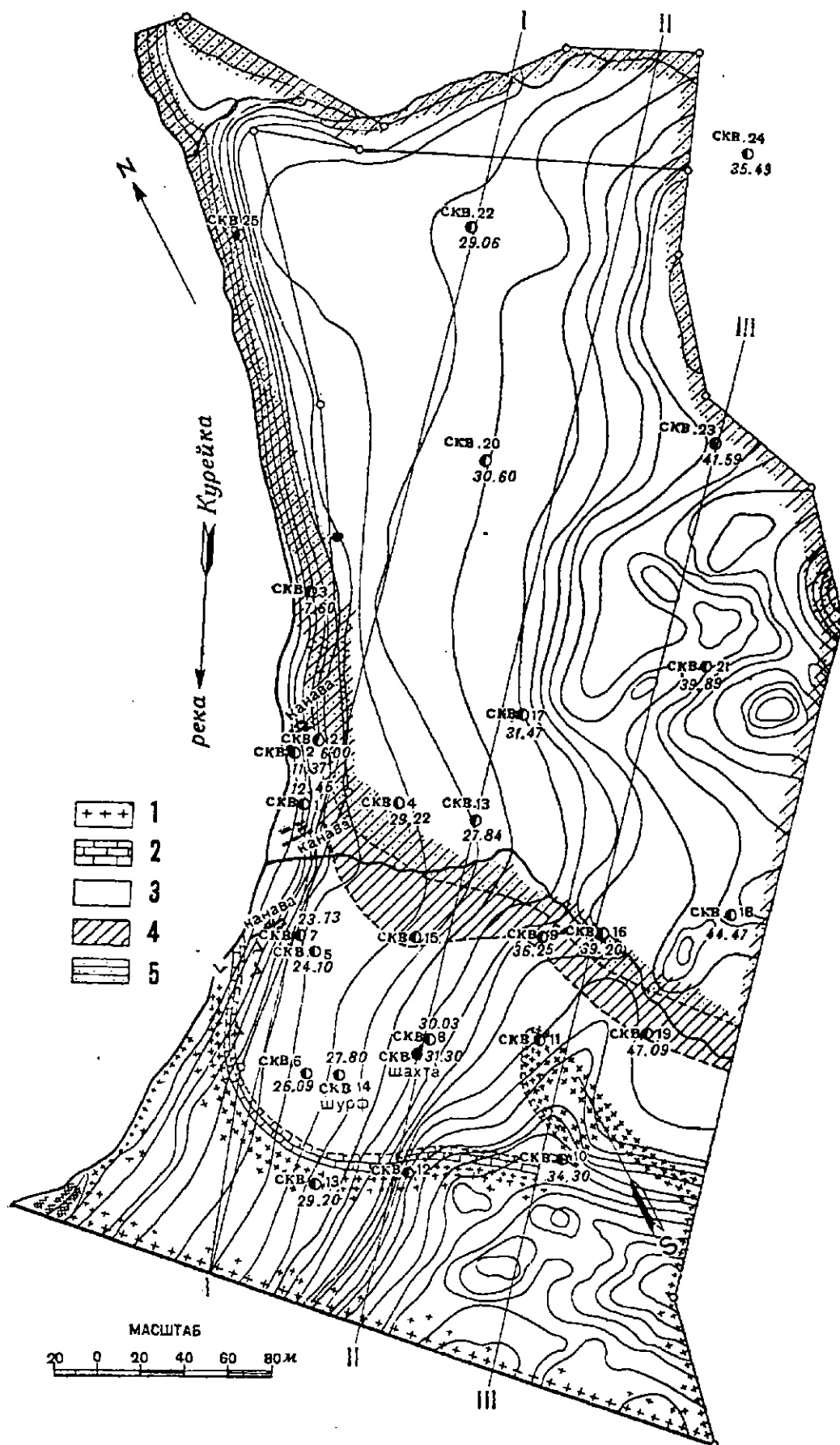
Красноярский край

Месторождения графита сосредоточены в Туруханском районе, за полярным кругом, по правым притокам Енисея: Курейке, Нижней Тунгуске, Фатьянихе и Бахте. Генезис туруханского графита представляется в следующем виде.

В конце карбона (или начале перми) на обширном пространстве Тунгусского угленосного бассейна, простирающегося между Енисеем и Леной на площади более 2 млн. км², создались условия, благоприятствовавшие накоплению во внутренних пресноводных бассейнах мощных растительных остатков, давших пласт угля мощностью свыше 20 м. Под влиянием контактового метаморфизма, обусловленного огромной диабазовой интрузией, вторгшейся после отложения продуктивной толщи и расположившейся в почве пласта в форме пластовой залежи, уголь подвергся графитизации, причем большую роль сыграли диабазовые жилы, ответвлявшиеся от пластовой интрузии в виде апофиз. Диабазовая магма вызвала глубокое изменение в составе окружающих пород. Интрузия, покрывавшая пласт угля, во многих местах размыта. В зависимости от мощности интрузии на отдельных участках бассейна и, следовательно, от силы и продолжительности непосредственного прогрева угольной массы, образовался либо графит, либо антрацит. В некоторых же пунктах бассейна (Норильск) каменный уголь остался без изменения.

Ниже дается подробное описание наиболее изученного ВИМС Курейского месторождения.

Курейское месторождение (фиг. 21, № 21) отличается от других туруханских месторождений благоприятными транспортными условиями. Залежи графита находятся в 100 км выше устья р. Курейки, впадающей в Енисей справа на 1700 км ниже г. Красноярска и на 150 км ниже г. Туруханска. Длина обнажения пласта на левом берегу — 500 м, на правом — несколько меньше. Разведочными работами 1922—1931 гг. пласт прослежен по простиранию на 400 м. Площадь детально разведанной части месторождения на левом берегу составляет 200 тыс. м². Графитовый пласт, средняя мощность которого 15 м, имеет пологое падение на северо-восток под углом в среднем 7°. В почве пласта залегает голубоватый крупнозернистый мраморо-



Фиг. 22. Геологическая карта Курейского месторождения графита (Красноярский край, Туруханский район):

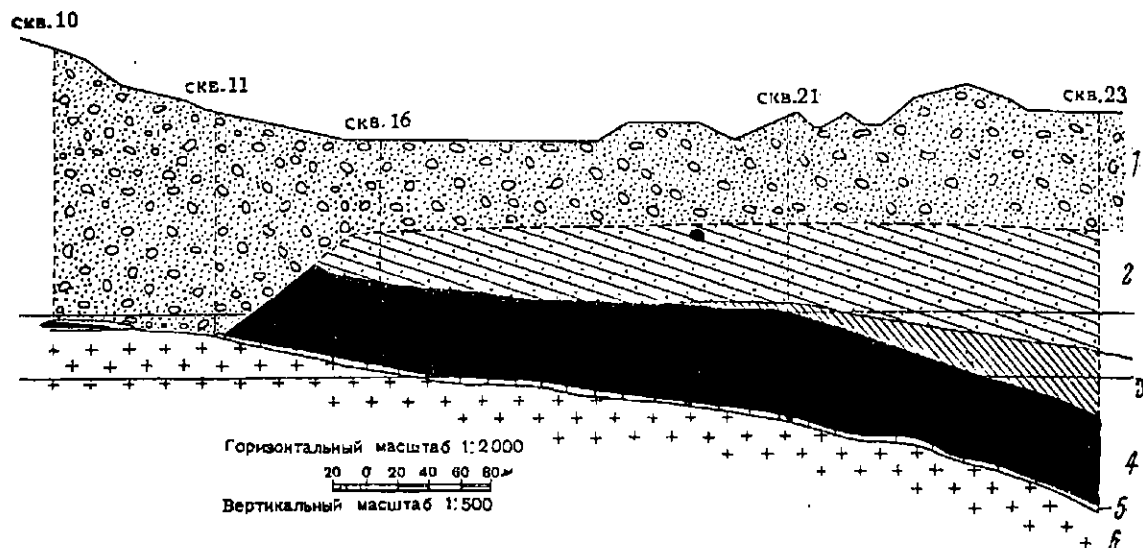
1 — трапп (диабаз); 2 — жила мраморовидного кальцита; 3 — графит;
4 — графитовый сланец; 5 — серый песчаник.

видный кальцит, мощностью до 4 м; последний покрывает нижележащую интрузию диабаз. В кровле пласта залегают графитовые сланцы и светло-серые или зеленоватые песчаники (фиг. 22).

В пласте встречаются в виде включений липзы и жилы диабаз и известково-кремнистой породы (результат изменения диабаз). На коренных породах кровли, а там, где последняя размыта, непосредственно на графите, лежат наносы, состоящие из глин, песка, речника. Мощность наносов увеличивается, по мере удаления от реки, в пределах от 6 до 15 м.

Таким образом, графитовый пласт характеризуется большой мощностью, пологим падением, незначительной глубиной залегания.

Разведочными работами 1930—1931 гг. запасы левого берега р. Курейки определены по категории A_2 в 4800 тыс. т и категории В—3800 тыс. т.



Фиг. 23. Разрез по III разведочной линии Курейского месторождения графита (см. фиг. 22):

1 — галька, гравий с глиной и песком; 2 — песчаник; 3 — графитовый сланец; 4 — графит; 5 — мраморовидный кальцит; 6 — трапп.

Принимая во внимание, что графитовый пласт обнаружен на Рудничной Горе в 10 км от рудника, запасы категории С могут быть приняты равными сотням миллионов тонн (фиг. 23).

Курейский графит относится к скрытокристаллической разновидности. Содержание в нем углерода высокое, от 80 до 98%. В генеральной пробе содержание углерода оказалось 90%. В пробе из 100 т графита, добытого в 1924 г. и доставленного на завод «Электроугли» в Кудинове, определено 88.77% углерода; в пробе из 700 т графита добычи 1925 г. — 89.40%; в пробе из 1330 т, доставленных в 1926/27 гг. в Гамбург, — 86.26%. Несколько пониженное содержание углерода в последней партии объясняется недостаточно тщательной сортировкой графита, заготовка которого производилась с большой поспешностью.

Для характеристики примесей курейского графита, приводим полностью три вышеупомянутых анализа (табл. 11).

Курейская руда настолько богата, что во многих случаях может применяться в промышленности без обогащения, при условии надлежащей сортировки. Зольность сортированной руды колеблется от 8 до 12%. Вредной примесью является пирит, содержание которого достигает 3%. Молотая сортированная руда успешно применяется в литейном деле и в производстве противонакипного коллоидного препарата.

Проработанные методы обогащения курейского графита позволяют почти полностью освободить его от вредных примесей — пирита и кальцита. Таков смешанный метод магнитной сепарации и флотации, положенный

ТАБЛИЦА 11

Химический состав курейского графита (в %)

Компоненты	Анализ лаборатории Моск. почв. комитета НКЗ, 1924 г.	Анализ лаборатории д-ра Бишофа, Берлин, 1925 г.	Анализ лаборатории д-ра Фогтнера, Берлин, 1826 г.
C	88.77	89.40	86.26
Летучие	1.33	1.70	—
S	0.86	1.46	1.59
Зола	8.47	8.90	12.68
SiO ₂	3.30	1.86	—
Al ₂ O ₃	2.00	0.67	—
Fe ₂ O ₃	3.00	3.23	3.01
CaO	0.40	1.97	—
MgO	1.30	0.59	—

в основу проекта обогатительной фабрики на Игарке и позволяющий получить концентрат зольностью 5—6%, с содержанием не более 0.30% серы; еще лучшие результаты дает термический метод — зольность получаемого концентрата ниже 1%. В обогащенном виде курейский графит может применяться для изготовления карандашей, коллекторных щеток, элементных углей и других электротехнических изделий.

Таким образом, Курейское месторождение является почти неисчерпаемым источником высокоуглеродистого скрытокристаллического графита.

Добыча графита Курейского месторождения производилась в небольших количествах еще в 60-х годах прошлого столетия. Систематическая же разработка началась с 1925 г., после исследовательских работ, проведенных ВИМС.

Потребность промышленности в курейском графите составляет около 5 тыс. т. в год.

Ногинское месторождение (фиг. 21, № 22) находится у устья р. Ногя, на левом берегу Нижней Тунгуски, в 284 км от устья последней. Генетически и практически графитовая руда сходна с курейской. Отмечавшиеся вначале различия объясняются тем, что в руде, добывавшейся с поверхности, пирит был полностью окислен и сера выщелочена до 0.1%. С углублением карьера содержание пирита повысилось до 3% и более.

Запасы месторождения Л. И. Шорохов оценивает в 100 тыс. т.

В 1932 г. Комсевпуть добыл около 20 тыс. т руды, впоследствии вывезенной в Красноярск на обогатительную фабрику.

Выходы графитового пласта наблюдаются и по другим притокам Нижней Тунгуски (рр. Купальня, Ольдерок, Хорбачиха, Бугарихта и др.), а также по рр. Графитной, Таз в Норильских горах и т. д.

Бахтинские месторождения (фиг. 21, № 24) не изучались. Вследствие порожистости р. Бахты (правый приток Енисея) они мало доступны.

Фатъянижское месторождение (фиг. 21, № 23) находится в 95 км вверх по р. Фатъянихе (правый приток Енисея, впадающий в него в 1200 км ниже Красноярска), в 48 км от берега Енисея и в 19 км от Ивановских ворот. Графитовый пласт мощностью около 5 м залегает в глинистых сланцах. Он имеет ясно выраженную столбчатую отдельность, тверд, имеет несколько волокнистый характер (такие же образцы встречались в верхнем горизонте пласта по Курейке). Запасы, по данным С. В. Обручева (1930), составляют по категории В 41.7 тыс. т и по категории С — 330 тыс. т.

Химический состав графитового пласта Фатьянихского месторождения характеризуется данными табл. 12.

ТАБЛИЦА 12
Химический состав фатьянихского графита (в %)

Компоненты	По Альбургу (1910) Пробы из штольни, пласт:				Скала «Монах» (С. В. Об- ручев)
	III	II (середине)	II (верх)	II (низ)	
С	91.48	92.58	90.69	84.41	67.24
Летучие	0.52	0.66	1.25	1.24	—
S	0.04	0.09	0.05	0.03	0.11
H ₂ O	1.45	0.46	1.02	0.96	3.42
Зола	6.58	6.12	6.89	13.39	29.40
Состав золы					
SiO ₂	44.72	41.50	31.23	—	57.23
Al ₂ O ₃	33.91	38.95	41.14	—	} 33.26
Fe ₂ O ₃	5.67	2.89	2.51	—	
CaO	3.16	3.73	2.51	—	
MgO	5.15	3.67	11.92	—	
Щелочи	7.42	8.92	3.73	—	—

Вследствие транспортных затруднений (р. Фатьяниха даже весной судоходна для малых судов только на 65 км от устья) месторождение не разрабатывалось.

Восточная Сибирь

В Восточных Саянах имеется большое число месторождений графита, которые можно разделить на две группы:

1. Западная: гора Ботогол, рч. Большой Балынтай, рр. Хонда, Ерма, Большой Мархой, Уда (Чуна), Джон-Булак, Истема.

2. Архутская: рр. Архут, Цаган-Гун, Тубот, Догутай и Халтук-гол, Бурун-Богдашка, Эхе-гол.

Изучению подверглись только немногие из перечисленных месторождений, главным образом Ботогольское, разработка которого началась в 50-х годах прошлого столетия купцом Алибером.

Ботогольское (Алиберовское) месторождение расположено на Ботогольском гольце в Тункинских горах, в верховьях р. Белой, в 250 км от ст. Черемхово Восточно-Сибирской ж. д. (фиг. 21, № 25).

Ботогольский голец сложен, главным образом, гранитами и нефелиновыми сиенитами. Осадочные метаморфизованные породы представлены мраморовидным известняком, мелкозернистым серым известняком, глинистыми и слюдяными сланцами. Залежи графита, в виде штоков и гнезд, включены в сиенит и находятся на вершине и по склонам гольца, часто в контактах известняка с сиенитом.

Руда содержит 60—70% углерода и состоит, главным образом, из плотной мелкокристаллической массы графита, смешанной со средними и мелкими чешуйками. Выход тигельной чешуйки +115 меш может быть доведен до 20% от количества находящегося в руде графита; в промышленных условиях получается 10—12%. Руда хорошо обогащается методом флотации, давая концентрат с содержанием до 95% графита. Опыты заводского применения ботогольского графита в тигельном, элементном и

карандашном производстве дали вполне удовлетворительные результаты.

Месторождение выработано. Из подсчитанных И. И. Орешкиным на 1.X.1930 г. 32 230 т в недрах ничего не осталось; к концу 1940 г. имелось на поверхности около 5 тыс. т руды. Условия транспорта трудные: графит может вывозиться только в течение 2—3 зимних месяцев, когда полностью замерзают горные речки. В остальное время года колесная дорога имеется только до Голумети (60 км от ст. Черемхово), дальнейший путь — 190 км — можно совершать только верхом.

В 1939—40 гг. разведкой обнаружен новый шток графитовой руды, еще более богатой углеродом (85—89%), но с более дисперсным графитом.

Кроме нормальной (богатой) ботогольской руды, И. И. Орешкин разведывал «бедную» руду, представляющую собой сильно графитизированный нефелиновый сиенит с содержанием 10—40% углерода. Запас $A_2 + B$ определяется в 58 500 т. Обогащение путем флотации дает концентрат с содержанием 85.59% углерода.

Удинское месторождение находится в верховьях р. Уды, ниже устья р. Кара-Буреня (правый приток Уды), при впадении в нее ключей Верхнего и Нижнего Урунгая, в 10 км от зимнего тракта по р. Уде на Нижнеудинск. Графитоносной породой является метаморфизованный крупнокристаллический известняк, залегающий мощной толщей среди кварцитов и сланцев. Графит крупночешуйчатый, содержание его в известняке 5%. В делювии встречаются обломки сланцев, содержащие графит до 37%. Месторождение обследовано в 1927 г. И. А. Молчаповым.

Месторождения р. Оки. Первое месторождение расположено в местности Сенцы-Шарза на левом склоне р. Жамболык, в 7 км от ее впадения в р. Оку, в ее верхнем течении, в 260 км от ст. Зима Восточно-Сибирской ж. д. Выходы графитовой руды прослеживаются на 150—200 м в пологом склоне горы среди элювия, образованного песчаниками, известняками и глинистыми сланцами. Мощность наносов 1—1.5 м. Графит мелкокристаллический, содержание его в руде 43.68%.

Второе месторождение находится в районе улуса Баян-гол, в местности Архабол близ устья ручья Е-Томыль, впадающего справа в р. Оку, в 230 км от ст. Зима. Здесь наблюдается графитовая руда двух типов: 1) содержащая крупнокристаллический графит и 2) содержащая 11.5% мелкокристаллического графита, тесно связанного с полевошпатовыми или известково-кремнистыми образованиями.

Архутское месторождение представлено тремя залежами: 1) на р. Архут, в 0.5 км вверх по течению от перевала Дабан из долины р. Цаган-Гун в долину р. Архута; 2) в 0.5 км от первого на правом берегу р. Гаврилки (левый приток Архута), в 80 км от устья; 3) на левом берегу р. Гаврилки. Р. Архут — правый приток р. Китою, в восточной окопечности Китойских гольцов, в 100 км от ст. Култук Восточно-Сибирской ж. д.

Все три залежи образовались в результате воздействия гранитной магмы на известняки. Залежь на р. Архут (наиболее интересная) содержит плотнокристаллический графит, включенный в пегматитовые жилы. Содержание углерода в отборных образцах до 50%. Другие залежи состоят из графитового сланца с небольшим содержанием 4—6% скрытокристаллического графита.

Сретенская группа. Месторождения этой группы расположены в Шахтминском районе Читинской обл. и приурочены к гнейсам, преимущественно биотитовым, среди которых залегают линзы графитовых гнейсов.

Тонтойское месторождение (фиг. 21, № 26) расположено в пади Орбиха, в 3 км от с. Вольшой Тонтой, в 56 км от г. Сретенска, на левом берегу р. Куренга (правый приток р. Шилки). Графитоносной породой является

парагнейс, залегающий в форме штоков, жил и гнезд. Всего обнаружено 10 залежей. Графит мелкочешуйчатый. Чешуйки расщеплены на тонкие пластинки и сильно деформированы. Содержание графита в руде 15—20%. Запас, по И. И. Орешкину (1931), — 20 тыс. т по категории A_2+B .

Обогащаемость тонтоной руды изучал М. А. Эйгелес в 1933 г. Из руды, содержащей 15.5% графита, в результате двух дроблений и пяти флотаций, получен концентрат с зольностью 7.55%, при выходе 12.7%, из которых 2.5—3.2% тигельной чешуйки +100 меш.

На горе Карандашихе (на правом берегу р. Куренги) и в пади Ороктуца близ с. Малый Тонтой графитоносные гнейсы в отдельных участках достигают мощности до 1 м и обогащены графитом до 10—20%.

Даяконское месторождение (фиг. 21, № 27) находится на крутом склоне пади Маховка, в 3 км от пос. Даякон, в 60 км от г. Сретенска и в 10 км от Нерчинского тракта. Мощность графитоносного гнейса около 5 м. На участках, где содержание графита достигает 10—20%, мощность снижается до 3.5 м. Графит мелкочешуйчатый.

Месторождение не разведано. Оно было осмотрено И. И. Орешкиным в 1931 г.

Мироновское месторождение (фиг. 21, № 28) находится в 0.5 км к востоку от с. Мироново, в 3—5 км от г. Сретенска. Графитовый сланец, образующий месторождение, имеет мощность 10 м. Графит мелкочешуйчатый, содержится в руде в количестве 15—25%, сопровождается красным и зеленым гранатом.

Выходы графитового сланца обнаружены также у с. *Шевья*, в 50 км к западу от Сретенска; у с. *Аркая*, в низовьях р. Газимура, где графитовый сланец залегает среди кристаллических известняков и гнейсов; в окрестностях *Шилкинского завода* на левом берегу р. Шилки, и во многих других пунктах этого района.

Дальний Восток

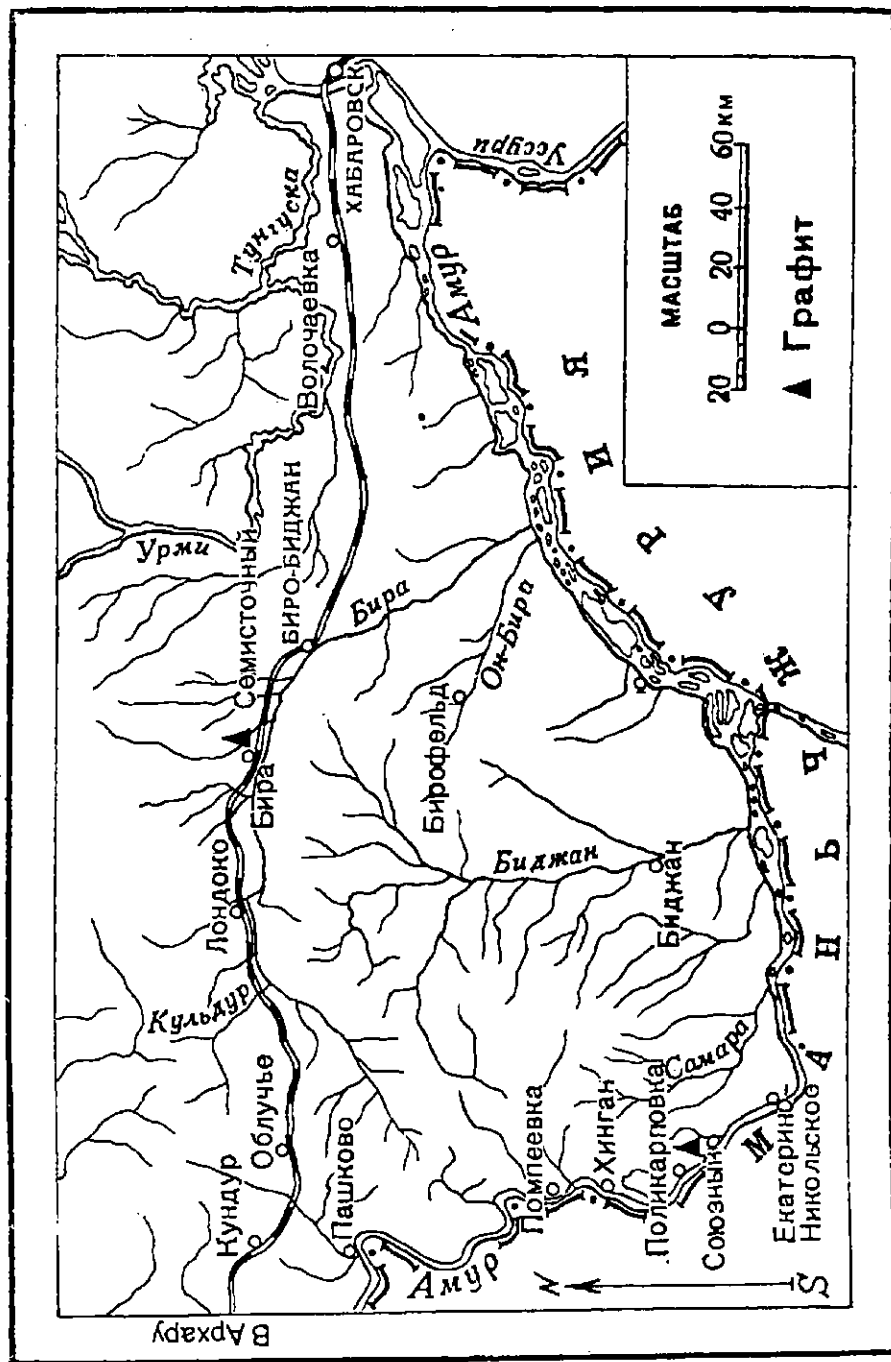
На Дальнем Востоке насчитывается около 40 точек нахождения графита, но о большинстве из них имеются весьма скудные сведения. Это — преимущественно упоминания в маршрутных геологических съемках, производившихся в Зейском золотоносном районе или по линии Амурской ж. д. Среди Амурской группы выделяются месторождения Мало-Хинганское (Союзный) и Бирское, которые детально исследовались, в особенности первое. Подробные данные имеются также о некоторых месторождениях Уссурийской группы (Бельцевском, Пряженниковском), Приморской группы (Сидиминском, Адиминском, Римскокорсаковском) и о Телгакарском.

Союзное месторождение (фиг. 21, № 29) расположено на юго-восточном склоне Мало-Хинганского хребта, между селами Союзный и Поликарповка, на правом берегу р. Амура, а также по берегам рч. Белой, впадающей в Амур в 8.5 км выше с. Союзного, и по ее притоку рч. Гавалихе, в Сталинском районе Еврейской авт. обл. От Благовещенска месторождение находится на расстоянии 575 км вниз по Амуру. Рельеф района характеризуется возвышенностями (сопками) Мало-Хинганского горного плато и постепенно повышается в направлении на северо-запад (фиг. 24).

Район сложен преимущественно метаморфическими сланцами, гнейсами, кристаллическими белыми и серыми известняками, кварцитами и песчаниками. Простираение северо-восточное 37—40°. Падение на северо-запад под углом от 12 до 40°. Свита пластов во многих пунктах прорвана жилами диорита и пегматита. Разведки, производившиеся в 1929—1930 гг., выявили наличие семи пластов графитовых сланцев мощностью от 15 до 220 м. Вмещающими породами являются графитовые сланцы темносерого цвета, часто окрашенные окислами железа в темнобурый цвет. Графит мелкокристаллический и чешуйчатый. Содержание его в руде составляет от 7 до 23%, в среднем 15—17%. Графит образовался из углистых осадков в силу кон-

тактового и динамометаморфизма. На площади в 13.5 км^2 ориентировочно подсчитан запас по категории В+С до 500 млн. т.

В 1931—1932 гг. инж. Белицкий производил детальную разведку Центрального участка месторождения (фиг. 25). Опыты обогащения руды, произведенные Механобром и ВИМС, показали возможность получения высокоуглеродистых концентратов зольностью 7—10%. Выход крупной чешуи

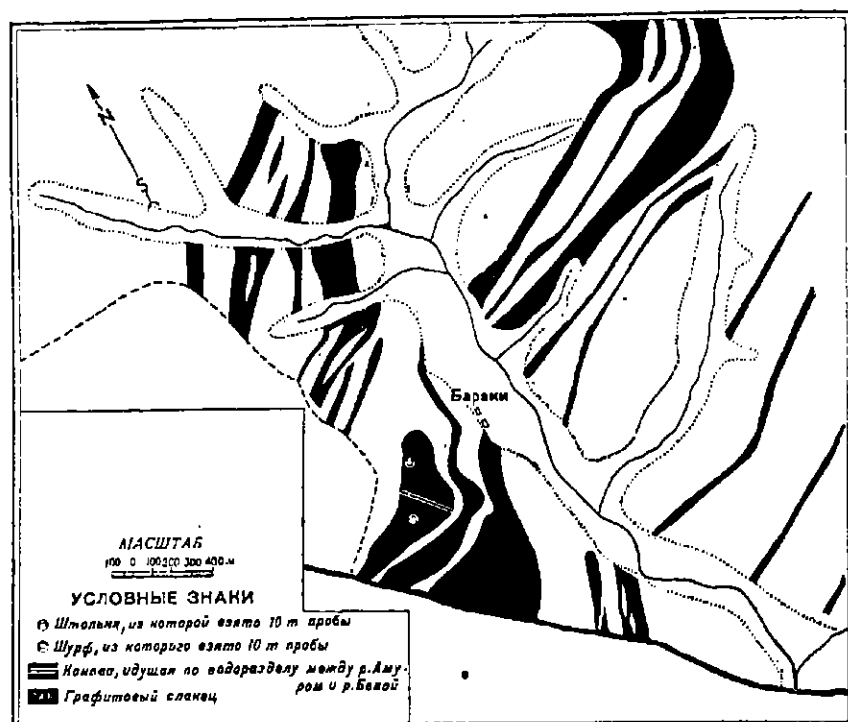


Фиг. 24. Графитовые месторождения Еврейской авт. области.

+100 меш невелик, составляет 1—2% от руды, а в некоторых случаях и того меньше.

В 1935 г. партия ВИМС производила опробование Центрального участка. Из шурфа глубиной 25 м и из штольни длиной 36 м взяты были пробы руды двух типов, слоистой и плотной, всего 16 т. Среднее содержание графита в руде оказалось 15—17% (табл. 13). Обоганительная лаборатория ВИМС приготовила из этой руды 0.5 т концентрата, зольностью 5—10%, для испытания в элементном производстве.

В 1936—1937 гг. на этом же Центральном участке производила промышленную разведку партия Уралгеомина (Л. Шабынин, В. А. Вторущин и др.).



Фиг. 25. Центральный участок графитового месторождения у с. Союзного на Амуре.

Запасы по категориям утверждены ЦКЗ (1937 г.) в следующих количествах (в тыс. т): A_2 — 1607, В — 1291, C_1 — 2049; всего 4947.

ТАБЛИЦА 13

Анализы средних проб графита из месторождения с. Союзного (в %)

Компоненты	I	II	III	IV	V	VI
С	6.82	25.80	16.27	—	—	—
S	0.17	0.17	0.40	0.92	0.21	0.21
H ₂ O	0.12	8.86	0.38	0.25	1.36	1.04
Зола	—	—	82.44	86.46	74.46	78.80
Состав золы						
SiO ₂	69.74	51.46	71.21	67.04	66.50	66.96
TiO ₂	—	—	0.72	0.51	1.47	0.43
Al ₂ O ₃	13.75	10.95	14.80	13.93	16.21	16.02
Fe ₂ O ₃	0.38	0.51	5.29	6.34	4.43	7.49
CaO	1.04	3.92	0.41	5.56	6.82	7.11
MgO	0.37	1.06	0.72	2.88	1.80	1.15
MnO	—	—	0.04	0.14	0.04	0.07
Щелочи (в виде хлоридов)	12.10	4.70	—	—	—	—
Пот. при прок.	5.58	—	—	—	—	—
Уд. вес	2.588	2.462	—	—	—	—

Опыты применения хинганского графита в карандашном и электроугольном производствах дали прекрасные результаты. Он дал наилучшие показатели при сравнительном его испытании в элементном производстве одновременно с другими графитами, вырабатываемыми в СССР.

Бирское месторождение находится в Бирском районе Еврейской авт. обл., в 10 км к востоку от ст. Бира Дальневосточной ж. д., в 0.5—2 км к северу от разъезда Семисточный, на левом берегу р. Бира, в восточных предгорьях хребта Малый Хинган (фиг. 21, № 30).

По данным разведки 1937 г., геологическое строение района следующее. Метаморфические сланцы, гнейсы и граниты прикриты мезозойскими породами. Свита древних пород сильно измята и пронизана большим количеством жил пегматита. Она включает графитовые и кварцево-силиманитовые сланцы. Наибольшее распространение имеют графитовые сланцы гнейсовидной структуры, разрушенные, выветрелые и превращенные в щебенку. Минералогический состав графитовых сланцев: кварц, плагиоклаз, биотит, мусковит, хлорит, гидроокислы железа; включения: графит, анатит, рутил, фибролит, иногда циркон.

Разведка обнаружила 13 рудных тел, из которых 3 превышают по простиранию 350 м, при ширине от 20 до 160 м. Форма тел преимущественно челнокообразная.

Графит — мелкокристаллический и чешуйчатый, содержание его в руде: на основном участке от 6.17 до 9.81%, на участке горы «Подкова» от 5.7 до 6.82%.

Запасы по категориям утверждены ЦКЗ (1937 г.) в следующих количествах (тыс. т): В — 264, С₁ — 1408; всего 1672.

Опыты обогащения руды Бирского месторождения, произведенные ВИМС, дали положительные результаты. Методом флотации получен концентрат зольностью 7—8%.

Руда Бирского месторождения значительно беднее руды месторождения у с. Союзного. Запасы руды здесь также относительно небольшие. Но Бирское месторождение имеет большие преимущества по своему географическому положению.

Амсолярское месторождение находится на водоразделе между рр. Б. Тасс (Каменушкой) и Амсояр (левым притоком р. Бирь). Здесь Э. Э. Анертом открыт обширный пояс графитовых сланцев, протягивающийся видимо к юго-юго-западу на 20 км до долины р. Бирь. На той же линии простирания лежат графитовые сланцы с. Союзного.

Бельцевское месторождение, близ дер. Бельцево Посыетского района, в 6.4 км от Свиягинской ветви Дальневосточной ж. д., было осмотрено в 1920 г. А. Педашенко. Выходы графитовых сланцев встречены им по р. Даубихе, в 12 км выше дер. Бельцево. Сланцы однородны, не имеют макроскопических включений пустой породы, прослежены владельцем заявки шурфами и канавами вкост простирания приблизительно на 100—120 м. Состав и мощность свиты не выяснены. Содержание графита в сланцах, по оценке А. Педашенко, не менее 50—60%. Предполагается, что графит относится к скрытокристаллической разновидности.

Судя по отдельным выходам таких же сланцев в других пунктах этого района можно предположить, что они здесь имеют большое развитие.

Пряженниковское месторождение. На склоне возвышенности, идущей к востоку от тракта Ворошилов-Уссурийский — Камень Рыболов, в 5 км на запад от с. Новой Бильмановки, на заимке М. Пряженникова, неглубоким шурфом обнаружен выход графитового сланца. Падение пласта на юго-восток 165° под углом 25°. Графитовые сланцы находятся в контакте с гранитами и кварцевыми порфирами. Исследование щебня на поверхности бугра около шурфа показало, что мощность пласта графитового сланца около 48 м; в лежащем боку имеется небольшой прослой около 12 м кремнистой породы и под нею биотитовый гранит. Можно предположить наличие гранита также в висячем боку, однако проверить это не удалось за отсутствием обнажений и щебня.

Графитовый сланец характеризуется темносерым цветом, состоит из глинистых частиц, кварца и измененного шпирита. Сланец пишет на бумаге как карандаш небольшой твердости. В свежем изломе невооруженным глазом видны мелкие чешуйки и зернышки графита, расположенные по плоскостям сланцеватости породы (Преображенский, 1924).

Хорольское месторождение. В 1 км к юго-западу от с. Хороль одноименного района Уссурийской обл., на границе метаморфических пород с гранитом в 1931 г. было обнаружено большое количество щебня графитового сланца. Обнажения отсутствуют. Графитовый сланец здесь светлосерый, кремнистый, с блестящими, но не очень обильными листочками графита, с немногочисленными ржавыми пятнами окислов железа.

Адиминское месторождение. На западном берегу Амурского залива, в крутом обрывистом берегу ключа Казачьего, притока р. Адими, в 16 км от устья последней, обнажается толща графитовых сланцев мощностью свыше 107 м, которая по простиранию прослеживается более чем на 320 м. Анализ проб, взятых из различных слоев (лаборатория университета в Сендае, Япония), показал содержание графита от 55.14 до 59.28%. Добыча возможна открытыми работами; до уровня воды в ключе Казачьем запасы достигают нескольких десятков тысяч тонн.

На о-ве Римского-Корсакова близ Владивостока (архипелаг Евгений) графит обнаружен в виде дендритов среди кристаллических пород. Графит мягкий, жирен наощупь, пишет и легко стирается с бумаги. Химический состав характеризуется следующими данными: С — 96.20%, Н — 0.36%, H_2O — 0.49%, $O+N$ — 2.89%.

Телгакарское месторождение (фиг. 21, № 31). Близ бухты Лаврентия, на склоне горы Телгакар, у с. Паутын, на левой стороне рч. Тильгарпуэм и в 12.8 км от Берингова пролива, очень чистый графит залегает в виде линз или чечевиц, подчиненных графитизированным гнейсам. Простирание гнейсов северо-западное, падение почти вертикальное. По простиранию гнейсы прослежены на 2 км. Мощность их точно не установлена, но предполагается равной 20—30 м. Среднее содержание графита в гнейсе 15—20%. Чечевицы достигают размера в 1—3 м; по направлению падения и простирания их мощность колеблется от 0.5 до 0.7 м. Содержание углерода в графите — 96%. Графит кристаллический, напоминает цейлонский. Месторождение разведывалось Северо-Восточным концессионным обществом. В 1904 г. при производстве пробной добычи была встречена большая сбросовая трещина и графитовая залежь была потеряна, что вызвало приостановку эксплуатационных работ. Из прежде добытого графита 16 т было вывезено в 1905 г. через Ном в Сиэтль (США) (Корзухин, 1907; Тульчинский, 1906).

Запасы графита в СССР

Сводка запасов разведанных руд по всем месторождениям Союза дана в табл. 14.

Из этой сводки видно, что большая часть запасов, около 17 млн. т, относится к наиболее ценной явнокристаллической разновидности. По содержанию графита (6—10%) эти руды, в особенности украинские, характеризуются как бедные. Большим содержанием графита отличаются восточно-сибирские и дальневосточные руды.

Однако, все явнокристаллические руды хорошо обогащаются методом флотации. В результате 5—6 перемывки удается из 6% украинской руды получить графитовый концентрат с содержанием 90% и более графита.

Большая часть украинских руд относится к крупночешуйчатой разновидности и пригодна для тигельного производства. Графит Завальевского месторождения содержит более 50% крупной тигельной чешуйки.

Из 10.5 млн. т скрытокристаллического графита 90% падает на богатую туруханскую руду, с содержанием более 80% графита. Вредные примеси, сопутствующие курейскому графиту — пирит и кальцит, — удается в значительной степени удалить механическими методами обогащения.

ТАБЛИЦА 11

Сводка разведанных запасов графитовых руд СССР на 1.I. 1940 г.
(в тыс. т)

Районы, месторождения	Запасы по категориям				Разновидность графита	Среднее содер- жание графита в руде, в %
	A ₂	B	C ₁	A ₂ +B+C ₁		
СССР в целом . . .	3 343	6 086	9 252	18 681	Явнокристалли- ческий	6—67
	4 826	4 013	622	9 461	Скрытокристал- лический	25—80
	8 169	10 099	9 874	28 122	Графит обеих разновидностей	6—80
В том числе:						
УССР						
Старо-Крымское . . .	56	237	114	407 ¹	Крупно- и сред- нечешуйчатый	6
Троицкое	137	83	—	220	Мелнокристал- лический	12.5
Сачковы хутора . . .	399	980	—	1 379	Средне- и мелко- чешуйчатый	10
Вишняковы хутора . .	67	201	—	268	Среднечешуй- чатый	8—9
Темрюкское	—	30	—	30	Средне- и мелко- чешуйчатый	5
Наратюкское	—	17	—	17	Средне- и мелко- чешуйчатый	10
Власовское	—	1 387	499	1 886	Мелнокристалли- ческий	10
Белые Горбы	—	—	250	250	Мелнокристалли- ческий	19
Водянское	129	9	—	138	Средне- и мелко- чешуйчатый	9
Бабенковское	190	58	—	248	Крупно- и сред- нечешуйчатый	6
Велико-Водянское . .	—	—	1 500	1 500	Крупно- и сред- нечешуйчатый	6
Хощеватовское	—	14	—	14	Крупночешуй- чатый	6
Завальевское	393	367	3 209	3 969 ¹	Крупночешуй- чатый	6
Кошары-Александров- ские	347	700	—	1 047	Крупночешуй- чатый	6
Люшневатское	—	50	—	50	Крупночешуй- чатый	6
Лащевское	—	10	—	10	Крупночешуй- чатый	8
Кавказ						
Алайхохское	—	—	300	300	Скрытокристал- лический	25
Джигмаринское	—	—	126	126	Скрытокристал- лический	25

¹ По данным Всесоюзного геологического фонда.

Продолжение табл. 14

Районы, месторождения	Запасы по категориям				Разновидность графита	Среднее содер- жание графита в руде, в %
	A ₂	B	C ₁	A ₂ +B+C ₁		
Урал						
Боевское	29	79	67	175	Скрытокристал- лический	30
Полтавское	—	5	29	34	Скрытокристал- лический	80
УзССР						
Тас-Казган	13	42	213	268	Мелкокристал- лический	16,3
Кшемышское	—	—	10	10	Мелкочешуй- чатый	20
Казахская ССР						
Балтатааранское	—	93	—	93	Скрытокристал- лический	25
Кокетауское	—	36	—	36	Скрытокристал- лический	40
Красноярский край						
Курейское	4 787	3 800	—	8 587	Скрытокристал- лический	80
Ногинское	—	—	100	100	Скрытокристал- лический	80
Вост. Сибирь						
Ботогольское	—	58	—	58	Средне- и мелко- кристаллический Мелкочешуй- чатый	15—40
Тонтойское	5	15	—	20		18
Дальний Восток						
Союзное	1 607	1 291	2 049	4 947	Мелкокристал- лический	15—17
Бирское	—	264	1 408	1 672	Мелкокристал- лический	6—7

5. МЕТОДЫ ДОБЫЧИ

Среди многочисленных графитовых разработок, разбросанных по разным странам, наблюдается большое разнообразие как в отношении методов эксплуатационных работ, так и их технической оснащенности. Зависит это от ряда причин: характера графитовых месторождений, масштаба производства, экономической обстановки.

Значительная часть графита добывается из мощных толщ, в которых он встречается в рассеянном виде. Нередко объектом разработок служат верхние части этих толщ, сильно выветрелые и разрушенные, а потому мяг-

кие и благоприятные для эксплуатации. На о-ве Мадагаскаре зона латеритизированных гнейсов простирается на глубину до 50—60 м. В Алабаме и Пенсильвании разрабатываются сланцы, разрушенные на глубину 10—20 м. Во всех этих случаях разработки ведутся открытыми работами, иногда террасами или уступами, чаще без применения механического бурения. Крепкие окварцованные графитоносные сланцы мощностью в 22—28 м добываются в Тексасе, причем здесь как наносы, так и сланцы разрабатываются при помощи взрывных работ — скважинами глубиной 7—8 м, в расстоянии 2 м одна от другой. В аналогичных условиях ведется разработка наших украинских месторождений: Завальевское — в 3 яруса, с бермами шириной не менее 1.2 м; Старо-Крымское — в 1 ярус. Бурение шпуров производится вручную, средняя глубина их 1.2 м. Открытыми работами добывается графит отчасти и из жил и линз на о-ве Цейлоне.

Там, где графит залегает в виде пластов на более значительной глубине или в виде жил и линз, переходят к подземным разработкам, обычно через вертикальные шахты, глубина которых в США не превышает нескольких десятков метров, но на о-ве Цейлоне достигает 120—150 м. У нас подземными работами, при глубине шахт 20—50 м, добывается графит на Боевском и Курейском месторождениях. На Ботогольском месторождении в свое время существовала вертикальная шахта глубиной 20 м, в последние же годы руда добывалась штольней и карьерами.

В США в большинстве случаев применяется камерно-столбовая система подземных разработок, причем ведутся они длинными камерами с оставлением столбов, вынимаемых пацело в обратном порядке. Способ выемки применяется почвоуступный.

На Боевском месторождении применяется разработка системой блоков, длиной по падению 20 м, а по простиранию — на длину откаточного штрека, с обрушением кровли. На Курейском месторождении добыча графитовой руды производилась из подготовительных выработок, которыми шахтное поле разрезалось на столбы сечением в среднем 7×7 м. Высота целиков определялась мощностью нижнего выемочного слоя, составлявшей 2 м. Очистные работы производились заходками с оставлением большей части пустых пород в целиках.

Нахождение крупнейших месторождений и горнодобывающих предприятий о-ва Цейлона, о-ва Мадагаскара, Кореи — в колониальных странах с жестокой эксплуатацией труда местного населения — естественно, влекло за собой весьма примитивные методы разработок с применением, главным образом, дешевой мускульной силы. Даже на небольших рудниках Цейлона бывает занято до 2000 рабочих. Начавшаяся здесь в 1925 г. механизация некоторых промыслов была приостановлена наступившим вскоре кризисом.

В Германии еще недавно существовало немало разработок кустарного типа, однако более крупные предприятия уже оборудованы современными механизмами.

В США графитовые рудники большей частью механизированы. При вскрышке и погрузке пород применяются скреперы, экскаваторы, например одноковшевые экскаваторы с емкостью ковша 0.75 м^3 . Бурение по руде при мягких породах производится иногда ручными вращательными сверловыми перфораторами; на одном руднике в Алабаме применяются молотки типа «Жакгаммер», которыми пробуриваются скважины до 4 м глубины. В большинстве же случаев бурение ручное, с проходкой шпуров глубиной от 2 до 8.5 м. Крупные глыбы руды, получающиеся при взрывных работах, разбуриваются механическими бурильными молотками.

При глубоких карьерах (в Канаде до 30 м) подъем производится посредством деррик-кранов. В шахтах обычно оборудован механический подъем руды. Механизирован и транспорт.

Наши рудники в отношении механизации пока еще уступают американским: бурение шпуров, погрузка и доставка руды производятся вручную.

6. ОБРАБОТКА ГРАФИТОВОГО СЫРЬЯ

Добываемые из недр графитовые руды, как бы высококачественны они ни были, не могут быть непосредственно использованы для производственных целей. Они всегда содержат некоторые примеси, вредные для той или иной отрасли промышленности, например пирит, кальцит, кварц, окислы железа и др. Но и нейтральные примеси крайне нежелательны, так как они понижают ценные свойства графита.

В простейшем случае, когда примеси не препятствуют применению руды в производстве, например для литейных целей, все же она должна быть измельчена до требуемого размера зерна.

Таким образом, обработка графитового сырья имеет целью, с одной стороны, удаление посторонних примесей или концентрацию полезного минерала, а с другой — доведение обогащенного материала до требуемого granulометрического состава.

Для обогащения графита применяются методы: механический (сухой и мокрый), химический, магнитный, электростатический и термический. Обогащению предшествует измельчение руды.

Выбор метода обогащения определяется минералогическим составом руды и дисперсностью структуры графита. Например, при большом содержании в руде железа механические методы оказываются недостаточными для полного его удаления и возникает необходимость в электромагнитном или химическом обогащении. Руды явнокристаллических графитов, в которых графит включен в виде более или менее крупных чешуек среди зерен сопутствующих минералов, хорошо обогащаются флотацией. Но последняя мало эффективна в применении к рудам скрытокристаллического графита, в которых высокодисперсный графит находится в тесном срастании с минеральными частицами.

Сортировка, или рудоразборка, преследует две цели: 1) удаление пустой породы и 2) удаление явно загрязненных «вредными» минералами кусков руды.

Для тощих руд скрытокристаллического графита типа боевского сортировка является единственным рентабельным методом обогащения. Но и для руд плотного скрытокристаллического графита типа курейского тщательная выборка кусков, содержащих включения пирита и кальцита, позволяет снизить зольность графита с 12—15% до 8—10%, а содержание пирита — с 3 до 1.5%.

Измельчение графитовых руд и измельчающие приборы. Измельчение графитовой руды производится постепенно (стадиально) различными машинами, рассчитанными на определенную крупность зерен руды.

Первоначальное дробление в случае больших кусков руды производится вручную до прохождения через грохот с отверстиями 75—200 мм. Этот материал подвергается затем крупному дроблению на челюстных дробилках Блека.

Для среднего дробления применяются молотковые мельницы Клеро, Гумбольдта и др. (для руд скрытокристаллического графита типа курейского), конические дробилки Саймонса (для украинских руд) и валки с зубчатой поверхностью. На этих машинах достигается дробление руды до —12 меш.

Дальнейшее измельчение руд явнокристаллического графита производится на стержневых мельницах Марси (иногда продукт из дробилки Блека поступает непосредственно на мельницу Марси), шаровых мельницах, трубчатых и конических типа Гардинга, рифленых валках.

Эти мельницы служат для подготовки к флотации и для промежуточного додробливания между двумя стадиями флотации. На них достигается размол до —100 меш (0.147 мм).

Для тонкого дробления служат шаровые мельницы Крупша, рольно-кольцевые мельницы Леше, Фулера и штифтовые мельницы КЭК. Они производят сухой размол готовой продукции, доводя ее до размера зерна —250 меш (0.064 мм).

Более тонкие графитные продукты с размером зерна в 1 μ и менее получают на коллоидных мельницах системы Плаусона, а также на шаровых мельницах при надлежащем подборе пестизатора.

В табл. 15 даны характеристики измельчающих приборов, применяемых на графитных заводах.

Стержневые (прутковые) мельницы Марси предпочтительно применяются для размола явнокристаллических графитов, так как они менее, чем шаровые мельницы, измельчают чешуйки графита. Они к тому же в два раза более производительны, чем шаровые мельницы (0.14 т/час на 1 л. с.) и менее изнашиваются.

Производительность рольно-кольцевых мельниц Леше (№ 7), установленных на Красноярском заводе, 5—10 т курейского графита в сутки, в зависимости от степени влажности загружаемого материала, при размоле крупки 3 мм до продукта —200 меш.

Установленные на Игарской графитовой фабрике две КЭК-мельницы для тонкого размола (сухим путем) курейского графита характеризуются производительностью (модель 166) до 2 т в сутки, при размоле курейского графита с исходной крупностью —80 меш до продукта —250 меш с остатком 0.5%.

Избирательное дробление. Графит в силу своих физических свойств труднее размалывается, чем сопутствующие ему минералы. Пустая порода часто сосредоточена в виде прослоек между слоями графита (курейский графит). В процессе дробления руда раскалывается преимущественно по горизонтальным слоям, и пустая порода выкрашивается. В результате частицы пустой породы в дробленном материале оказываются более мелкими, чем частицы графита, и могут быть отсеяны на сите. Другими словами, зольная часть сосредоточена в мелкой фракции.

Действительно, если произвести ситовой анализ курейского графита зольностью 10.75%, то получим следующие продукты:

Крупность, в меш.	+4	—4+35	—35+125	—125
Зола, в %	8.40	12.13	22.24	29.09
Выход графита, в %	54.3	40.00	2.57	2.83

На этом явлении основан метод обогащения избирательным дроблением и рассевом, получивший промышленное применение на Красноярском заводе (см. ниже).

Этот метод иногда применяется к богатым рудам явнокристаллического графита (ботогольский), когда желательно выделить крупную чешуйку сухим способом. Отсев поступает в продажу как низкосортный графит или подвергается дальнейшему обогащению флотацией.

Но наилучшие результаты получаются в применении его к скрытокристаллическим рудам (курейской и ногинской), где обогащению способствует еще наличие в них кусков различной дробимости и различной зольности; куски тонкослойистой текстуры, более зольные (зола более 20%), измельчаются легко, куски же плотной текстуры, зольность которых 5—8%, измельчаются гораздо труднее.

Выход обогащенного продукта (зольность 7—8%) составляет 40%. Остальная часть (зольность 15—20%) отпускается как литейный графит.

ТАБЛИЦА 15

Характеристика измельчающих приборов, применяемых на графитных заводах

Типы машин	Преобладающий характер измельчающ. усилия	Предельная величина гранул, в мм						Степень измельчения	Для каких руд успешно применяется
		Поступающего в мельницу материала			Продукта, полу- чающегося в результате измельчения				
		максимум	минимум	оптимум	максимум	минимум	оптимум		
Дробилки									
Блека	Раздав- лива- ние	600	75	200	100	25	50	4—8	Для всех
Саймонса	То же	200	40	100	4	10	10	10	То же
Молотковые . . .	Удар	150	10	50	25	2	5	4—20	Типа курей- ской
Балки	Раз- давли- вание	100	10	20	35	1.6	5	4	Курей- ской и бото- голь- ской
Мельницы									
Стержневые . . .	Удар	25	3	15	3	0.15	0.5	30	Бото- голь- ской и укра- инских
Шаровые Гардинга	То же	38	5	25	3	0.07	0.2	125	Для всех
Галечные	Истира- ние	3	0.1	0.5	0.5	0.1	0.2	5	Для концен- тратов чешуй- чатых графи- тов
Рольно-кольце- вые	То же	5	0.1	0.5	0.1	0.05	0.05	10	Для концен- тратов всех графи- тов
КЭК	Удар	3	0.1	0.5	0.1	0.03	0.04	8	Для курей- ской

Воздушное обогащение (метод ВИМС). Пневматическая установка состоит из центрофугальной мельницы, двух сепараторов и коллектора-циклона с фильтровальными рукавами. Воздушная сепарация дает хорошие результаты при извлечении графита из отходов металлургического производства (доменный графит).

Путем последовательного грохочения исходный материал (скрап чугуна) доводится до размера зерна минус 2 мм. После обработки последнего на пневматической установке получается 5 продуктов:

- 1) из центрофугальной мельницы (хвосты),
- 2) из первого сепаратора (промежуточный продукт I),
- 3) из второго сепаратора (первичный концентрат I),
- 4) из коллектора-циклона (первичный концентрат II),
- 5) из фильтровальных рукавов (промежуточный продукт II).

Процесс обогащения идет в две стадии: 1-я стадия — получение первичного концентрата и отделение конечных хвостов (сепарация); 2-я стадия — разделение первичного концентрата на конечный концентрат и промежуточный продукт (грохочение).

Схема, разработанная ВИМС, предусматривает основную сепарацию и два перепуска промежуточного продукта. Извлечение графита из скрана — 45—53%; получаемые концентраты содержат 2—5% золы, в том числе растворимая часть (железо) составляет 1.4—3.5%. Промежуточные продукты содержат 30—60% графита и подлежат дальнейшему обогащению методом флотации.

Концентрация на качающихся столах имеет целью разделить составляющие графитовую руду минеральные частицы по скоростям их движения в текущей по наклонной плоскости струе воды и автоматически разгрузить отдельные продукты в определенных точках периметра столов.

Опыты обогащения курейского графита этим методом производились в лаборатории б. Московской горной академии (ныне Горный институт) на полужаводском столе системы Дейстер Оверстром.

Наилучшие результаты получались с исходным материалом, дробленным до крупности — $1 + 0.15$ мм. Зольность была снижена с 11.16 до 5.73%, содержание серы — с 1.13 до 0.37%, причем выход этого концентрата составлял 86% от сырой руды. Если сюда прибавить еще промежуточный продукт (зольность 7.5%), то выход обогащенных продуктов составит 90%.

Флотация. Процесс обогащения сводится к следующему. Руда, измельченная до надлежащей крупности (минус 60—80 меш), смешивается с водой и вместе с флотореагентами подается в флотационный аппарат (в СССР чаще применяются аппараты системы Минеральс Сенарейшен). Последний представляет собой соединение ряда ячеек, состоящих из агитационной камеры, в которой при помощи пропеллера пульпа смешивается с воздухом, и шипцастена. В аппаратах системы Кэлоу и др. воздух нагнетается насосом через сетчатую поверхность близ дна аппарата. Частицы графита, придя в соприкосновение с пузырьками воздуха, прилипают к ним и вместе с ними всплывают и переходят в пену. Частицы же пустой породы, не прилипающие к пузырькам воздуха, оседают на дно. По мере накопления пены на поверхности шипцастена она сбрасывается лопастями скребка в наклонный желоб, через который переходит в следующий аппарат, где подвергается дальнейшей очистке. Хвосты переходят из одной ячейки в другую, пока не дойдут до последней, откуда они спускаются в сточную канаву. Реагентами обычно служат: в качестве коллектора — керосин в количестве 1—2 л на 1 т руды, в качестве депрессора — жидкое стекло, известь и др. Керосин часто подается в мельницу в стадии подготовки руды к флотации. В качестве вспенивателя применяются сосновое масло, сосновая смола, желтый скипидар и др.

Первичный (черновой) концентрат всегда нуждается в дальнейших перерезках; число их обычно 3—4, но иногда доходит до 7. Для более пол-

ного отделения графита от примесей концентрат подвергается дополнительно (стадиальному) измельчению в промежутках между двумя перемелками.

Концентрат последней перемелки (конечный) обезвоживается, сушится и рассеивается на фракции по крупности зерна, соответствующей требованиям потребителей. Явнокристаллический графит рассеивается на 2 класса: +100 меш (тигельный) и —100 меш. Для получения тонких продуктов (элементного и карандашного графита) додобрабливают —100 меш на мельницах для тонкого дробления (Фуллер).

Флотационный метод широко применяется для обработки графитовых руд как за границей, так и в СССР. Лучше всего обогащаются флотацией руды явнокристаллического графита. Из бедных графитом украинских или канадских руд, с содержанием 3—10% графита, можно путем флотации рентабельно получить высококачественные концентраты с зольностью 8—10%.

В отношении руд скрытокристаллических графитов, как уже было указано, флотационный метод мало эффективен. При зольности сырой руды Боевского месторождения в 72.06% удалось получить после четырех перемелок концентрат с зольностью 57.52%. Из руды Аягузского месторождения с зольностью 56.68% был получен концентрат 4-й перемелки с зольностью 25.06%, при выходе 35% от руды. В обоих случаях руда предварительно обжигалась при 400—500°.

Обжиг является способом предварительной подготовки руды. Он имеет целью прежде всего разрушение пирита, превращение его в окислы железа. В этом виде пирит хорошо удаляется из руды методом флотации, растворяется при кислотной обработке и, по данным фирмы Гумбольдт, может быть в значительной части удален магнитным сепаратором. Но для этого обжиг должен производиться при более высокой температуре, чем это необходимо для разрушения пирита, именно при 700—800°.

В проекте, составленном фирмой Гумбольдт в Кельне (1930 г.) для Игарского завода, скомбинированы обжиг курейской руды, магнитная сепарация и флотация. В результате получается концентрат зольностью около 6%.

Кроме того, как показали опыты Лужского тигельного завода, обжиг значительно облегчает дробление ботогольской руды и позволяет максимально извлечь из нее крупную чешуйку +100 меш (до 18%).

Химический метод. Для очистки графита от примесей издавна предлагались различные химические способы: кислотная, щелочная обработка и их варианты.

Испытание кислотного метода (обработка соляной, серной и плавиковой кислотой — ВИМС, 1930) показало, что таким путем можно значительно снизить зольность как явно, так и скрытокристаллических графитов. Результаты показаны в табл. 16.

Соляной кислотой удаляются кальцит, окислы железа. Плавиковая кислота растворяет силикаты. При такой двойной обработке получаются очень чистые концентраты.

Однако, внедрение химического метода в промышленность затрудняется различными причинами (вредность для рабочих, в особенности при работе с плавиковой кислотой, потребность в кислотоупорной аппаратуре и в доставке на графитовый завод сравнительно больших партий кислоты).

Магнитное обогащение имеет целью удалить из графитовой руды или графитового концентрата окислы железа. Руда пропускается через магнитный сепаратор, в котором частицы намагничиваются и притягиваются электромагнитом.

Для удаления этим методом пирита из курейской руды последнюю предварительно обжигают при 700—800°. В процессе обжига FeS_2 переводится в Fe_3O_4 .

ТАБЛИЦА 16
Результаты обработки графитов кислотами (в %)

Наименование графита	Способ обработки	Зольность		Выход от исходного материала
		исходного материала	обогащен. продукта	
Курейский	Нагревание с соляной	10—12	5—6	90
	или серной кислотой	6—8	3—4	95
	Последующая обработка плавиковой кислотой	3—4	1.0—0.9	95
Ботогольский	Нагревание с соляной кислотой . .	8	4—5	90
	Нагревание с соляной и плавиковой кислотами или с серной кислотой и плавиковым шпатом . . .	8	0.1	88
	Нагревание с соляной кислотой . .	20	8	85
Водянский (УССР)				

Магнитная сепарация с предварительным обжигом руды недостаточно эффективна вследствие того, что значительная часть пирита находится в руде не в свободном состоянии, а вкраплена в частицы графита в виде мельчайших зерен. Их окисление происходит медленно, и вместе с ними удаляется обволакивающий их графит, что вызывает большие потери.

Магнитную сепарацию безусловно целесообразно применять в первой стадии обработки руды (до крупного дробления) для удаления случайно попавших в нее кусков железа, а также в конечной стадии — для извлечения частиц железа, попавших в нее в результате истирания размалывающих механизмов.

Электростатический метод обогащения основан на неравной силе сопротивления электрическому току, свойственной различным минералам. Этот метод применяется для удаления из графита слюды.

Термическое рафинирование. Этот процесс аналогичен ачесоновскому методу получения искусственного графита из антрацита. Он заключается в нагревании измельченного материала в электрической печи до температуры выше 2200°. При этом испаряются не только легко летучие вещества, но все минеральные примеси, образующие золу. Остается чистый графит.

Термическому рафинированию могут успешно подвергаться как явно, так и скрытокристаллические графиты типа курейского, зольностью не более 20%. Для более зольных графитов этот метод не рентабелен, так как выход конечного продукта невелик.

Термическое рафинирование изменяет и улучшает свойства скрытокристаллических графитов: их кристаллиты увеличиваются, повышаются электропроводность и жирность, снижается горючесть.

В табл. 17 представлены результаты термического рафинирования графитов.

Термическое рафинирование (или графитация в случае обработки антрацита) включает в себя следующие процессы.

До 1000° удаляется влага и другие летучие вещества.

При более высокой температуре восстанавливаются окиси металлов и кремния; происходит обильное выделение окиси углерода.

При 1600° начинается заметное испарение минеральных примесей, легче других испаряются щелочи и магний, затем — кальций. По мере повышения температуры испарение примесей усиливается.

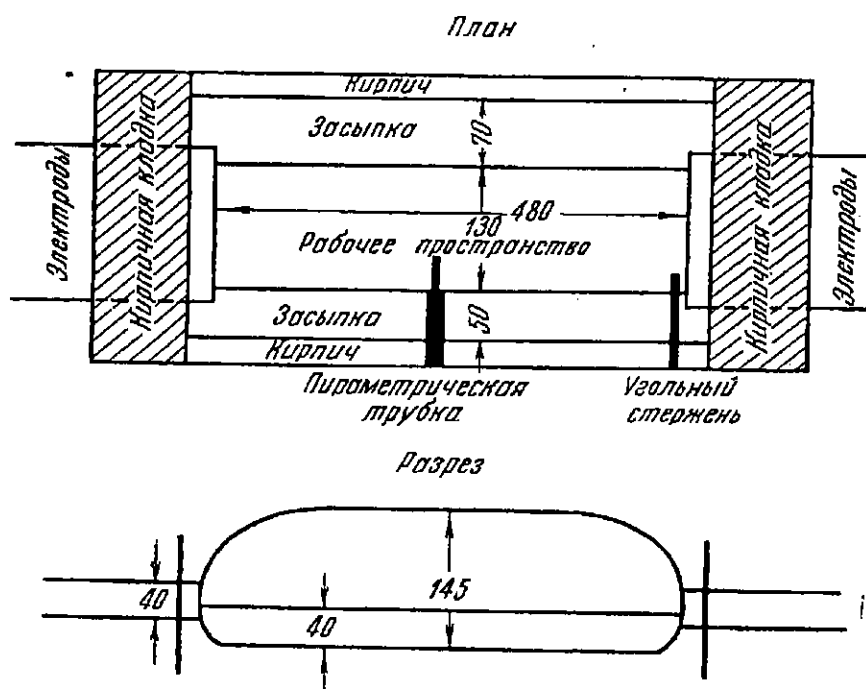
ТАБЛИЦА 17

Результаты термического рафинирования графитов (в %)

Наименование исходного материала	Зольность		Выход от исходного материала
	исходного материала	рафинирован. продукта	
Курейская молотая руда	12	0.1	70
» мелкая »	18	0.8	60
Ботокольский графит, брак флотационного концентрата	11	0.1	80
Старо-крымский флотированный:			
без добавки кокса	30	3.0	50
с добавкой »	30	0.5	65

До 2000° заканчивается восстановление окислов и происходит образование карбидов.

При температуре несколько выше 2000° все минеральные (зольные) примеси легко летучи в условиях ачесоновской печи и могут быть удалены практически полностью.



Фиг. 26. Печь Ачесона.

Печь Ачесона (фиг. 26) схематически состоит из двух горизонтальных электродов, замурованных в кирпичную кладку так, что к внешним концам электродов могут быть прикреплены шины, по которым проводится ток. Внутренние концы свободно выступают из кирпичной кладки на 30 см. Между ними и находится рабочее пространство печи.

При загрузке печи сначала насыпают на ее под смесь песка и кокса (засыпка); затем между электродами насыпают графитизируемый порошок, который с боков окружается той же засыпкой. По оси рабочего пространства во время загрузки печи помещают сердечник из тонких электродов или из какого-нибудь другого хорошо проводящего материала, который служит для первоначального сосредоточения максимальной плотности тока по оси рабочего пространства и обеспечения симметричного нагревания печи.

В дальнейшем, по мере нагревания графитизируемого порошка, его электропроводность увеличивается и цилиндр максимальной плотности тока (и максимальной температуры) постепенно расширяется. Процесс считается окончанным, когда этот цилиндр займет почти весь объем графитизируемого порошка.

По окончании нагревания в печи имеются следующие зоны: зона 1 сорта, занимающая среднюю часть рабочего пространства. Она окружена слоем толщиной в 5—10 см 3 сорта, т. е. порошка, который нагрелся недостаточно сильно. Зольность 3 сорта колеблется в пределах от 4 до 20% и в среднем выше зольности исходного материала, так как здесь отлагаются зольные окислы, испаряющиеся в 1 сорте. Далее следует спекшаяся «карборундовая корка» толщиной от 5 до 10 см и, наконец, остальная мало измененная засыпка.

Размеры печей, равно как мощность электрической подстанции, определяются производительностью завода, требованиями равномерной нагрузки трех фаз электрической сети и энергетическим коэффициентом полезного действия всей установки. Коэффициент полезного действия возрастает с увеличением размеров печи.

В табл. 18 представлены характеристики продуктов, полученных в результате термического рафинирования курейского графита и графитации донецкого антрацита.

Для графитации наиболее пригодны антрациты с зольностью 5—8%. В антрацитах содержание летучих невелико. Наличие в исходном материале более 5—6% летучих отражается на процессе графитации: печь сильно газифицирует, происходят взрывы, иногда ведущие к разрушению печи.

Исследование структуры антрацитов, подвергшихся графитации, позволяет установить, что жирный графит дают антрациты, имеющие тонкосланцеватую структуру (например, южно-уральские). Плотные антрациты со стекловидным раковистым изломом дают жесткий песчанистый графит. Из донецких антрацитов наилучшие результаты дали образцы антрацита Войковского и Власовского пластов.

В отношении искусственных графитов работами ВИМС выяснено, что размол и полировка на стальной шаровой мельнице улучшают их свойства: они становятся более мягкими, жирными и пластичными; при этом различия в их первоначальных свойствах более или менее сглаживаются.

Было установлено, что при прочих равных условиях более крупный исходный материал дает более «жирный» графит, хотя в отношении расхода энергии экономичнее работать с тонкоразмолотым порошком. В последнем случае конечный продукт (1 сорт) может быть непосредственно использован в производстве без дополнительного измельчения, что избавляет его от засорения железом.

Опыты показали также, что при нормальной работе печи удельный расход энергии не превышает 5 квч. на 1 кг графита и что выход 1 сорта достигает 70% от исходного.

ВИМС организовал испытание искусственного графита, полученного в полужаводских и заводских условиях (на печах завода «Электроугли» в Кудинове, Московского и Челябинского электродных заводов) в производстве гальванических элементов, электроугольных изделий и карандашей. Результаты вполне удовлетворительные.

7. ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФИТА

В отдаленные времена первобытный человек использовал графит в качестве краски: сначала для разрисовки тела, затем для окраски глиняной посуды. Позже стали известны огнеупорные свойства графита. Алхимики в средние века пользовались для своих химических опытов сосудами, изго-

ТАБЛИЦА 18

Продукты термического рафинирования курейского графита и графитизации донецкого антрацита (в %)

Компоненты	Курейский графит			Антрацит			
	Исходн. матер. марка РЖ2 (1931 г.)	Термич. рафин. продукты		Антрац. донецк. (войковский пласт)	Полученный искусств. графит	Антрац. полтав. (Урал)	Полученный искусств. графит
		3 с.	1 с.				
Углерод	88.12	—	99.70	—	—	—	—
Зольность	10.66	21.00	0.01	4.04	0.10	8.42	0.12
Влажность рабочая . .	4.97	—	—	—	—	—	—
Влажность возд.-сухо- го образца	0.99	0.28	0.06	—	—	—	—
Летучие при 800° в то- не азота	2.05	0.20	0.05	—	—	—	—
Летучие (тигельная проба)	2.25	0.35	0.28	9.05	0.36	7.77 (+ влага)	0.31 (+ влага)
Сера	1.30	0.91	0.10	4.61	—	0.17	0.17
Насыпной вес	0.90	0.92	0.75	—	—	—	—
Ситовой анализ							
+ 100 меш.	2.0	—	5.0	—	—	—	—
+ 125 »	3.4	—	8.5	—	—	—	—
+ 250 »	30.7	—	36.5	—	—	—	—
— 250 »	63.7	—	50.0	—	—	—	—
Состав золы							
SiO ₂	32.51	49.03	20.50	32.56	—	69.42	—
TiO ₂ + Al ₂ O ₃	18.95	26.49	30.20	41.81	—	23.39	—
Fe ₂ O ₃	17.12	7.92	45.30	—	—	3.75	—
CaO	13.43	17.90	4.25	15.66	—	0.74	—
MgO	10.70	1.53	1.76	1.92	—	0.29	—
Горючесть							
Уменьшение веса (в %) за 10 мин. при на- гревании на воздухе при °C:							
300	0.15	0.65	0.10	1.82	0.09	0.11	0.14
400	0.00	0.17	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
450	0.00	—	—	—	—	—	—
500	13.85	1.07	0.08	14.21	0.16	0.97	0.00
550	37.00	0.26	—	—	—	13.15	—
600	—	15.20	0.73	49.4	0.65	27.25	0.37
650	—	25.50	0.98	—	1.13	—	2.15
700	—	—	5.92	—	6.77	—	18.77
750	—	—	17.77	—	—	—	—
Температура, при ко- торой за 10 мин. вы- горает 30%, в °C . .	480	575	680	475	670	510	660
Уд. сопротивл. порош- ка 150 меш под дав- лением 114 кг/см ² . .	230	160	95	—	—	—	—

товлявшимися в Пассау (Бавария) из смеси графита и глины. Сырье добывалось из близлежащих месторождений. К началу XV в. такие графитовые тигли были известны по всей Европе.

Начало производства графитовых карандашей относится ко 2-й половине XVI в. К тому времени, с одной стороны, появилась большая потребность в общедоступном средстве для письма и рисования, а с другой — удовлетворение этой потребности стало возможно благодаря открытию в Англии, в графстве Кумберленд, Борроудальского месторождения плотного графита, из которого выпиливались палочки для карандашей. Этот способ производства карандашей существовал до начала прошлого столетия.

Современное применение графита в промышленности очень разносторонне. Кроме использования для изготовления огнеупорных изделий, он является незаменимым электротехническим материалом: графит входит в состав почти всех электродов, коллекторных щеток, гальванических элементов, аккумуляторов, масс для набивки подов электрических печей. Можно утверждать, что без графита не может нормально работать ни одна электротехническая установка.

Металлургия, литейное дело и электротехника — главные потребители графита; но кроме них имеется немало, хотя менее крупных, но, пожалуй, не менее важных отраслей народного хозяйства, где графит является незаменимым. В первую очередь здесь следует указать на препараты коллоидного графита и графитовой смазки для машин, работающих в тяжелых условиях коррозии; затем карандашное, красочное, толевое производство и т. д. В табл. 19 кратко указано применение графита.

Графит редко применяется в чистом виде; обычно он входит в состав сложных смесей, часто в очень небольших количествах, придавая этим смесям ценные специфические свойства.

Применение графита в металлургии. *Графитовые тигли* применяются для плавки стали и цветных металлов. Использование графита в тигельном производстве основано на его высокой огнестойкости, химической неизменяемости, хорошей теплопроводности и восстановительной способности, препятствующей окислению металла в процессе плавки.

Способ производства тиглей сводится к следующему. Сырые материалы (состав шихты см. табл. 20) измельчаются, тщательно перемешиваются на бегунах и после увлажнения подвергаются дальнейшему перемешиванию в специальных мешалках. Тесто обрабатывается на ленточном прессе, где разрезается на куски различных размеров, из которых на формовочных станках изготавливаются тигли. Сушку готовых изделий необходимо производить с большой тщательностью, без резких колебаний температуры; продолжительность сушки 40—45 суток. Высушенные тигли обжигаются при температуре около 700°; после этого они иногда для прочности покрываются слоем жидкого стекла.

Единицей измерения тиглей является английская марка, равная объему, занимаемому 1 кг расплавленного металла. Тигли изготавливаются размером от 1 до 250 марок, иногда и больше.

В тигельном производстве за границей применяются исключительно крупночешуйчатые графиты. Наилучшими для этой цели считаются цейлонский и мадагаскарский графиты и в меньшей степени баварский и богемский. Предпочтение в тигельном производстве крупночешуйчатых графитов основано на их более высокой огнестойкости, а также на их способности придать тиглю зональную структуру.

Советское тигельное производство (завод «Красный тигель» в Луге) успешно применяет ботогольский, завальевский и кальчикский (старокрымский) графит. Согласно ОСТ НКТП, зольность тигельного графита не должна превышать: для завальевского 9.5%, для ботогольского 6%. Для тех же графитов остаток на сите с отверстиями в 0.2 мм — не менее 70

ТАБЛИЦА 19
Применение графита

Отрасль промышленности	Наименование изделий	Разновидность графита	Важнейшие свойства графита, используемые в данном производстве
Металлургия	Тигли огнеупорные (ОСТ 6155 и 6157)	Крупночешуйчатый	Огнестойкость, теплопроводность, расщепляемость, способность образования компактных масс, восстановительная способность
Литейное дело	Литейная присыпка	Скрыто- и мелкокристаллический	То же
То же	Литейные чернила	То же	То же
Электромашиностроение	Щетки для динамо и двигателей (ОСТ 1594)	Скрыто- и мелкокристаллический	Электропроводность, развитие плоскостей скольжения
Электрометаллургия и электрохимия	Электроды	Мелкокристаллический	То же
Элементная	Аггломераты	Мелкочешуйчатый	Электропроводность Адсорбционная способность
Электроугольное производство	Элементные угли	Скрытокристаллический	То же
То же	Осветительные угли	То же	Электропроводность, огнеупорность
Гальванотехника	Гальванотехническая присыпка	Мелкокристаллический	Электропроводность, химическая стойкость, гидрофобность
Карандашная	Карандаши	Мелко- и скрытокристаллический	Способность писать, жирность (гидрофобность), химическая стойкость, кроющая способность

Продолжение табл. 19

Отрасль промышленности	Наименование изделий	Разновидность графита	Важнейшие свойства графита, используемые в данном производстве
Полиграфическая	Типографская краска	Скрытокристаллический	Черный цвет, способность образовывать коллоидные растворы, светостойкость и химическая стойкость
Теплотехника и транспорт	Коллоидный антинакипный графит	Скрытокристаллический	Дисперсность, адсорбционная способность, химическая стойкость
Эксплуатация машин	Смазки, подшипниковые металлы	Чешуйчатый	Расщепляемость, развитие плоскостей скольжения, способность образовывать коллоидные растворы, теплостойкость
Производство взрывчатых веществ	Графитовый динамит	Скрытокристаллический (термически рафинирован.)	Теплопроводность, огнестойкость
То же	Порошок для полировки и шлифовки пороха	Мелкочешуйчатый	Твердость, измельчаемость, развитие плоскостей скольжения
Производство красок	Серая . малярная краска (цинкграу)	Мелко- и скрытокристаллический	Светостойкость, химическая неизменяемость, кроющая способность, красивый цвет
Толевое производство	Кровельный толь (ОСТ 5421)	Скрытокристаллический	Химическая стойкость, кроющая способность

и 30%, проходить через сито с отверстиями в 0.15 мм должно не более 5%.

ТАБЛИЦА 20

Состав шихты для изготовления графитовых тиглей (в %)

Наименование материала	Для сплавов меди				Для чугуна и стали	
	а	б	в	г	д	е
Графит	48	57.5	55	50	58	55
Глина пластичная связующая	32	25.5	35	40	35	30
Каолин пластичный	6	10.4	5	—	—	7
Кварцевый песок	—	—	—	5	7	8
Шамот измельченный или тигельный череп	14	—	5	5	—	—
Кремень	—	6.6	—	—	—	—

Литейный графит. Применение графита при литье является наилучшим средством для предупреждения вредного взаимодействия между металлом и формовочной смесью, так называемого пригара. Пригар образуется либо вследствие механического сцепления металла отливки с материалом формы (механический пригар), либо вследствие химической реакции между зернами формы и металлом (химический пригар).

Удаление пригара часто требует больших усилий и денежных затрат, а иногда вообще невозможно. Графит не только предохраняет от пригара, но обуславливает образование хорошей поверхности отливки — чистой, гладкой, ровной. Другими словами, графит способствует не только уменьшению брака литья, но и улучшению качества последнего.

Чаще всего графит используется в литейном деле в качестве основного компонента формовочной краски для покрытия сухих форм; в состав краски входят также кокс, древесный уголь, глина, сульфидный щелок, патока и др. На базе графита изготавливаются замазки и пасты, служащие для отделки поверхности стержней, для их починки, для замазки стопоров в разливочных ковшах, для заделки леток в вагранках и т. д. В чистом виде графит применяется для припыла или припудривания сырых форм.

На ряду с кондиционными скрытокристаллическими (аморфными) графитами типа курейского для литейного производства должны поставляться также обогащенные явнокристаллические (чешуйчатые) графиты — бото-гольский и завальевский. Последние незаменимы в случаях припыла сырых форм, в красках, служащих для покрытия сложных ажурных форм, для тонкостенного и мелкого литья, для изготовления паст и замазок. Чешуйчатые графиты, кроме того, в значительно меньшей степени, чем аморфные, уменьшают газопроницаемость шпичечных смесей.

Согласно проекту стандарта, графит, поставляемый для литья, не должен содержать никаких искусственно вводимых примесей, как то: кокс, уголь, глину и т. д., и должен удовлетворять следующим техническим условиям: зольность, в зависимости от марки, не более 10—35%, а для боевойской молотой руды — 75%; остаток на сите с отверстиями 0.75 мм (в отдельных случаях 0.10 и 0.15 мм) — не более 5—10%.

Применение графита в электротехнике. Важнейшими группами изделий электротехнического производства являются: 1) электроды, 2) коллекторные щетки, 3) осветительные и другие электроугли, 4) гальванические элементы и аккумуляторы.

Электроды, представляющие собой блоки различной формы и различных размеров (до 2 м длины и 70 см в диаметре), бывают различных типов, в зависимости от их назначения. Первое место среди них по количеству и значению в промышленности занимают угольные электроды.

Процесс производства угольных электродов в основном сводится к следующему: главные углеродистые материалы (антрацит, каменный уголь, кокс, нефтяной кокс, графит, древесный уголь, сажа) прокаливаются в электрических или газовых печах до температуры 800—1400° с целью удаления избытка летучих. После прокалики материалы измельчаются и тщательно смешиваются в определенных количествах со связующими веществами (смола, пек и др.) в смесительной машине и под бегунами, снабженными паровыми рубашками для обогрева. Готовая смесь подается к прессам для формовки электродов. Полученные электроды обжигаются в кольцевых печах Мангейма в течение 14 дней, причем температура постепенно поднимается до 1450° и затем постепенно падает. Обожженные электроды подвергаются чистке, нарезке и заточке на карборундовых кругах и токарных станках.

Добавка графита имеет целью улучшение пластичности электродной массы, т. е. ее способности формоваться. Только в специальных случаях, когда относительное количество графита очень велико, он может уменьшить удельное электросопротивление электрода до $35 \cdot 10^{-4}$ — $40 \cdot 10^{-4}$ ом/см.

Графит обладает высокой скользкостью («жирностью»), т. е. малым коэффициентом трения. Будучи введен в пластичную массу, он способствует более легкому прохождению массы через мундштук пресса, и поверхность электрода получается гладкая, без трещин и задир. Кроме того, графит облегчает уплотнение массы при вальцевании и прессовании, т. е. способствует уменьшению пористости. Благодаря этому введение графита в электродную массу позволяет получить удовлетворительного качества изделия при значительно меньших давлениях и меньших количествах связующих смол, чем это понадобилось бы в случае прессования массы без графита. Это свойство графита чрезвычайно существенно для работы современного автоматического оборудования электродных заводов.

Графитированные электроды изготавливаются так же, как и угольные, но после обжига подвергаются еще графитации путем нагревания в электрических печах обычно при температуре выше 2200°. Лишь очень редко электроды изготавливаются из массы, которая состоит преимущественно из графита. Обычно графит добавляется в количестве только 5—15% и то не для всех сортов электродов.

Графит для электродного производства должен обладать «жирностью», хорошо проводить электричество и отличаться химической стойкостью. Этим требованиям удовлетворяют явнокристаллические графиты в большей степени, чем скрытокристаллические. Зольность в 8—10% можно считать допустимой. Более высокая зольность графита может вредно отразиться на чистоте продуктов, обрабатываемых при помощи электродов. Вредными являются летучие (в том числе и вода), которые, выделяясь при обжиге, вызывают образование трещин в изделиях и увеличивают их пористость. Влажный графит не смешивается в однородную массу со смолами и другими компонентами электродного теста.

Требования, предъявляемые в Германии к графитам для электродного производства (по данным нем. специалиста д-ра Фрейганга), приводятся в табл. 21.

ТАБЛИЦА 21

Требования к графитам, применяемым для изготовления электродов

Сорт	Зольность	Летучих	Окиси железа	Серы	Влажн.	Уд. вес не менее	Зерно
	не более, в %						
1	0.84	0.8	1.0	0.8	0.5	2.0	— 200 меш.
2	10.0	1.5	1.0	1.0	—	2.0	— 200 меш.

Коллекторные щетки, т. е. скользящие контакты динамомашин и электромоторов, служащие для передачи тока на ротормашины, изготовляются из массы, содержащей значительное количество графита.

Так как величина удельного сопротивления и твердости щеток бывает очень различна, в зависимости от рода машины, для которой предназначается марка щеток, материалы и способы изготовления различных марок очень разнообразны.

Для производства некоторых марок коллекторных щеток применяется скрытокристаллический графит, в настоящее время исключительно курейский, марки КФ с зольностью 7—8%. Однако, зольность его следует считать слишком высокой, и предпочтительно было бы применять марку КТ (термически рафинированный) и искусственный графит.

Явнокристаллические графиты для щеток должны удовлетворять тем же требованиям, что и для электродов. Однако, в этом случае к составу зольных примесей должны предъявляться более жесткие требования, так как от примесей зависит износ коллекторов и других трущихся частей машин. Здесь также желательно применение марок термически рафинированных и искусственных графитов.

Элементные угли, в форме круглых цилиндров или пластинок, служат прежде всего для передачи электрического тока от аггломерата и электролита к металлическому контакту. От элементных углей требуются довольно хорошая электропроводность и отсутствие примесей, могущих переходить в электролит, загрязнять его и вызывать коррозию анода. Оба эти требования легко могут быть выполнены введением в электроугольную массу графитов соответствующего качества.

Элементные угли изготовляются так же, как и мелкие электроды. В их состав входит (рецептура завода «Электроугли»): графит курейский — 56 частей, ботогольский — 8 частей, бой элементных углей — 28 частей, сажа — 24 части.

Проект стандарта определяет предельную зольность для электродного и электроугольного производств, в зависимости от происхождения и марки графита, в 0,5—9%, остаток на сите с отверстиями 0,064—0,075 мм — обычно не более 5%.

Гальванические элементы типа Лекланше, широко применяемые для карманных и радиобатарей, состоят из цинкового отрицательного полюса (анода), погруженного в раствор электролита, и положительного графитового угольного полюса (катода), деполяризатором которого служит двуокись марганца. Катод состоит из угольного штифта (элементного угля), вокруг которого спрессовывается смесь графита и пиролюзита в пропорции от 1 : 3 до 1 : 5,5. Добавлением в деполяризационный аггломерат графита достигается придание аггломерату достаточно высокой электропроводности и повышение деполяризационной активности перекиси марганца. Первому требованию в наибольшей степени удовлетворяют явнокристаллические графиты, а второму — скрытокристаллические. Графит, обволакивая зерна пиролюзита, сообщает их поверхности электропроводность и увеличивает ее абсорбционную способность. Вероятно, он не остается химически инертным сорбентом, передатчиком кислорода, а принимает непосредственное участие в окислительно-восстановительных процессах, происходящих в деполяризаторе. Схематически это участие можно себе представить следующим образом: графит окисляется активным кислородом двуокиси марганца в графитовую кислоту — вещество весьма нестойкое и обладающее окислительными свойствами. Водород, образующийся в результате работы элемента, в момент выделения восстанавливает графитовую кислоту; при этом главная масса графита регенерируется. Одновременно, кроме того, идет еще мало изученный процесс ассимиляции кислорода воздуха.

Кроме требования высокой электропроводности и высокой сорбционной активности, необходимо, чтобы графит хорошо смешивался с двуокисью марганца и легко обволакивал ее зерна в условиях смешения, имеющих место в производстве. Графиты, порошки которых состоят из отдельных кристаллов (все явнокристаллические графиты при достаточно тонком измельчении, а в особенности чешуйчатые), лучше обволакивают зерна двуокиси марганца, чем частицы графита, состоящие из сростков кристаллов (скрытокристаллические).

Еще более важным свойством, зависящим, главным образом, от производственных условий, является формуемость аггломератной массы. Способность аггломератной массы хорошо формоваться зависит прежде всего от величины ее частиц, степени влажности, дисперсной структуры, связанности частиц друг с другом (их агрегатного состояния) и скользкости применяемого графита. При плохой формуемости аггломератные массы получают рыхлые, неоднородные и обычно содержат трещины. При этом качество элементов резко ухудшается. Из опыта хорошо известно, что формуемость аггломератной массы в высокой степени зависит от сорта графита.

Графит в подходящих условиях способен служить «внутренней смазкой», облегчающей уплотнение и формовку аггломератной массы. С этой точки зрения наилучшие результаты должны давать чешуйчатые графиты в тонко-размолотом и «полированном» состоянии. Практика вполне подтверждает этот вывод: чем тоньше размолот графит, тем меньше его требуется для придания необходимой пластичности аггломератной массе. Та же зависимость наблюдается и для жирности графита.

Исследование элементов, изготовленных из разных графитов, показывает, что чем легче формуется масса, тем лучше получаются элементы, т. е. жирность графита имеет чрезвычайно важное значение для качества последних.

Сравнительные испытания графитов, производимых в СССР, и других углистых веществ, показали, что для изготовления деполаризационного аггломерата наилучшие результаты, в особенности по сохранности, дают явнокристаллические графиты. На первом месте оказался графит Хинганского месторождения, далее идут старо-крымский и завальевский (второе место), водянский (третье), ботогодьский (четвертое), искусственный из антрацита (пятое), курейский и ногинский (шестое).

Минимальным требованием к тонкости размола следует считать 0.061 мм (—250 меш), но во многих случаях необходимо иметь более мелкий графит. Работами ВИМС 1939 г. установлено, что наивысшую электроемкость показывают элементы, изготовляемые на графите, тщательно размолотом на коллоидной мельнице.

Из посторонних веществ, находящихся в графите, «флотационные загрязнения», по видимому, нежелательны и должны быть удалены сушкой графита при температуре не ниже 350—400°.

Зольные примеси являются преимущественно балластом, понижающим ценность графита, но среди них, по видимому, есть и вредные. Таковыми считают растворимые соли железа и тяжелых металлов: эти примеси усиливают коррозию, столь вредную для гальванических элементов. Нормально эти вещества не содержатся в стандартизуемых графитах. По техническим условиям содержание Fe_2O_3 не должно превышать 0.8—1.3%. Вовсе отсутствовать должны пирит, медь, мышьяк, кобальт, никель и свинец.

Прямые опыты, проведенные в 1934 г., показали, что общая зольность ниже 10% не оказывает заметного влияния на качество элементов. Отсюда следует, что уменьшение зольности ниже этого предела может быть целесообразно только для уменьшения количества вредных примесей. Только в специальных случаях для особо ответственных изделий можно требовать натуральные графиты с зольностью не выше 5% и искусственные — с зольностью не выше 1%.

Прочие применения графита. В карандашном производстве графит является основным сырьем; он входит в состав мины в количестве от 50 до 80% в зависимости от градации карандаша.

Для получения удовлетворительного качества карандашной мины графит должен быть однороден, свободен от твердых царапающих частиц и оставлять на бумаге интенсивную черную черту. Карандашный графит должен быть малозольным (зола не более 5%), тонко размолот и обладать «жирностью», способствующей лучшему смешиванию графита с глиной. Вследствие «жирности» графита мина становится эластичной и скольжение ее острия увеличивается.

Этим свойством отличаются явнокристаллические графиты. Но скрытокристаллические графиты, типа курейского, более дисперсны, что чрезвычайно важно для получения однородной массы. Хорошего качества карандашные мины могут быть получены при смешении обеих разновидностей.

Кроме графита, в состав карандашной массы входит пластичная глина в количестве от 20 до 50% в зависимости от заданной жесткости карандаша. Оба вида сырья отдельно готовят (просеиваются через ряд тонких сит, глина обрабатывается щелочами, отмучивается), смешиваются; масса увлажняется и в специальных барабанах перемешивается в течение продолжительного времени (от 100 до 500 час.); потом ее обезвоживают на фильтр-прессе и пропускают под сильным давлением через гидравлический разминатель с отверстиями в 1—2 мм, откуда она выходит в виде сплошной нити. Последняя переминается в тесто, поступающее в формовочный пресс, снабженный мундштуком, через который под давлением в 150 атм. выдавливаются мины. Последние сушатся, обжигаются, подвергаются жированию в воске, озокерите или масле и заделываются в деревянную оправу. Чем больше глины входит в карандашную массу, тем более жесткой получается мина. Средняя смесь состоит из 65% графита и 35% глины.

По проекту стандарта ботогольский графит для производства карандашей должен обладать зольностью не более 5%, влажностью не более 2%, остатка на сите с отверстиями 0.061 мм быть не должно.

Завальевский графит не включен в проект стандарта, поскольку завальевская фабрика не располагает теперь аппаратурой для тонкого дробления и для получения требуемого карандашной промышленностью графита с зольностью не более 5%.

Опытные карандаши, изготовленные в 1940 г. Центральной научно-исследовательской лабораторией треста школьных и письменных принадлежностей из тонко размолотого завальевского графита, оказались очень хорошего качества.

Коллоидные графитовые продукты. В состоянии высокой дисперсности графит способен образовать стойкие водные и масляные суспензии, получившие широкое практическое применение. Водный коллоидный графит применяется, главным образом, в качестве средства, предупреждающего образование накипи в паровых котлах. Это применение основано на адсорбционных свойствах тонкомолотого графита, имеющего большую удельную поверхность. Графит (курейский) смешивается с водой и после добавления стабилизатора (дубового экстракта) подвергается обработке на специальных коллоидных мельницах. Суспензия содержит 25% графита. Технические условия на водный коллоидный графит: 1) зольность — не более 12%, 2) концентрация — 25%, 3) падение концентрации в течение 30 мин. — 25% сухого графита.

Сухой антинакипин, изготавливаемый по методу ВИМС, имеет ряд важных преимуществ: он обратим, т. е. при смешении с водой обладает противонакипными свойствами. Транспорт его обходится на 75% дешевле водного, не боится холода и, следовательно, может перевозиться зимой в обычных вагонах. Технические требования к противонакипному сухому пре-

парату (ПС), изготовляемому на графите курейском, следующие: 1) зольность — не больше 10%, 2) летучие при 350° — 40—60%, 3) падение концентрации за 30 мин. — 30%, 4) величина частиц 90% — минус 100 меш.

Водный коллоидный графит применяется также в качестве смазки при протяжке вольфрамовых и молибденовых нитей (для электрических ламп).

Применение масляного коллоидного графита (графитовая смазка) основано на химической неизменяемости графита, на его теплостойкости и способности, расщепляясь на очень мелкие скользкие частицы, заполнять поры и трещины трущихся поверхностей. Вследствие этого трущиеся части, покрываясь зеркальной поверхностью, способствующей уменьшению силы трения, изнашиваются значительно меньше.

Исходным материалом для масляной графитовой суспензии служит искусственный графит с зольностью менее 1%, размером зерна не более 0.001 мм. Сначала готовится водная суспензия; после обезвоживания масса обрабатывается в среде минерального масла на коллоидной мельнице. В масляной суспензии содержится 10—15% графита.

Кроме малой зольности и тонкости помола, графит для изготовления смазок должен быть абсолютно свободен от царапающих твердых частиц (кварца).

Краски. Графит менее укрывист, чем малярная сажа, занимая по степени укрывистости четвертое место (после свинцовых и цинковых белил); зато он требует меньше масла при перетирке на краскотерочной машине. В смеси с цинковыми белилами графит дает красивую серую краску (цинкграу), идущую на покрытие фасадов зданий. Черная малярная краска может быть получена из курейского графита путем добавления к нему 5% хорошей сажи. Коллоидно-размолотый графит, освобожденный от посторонних примесей, может заменить самые высокие сорта сажи в типографской краске.

Кроме перечисленных изделий, графит имеет разнообразное применение: для изготовления взрывчатых веществ, копировальной бумаги, пластинок по способу Люмьера (цветная фотография), темных стекол и проч.

8. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ ГРАФИТА

Ниже в кратких чертах описаны методы испытания графита, предусмотренные стандартами.

Ситовой анализ производится путем просеивания через сито с величиной отверстий, указанной в технических условиях стандарта. Для этого на сито помещают 100 г испытуемого графитового порошка, отвешенного с точностью до 0.1 г, и просеивают до прекращения прохождения частиц порошка через сито. Испытание производится на ситовых машинах системы Ротап и Тониндустри в течение 15 мин. Остаток порошка, не прошедший через сито, выраженный в граммах, служит мерой величины частиц.

Зольность определяется сжиганием воздушно-сухой навески в 1 г в фарфоровом корытце в электрической печи при 800—900° до постоянного веса. Мерой зольности (Z) служит вес остатка после сжигания (a), выраженный в процентах от навески (z):

$$Z = \frac{a \cdot 100}{z} \%.$$

Влажность определяется высушиванием навески в 5 г в сушильном шкафу при 100—110° до постоянного веса. Уменьшение (m) при этом веса навески, выраженное в процентах от веса навески (z), служит мерой влажности (B):

$$B = \frac{m \cdot 100}{z} \%.$$

Летучие при 350° (точнее—«посторонние вещества, летучие при 350°») определяются прокаливанием навески 2—3 г в электрическом сушильном шкафу или муфеле до постоянного веса. Уменьшение (ϵ) при этом в весе навески, выраженное в процентах от веса навески (g) сухого графита, служит мерой «летучих при 350°» (L):

$$L = \frac{\epsilon \cdot 100}{g} \%$$

Допускается определение летучих также в навеске невысушенного графита с последующим вычитанием влажности.

Летучие при 800° (точнее—«посторонние вещества, летучие при 800°») определяются в атмосфере азота, так как выше 500° графит заметно окисляется на воздухе.

Навеска в 1 г графита, высушенного при 100—110° в фарфоровой лодочке, помещается в холодную фарфоровую трубку, которая вставляется в трубчатую электрическую печь. Один конец этой трубки соединяют с источником азота, а на другой надевают «гусек» с концентрированной серной кислотой; последний служит для контроля скорости прохождения азота через трубку (гидравлический затвор). Если пользуются сжатым азотом из баллонов, то его необходимо освобождать от следов содержащегося в нем кислорода. Для этого баллон через промывную склянку Тищенко с серной кислотой соединяют с вспомогательной трубчатой электрической печью, в которой помещается медная сетка, восстановленная предварительно парами метилового спирта.

Если азот очень нечист, то перед склянкой Тищенко с серной кислотой включают еще одну или две таких же склянок со щелочным раствором пиросаллола.

Уменьшение (a) веса навески, выраженное в процентах от веса навески (g), служит мерой количества «летучих при 800°» (L):

$$L = \frac{a \cdot 100}{g} \%$$

В виду сложности этого определения для технического быстрого контроля допускается определение летучих в «калильной пробирке» из тугоплавкого стекла длиной 12—15 см и внутреннего диаметра — около 0.6 см. В ней отвешивают 1 г графита и нагревают ее в стандартном шумящем пламени высотой 20 см горелки Теклю. Нагревание сначала производят медленно и осторожно, следя за тем, чтобы графит не выбросило газами из пробирки; затем сильно прокаливают. Продолжительность сильного прокаливания, обычно от 3 до 10 мин., устанавливается так, чтобы уменьшение веса при этом для данного сорта графита было такое же, как уменьшение веса при прокаливании в атмосфере азота при 800°. Для разных сортов графита продолжительность прокаливания различна.

Вычисление результатов («летучих») при этом производится так же, как и при определении летучих в азоте.

В конфликтных случаях определение летучих в калильной пробирке не может служить основанием для забракования поставляемого графита и должно быть проверено определением в атмосфере азота.

Окись железа определяется путем выщелачивания ее из навески графита концентрированной соляной кислотой при нагревании. Полученный при этом раствор титруют по одному из методов, общепринятых в аналитической химии. Рекомендуется титрование по методу Рейнгарда-Циммермана.

Результаты титрования выражают в процентах окиси железа к навеске графита по следующей формуле:

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{a \cdot N \cdot 79.81 \cdot 100}{1000 g} \%$$

где a — число миллилитров перманганата, израсходованных на титрование; N — титр перманганата в эквивалентах на 1 л; g — навеска графита.

Определение серы. 1-й метод (для арбитражных анализов). Навеску около 1 г тщательно измельченного графита перемешивают в агатовой ступке со смесью окиси цинка и сухой безводной соды (4 части ZnO , 1 часть Na_2CO_3) и переносят без потерь в фарфоровый тигель. Тигель нагревают 0.5 часа на горелке Теклю или Бунзена и 1 час на обыкновенной горелке с дутьем или в электрической муфельной печи.

Спекшуюся массу переносят в стакан и, прилив 100—150 мл воды, кипятят несколько минут на сетке, после чего фильтруют через фильтр средней плотности с белой полоской. Осадок на фильтре переносят в фарфоровый тигель, прибавляют 1—1.5 г безводной соды, тщательно перемешивают и повторяют прокаливание, обработку водой, фильтрование и промывание по предыдущему.

К соединенным фильтратам осторожно приливают разбавленную соляную кислоту (2*n*) до кислой реакции (пользуясь индикатором), дав небольшой 1—2-миллиметровый избыток. Стакан нагревают до удаления всего CO_2 , после чего осаждают серную кислоту, добавляя по каплям к горячему раствору 10% раствор хлористого бария, все время перемешивая стеклянной палочкой. Обычно для полноты осаждения достаточно 2.5—3 мл.

Стакан с осадком ставят на несколько часов на водяную баню или лучше всего оставляют на ночь. Затем фильтруют через плотный беззольный фильтр (голубая полоска), промывают горячей водой до прекращения реакции промывных вод на Cl^- (проба $AgNO_3$), сжигают фильтр с мокрым осадком в платиновом или фарфоровом тигле, предварительно взвешенном, и прокаливают на обыкновенной горелке до постоянного веса.

Для получения точных результатов необходимо ввести поправку на чистоту реактивов, влияние солей щелочных металлов на осаждение $BaSO_4$ и т. д.

2-й метод (для анализов рядового типа). Разложение графита и вся последующая обработка ведутся как в 1-м методе, не производя повторного спекания. При обработке одной смеси $ZnO + Na_2CO_3$ без графита для введения поправки («глухой опыт») выпелоченный водой сплав после фильтрования и подкисления фильтрата соляной кислотой сразу осаждают хлористым барием, не вводя перед этим $n/10$ раствора H_2SO_4 . Выделившийся маленький осадок $BaSO_4$ промывают, прокаливают и взвешивают.

Результаты высчитывают по формуле:

$$\text{содержание } S = \frac{(a - b) \cdot 0.1373 \cdot 100}{m} \%,$$

где a — вес $BaSO_4$, полученный при анализе графита; b — то же в глухом опыте из одних реактивов и введенной H_2SO_4 без графита; m — навеска графита.

9. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ В КАПИТАЛИСТИЧЕСКИХ СТРАНАХ]

Распределение месторождений графита, при котором наиболее богатые, количественно и качественно, залежи оказываются в колониальных странах, не обладающих сколько-нибудь развитой промышленностью, в то время как индустриально-передовые страны, как правило, бедны графитом, особенно высококачественным, — является причиной той пестрой картины, которая наблюдается как в графитовой промышленности вообще, так, в частности, и в распределении его производства, приведенном в табл. 22.

Итоговые цифры таблицы показывают, что графит в качестве высококачественного вспомогательного материала в таких ведущих отраслях, как металло- и электропромышленность, резко реагирует на все колебания уровня капиталистического хозяйства: в годы расцвета промышленности

общая добыча достигает 150—160 тыс. т, в годы депрессий и кризисов снижается до 70—80 тыс. Особенно сильно сказывается крупная роль, которую графит играет в военной промышленности в период войны (218 тыс. т в 1917 г.) или усиленных вооружений (последние годы).

Удельный вес отдельных стран в производстве графита весьма различен не только по количеству, но и по ценности продукции. Последнее обстоятельство не может найти себе отражения в таблице, которой, в соответствии с состоянием статистического учета в капиталистических странах, параллельно охватываются и руды, и концентраты, и кристаллические и скрытокристаллические графиты. Между тем, ценность столь разных продуктов отличается во много раз, как видно, например, из следующих средних данных по стоимости графитов в США за 1929 г.:

Скрытокристаллический графит (на руднике)	13 долл. за т
Кристаллический графит (на руднике)	97 » » »
Импортированный графит	450 » » »

В силу этого обстоятельства недостаточно рельефно выделяется в табл. 22 господствующая роль Цейлона и Мадагаскара, дающих графит в количестве всего около 20% мировой потребности, в то время как в ценностном выражении доля их участия неизмеримо выше.

В Европе только Германия, включая отошедшие к ней области б. Чехо-Словакии и Австрии, производит графит в более крупных количествах. Что же касается остальных материков, то там ни в одной промышленно развитой стране потребность в графите не может быть покрыта продуктом собственного производства.

Особенности распределения добычи, с одной стороны, и высокие требования, которые разные потребители предъявляют к используемому ими графиту — с другой, влекут за собой оживленную международную торговлю графитом: в нормальные годы свыше 70% добытого продукта становится объектом экспорта и импорта. Из этого количества свыше половины дают страны, сами графит почти не потребляющие, — Цейлон, Мадагаскар, Корея и Мексика. Довольно крупными экспортёрами являлись или являются и некоторые страны Европы (б. Австрия, б. Чехо-Словакия, Германия, Италия). Вывоз из прочих стран незначителен и представляет собой в большинстве случаев либо реэкспорт, либо экспорт переработанного графита.

Распределение экспорта цейлонского графита по странам за наиболее характерные годы показано в табл. 23.

ТАБЛИЦА 23

Экспорт цейлонского графита (в тыс. т)

Годы	США	Велико-британия	Япония	Германия	Австралия	Индия и Бирма	Прочие страны	Всего
1917	21.29	4.72	—	—	0.32	0.17	0.05	26.56
1921	2.19	0.33	0.48	0.73	0.41	0.19	0.08	4.42
1929	6.54	1.57	1.01	1.62	0.38	0.36	0.70	12.18
1932	1.32	1.21	1.59	0.71	0.37	0.27	0.77	6.21
1934	3.35	1.65	3.98	0.99	0.49	0.27	0.96	11.75
1935	4.45	2.62	4.20	1.03	0.48	—	1.28	14.13
1936	4.25	2.91	3.91	1.28	—	—	1.37	13.73
1937	7.13	3.14	3.73	1.11	—	—	2.52	17.66
1938	2.55	1.50	3.81	0.76	—	—	3.34	11.96

Параллельно приводим имеющиеся данные по экспорту мадагаскарского графита (табл. 24).

ТАБЛИЦА 24

Экспорт мадагаскарского графита (в тыс. т)

Годы	США	Велико- брита- ния	Фран- ция	Гер- мания	Прочие страны	Всего
1917	—	11.3	16.5	—	—	27.8
1921	0.2	0.6	5.0	0.6	—	6.4
1929	1.8	5.4	7.0	1.5	0.4	16.0
1932	—	—	—	—	—	2.2
1933	0.8	—	—	—	—	6.8
1934	—	—	—	—	—	9.4
1935	1.7	2.8	2.3	1.0	0.2	8.0
1936	1.6	4.2	2.0	0.4	0.4	8.6
1937	1.5	4.2	2.8	0.3	2.3	11.2
1938	1.6	4.2	3.7	0.6	3.3	12.5

Основное количество мадагаскарского графита направляется во Францию и Великобританию, меньше — в США и Германию.

Цейлон, в свою очередь, снабжает прежде всего США и Великобританию, а в последнее время и Японию; на втором месте стоит Германия.

Мексиканская графитовая руда целиком отправляется в сыром виде в США, где она обогащается и в виде графитового концентрата частью потребляется для нужд американского карандашного производства, частью же экспортируется в различные страны (табл. 25).

ТАБЛИЦА 25

Экспорт мексиканской графитовой руды в США

Годы	Вес в т	Стоимость в ам. долл.	Годы	Вес в т	Стоимость в ам. долл.
1928	5 018	53 112	1933	2 115	24 260
1929	7 752	72 285	1934	3 775	31 520
1930	5 859	49 949	1935	6 969	78 693
1931	3 195	29 440	1936	10 651	107 134
1932	1 998	18 099	1937	12 137	—

ТАБЛИЦА 26

Экспорт графита из Кореи (в тыс. т)

Направление	1934 г.	1935 г.	1936 г.	1937 г.	1938 г.
Япония:					
скрытокристаллич.	24.4	37.4	29.6	37.7	47.4
явнокристаллич.	2.3	4.4	5.2		
Итого	26.7	41.8	34.8	37.7	47.4
Китай и Манчжурия	1.7	2.9	3.7	4.0	2.0
США	1.2	0.5	1.1	1.7	0.5
Прочие страны	0.3	0.3	0.2	0.8	0.3
Всего	29.9	45.5	39.8	44.2	50.2

Характерный факт быстро возрастающего в последние годы ввоза цейлонского графита в Японию, отражающий внимание, уделяемое этой страной военной промышленности, усугубляется следующими данными по экспорту графита из Кореи в 1934, 1935 и 1936 гг. (табл. 26).

В Европе единственным крупным экспортером, поставлявшим на мировой рынок около 12% общей потребности в графите, являлась Австрия. Чехо-Словакия и Италия, прежде интенсивно участвовавшие в международной торговле графитом, в виду сократившегося производства и увеличения собственного потребления в последние годы крупной роли не играли (табл. 27).

ТАБЛИЦА 27

Экспорт и импорт графита по Австрии, Чехо-Словакии и Италии (в тыс. т)

Г о д ы	Австрия		Чехо-Словакия		Италия	
	Экспорт	Импорт	Экспорт	Импорт	Экспорт	Импорт
1927	16.0	0.6	13.3	2.8	4.0	0.4
1929	19.6	0.5	9.9	5.8	3.8	2.5
1932	8.1	0.2	3.0	1.2	2.2	1.0
1933	10.6	0.2	3.7	1.8	1.9	1.3
1934	13.9	—	4.1	2.6	1.9	2.4
1935	14.1	0.3	1.9	1.7	2.2	2.1
1936	15.9	0.4	2.6	2.4	1.3	1.8
1937	14.0	0.5	2.8	3.5	1.8	3.4

Около 60% экспорта графита из Австрии и 80% из Чехо-Словакии направлялись в Германию, 20% австрийского графита шло в Чехо-Словакию. Италия экспортировала 40—50% во Францию и 25—30% в Великобританию: в свою очередь, эти страны, а также Германия, снабжали ее чешуйчатым графитом.

Германия, крупный производитель и потребитель графита, также вела обширную торговлю им, занимая одно из первых мест по импорту (табл. 28).

ТАБЛИЦА 28

Добыча, импорт, экспорт и видимое потребление графита в Германии (в тыс. т)

Годы	Добыча	Импорт	Экспорт	Видимое потребление
1927	17.8	26.2	5.1 ¹	38.9
1929	21.3	21.1	6.8 ¹	35.6
1932	20.8	7.2	4.7	23.3
1933	19.8	10.0	3.8	26.0
1934	17.6	13.5	3.8	27.3
1935	21.0	12.2	4.1	29.1
1936	24.3	12.9	3.4	33.8
1937	23.6	8.0	3.0	—

¹ Включая графитовые изделия.

Главнейшими поставщиками на германский рынок являлись: Австрия (30—45%), Чехо-Словакия (30—35%), Цейлон (10—20%) и Мадагаскар (5—8%). Германский вывоз графита направлялся в Великобританию, Бельгию, Чехо-Словакию, Австрию и другие страны.

ТАБЛИЦА 29

Производство, импорт, экспорт и потребление графита в США (в т)

Г о д ы	Собственное производство	Импорт	Всего	Экспорт	Собственное потребление
1914	5 986	19 999	25 985	1 778	24 207
1917	17 079	38 617	55 696	2 334	53 362
1921	4 880	7 422	12 302	835	11 467
1923	17 613	17 627	35 240	824	34 416
1928	5 210	15 935	21 145	1 998	19 147
1929	5 684	21 642	27 326	1 463	25 863
1930	—	15 170	16 930	1 411	15 519
1931	—	8 244	8 398	1 077	8 073
1932	—	6 363	—	644	—
1933	—	7 734	—	829	—
1934	—	12 796	—	1 129	—
1935	—	16 653	—	1 342	—
1936	—	21 923	—	—	—
1937	—	26 840	—	1 373	—

ТАБЛИЦА 30

Графитовый баланс Великобритании

Г о д ы	Импорт		Экспорт		Превышение им- порта над экспор- том	
	в т	в фунт. стерл.	в т	в фунт. стерл.	в т	в фунт. стерл.
1923	13 951	158 759	609	11 747	13 342	147 012
1924	12 998	146 026	787	18 039	12 211	127 987
1925	15 194	227 289	1 059	30 722	14 135	196 567
1926	14 898	284 666	1 366	38 651	13 532	246 015
1927	13 560	210 355	983	26 213	12 577	184 442
1928	16 098	256 858	883	22 454	15 215	234 404
1929	15 086	219 833	1 045	16 988	14 041	202 845
1930	14 466	212 573	1 072	20 272	13 394	192 301
1931	10 672	186 920	557	10 762	10 205	176 158
1932	9 019	126 196	146	1 955	9 873	124 241
1933	10 789	130 121	—	—	—	—
1935	13 505	—	2 715	—	10 790	—
1936	14 368 ¹	—	2 463	—	11 905	—
1937	15 514 ¹	—	2 929	—	12 585	—

¹ Включая незначительное количество искусственного графита.

ТАБЛИЦА 31

Импорт и экспорт графита во Франции (в т)

Годы	Импорт	Экспорт	Годы	Импорт	Экспорт
1927	7 537	3 247	1933	3 317	650
1928	10 917	4 277	1934	3 674	707
1929	8 513	4 929	1935	3 714	773
1930	6 661	3 144	1936	2 877	531
1931	4 037	2 176	1937	4 221	815
1932	2 815	994			

Среди крупных потребителей, почти не производящих графита и экспортирующих только ограниченное количество преимущественно переработанных продуктов, на первом месте стоят США (табл. 29) и Великобритания (табл. 30). Более скромную роль играет Франция (табл. 31).

Источники импортируемого графита для этих стран следующие (табл. 32—цифры среднеориентировочные):

ТАБЛИЦА 32
Поставщики графита для США, Великобритании
и Франции

Экспортеры	США (1937 г.), в %	Импортёры	
		Велико- британия	Франция
Цейлон	26.2	3-е место	—
Мадагаскар (и Франция)	8.1	45—50%	преиму- щественно
Мексика	45.3	—	—
Корея	10.0	2-е место	—
Канада	9.6	—	—

США поглощают весь экспорт Канады (табл. 33) и импортируют еще незначительное количество графита из других стран (табл. 34).

Сверх этого США потребляют ежегодно от 5 до 10 тыс. т искусственного графита собственного производства.

На английский рынок графит поставляет прежде всего Мадагаскар, дающий от 45 до 50% всего импорта, затем идут Япония (Корея), Цейлон, Германия, Италия и др.

Англия, кроме того, импортирует ежегодно в среднем на 10 000 фунт. стерл. графитовых тиглей и экспортирует эти изделия на сумму около 215 000 фунт. стерл.

Сорта и технические требования. Цейлонский кристаллический графит выпускается на рынок четырех сортов (табл. 35).

Каждый из этих сортов подразделяется на три класса: высший (best), средний (medium) и низший (poor). Лучшим считается блестящий и слюдоподобный графит волокнистой структуры.

Мадагаскарский чешуйчатый графит, согласно установленному стандарту, подразделяется на два сорта:

1) содержание углерода не менее 85%, золы не более 13.5%; остаток на сите 100 меш — 97%, на сите 65 меш — 50%, на сите 35 меш — 35%;

2) содержание золы не более 19%; чешуйки проходят через сито 60 меш и остаются на сите 120 меш.

В Америке (США, Канада) принят следующий сортамент графита:

1) чешуйчатый графит, размер чешуек 16—100 меш, содержание углерода 88—90%;

2) чешуйчатый графит, размер чешуек 60—140 меш, содержание углерода 84—88%;

3) пыль, проходит без остатка через сито № 200 меш, содержание углерода менее 80%.

Германские обогатительные фабрики выпускают следующие основные сорта графита, являющиеся смесью цейлонского, мадагаскарского и баварского графитов:

1. Тигельный	—	размер зерна	+ 100 меш, углерода	92—98%
2. Элементный	—	»	» — 250 »	» 90—92
3. Карандашный	—	»	» — 300 »	» 95—99

ТАБЛИЦА 33
Графитовый баланс Канады (в ам. долл.)

Годы	Импорт	Собственное производство	Экспорт	Собственное потребление
1925	128 026	57 041	45 384	139 683
1929	155 770	103 174	88 647	170 297
1933	400 252	18 367	40 115	78 504
1934	143 004	71 424	90 129	124 299
1935	137 477	79 781	145 772	61 486
1936	181 913	92 820	138 454	86 279
1937	177 166	125 776	133 262	169 680
1938	148 504	—	54 366	—

ТАБЛИЦА 34

Импорт графита в США (в т)¹

Импортирующие страны	1929	1930	1931	1932	1933	1934 ⁵	1935 ⁵	1936 ⁵	1937 ⁵	1937, % участия каждой страны
Канада	1593	2013	867	752	858	1645	3021	3085	2560	9.6
Цейлон	7227	3679	2562	1592	1859	3393	4025	4646	7016	26.2
Корея ²	1235	1064	566	1192	1399	1768	1035	1444	2739	10.0
Германия	10	24	63	85	110	334	208	196	87	0.3
Италия	171	420	—	23	122	—	54	148	98	0.4
Мадагаскар ³	3660	2393	991	714	803	1826	1336	1752	2168	8.1
Мексика	7752	5860	3195	1998	2112	3774	6969	10651	12137	45.3
Великобритания	10	—	2	1	6	1	—	—	—	—
Прочие страны	76	48	—	—	374	65 ⁶	5	1	28	0.1
Всего	21734	15171	8246	6357	7306	12806	16653	21923	26833	100

¹ По Mineral Industry, 1937, vol. 46. ² Включая Японию. ³ Включая Францию. ⁴ СССР. ⁵ Импорт для потребления. ⁶ Норвегия.

ТАБЛИЦА 35
Сортамент цейлонского графита

Графит	Крупность зерна, в мм	Содержание углерода, в %
Кусковой (lump)	5—25	90—98
Обломка (chip)	2—5	80—88
Мелочь (dust)	0.25—0.5	50—70
Пыль (flyingdust)	0.075	ниже 50

В Чехо-Словакии и Австрии перерабатывались руды явно- и скрыто-кристаллического графитов следующих марок:

	Марка	Содержание углерода
1. Крупночешуйчатый (+100 меш) . . .	EF	90%
2. Среднечешуйчатый (—100+175 меш). .	BF	86—88
3. Мелкочешуйчатый (—175+250 меш) . .	KF'	82—86
4. Пылевидный (—250 меш)	KF''	74—80

Буквенные марки установлены на богемской фабрике в Штубене около Будвейса.

Та же фабрика выпускает четыре марки скрытокристаллического графита, получаемого путем отмучивания:

Марки	Содержание золы
SBI	60—58%
W extra	58—54
K extra	54—50
WNH	48—44

Все эти марки идут для литейных целей.

Мексиканский карандашный графит содержит 85—90% углерода. Тонкость помола — минус 250 меш.

Корейский карандашный графит характеризуется содержанием 83—85% углерода и крупностью зерна — 250 меш.

Рынки и цены. Крупная международная торговля сосредоточена в Нью Йорке, Гамбурге, Праге, Лондоне и Гавре. Сделки на цейлонский графит заключаются непосредственно с сингаплезскими фирмами в Коломбо. Мадагаскарский графит продается в Париже и Марселе.

В табл. 36 приводятся цены на цейлонский графит на ньюйоркском рынке за ряд лет.

ТАБЛИЦА 36
Цены на цейлонский графит в Нью Йорке (в центах за англ. фунт)

Г о д ы	Кусковой графит		Обломки		Мелочь	
	1 сорт	2 сорт	1 сорт	2 сорт	1 сорт	2 сорт
1914	6 ¹ / ₂ —9 ¹ / ₂	7 ¹ / ₂ —8 ¹ / ₂	7 ¹ / ₂ —8	6 ¹ / ₂ —7	5—5 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂ —4
1924	5 ¹ / ₂ —7	4 ¹ / ₂ —6	4—6	3 ¹ / ₂ —5	3 ¹ / ₄ —4 ¹ / ₂	2—3
1929	7 ¹ / ₂ —9	—	5 ¹ / ₂ —7 ¹ / ₂	—	3—5	—
1932	4 ¹ / ₂ —5	4	—	—	—	—
1935	5	—	—	—	—	—

Цены на другие графиты также колеблются в зависимости от конъюнктуры. Аморфный графит расценивался в 1935 г. по 10—20 долл. за 1 т.

В Лондоне платили (в фунт. стерл. за 1 т): в 1935 г. за цейлонский кусковой (90% углерода) — 15—17; за мадагаскарский обогащенный (85—90% углерода) — 20—25; в 1936 г. (в январе) — за мадагаскарский — 20.5, за цейлонский кусковой — 11.

Сдвиги в потреблении графита различными отраслями производства. В довоенное время и в период первой мировой войны производство плавильных тиглей являлось крупнейшим потребителем графита, поглощавшим более половины мирового производства. В последующие годы металлургия перешла на плавку качественных сталей в электрических печах и цветных металлов в отражательных печах. Тигельная плавка сохранилась для небольших операций или в случаях применения прерывного процесса, когда расплавленный металл должен ожидать дальнейшей обработки.

На потреблении природного графита отразилось также применение в ряде отраслей промышленности искусственного ачесоновского графита.

Изменение удельного веса различных потребителей графита показывают цифры табл. 37.

ТАБЛИЦА 37

Распределение мирового потребления графита по различным отраслям (без СССР) (в %)

Отрасли применения	1913 г.	1919 г.	1924 г.	1933 г.
Припыл и окраска литейных форм	10	25	51.5	38
Полировка печей	15	5—10	1.5	4
Производство тиглей	55	45	13	18
Производство карандашей	10	5	5	12
Производство красящих пигментов			18	9
Производство смазок	5	10	1	10
Производство электрощеток	5	10	10	3
Прочие потребители				6

10. ГРАФИТОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ СССР

Первые месторождения графита были открыты на Урале более 100 лет назад (в 1826 г.). В течение следующих 3—4 десятилетий были обнаружены ценнейшие залежи графита на Ботогольском гольце в Восточных Саянах — на территории нынешней Бурят-Монгольской АССР, (1843 г.), в низовьях Енисея в Туруханском крае (1861 г.), в Финляндии, на Украине и на Кавказе. Однако, обилие сырьевых ресурсов не повлекло за собой развития графитового дела в царской России.

Первый владелец Ботогольского месторождения, француз Алибер, поставивший себе задачей выпускать на рынок только специальный сорт графита, годный для карандашного производства, вел эксплуатацию хищнически и выбрасывал в отвал сотни тонн высокоценной руды. С отъездом Алибера за границу начатое им дело заглохло.

Открыватель туруханских и финляндских месторождений, сибирский промышленник Сидоров, тоже не мог создать нормально работающих предприятий. Партии графита, поставлявшиеся Сидоровым потребителям, в большинстве случаев оказывались плохого качества, так как вместо гра-

фита часто отпускался графитовый сланец. К концу 80-х годов разработка туруханских и других месторождений совершенно прекратилась.

С начала текущего столетия делаются попытки использовать украинские месторождения чешуйчатого графита. Американин Лампе построил в Мариуполе небольшой завод для обработки руды Старо-Крымского месторождения. Производственный процесс заключался в варке молотого графита, смоченного керосином, в воде. Этот архаический метод применялся до 1915 г., когда завод перешел на более богатую руду Петровского месторождения (в Кривом Роге) и на сухой способ обогащения. Там же, в Мариуполе, с 1912 г. был оборудован второй небольшой завод, на котором графитовая руда обрабатывалась также методом варки. Небольшая добыча производилась близ с. Зеленого б. Верхнеднепровского уезда.

В 1911 г. было добыто внутри страны 9 т и в 1912 г. — 7 т графита. Эти цифры, правда, — минимальные за период, начиная с 1900 г. Более интенсивная добыча падает на 1904 г. — 150 т и 1906 г. — 250 т. В остальные годы добыча не превышала 50 т. Вся потребность страны в графите накануне первой мировой войны удовлетворялась импортом. Так, в 1913 г. было ввезено из-за границы графита «не в деле» 4198 т на сумму 476 тыс. руб. и графитовых изделий на сумму 756 тыс. руб., всего на 1232 тыс. руб.

Во время войны, когда потребность в графите возросла, а получение заграничной продукции от обычных поставщиков — Германии и Австро-Венгрии — стало невозможным, вокруг графитового дела возникло оживление. Возобновилась разработка Курейского месторождения, где с 1915 г. добывалось ежегодно по 250—300 т графита; была предпринята разработка Ботогольского месторождения; усилилась добыча графита на Урале, Украине и Кавказе.

После победы Великой Октябрьской революции все предприниматели прекратили свою деятельность. Добытые на Курейке в 1917 г. свыше 1500 т графита в значительной части были вывезены в Красноярск, где и оставались лежать на складе. Приостановили работу и мариупольские заводы. Во время гражданской войны внутренняя потребность в графите сократилась до минимума.

В 1921 г. Красноярский Совнархоз вывез 1250 т курейского графита в Лондон, однако реализация этой партии натолкнулась на большие трудности в связи с послевоенным промышленным кризисом и низким качеством графита (содержание углерода 78—82%), вызванным неправильным ведением добычи (засоренность графитовыми сланцами).

Эта неудачная операция показала, что для правильной постановки графитового дела необходимо прежде всего исследовать месторождения графита, изучить технологию и экономику этого минерала.

Роль научно-исследовательских организаций. В 1922—1923 гг. Центрпромразведкой и Геолкомом были направлены на Курейские месторождения экспедиции, выявившие значительные запасы графита. С 1924 г. задачу комплексного изучения графитовой проблемы, вплоть до организации предприятий, взял на себя Институт минерального сырья (б. Институт прикладной минералогии).

В первый же год ВИМС доставил заводу «Электроугли» в Кудинове 100 т курейского графита, который оказался по качеству выше обусловленного договором (содержание углерода 90% и выше, вместо предусмотренных 87%) и вполне пригодным для замены в производстве завода импортного графита.

В организованной Институту специальной лаборатории были поставлены опыты обогащения и дробления курейского графита. Одновременно производились испытания обогащенных продуктов в смазочном, красочном и других производствах. В 1927 г. было приступлено к изучению Ботогольского месторождения и некоторых месторождений Украины. Для всех руд этих месторождений были проработаны также методы обогащения, что

позволило выделить Завальевское месторождение как наиболее подходящую базу для постройки крупной обогатительной фабрики.

Продолжая свои работы, ВИМС приступил к разработке способов производства и применения коллоидных графитовых препаратов типа «аквадаг» и «ойлдаг» и к внедрению наших обогащенных графитов в карандашное, тигельное, электродное и другие производства.

К этому времени в работу по изучению графита в СССР включился ряд других институтов: Механобр производил опыты обогащения графитовых руд Криворожского, Приазовского районов, Дальнего Востока и Узбекистана, участвовал в работе по коллоидному графиту и проектировал обогатительные фабрики в Мариуполе, Кыштыме и Завалье; Ленинградский керамический институт выполнил исследовательские работы по применению советских графитов в тигельном производстве. Институт материалов, Институт тяги НКПС и Теплотехнический институт изучали применение коллоидного графита на транспорте (антинакипи и смазка) и на стационарных котельных установках; Всесоюзный электротехнический институт изучал вопросы применения советских графитов в производстве электроизделий.

На ряду с научно-исследовательскими учреждениями в работе участвуют исследовательские лаборатории заводов и фабрик, потребляющих графит как основное сырье: Лужского завода «Красный Тигель», завода «Электроугли» в Кудинове, карандашных фабрик им. Красина, «Сакно и Ванцетти» в Москве и др.

Восстановительный период. В течение периода восстановления промышленности СССР потребность народного хозяйства СССР в графите систематически возрастала; в 1925/26 г.—2350 т, 1926/27—3000 т и в 1927/28 г.—3600 т. Импорт графита хотя продолжается, но роль его в общем расходе падает, как это видно из табл. 38. Увеличение ввоза графитовых изделий объясняется развертыванием металлургии, электротехники и электротехнической промышленности и недостаточным освоением еще в Союзе соответственных видов производства.

ТАБЛИЦА 38
Импорт графита и графитовых изделий

Графит и графит. изделия	1913 г.		1925/26 г.		1926/27 г.		1927/28 г.	
	т	тыс. руб.	т	тыс. руб.	т	тыс. руб.	т	тыс. руб.
Графита в кусках и молотого	4195	476	508	181	712	246	715	288
Изделий	2412	756	766	615	882	776	1482	1911
В том числе тиглей	1875	332	115	40	303	167	224	115
Электроизделий	537	424	651	575	579	607	1258	1796
Итого	6607	1232	1274	796	1594	1022	3679	2199

Хотя советская графитовая промышленность и начинает обслуживать внутренний рынок, но при чрезвычайно ограниченных капиталовложениях строительство графитовых фабрик задерживалось, и производство обогащенных графитов выражалось в ничтожных количествах. Мариупольская фабрика выпускала не более 150—200 т концентрата в год с содержанием 70% углерода. Другая небольшая фабрика в Мариуполе вырабатывала литейный графит из отходов флотации старо-крымской руды, руды Петровского месторождения и мелкого кокса. В Москве акц. о-во Руссграфит производило размол курейского графита в количестве около 500 т в год.

Трест Минеральное сырье обрабатывал руду Ботогольского месторождения методом избирательного дробления и, наконец, Шадринский промкомбинат эксплуатировал Боевское месторождение на Урале. Все эти предприятия, вместе взятые, дали в 1927/28 г. около 3000 т продукции, не всегда удовлетворявшей техническим условиям.

Графитовая промышленность за первую пятилетку. В течение завершившейся в четыре года первой пятилетки графитовая промышленность сделала значительные успехи. Капиталовложение выразилось в сумме около 10 млн. руб. Мариупольская фабрика кристаллического графита в 1930 г. была реконструирована и оборудована новейшей обогатительной аппаратурой; заканчивалось строительство Кыштымской графитовой фабрики; были оборудованы установки для обогащения методом флотации ботогольского и курейского графита в Москве и на ст. Перерва ж. д. им. Ф. Э. Дзержинского. Начато было и в значительной степени выполнено строительство графитовых предприятий в Завалье, на Игарке и в Красноярске. В то же время в связи с широкой индустриализацией страны и мощным развитием металлургии, электротехнической и химической промышленности сильно возросла потребность в графите. Благодаря разведочным и научно-исследовательским работам промышленные запасы графита Союза ССР были в первом пятилетии значительно увеличены.

В табл. 39 показан рост добычи руды по месторождениям.

ТАБЛИЦА 39
Добыча графитовой руды за первую пятилетку

Район и месторождение	1928/29 г.	1930 г.	1931 г.	1932 г.	Всего за 4 года
Туруханский район					
Курейское	—	2 530	6 824	14 700	24 054
Ногинское	—	—	1 500	10 500	12 000
Бур.-Монг. АССР					
Ботогольское	2 705	8 909	14 827	—	26 441
Урал					
Боевское	—	135	3 599	2 562	6 296
УССР					
Кальчинское	180	12 080	13 616	6 444	32 320
Петровское	3 000	524	898	—	4 422
Итого	5 885	24 178	41 264	34 206	105 533

В среднем за 4 года добыча руды составляла 26 383 т в год, что позволяет поставить СССР в ряд крупнейших мировых производителей графита.

Из вышеперечисленных обогатительных фабрик в первом пятилетии функционировали две — Мариупольская и Перервинская. Но вследствие новизны дела эти фабрики работали с перебоями и с неполной нагрузкой. Поэтому потребность народного хозяйства Союза в графите не покрывалась собственной продукцией. Импорт графита и графитовых изделий продолжался в течение всей первой пятилетки, как это видно из табл. 40.

Приведенные цифры показывают, что производство графита, хотя возрастало из года в год, тем не менее далеко отставало от спроса и что, несмотря на увеличивающееся количество импортируемого графита, потребность союзной промышленности все же не была удовлетворена полностью.

Однако, доля участия СССР в мировом производстве графита к концу первой пятилетки сильно возрастает. Если в 1927/28 г. он занимал 10-е место, то в 1932 г. выдвигается на 4-е место.

ТАБЛИЦА 40

Графитовый баланс СССР за первую пятилетку

Показатели	1927/28	1928/29	1930	1931	1932	Всего за 5 лет
Потребность, в т	3 600	4 300	7 000	9 030	16 400	36 730
Покрытие:						
а) Собственное производство, в т	2 456	3 000	5 272	5 105	6 200	19 577
Степень удовлетворения, в %	68	70	75	56	37	53
б) Импорт графита «не в деле», в т	556	680	1 163	1 689	1 229	4 761
Всего поставлено, в т	3 012	3 680	6 435	6 794	7 429	24 338
Степень удовлетворения, в %	83	85	91	75	45	66
Производство СССР по отношению к мировому, в %	1.5	2.0	4.5	6.1	9.1	—

Развитие графитовой промышленности во второй пятилетке. Вступление в строй гигантов металлургии, машиностроения, электротехнической и химической промышленности обусловило увеличение потребности в графите. Появились новые отрасли промышленности—производство крупных электродов, автотракторостроение и др., для которых графит является незаменимым материалом. В то же время спрос на графит со стороны основных потребителей—тигельной, элементной и карандашной промышленности—значительно возрос.

Вопреки ожиданиям, у нас не наблюдалось резкого падения потребности в тигельном графите, как это имело место за границей, где в некоторых странах (США) доля расхода тигельного графита с 60—70% упала до 20%. Напротив, требования на этот сорт графита в течение пятилетки более чем удвоились (1448 т в 1934 г. и 3270 т в 1937 г.). Так же интенсивно возрастал спрос на графит для электроугольной (коллекторные щетки, электроугли, угольные трубки и пр.), электродной (1935 т в 1935 г. и 3731 т в 1937 г.) и элементной промышленности (1034 т в 1935 г. и 1890 т в 1937 г.). Требования на карандашный графит почти стабильны в течение пятилетия (600—700 т для всех трех действующих фабрик). Примерно на 50% увеличилась потребность в литейном графите: заявка на этот сорт графита увеличилась с 5000 до 8000 т. Сюда нужно добавить значительную часть курейского графита, применяемого также в литейном деле; спрос на него возрос с 2650 т в 1934 г. до 5390 т в 1937 г.

С закрытием в 1934 г. графитного завода на ст. Перерва, где был цех коллоидного графита, прекратилось производство этого продукта, употреблявшегося весьма эффективно на железнодорожном транспорте в качестве противонакипного средства. В небольшом количестве, порядка нескольких десятков тонн, коллоидный графит (водный и масляный) изготавливается на полужаводской установке ВИМС: водный коллоидный графит идет, главным образом, для электролампового завода в качестве смазки при протяжке вольфрамовых и молибденовых нитей (раньше для этой цели применялся импортный продукт, «аквадаг» Ачесона); масляный, типа «ойлдаг», используется на авиационных и др. заводах. Несмотря на продолжавшие поступать заявки промышленное производство этого сорта графита не возобновлялось.

В течение второй пятилетки были введены в эксплуатацию следующие графитные фабрики: Кыштымская (обогащение методом флотации руды Ботокольского месторождения), Завальевская (то же — руды Завальевского месторождения), Игарская (то же — руды Курейского месторождения), Красноярская (обогащение методом избирательного дробления руды

Курейского и Ногинского месторождений), Воевская (размол руды Воевского месторождения).

С каждым годом, по мере ввода в эксплуатацию новых графитовых обогатительных фабрик, количество выпускаемой продукции возрастает (табл. 41). Несмотря на полное прекращение импорта иностранного графита, заявки потребляющей промышленности удовлетворяются все в большей степени. В 1936 г. заявка потребителей удовлетворена на 68%, между тем как в первые три года пятилетки промышленность получала менее половины требуемого количества графита.

ТАБЛИЦА 41

Снабжение промышленности графитом в течение второй пятилетки
(фактическое выполнение, в т)

Сорта графита	1933 г.	1934 г.	1935 г.	1936 г.	1937 г.
Тигельный	320	782	1 677	2 111	2 055
Мелкокристаллический	1 555	2 098	3 503	4 215	5 307
Литейный	2 640	3 254	2 963	6 692	6 184
Курейский	1 617	1 457	1 507	2 213	4 100
Коллоидный	55	34	—	—	—
Доменный	—	12	176	176	40
Итого . . .	6 187	7 637	9 826	15 407	17 686

Несмотря на послекризисное увеличение производства графита капиталистическими странами, особенно в связи с гонкой вооружений, СССР продолжает догонять и перегонять другие страны, и в 1936 г. ему принадлежало 4-е место среди мировых производителей графита.

Техническая база графитовой промышленности СССР. Мариупольская фабрика № 1. Обогащение ведется методом флотации. При содержании в исходной руде 12% углерода получался концентрат с содержанием 83—84% углерода. В действительности, завод работает на более бедной руде Кальчикского месторождения, содержащей не более 5—7% углерода.

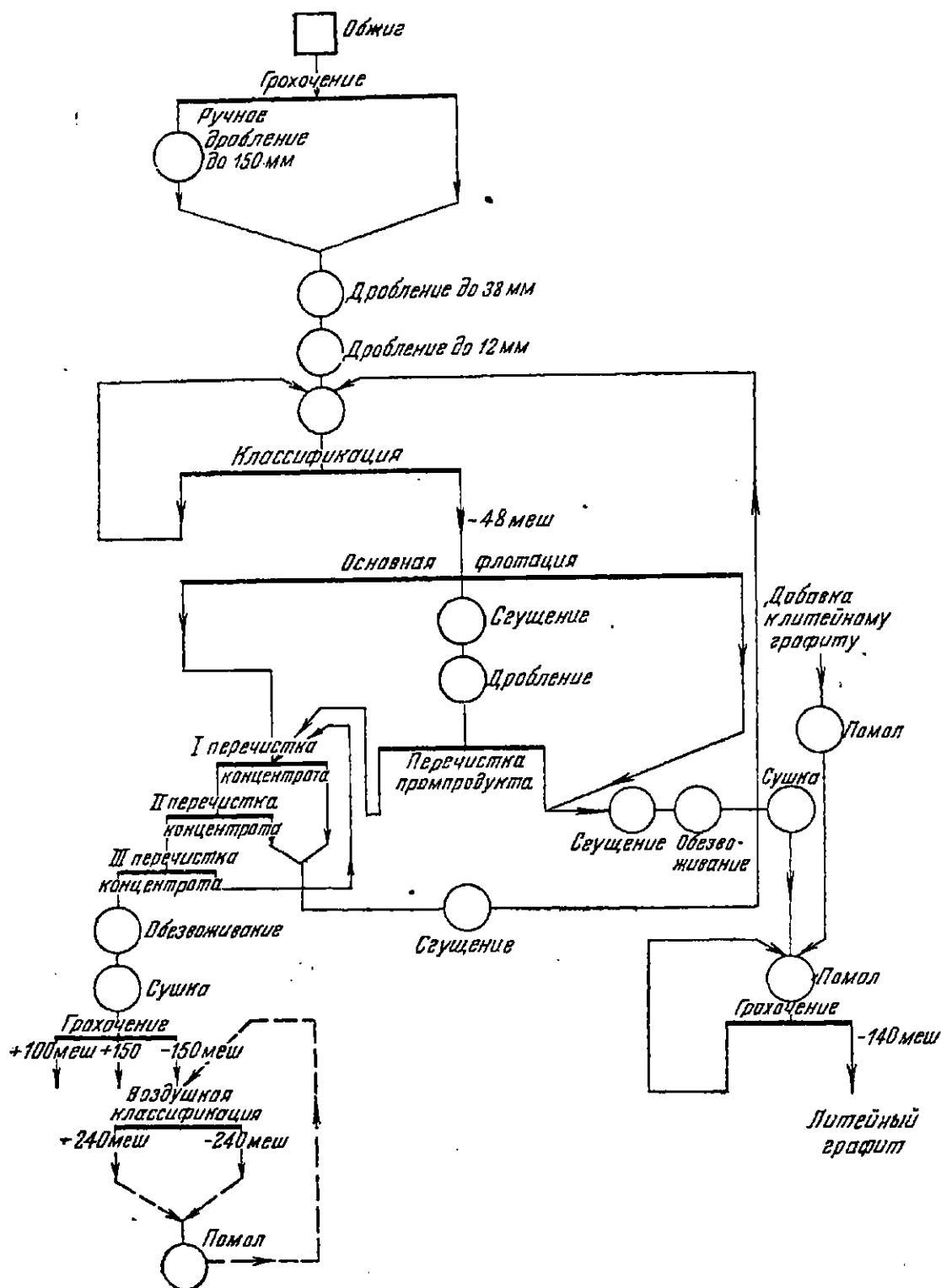
Получаемые продукты характеризуются следующими показателями:

Марка	Наименование	Крупность, в меш.	Содержание углерода
Т	Тигельный	+100	65—70%
Э	Элементный	—150	60—65
М	Металлургический	—200	55—60

Получение на Мариупольском заводе из той же бедной руды высокоуглеродистых концентратов, порядка 80—85%, возможно, но при условии додрабливания материала и дальнейшей его пересортировки, что связано с установкой дополнительного оборудования. Производительность Мариупольской фабрики № 1 при работе в 3 смены — 5 т концентратов в сутки. Фактически, в виду частых простоев (из-за нехватки руды, которая привозится из месторождения, находящегося в 14 км от фабрики, нехватки воды и технических неполадок) выработка концентрата составляет 700—1000 т в год. Выпуск марки Т достигает 35% от валового концентрата.

В том же Мариуполе имеется вторая фабрика, № 2, выпускающая литейные графитовые продукты с содержанием углерода от 10 до 50%. В качестве сырья используется руда Петровского месторождения (Криворожье), отходы от обогащения старо-крымской руды (глинка) с со-

держанием 10% С и мелкий кокс..С 1934 г. на фабрике организовано производство доменного графита (извлечение графита из скрапов литейного чугуна) путем воздушной сепарации и флотации. Производительность установки около 200 т в год.



Фиг. 27. Обогащение ботогольской графитовой руды на Кыштымской обогатительной фабрике. Качественная схема операций.

Кыштымская фабрика. Для обогащения графитовой руды Ботогольского месторождения, у ст. Кыштым Южно-Уральской ж. д. построена и в 1933 г. пущена в эксплуатацию новая фабрика с годовой производственной мощностью 6500 т руды (с содержанием 67% графита), что дает 4000 т концентрата и 2000 т литейного графита.

Процесс обогащения, в основном такой же, как на Мариупольской фабрике, с небольшими изменениями для среднего дробления, показан на фиг. 27.

Валовой концентрат рассеивается на три продукта:

Марка	Наименование	Крупность, в меш	Содержание углерода
КТ	Тигельный	+100	90—92%
КЭ	Элементный	—100	88—90
КК	Карандашный	—150	87—88

Мелкий класс (КК) подвергается додобраблыванию на быстроходной шаровой мельнице Фуллера и разделяется на воздушном сепараторе Гейко. В результате получается карандашный графит, характеризующийся крупностью зерна —250 меш и зольностью не более 5%.

Вследствие перебоев с доставкой руды завод фактически работает на половину своей мощности.

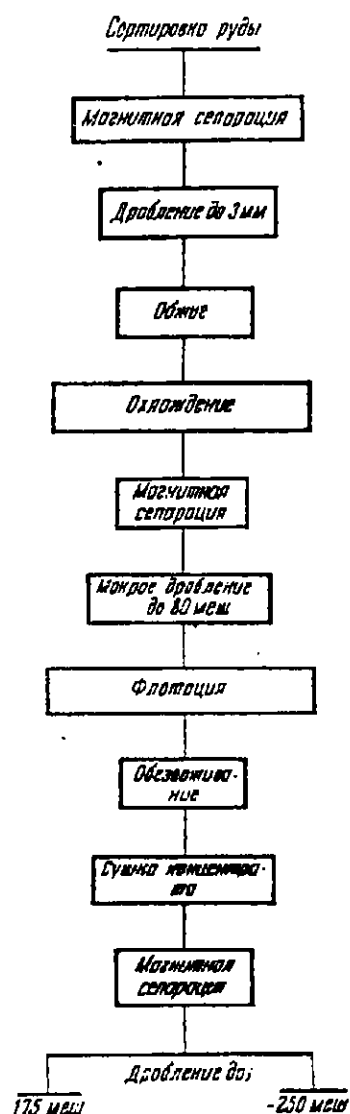
Завальевская обогатительная фабрика на р. Буге (Одесская обл.). Фабрика построена на одноименном месторождении по проекту Механобра и пущена в эксплуатацию в 1934 г. Выпускаются 2 марки: +100 меш (тигельный) с зольностью 7—8% и —100 меш (элементный) с зольностью 9%.

Фабрика состоит из двух секций, годовая производительная мощность каждой 2200 т концентрата. Потребность в руде — 90 тыс. т в год.

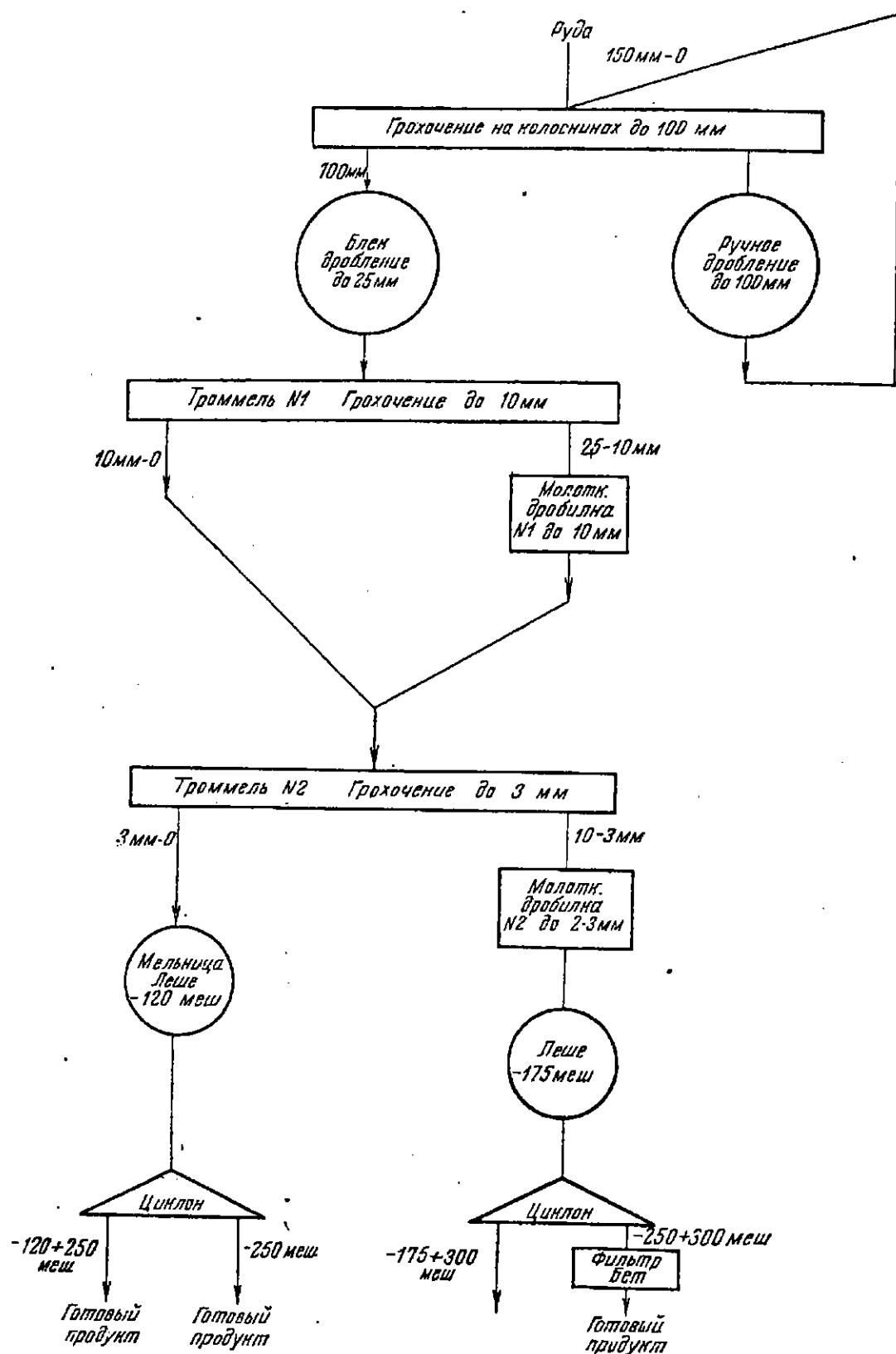
Игарская фабрика. В порту Игарка на р. Енисее, в 275 км к северу от Курейского рудника, построена фабрика для обработки курейского графита. Обогащение имеет целью удаление вредных примесей, главным образом пирита, и снижение зольности. Метод, проработанный ВИМС, был в 1930 г. проверен и дополнен на испытательной станции фирмы Гумбольдт в Кельне. Схема обогащения, изображенная на фиг. 28, включает следующие операции: сортировка руды; магнитная сепарация с целью удаления случайно попавших кусков железа; крупное дробление на молотковой мельнице; обжиг при 800°; охлаждение обожженного материала; обработка его на чувствительном магнитном сепараторе с целью удаления образовавшихся в результате разложения пирита магнитных окислов железа; среднее дробление на трубчатой шаровой мельнице, работающей в замкнутом круге с классификатором, до крупности зерна +80 меш; флотация на машине Минеральс Сепарейшен (Minerals Separation); обезвоживание на фильтрпрессе; сушка концентрата; 3-я магнитная сепарация; тонкое дробление на мельницах КЭК, снабженных воздушным классификатором.

В результате получается концентрат с зольностью 5—6%, с содержанием не более 0.30% серы, при зольности исходной руды в 12—15%. Производственная мощность фабрики 2000 т концентрата при работе в три семичасовых смены и при 300 рабочих днях в году. При условии дооборудования некоторых цехов производительность может быть значительно увеличена. Концентрат отличается тонкостью зерна, проходящего с небольшим остатком (0—5%) через сито —250 меш.

Красноярская фабрика. Для обогащения графита Курейского и Ногинского месторождений в Красноярске оборудована установка по методу избирательного дробления (фиг. 29).



Фиг. 28. Схема обогащения курейской графитовой руды, установленная на обогатительной фабрике в порту Игарка.



Фиг. 29. Качественная схема обогащения графитовой руды Курейского месторождения методом избирательного дробления, установленная на Красноярской обогатительной фабрике.

Крупная фракция, являющаяся менее зольной, дает обогащенный графит с зольностью 8—10% в количестве 35—40% от исходной руды. Более зольный продукт используется как литейный графит.

Производительность установки составляет по крупному дроблению до 20 т в семпчасовую смену, а по тонкому дроблению — в зависимости от крупности зерна: при размоле до зерна, проходящего с остатком 0.1% через сито — 175 меш, 550 кг в час; то же для сита — 250 меш 300 кг в час. Таким образом, при работе двух мельниц Леше максимальная производительность Красноярской фабрики составит около 6000 т в год.

Боевская размольная установка (Челябинская обл.) состоит из трех жерновых мельниц общей производительностью до 6000 т в год.

Задачи ближайших лет. Наименее благоприятно у нас положение с мелкокристаллической разновидностью графита, поставки которой в 1937 г. далеко не удовлетворяли заявок потребителей, т. е. с той разновидностью, которая применяется исключительно в элементном, электродном и карандашном, а частично, и в электроугольном, автотракторном и других производствах, имеющих тенденцию к дальнейшему развитию.

Для полного покрытия растущей потребности в этом виде графита необходимо будет построить новые графитообогащительные фабрики на базе одного из Петровских месторождений (Власовское) и одного из дальневосточных.

Учитывая, что освоение новых месторождений природного графита потребует длительного времени и что продукция новых графитовых обогащительных фабрик будет недостаточна для удовлетворения потребности в мелкокристаллическом графите, ВИМС выдвинул идею организации в СССР производства искусственного графита из антрацита по методу Ачесона (США).

В 1936 и 1937 гг. ВИМС организовал опыты производства искусственного графита в заводских условиях (на электродных заводах в Москве и Челябинске), давшие вполне удовлетворительные результаты.

Искусственный графит имеет ряд преимуществ перед натуральным:

- 1) почти свободен от посторонних примесей, зольность менее 1%;
- 2) производство проще, чем обогащение графитовой руды, и требует меньше механизмов;
- 3) капиталовложения значительно сокращаются;
- 4) строительство может быть осуществлено в сравнительно короткий срок (6 мес.);
- 5) себестоимость, при тарифе на электроэнергию в 4.63 коп. за 1 кв-ч, не выше стоимости концентрата натурального графита;
- 6) производство может быть организовано в непосредственной близости к центрам потребления, так как перевозка основного сырья — антрацита — дешевле (может транспортироваться навалом) перевозки готовой продукции.

В 1940 г. ВИМС составил технический проект цеха искусственного графита для намечаемого к строительству электродного завода в Новочеркасске.

По тигельному графиту не намечается значительного роста потребности в течение третьей пятилетки. Дефицит по этому сорту можно будет покрыть доменным графитом, схема извлечения которого из скрапа литейного чугуна проработана ВИМС (1937₂). Им же составлен в 1938 г. технический проект установки, которая будет оборудована на Криворожском металлургическом заводе.

Исследовательские работы. Для разрешения стоящих перед графитовой промышленностью задач — увеличения сырьевой и технической базы, в соответствии с ростом потребности в графите народного хозяйства в течение третьей пятилетки, и подготовки запасов для будущих лет — необходимо своевременно обеспечить выполнение следующих исследовательских работ:

И. П о и с к о в о - р а з в е д о ч н ы е р а б о т ы.

1. Детальная геологическая съемка Ботогольского гольца и прилегающего района с целью выявления новых месторождений графита.

2. Поисковые и детальные разведки на Урале в районе Мурзинской и Каслинской дач.

3. Детальное изучение сырьевых ресурсов Украины: месторождений — Петровских (Криворожье), Троицкого месторождения (Приазовье), Завальевского и Кошары-Александровского.

4. Поисково-разведочные работы в Сретенском районе.

5. Поисковые и разведочные работы в долине р. Большой Биры (Еврейская авт. обл.) вдоль линии железной дороги.

II. Технология природного графита.

1. Изучение технологии обогащения и применения графитов месторождений: Бирского, Сутарского и Кыштымского, Петровских, а также других, по мере их опробования.

2. Изучение условий смешения карандашной массы.

3. Изучение условий смешения и прессования электродной массы.

4. Изучение условий смешения агломератной массы гальванических элементов.

5. Изучение графитовых литейных материалов, применяемых в США и Европе, приготовление аналогичных материалов из советского сырья и испытание их в заводских лабораториях (работа должна вестись в кооперации с лабораториями крупнейших литейных и машиностроительных заводов).

6. Разработка рациональных методов сверхтонкого (коллоидного) размола графитов в различных средах и тонкой мокрой классификации графита.

III. Искусственный и доменный графит.

1. Исследования, связанные с внедрением искусственного графита как нового материала.

2. Изучение печей непрерывного действия для получения искусственного графита.

3. Исследования, связанные с внедрением доменного графита как нового материала.

IV. Теория графита.

1. Изучение механических свойств графита (скользкость, пластичность, формуемость).

2. Исследование существующих методов испытания графитового сырья с целью их стандартизации.

Наконец, необходимо обратить внимание на подготовку кадров путем издания соответствующей литературы, организации аспирантуры и курсов в научно-исследовательских институтах.

Поступило 25.XII.1939 г.

И. А. Шапиро

ЛИТЕРАТУРА

- А н е р т Э. Богатства недр Дальнего Востока. Хабаровск—Владивосток, 1928.
- А р т е м ь е в Б. Полезные ископаемые Бурят-Монгольской автономной обл, Тр. Центр. упр. пром. разв., 1922, вып. 2, 215.
- А ч е с о н Э. От карборундума до ойлдага. Зап. Русск. техн. общ., 1913, № 8—9, 187—193.
- Б е з б о р о д ь к о Н. Графито-железо-каолиновые месторождения в Первомайском уезде Одесской губ. Изв. Украин. отд. Геол. ком., 1925, вып. 6, 178—192.
- Б е к к е р М. Обогащение графитов СССР. Сб. материалов по испытанию обогатимости. М.—Лг., Механобр, 1932, 3—9.
- Б е л ь с к и й С. Отчет о геологических работах 1921 г. в Волынской губ. Житомир, 1923, 1—217.
- Б о г д а н о в и ч В. В. Боевское месторождение графита на Урале. Мин. сырье, 1935, № 5, 9—15.
- Б у д н и к о в П. П. Керамическая технология, ч. 1 (Общая часть). Харків—Київ, 1932.
- В е р н а д с к и й В. И. Опыт описательной минералогии, т. 1, вып. 1—2. СПб., изд. — Акад. Наук, 1908.

- Вернадский В. И. Опыт описательной минералогии, т. 1, вып. 4. СПб., изд. Акад. Наук. 1912. История минералов земной коры, т. 1, вып. 2. Лг., 1927.
- Веселовский В. С. Метод массового определения золы в графите. Сб. работ Термической лаборатории Института прикладной минералогии. М., Гос. техн. изд., 1930, 55—58.
- Термическая обработка курейского графита. Мин. сырье, 1931, № 5—6, 535—540.
- Полузаводские опыты термического рафинирования графита. Мин. сырье, 1932, № 7—8, 32—44.
- Технология графита. М.—Лг., 1935.
- Углерод, алмазы, графиты и угли. М.—Лг., 1936.
- Технология искусственного графита. Тр. Всесоюз. инст. мин. сырья, 1940.
- Веселовский В. С. и Перцов В. Механизм и скорость горения графита в зависимости от температуры. Мин. сырье, 1932, № 1, 44—59.
- Веселовский В. С. и Чайковский В. Исследование образца графита Ногинского месторождения на реке Нижней Тунгуске. Мин. сырье, 1933, № 2, 36—38.
- Гавриленко В. Применение коллоидного графита на подвижных и стационарных установках. М., 1931.
- Гаврилов Ф. М. Материалы по геологии южной оконечности Тунгусского угленосного бассейна. Тр. Вост.-Сиб. геол.-гидрогеод. тр.; 1935, вып. 5.
- Глазковский В. и Соловьев П. Минералогия графитовых руд. Обогащение графитов СССР. Сб. материалов по испытанию обогатимости. М.—Лг., Механобр, 1932, 210—212.
- Давидович Б. и Киреев А. Обогащение Завальевского графита. Предварительное сообщение о работе обогатительного отдела Института прикладной минералогии. Мин. сырье, 1930, № 1, 49—56.
- Дубына И. В. Завальевское месторождение графита на 1932 г. Мин. сырье, 1933, № 1, 53—58.
- Графитовые месторождения украинского докембрия, их строение и генезис. Тр. XVII сессии Междунар. геол. конгр., 1939, 2.
- Дубяга Ю. Обследованія графітових родовищ Криворіжжя. Бюлл. Україн. відд. Геол. ком., 1929, № 1—2, 26—30.
- Краткий очерк графитовых месторождений. Тр. Всесоюз. геол.-разв. об., 1933, вып. 294, 114—116.
- Зеленко А. О графитовых месторождениях ж. Хошеват, с. Молчановки, Кошары-Александровского, Капитоновки и некоторых других Подольской и Одесской губ. Изв. Украин. отд. Геол. ком., 1925, вып. 6, 169—178.
- Изгарышев Н. и Смирнов А. О влиянии коллоидного графита на коррозию котельного железа. Мин. сырье, 1934, № 3, 43—44.
- Ипатьев М. Д. Получение графитовых электродов для разложения воды. Русский патент № 3313/6 до 30/IX 1933 г. и № 31934 от 30/IX 1933 г.
- Казанцев В., Ивашенко В. и Богданович В. Опыт электроразведки на месторождениях минерального сырья. Мин. сырье, 1932, № 2—3—4, 5—20.
- Каменицкий С. О дроблении курейского графита на шаровой и коллоидной мельницах. Сб. Коллоидный графит. М., 1932, 58—65.
- Карзухин П. А. Чукотский полуостров. Золото и платина, 1907, № 4.
- Келль Г. Зеленское графитовое месторождение в Екатеринославской губ. Мат. общ. и прикл. геол., 1923, вып. 49.
- Колесников И. и Веселовский В. Советские графиты в производстве гальванических элементов. Мин. сырье, 1932, № 2—4, 35—44.
- Костылева Е. Е. и Лабунцов А. Н. Минералогия Ботокольского гольца. Мат. Ком. по изуч. ест. произв. сил Акад. Наук, 1925, № 55, 93—105.
- Красильников А. С. Производство электроугольных изделий, 1936.
- Кривошук Н. С., Морозов Г. Г. и Веселовский В. С. Сравнительное испытание графитов для элементного производства. Мин. сырье, 1935, № 6, 41—47; № 7, 52.
- Кугель Е. и Гроссман В. Освоение новых сортов графита в карадашном производстве. Мин. сырье, 1934, № 1, 38—44.
- Куплетский Б. М. Петрографический очерк Алиберовского месторождения графита. Мат. Ком. по изуч. ест. произв. сил Акад. Наук, 1925, вып. 55, 41—92.
- Формация нефелиновых сиенитов СССР. Сб. Петрография СССР, сер. 2, вып. 3. Изд. Акад. Наук, 1937.
- Лаврович Н. С. Кошары-Александровское месторождение графита. Мин. сырье, 1929, № 1, 57—68.
- Приазовский графитоносный район. Мин. сырье, 1930, № 5, 647—678.
- К вопросу о генезисе Украинских месторождений графита. Мин. сырье, 1931, № 3, 249—257.
- Лаврович Н. С. и Гуляева А. Прибугский графитоносный район. Мин. сырье, 1929, № 7, 794—826.

- Л и ф л я н д Д. Обогащение Алиберовского графита. Материалы по обогащению неметаллических полезных ископаемых, ч. 1. Лг., 1930, 138—183.
- Испытание Южно-Украинских графитовых руд. Сб. материалов по испытанию обогатимости. Обогащение графитов СССР. Лг., Механобр, 1932, 16—30 (там же ряд других статей по обогащению графита того же автора).
- Л у ч и ц к и й В. И., О р е ш к и н И., Г е ц е в а Р. Характеристика и классификация главных месторождений графитов. Мат. Всесоюз. инст. мин. сырья. 1936.
- Л ю т и н Л. 1. Стабилизация минеральных суспензий. Журн. физ. хим., 1933, 4, вып. 3, 299—304.
- 2. Стабилизирующие действие органических красителей на графитовые суспензии. Журн. физ. хим., 1933, 4, вып. 3, 374—379.
- 3. Измельчение чешуйчатых графитов на коллоидных мельницах. Мин. сырье, 1933, № 1, 70—71.
- Коллоиднографитовые препараты, технология их производства и область применения. Сб. докладов на конфер. по Инст. машиновед. Акад. Наук, 1939.
- Л ю т и н Л. и З а х а р о в Г. Методы получения устойчивых суспензий графита. Мин. сырье, 1933, № 1, 58—70.
- Л ю т и н Л. и К и р ю ш к и н В. Дисперсионный анализ масляных графитовых суспензий. Мин. сырье, 1931, № 1, 71—75.
- М а й с к и й. Современная Монголия. Иркутск, 1921, 226.
- М а р к о в с к и й А. П. Геологические работы на Памире летом 1934 г. Сб. Таджик.-Памир. экспед. Акад. Наук. М.—Лг., изд. Акад. Наук, 1935, 287—312.
- Н е ч а е в А. Месторождение графита на севере Зайсанского усада. Изв. Геол. ком., 1915, вып. 4.
- О б р у ч е в С. В. Исследование в районе р. Енисей, от р. Подкаменной Тунгуски до Дудинки и его притоков. Изв. Геол. ком., 1926, 12, № 10, 408—411.
- 1. Тунгусский бассейн (южная и западная части), т. 1. Геологический очерк. Тр. Всесоюз. геол.-разв. об. 1932, вып. 164, 237.
- 2. Проблема Тунгусского бассейна. Тр. I Всесоюз. конфер. по размещению произв. сил Союза, 1932, № 16, 122—125.
- О р е ш к и н И. Ботокольское месторождение графита. Мин. сырье, 1931, № 8—9, 795—814.
- Сретенские месторождения графита. Мин. сырье, 1933, № 2, 5—22.
- П а в л о в Н. Геологическое обследование и разведка месторождения графита вблизи поселка Союзного на р. Амуре в Амурском округе. Мат. геол. и полезн. ископ. Д. Вост., 1930, № 57, 29—30.
- П е р е п е л о в Б. Влияние низких температур на антинакипные свойства коллоидного графита и испытание в качестве антинакипинов других веществ (каолина и сажи). Сб. Коллоидный графит, 1932, 39—45.
- П е т р о в С. Испытание обогатимости графитовой руды Завальевского месторождения. Сб. материалов по испытанию обогатимости. Лг., Механобр, 1932, 86—92.
- П о л о в и н к и н а Ю. Материалы к характеристике графитового месторождения балки Власовской. Мат. общ. прикл. геол., 1929, вып. 134, 1—35.
- П о п о в Д. Испытание коллоидного графита в качестве буксовой вагонной смазки. Сб. Коллоидный графит, 1932, 53—58.
- П о п о в с к и й И. Е. Графитовые месторождения Северного Кавказа. Сб. Природные богатства Сев.-Кавказского края. М.—Пятигорск, 1935, 399—402.
- Р е б и н д е р П. Новые исследования по физико-химии суспензий в применении к суспензированному графиту. Сб. Коллоидный графит, 1932, 10—22.
- Р у б и н А. М. Очерк работ Нижне-Тунгусской экспедиции Академии Наук СССР 1932 г. Тр. Полярн. ком. Акад. Наук, 1934, вып. 15, 4—36.
- С а в е л ь е в Н. Фатьяновское графитовое месторождение. Горн. журн., 1925, № 10, 848—851.
- С а п о ж н и к о в. Котельная накипь и разъедание стенок котла. М., НТК НКПС, 1926, вып. 43.
- С е д л е ц к и й И. Д. О теории кристаллизации гуминовой кислоты и структуре свободного углерода. Тр. Ломоносов. инст. Акад. Наук, сер. крист., 1936, вып. 8, 61—70.
- С е м е н е н к о Н. П. Пегматитовый процесс графитовых месторождений в связи с изучением месторождений Петровского района УССР. Изв. Акад. Наук, сер. геол., 1937, № 6, 1105—1125.
- С е р д ю ч е н к о Д. Старо-Крымское месторождение графита. Мин. сырье, 1927, № 5—6, 348—353.
- О генетических отношениях графита Старо-Крымского месторождения Мариупольского округа в связи с общей проблемой графитообразования на Украине. Изв. Донец. политехн. инст., 1930, 14, 1—17.
- С и м о н о в К. Обогащение чешуйчатых графитов Кошары-Александровского и Троицкого месторождения УССР. Мин. сырье, 1931, № 5—6, 502—522.
- С о б о л е в Н. Архутское месторождение графита. Мин. сырье, 1931, № 4, 356—370.

- Соболев И. и Веселовский В. Месторождение графита близ с. Полтавка. Мин. сырье, 1933, № 7, 45—52.
- Соседко А. Ф. Полезные ископаемые Туркестанского хребта. Сб. Таджик.-Памир. экспед. 1933 г. Лг., изд. Акад. Наук, 1934, 53—66.
- Справочник по полезным ископаемым Северо-Кавказского края. Ростов/Д., 1933.
- Степайов П. И. Графит. Сб. Ком. по изуч. ест. произв. сил Акад. Наук, 1917, 4, вып. 21.
- Танатар Н. О месторождении графита близ с. Кошары-Александровское Балт. уезда, Подольской губ. и о генезисе графита в Южно-русской кристаллической полосе. Южн. инженер, 1917, № 11/17.
- Полезные ископаемые Днепропетровской области. Днепропетровск, 1934.
- Тарасов Г. и Трубицын В. Электротермическое обогащение графита. Журн. прикл. хим., 1931, 4, вып. 1, 35—50.
- Терсков Д. Месторождения графита Сергиопольского района Казакской АССР. Мин. сырье, 1930, № 7/8, 1020—1032.
- Титов А. Г. Графит с реки Черемшанки в Ильменских горах. Тр. Ильмен. запов. Урал. фил. Акад. Наук, 1937, 5, 65—70.
- О новом месторождении графита в районе Красная Поляна на Сев. Кавказе. Доклады Акад. Наук СССР, нов. сер., 1938, 20, № 5, 371—373.
- Титов А. Г. и Веселовский В. С. Графит. Минералы СССР, т. 1. М.—Лг., изд. Акад. Наук, 1940.
- Тулъчинский К. Н. Из путешествий по Беринговому проливу. Изв. Русси. геогр. общ., 1906, 42.
- Уорк. Флотация графита и серы коллекторами типа ксантата и значение ее для адсорбционной теории. Новые исследования в области теории флотации. М.—Лг., 1937, 125—133.
- Фаас А. и Эдельштейн Я. О графитовых породах в Екатеринославской губ. Геол. вестн., 1916, 2, № 3.
- Флюзэн Ж. Прикладная электрохимия, т. 1. Производство угольных и графитовых электродов. 1936.
- Фридман В. и Веденкин С. Влияние антинакипного графита на металл котла. Сб. Коллоидный графит. М., 1932, 26—34.
- Халалпина Е. Опыты применения коллоидного графита в качестве антинакипного средства на стационарных установках в лабораторных условиях. Сб. Коллоидный графит. М., 1932, 22—26.
- Царапкин В. Месторождения графита среднего течения р. Берды. Мин. сырье, 1930, № 9.
- Чайковский В. Разведка месторождения графита на реке Курейке в 1930 г. Мин. сырье, 1931, № 2, 141—150.
- Чижевский Н. П. и Красавин Е. Классификация графитов по методам горючести. Вестн. металлопромышл., 1930, № 9—10, 192—196.
- Чирвинский В. Графиты Украины. Изв. Киев. политехн. и сел.-хоз. инст. Киев, 1924.
- Чистяков А. Геолого-разведочные работы в Кенимехском районе Каракалпакской автономной области Узбекской ССР. Отчет о деят. Ср.-Азиат. отд. Геол. ком. за 1928/29 гг.
- Шапро И. А. 1. Курейская горно-разведочная экспедиция 1925 г. Мин. сырье, 1926, № 1, 62—69.
- 2. Организация промышленного предприятия на Курейском месторождении графита в Туруханском крае в 1925 г. Мин. сырье, 1926, № 9, 687—696.
- Пятилетний план развития графитовой промышленности СССР (1927/28—1931/32 гг.). Мин. сырье, 1928, № 8, 583—601.
- 1. Месторождение графита у с. Троицкого Бердянского района УССР. Мин. сырье, 1929, № 1, 69—84.
- 2. Химический состав графита Курейского месторождения в Туруханском крае. Журн. хим. промышл., 1929, № 9, 650—652.
- 3. Современное состояние графитовой промышленности и перспективы ее развития. Горн. журн., 1929, № 12, 2255—2272.
- Месторождения графита; обогащение графита, экзотермия. Техн. энциклоп., т. 5. Графит.
- Графитовая промышленность Средней Европы и перспективы экспорта союзных графитов. Мин. сырье, 1930, № 9, 1259—1280.
- 1. Пути использования месторождения графита близ с. Союзного на Амуре. Мин. сырье, 1931, № 12, 1015—1028.
- 1. Сретенский графитоносный район. Мин. сырье, 1932, № 7—8, 5—7.
- 2. Роль графита в народном хозяйстве. М.—Лг.—Новосибирск, ОНТИ, 1932.
- 3. Применение коллоидного графита в транспорте. Сб. Коллоидный графит. М., 1932, 3—9.
- 4. Наш графитовый гигант. М.—Лг., 1932, 1—40.

- Шапиро И. А. Графитовая промышленность СССР к концу 1-й пятилетки и перспективы ее развития. Мин. сырье, 1933, № 6, 4—17.
- Работы ВИМС по графиту и освещение графитовой проблемы. Мин. сырье, 1935, № 12, 7—17.
- Извлечение и использование графита из доменных скрапов. Тр. Всесоюзн. инст. мин. сырья, 1940 (в печати).
- Шапиро И. А. и Веселовский В. С. Обогащение курейского графита. Мин. сырье, 1930, № 6, 876—904.
- Сравнительное изучение физико-химических свойств естественных и искусственных графитов. Мин. сырье, 1931, № 3, 205—274.
- Шапиро И. А. и Серб-Сербина П. Опыты изготовления карандашных мин из графитов союзных месторождений. Мин. сырье, 1931, № 1, 83—89.
- Яхонтов Н. П. Материалы о Туруханском графите из архива М. К. Сидорова. Мат. Ком. по изуч. ест. произв. сил Акад. Наук, 1925, № 55, 10—37.
- Ячевский Л. Алиберовское месторождение графита на Ботогольском гольце. Геол. иссл. и разв. работы по Сиб. жел. дор. СПб, 1899, вып. 11.
- Библиография. Мин. сырье, 1931, № 7, 763—764; № 8/9, 926—928; № 10/11, 1085—1090; № 12, 1117—1121.
-
- Adams F. The geology of Ceylon. *Canad. Journ. Res.*, 1929, 1, 425—465; 467—511.
- Alabama. Quenelta graphite company completes new plants in Alabama. *Pit a. Quarry*, 1928, 16, № 9, 62—64, 77.
- Aminoff G. u. Broome B. Ueber Elektronenphotogramme von Graphit. *Zs. Krist.*, 1934, 89, H. 1, 80—85.
- Anderson D. a. Ogden A. Evaluating the quality of plumbago. *Canad. Foundry*, 1928, 19, № 1, 26, 38.
- Armstrong. Modes in which valency is exercised two tetrahedral carbon above the structure of graphite and of black carbon. *Journ. Soc. Chem. Industr.*, 1928, 47, 892—898.
- Arndt K. u. Pollak A. Untersuchungen über Graphitierung. *Zs. anorg. Chem.*, 1931, 201, 81—112.
- Aubel Van. Graphite du Haut-Katanga. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 1927, 27, 435—439.
- Bader E. Vanadin in organogenen Sedimenten. II Spektral-analitische Vanadinbestimmungen in Passaner Graphit. *Cbl. Min. Geol. Palaeont.*, 1937, 9, 279—288.
- Bain G. The graphite deposits of Louisa, Quebec. *Econ. Geol.*, 1929, 24, 735—752.
- Balfour A. E., Riley N. L. a. Robinson R. M. Studien über die Graphitbildung. *Journ. Chem. Soc. (London)*, 1936, 456—461.
- Bardenheuer P. Der Graphit im grauen Gusseisen. Düsseldorf, 1927.
- Basset J. Essais d'obtention sous la très haute pression de carbone cristallisé. *C. R. Acad. Sci., Paris*, 1934, 199, № 2, 144—146.
- Berthelot C. La production et l'utilisation mondiales du graphite; les gisements du Gomara (Maroc espagnol), *Génie Civil*, 1932, 100, 285—289.
- Le graphite dans l'empire française d'outre mer. *Chem. Industr.*, 1932, 25, 229—235.
- Black. Donald graphite operating new hydro-electric plant and concentrator. *Eng. Min. Journ.*, 1929, 128, № 9, 368.
- Brunner J. u. Hammerschmid H. Zur Morphologie des Graphits. *Zs. anorg. Chem.*, 1926, 155, H. 6, 255—256.
- Buntino R. The Black-Donald graphite mine. *Canad. Min. Journ.*, 1928, 49, № 24, 482—486.
- Caesalpinus Andreas. De metallicis. Libri tres. Romae, 1596.
- Canadian graphite. *Canad. Min. Journ.*, 1937, 58, 12—13.
- Carnochan R. a. Parsons C. The concentration of a graphite ore from Buckingham. Quebec. *Canad. Dept. Mines. Mines Br. Rept.*, 1930, № 711, 110—117.
- Carnochan R. a. Parsons C. The concentration of a graphite ore from Quenette. Quebec. *Canad. Dept. Mines. Mines Br. Rept.*, 1930, № 711, 118—213.
- Chermette A. Le graphite de Madagascar. *Mines, Carrières*, 1932, 11, № 113, 8—12.
- Cirkel F. Graphite. Ottawa, Dept. Mines, 1907.
- Clegg E. Graphite. *Rec. Geol. Surv. India*, 1930, 64, 106—109.
- Cline J. Possible origin of graphite in some ancient quartzites slates and shists in Virginia. *Bull. Amer. Ass. Petr. Geol.*, 1932, 16, № 8, 736.
- Cudworth I. The graphite industry in Alabama. *Pit. a. Quarry*, 1929, 19, № 2, 74—76.
- Dennerly. Moules on graphite. *Bull. Ass. Fonderie*, 1932.
- Dixon A. Graphite feeder for boiler water. *Pwr. Pl. Eng.*, 1931, 35, 278.
- Donath. Uebersicht über die Literatur betreffend Graphit. I, II u. III. *Chem. Zrg.*, 1928, 52, 589—590; 610—611; 650.

- Dorn P. Geologische Studien im Passauer Graphitgneisgebiet. Zs. Dtsch. Geol. Ges., 1935, 87, H. 9, 632—650.
- Fink C. a. Princ J. Co-deposition of copper and graphite. Trans. Amer. Electrochem. Soc., 1928, 54, 131—136.
- Friedrich O. Ueber den Aufbau und das Gefüge Steirischer Graphite. Jb. montan. Hochschule, Loeben, 1936, 84, 131—137; 1937, 1, 819.
- Ganguli V. Magnetic studies on graphit and graphitic oxides. Philos. Mag. ser. 7, 1936.
- Giolitti F. Italian electrodes made of natural graphit. Metal. Prog., 1932, 21, 64—65; 68—69.
- Graphite in South-west territory. S. Afric. Min. Eng. Journ., 1929, 40, № 1978, 715—716.
- Graphitgewinnung auf Ceylon. Farben Chemiker, 1932, 3, 4602.
- Haenig A. Der Graphit. 1910.
- Hitoshi Ishikawa. Transformation of amorphous carbon into graphite. Elect. Rev. Japan, 1931, 19, 419; 493; 690; 726; 824; 884.
- Hook W. Die Bildung von Graphit bei der thermischen Zersetzung organischer Verbindungen.
- Hook H. u. Fischer H. Ueber ein Vorkommen von Graphit in Braunkohle. Braunkohle, 1933, 32, 153—154.
- Hoffmann E. Die elektrophoretische Konzentrierung von Graphitsuspensionen. Kolloid. Zs., C 1937, 78, 105—106; 1937, 1, 2752.
- Hoffmann U. Eine dimensionale Quellung von Graphitsäure und Graphit. Kolloid. Zs., 1932, 61, 297—304.
- Hoffmann U. u. Frenzel A. Reaktionen des Graphits als disperses laminares system. Kolloid-Zs., 1932, 58, 8—14.
- Hoffmann U. u. Frenzel A. Ueber permutoide Reaktionen des Graphits. Zs. Electro-Chem., 1931, 37, 613—618.
- Hoffmann U. u. Wilm D. Röntgenographische Bestimmung von Krystallgröße und Krystallform bei Kohlenstoff. Zs. Phys. Chem., Abt. B, 1932, 18, 401—416.
- Hübner W. Concentrating graphite in Southern California. Eng. Min. Journ., 1928, 125, № 26, 1059—1060.
- Jones W. Summary report of graphite in Alabama. Alabama Geol. Surv., 1929, Circ. 9, 27.
- The experience and trend of the Alabama graphite industry. Rock Prod., 1930, 33, 73—79.
- Kadmer E. H. Ueber neue Anwendungsmöglichkeiten des Kolloidgraphits in der Schmiertechnik. Chem. Industr., 1936, 60, 943—944; C 1937, 1, 4316.
- Kammel K. Die niederösterreichischen Graphitlager. Montan. Rdsch., 1927, 19, 647—650.
- Karplus H. Der Aufbau der Schmierschicht und die Kolloidgraphitschmierung. Petroleum, 1929, 25, № 12, 375—386.
- Verhütung von Kesselstein-Bildung durch Graphit. Die Wärme, 49, 551—554.
- Kausch O. Der Graphit. Halle A/S, 1930.
- Kay H. Industrial graphite. Australian and Min. Standard 1928, 79, № 2042, 420—421.
- Krenkel E. Die nutzbaren Bodenschätze Deutschlands. Graphit Int. Bergwirtsch. Bergtechn., 1930, 23, 56.
- Laitakari A. Die Graphitvorkommen in Finnland und ihre Entstehung. Helsingfors, 1925.
- Martel J. Kolloidaler Graphit. Docum. Sci., 1936, 36, 1—3; C 1936, 2, 36.
- Middleton J. Graphite in 1928, 1929 and 1930. U. S. Bureau of Mines. Min. Resource. U. S., 1928, I, II: 8, 81—88; 1929, 1930, II: 4, 41—49; 1930, P. I, II: 8; 1931, 101—110.
- Miller L. Graphite in 1927 and 1928. Eng. Min. Journ., 1928, 125, 109; 1929, 127, 96.
- Graphite. Min. Industr., 1928, 37, 383—393; 1929, 38; 1930, 39, 295—305; 1931, 40, 258—264; 1932, 41, 261—267; 1933, 42, 293—302; 1934, 43, 295—304; 1935, 44, 302—312; 1936, 45, 309—315.
- Mouscadet. Au sujet du graphite de l'U. R. S. S. Vie econ. Soviets, 1928, № 84.
- Neugirg S. Aufbereitung bayrischer Graphite. Metall u. Erz, 1927, 24, 571—574.
- Ott H. Die Kristallstruktur des Graphits. Ann. Phys., 1928, 85, № 1, 81—109.
- Parlati L. L'Industria della grafite in Piemonte. Industria, 1932, 46, № 8—9, 202—203.
- Parsons C. The concentration of flake graphite ores. Canad. Min. Journ., 1928, 49, № 39, 778—781.
- Peinert W. Graphitbildung. Zs. prakt. Geol., 1927, 35, 125—126; Neues Jb. Min., 1928, 249—250.
- Penna Scorza Evaristo. Grafita. Brazil. Serv. Geol. Min. Bol., 1931, 57.
- Porter B. H. 1. Kolloidaler Graphit und die Glasindustrie. Glasindustr., 1936, 17, 245—248; C 1936, 2, 3456.
- 2. Research applications of colloidal graphite. Rev. Sci. Instr. (N. S.), 1936, 7, 101—106. Ph. 1936, 1473.

- P r i t z b u e r D. Graphite de Djebilet (Maroc.) Mines et Carrières, 1928, Octobre.
- R a b a t e H. Graphite. Rev. industr., 1932, 62, 552—555, 597—661; 1935, 63, 34—35, 99—101, 193—198, 268—272, 317—320.
- R o l l F. Die Raumform des Graphits. Giesserei, 1928, 15, № 51, 1270—1274.
- R u e g l e r A. Bayerischer Graphit für die Elemente und Batterie-Industrie. Zs. Ver. Dtsch. Ing., 1928, 72, 513.
- R y s h k o w i t s c h E. Graphit, Charakteristik, Erzeugung, Verarbeitung u. Verwend. Leipzig, 1926.
- S c h l u d e A. u. W e l l m a n n W. Ueber die Struktur der Entwirkungsprodukte von Alkalimetallen auf Graphit. Zs. Phys. Chem., Abt. B, 1932, 18, 1—28.
- S c h w a r t z H. Some theories of graphitisation. Foundry Trade Journ., 1929, 41, № 675, 58—60.
- S e l l a r d s E. Graphite in Texas. Texas Univ. Bur. Econ. Geol. Min. Res., 1930, Circ. № 1, 3.
- S o y e r H. Le graissage au graphite et les huiles graphitées. Nature, 1931, 59, pt. 1, 379.
- S p e c h t L. Die elektrische Leitfähigkeit von Graphitpulver. Zs. Elektrochem., 1932, 38, 920—925.
- S p e n c e H. S. Graphite. Dep. Mines, Ottawa (Canada), 1921.
— Graphite in Ontario and Quebec. Canad. Dept. Mines. Mines Branch, 1928, № 687, 8—11.
- S p i t z e r E. E. Application of graphite as an anode material to high vacuume transmitting tubes. Inst. Radio Eng. Proc., 1933, 2, 1075—1081.
- S p r a n g n e E. C. Graphitierungsöfen. Trans. electrochem. Soc. 70, 105; C 1937, 1, 395.
- S t e g e r H. Kesselsteinverhütung durch kolloidalen Graphit. Allg. Brauer Hopfen Ztg., 1930, 70, 1509—1550.
- S t o n e R. H. Graphite as a refractory. Journ. Amer. Ceram. Soc. 1933, 16, № 2, 96—101.
- S t u c h l i k H. Graphitvorkommen in den Bergen von Gory (Rumänien). Miniera, 1932, 7, 2207—2216.
- S t u t z e r O. Die wichtigsten Lagerstätten der Nicht-Erze, B. 1. Berlin, 1911.
- S t u t z e r C. Graphite. Die wichtigsten Lagerstätten von Nicht-Erze, B. 5. Berlin, 1933, 98—202.
- S y m a n o w i t z R. u. P o r t e r B. H. Kolloidaler Graphit und seine Bedeutung in der Keramischen Industrie. Bull. Amer. Ceram. Soc., 1937, 16, 282—288; C 1937, 2, 1640.
- T h o m p s o n W. Methods of treating Madagascar graphite. Eng. Min. Journ., 1930, 130, 4—6.
- T y l e r P. graphite. U. S. Bur. mines. Inform. Circ. № 6118, 1929, 1—45; № 6122, 1—25; № 6123, 1—20; № 6124, 1—14.
- W a n g H. S. The geology and mineral resources of Mishan and Muleng districts Kirin. Bull. Geol. Surv. China, 1929; № 13, 25—31.
- W a t a n a b e, I n o s u k e. Effect of graphite and soda ash on the feed water for locomotive boilers on the South-Manchurian Railway. Journ. Soc. Mechan. Eng. Tokyo, 1932, 35, 616—623.
- W e g e r H. Der Graphit. 1872, 1—40.
- W e i n s c h e n k E. I. Mémoire sur l'histoire géologique du graphite. Congr. int. Geol. VII Sess., Paris, 1900, 1901.
— 2. Zur Kenntnis der Graphitlagerstätten. München, 1900.

ГРЯЗИ ОЗЕРНЫЕ

Lake-silt (англ.). Bourbe de lac (франц.). Seeschlamm (нем.).

На дне любого водного бассейна в процессе жизни самого водоема образуются наслоения, содержащие твердые частицы очень малого размера. В большинстве случаев эти отложения содержат твердые, нерастворимые в воде частицы диаметром меньше сотых и даже тысячных долей миллиметра.

Вследствие того, что эти отложения приобретают специфические химические, физические и физико-химические свойства, их обычно называют иловыми или грязевыми отложениями водных бассейнов, причем следует отметить, что первый термин является более общим и поэтому более правильным.

В водных бассейнах присутствуют и живые организмы, которые, отмирая, также попадают на дно и увеличивают собой толщу отложений. Поэтому отложения могут быть весьма разнообразны как по своему внешнему виду, так и по химическому составу, строению, величине частиц и т. п.

Однако, вследствие однородности условий, на больших или меньших площадях обычно отлагаются наслоения с небольшими колебаниями как величины частиц, так и состава, и только на границе двух участков происходит их перемешивание. Это дает возможность характеризовать различные наслоения в зависимости от принятых за основу признаков и классифицировать их.

В основу классификаций иловых отложений, т. е. таких отложений водоемов, главная масса отдельных частиц которых имеет величину значительно меньше 0.1 мм, могут быть положены различные признаки и в разном сочетании, соответственно чему и самые классификации также будут различны. Такими признаками могут быть:

- 1) происхождение иловых отложений (неорганическое, органическое);
- 2) их химический состав (силикатные, карбонатные и т. д.);
- 3) изменения, происходящие в процессе жизни илов (первичные и метаморфизированные);
- 4) биохимические и химические процессы, протекающие в илах в зависимости от состава воды, которая их покрывает;
- 5) величина частиц, составляющих илы;
- 6) физико-химические свойства (проницаемость, вязкость и др.).

В настоящее время дать достаточно полную и исчерпывающую классификацию иловых отложений весьма затруднительно, так как широкое изучение иловых отложений только еще начинается и прежние исследования относились, главным образом, к илам морей и океанов или отдельных небольших бассейнов; кроме того, они выполнялись с специальной целью, касающейся только какой-нибудь одной стороны: степени измельчения, засоренности, микрофлоры и т. п.

Если обратиться к признакам, по которым такая разбивка может быть сделана, то можно видеть, что большинство из них перекрывает друг друга. Так, например, илы, образующиеся в водоемах с различным солевым составом, могут быть неорганического и органического происхождения; величина

частиц илов может колебаться в одинаковых пределах как для илов неорганического, так и органического происхождения, также независимо от солевого состава воды данного бассейна. Поэтому порядок классификационных признаков может меняться. Из приведенных признаков физико-химические свойства илов разнообразны, и выделить одно из них затруднительно. Кроме того, в настоящее время для большинства объектов они вовсе не изучены, как очень мало изучены и процессы метаморфизации тех частиц, которые составляют иловые отложения, да и громадное большинство последних является метаморфизированными в течение очень большого промежутка времени. Поэтому эти два признака для классификации пока отпадают, хотя в процессе дальнейшей работы по изучению иловых отложений и сопоставлению их свойств вопросы метаморфизации и физико-химическая характеристика совершенно необходимы.

Общая химическая классификация иловых отложений может быть представлена в следующем виде.

I класс. Иловые отложения соляных водоемов

К ним относятся иловые отложения океанов, морей, соляных озер, лиманов. Все они характеризуются одним общим признаком — присутствием в них связанного сероводорода в виде гидросернистых или серпистых соединений, а иногда и свободного сероводорода.

1-я группа — грубодисперсные илы. Хотя величина частиц и соотношение их по весу обычно колеблется в широких пределах, как в любой механической смеси, однако условно в эту группу можно включать такие илы, у которых крупных частиц с диаметром от 0.25 (и больше) до 0.01 мм имеется по весу больше 50%.

2-я группа — мелкодисперсные илы. Главная масса их (больше 50% по весу) составлена частицами с диаметром < 0.01 мм.

Каждая группа делится на следующие подгруппы:

1-я подгруппа — силикатные илы. Основной остов — свыше 50% по весу нерастворимой в воде части — составлен нерастворимыми в кислотах силикатами и кварцевым песком.

2-я подгруппа — карбонатные илы. Основной остов — свыше 50% по весу нерастворимой в воде части — составлен растворимыми в кислотах карбонатами кальция и магния.

3-я подгруппа — углеродистые илы. Основной остов этих илов составлен углеродистыми органическими соединениями.

II класс. Иловые отложения пресных водоемов

Этот класс включает в себе те же группы и подгруппы, что и первый.

Таким образом, данная классификация иловых отложений предусматривает деление их на два класса, с двумя группами в каждом, а в каждой группе имеются три подгруппы.

Эта классификация обладает некоторой условностью и в процессе изучения иловых отложений, несомненно, будет изменяться и дополняться. Все же в настоящее время она может быть принята за основу, так как охватывает широкий круг объектов, и на практике всегда оказывается нетрудным с достаточной ясностью отнести тот или другой изучаемый ил в соответствующую подгруппу, группу и класс, что очень облегчает разбор исследуемого материала и понимание происходящих в нем процессов.

Как было указано, иловыми отложениями называются такие наслоения на дне водоемов, которые образуются в процессе жизни самого водоема и частицы которых имеют очень малую величину, измеряемую долями миллиметра. Поэтому все те факторы, которые способствуют образованию мел-

них частиц и переносу их в водоем, являются и факторами илообразования. Последние могут быть разделены на три группы:

- 1) биохимических,
- 2) химических или, вернее, физико-химических и
- 3) геологических факторов.

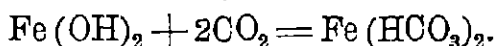
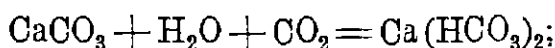
Биохимический фактор ведет к илообразованию за счет тех живых организмов — животных или растений, — которые находятся в данном соляном или пресном водоеме. Эти живые организмы, постепенно отмирая, попадают на дно водоема, либо же в течение своей жизни оказываются с дном непосредственно связанными. Там, под влиянием микрофлоры и фауны, они подвергаются процессам разложения. При этом органические части их — белки, жиры и углеводы и пр. частью усваиваются другими живыми организмами, частью растворяются в воде, частью в виде газообразных веществ уходят в атмосферу, частью после того или другого превращения отлагаются на дне водоема. Неорганические же части либо переходят в раствор, либо образуют на дне постепенное наслоение тонкораздробленных частиц нерастворимых в воде соединений. Количество таких нерастворимых соединений, образующихся за счет живых организмов, бывает весьма значительно, особенно, если последние имеют скелеты из углекислого кальция или кремнекислоты. Так как живые организмы получают находящиеся в них нерастворимые соединения кальция, железа, кремнекислоты и др. в большой массе в конечном итоге из почв, окружающих и подстилающих водоемы, то они тем самым способствуют не только попаданию этих соединений на дно водоемов, но и переносу их с одного места и накоплению в другом уже в мелкораздробленном состоянии.

Кроме того, в процессе своей жизнедеятельности живые организмы выделяют в раствор ряд продуктов, способствующих течению химических процессов. Как пример такого биохимического процесса можно указать на следующее.

В илах под влиянием разложения органических веществ микроорганизмами образуется углекислота. Вследствие затрудненной диффузии углекислый газ не сразу уходит из мест образования и достаточно долго приходит в соприкосновение и взаимодействие с окружающими веществами, в том числе с углекислым кальцием и соединениями железа, обычно всегда присутствующими в иловых отложениях.

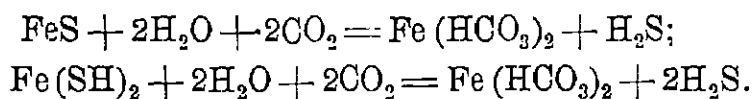
Так как интенсивность процесса выделения углекислоты зависит от интенсивности жизнедеятельности микроорганизмов, а последняя связана с температурой окружающей их среды и содержанием в ней солей, то процесс выделения углекислоты неодинаков в разные времена года. В весенний и в начале летнего периода, когда температура возрастает, этот процесс достигает максимума, в осенний и зимний — минимума. При этом распределение углекислоты в толще грязи оказывается неодинаковым, вследствие затрудненной диффузии газов в вязкой среде ила. В верхних слоях диффузия будет происходить легче и пойдет по направлению от ила к покрывающему слою воды, потому что концентрация углекислоты в слое ила (вернее, в пропитывающей ил воде) будет больше, чем в воде, вследствие более или менее интенсивного образования углекислого газа. В результате в растворе имеется тем большее содержание угольной кислоты, чем глубже залегает ил.

Накапливающаяся в растворе углекислота вступает во взаимодействие с углекислым кальцием и соединениями железа по уравнениям:



Образуются бикарбонаты, растворимые в воде значительно больше, чем карбонаты этих металлов или гидраты железа. При благоприятных условиях

(очень интенсивное образование CO_2 и малое содержание сернистых соединений в иле) процесс может пойти еще глубже и привести к разрушению сернистых и гидросернистых соединений углекислотой:



Распределение в растворе концентраций образовавшихся соединений будет такое же, как и углекислого газа, т. е. чем ниже слой ила, тем больше будет концентрация свободного сероводорода, бикарбоната железа и бикарбоната кальция.

В этом случае осмотическое давление будет возрастать пропорционально возрастанию в растворе концентрации указанных соединений. Поэтому осмотическое давление заставит их двигаться по направлению уменьшения осмотического давления, т. е. снизу вверх, пока бикарбонаты и сероводород не попадут в слой рассола, находящийся над илом или в верхнем его слое.

Вышеприведенные реакции являются реакциями обратимыми и, в зависимости от количества растворенного сероводорода и углекислого газа, могут идти или слева направо, т. е. с образованием бикарбонатов и сероводорода, или справа налево с образованием обратно карбонатов, сернистого и гидросернистого железа и углекислоты.

В верхнем тонком слое ила и рапы как раз над ним создаются благоприятные условия для течения реакций справа налево, так как растворимость газов, в том числе и углекислоты, уменьшается с повышением концентрации солей в растворе и повышением температуры. Верхние же слои илов, в особенности черных, лежащих под неглубоким слоем рассола, обычно имеют значительно более высокую температуру, чем нижние. Кроме того, легкая диффузия газов в растворах и малая их растворимость обеспечивают большую потерю углекислоты в воздух и понижение ее концентрации в растворе. Таким образом, реакции начинают идти справа налево, и образующиеся карбонаты и сернистое (или гидросернистое) железо будут оседать в верхних слоях грязи в виде тонко раздробленных осадков. Если растворившийся в угольной кислоте карбонат кальция представлял крупные кусочки, например обломки раковин или известняка, то этот биохимический процесс поведет к переработке крупных частиц ила в мелкие.

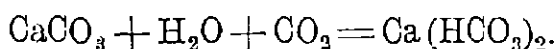
Другим примером биохимического фактора илообразования может служить процесс восстановления под влиянием бактерий сульфатов соляных озер и перехода их в карбонаты и сернистые соединения.

Вторым фактором илообразования является комплекс химических обменных реакций, происходящих как между растворенными в воде солями, так и между растворенными в воде соединениями и основным остовом илов. Эти реакции, как и биохимический фактор, ведут к метаморфизации первичных иловых отложений и переводу их в метаморфизированные или вторичные иловые образования.

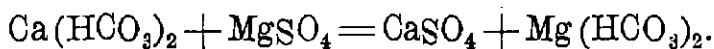
Во всякий водный бассейн (океаны, моря, озера, лиманы) вливаются воды, несущие с собой различные растворенные соли. Солевой состав вливающихся вод всегда отличается от солевого состава водоема не только по концентрации вносимых солей, но в громадном большинстве случаев и по количественному соотношению отдельных солей.

Вследствие такой разницы, между отдельными солями при смешении вод разного солевого состава происходят реакции обменного разложения. При этом могут образоваться новые мало растворимые соли или такие, которые уже присутствуют в насыщенном состоянии. В таком случае произойдет их выпадение из раствора, они осядут на дно в более или менее раздробленном состоянии, увеличивая массу иловых наслоений. В качестве примера можно привести следующее.

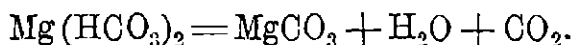
Некоторые воды, поступающие из глубины недр на поверхность, в значительной мере насыщены углекислотой. Проходя через породы, сложенные из известняка, они растворяют углекислый кальций, переводя его в бикарбонат, согласно уравнению:



[Если такие воды попадут в бассейн, вода которого содержит сернокислый магний и, кроме того, еще сернокислый кальций в насыщенном состоянии, то между бикарбонатом кальция и сульфатом магния произойдет обменная реакция:



[Так как вода бассейна уже насыщена сернокислым кальцием и вновь образовавшийся сернокислый кальций не может растворяться в данном количестве воды, он должен будет выпасть в виде гипса, в зависимости от скорости образования, или в мелкораздробленном состоянии, или в более крупных кристаллах. Бикарбонат магния также может подвергнуться разложению:



В таком случае углекислый магний, мало растворимый в воде, сядет на дно.

Третьим фактором илообразования являются геологические деятели, главным образом вода и ветер.

Воды, протекающие по поверхности суши, всегда несут с собой твердые частицы. Величина частиц, которые вода способна увлечь за собой, зависит от живой силы воды (J). Последняя определяется, как известно, массой воды (m) и ее скоростью (v) в следующей зависимости:

$$J = \frac{mv^2}{2}.$$

Очевидно, при постепенном уменьшении скорости движения воды сначала будут садиться частицы с большей массой (большие частицы при однородном веществе), затем меньшей и т. д. до тех пор, пока скорость станет равной нулю. В том случае должны будут осесть уже все частицы, в том числе мелкие. Этот процесс и носит название отмучивания.

При впадении реки в непроточный водный бассейн с соленой водой вода ее будет терять свою скорость более или менее быстро из-за отсутствия здесь уклона при наличии трения, которое возникает у нее с соленой водой бассейна, имеющей иную скорость. Частицы начнут садиться на дно водного бассейна и образовывать наслоение, и там, где скорость окажется незначительной, начнут образовываться наслоения с малой величиной частиц, т. е. илы. Состав их будет зависеть от состава вносимых частиц.

Действие ветра аналогично действию воды. По существу, и в этом случае происходит тот же процесс отмучивания с той только разницей, что величина переносимых частиц будет зависеть от массы воздуха, а не воды.

В природе редко можно наблюдать образование иловых отложений под влиянием какого-нибудь одного фактора в чистом виде. Обычно действуют все три сразу, хотя один из них может в значительной мере преобладать над другим.

Мощность таких отложений колеблется в очень широких пределах от нескольких миллиметров до 10 м. Она определяется как временем, в течение которого происходил процесс илообразования, так и интенсивностью этого процесса, т. е. количеством приносимых частиц и скоростью биохимических и химических процессов. Поэтому иногда более старые иловые отложения могут иметь меньшую толщину, чем более молодые. Определение их

возраста представляет довольно трудную задачу. Такое определение может быть сделано только на основании длительного наблюдения над внешними условиями, в которых протекает образование данного ила. При этом приходится принимать во внимание очень много переменных: количество и состав приносимых водами и ветром частиц; колебание этого количества во времени; интенсивность и направление биохимических процессов; количество вносимых водами солей; взаимодействие этих солей с составом солей самого бассейна; колебание в солевом составе и в концентрации воды бассейна; состав окружающих пород и ряд других факторов.

Для многих соляных озер, как, например, Сакского, Мойнакского и других, толща ила в два раза, а иногда и больше, превышает слой покрывающей ее рапы (рассола). Для Мойнакского озера, например, средняя глубина рапы — около 0.5 м при средней толщине ила в 1 м; при этом ил содержит около 70% рассола, т. е. рассола в грязи Мойнакского озера почти в полтора раза больше, чем над ней.

Следует отметить, что Мойнакское озеро не представляет исключения. Есть озера с еще большим отношением рапы ила к покрывающей рапе. При интенсивных биохимических и химических процессах состав пропитывающего ил рассола в значительной мере меняется. При этом возникают диффузионные потоки солей из ила в рапу и обратно.

Рассол, покрывающий ил, приобретает за известный срок свой определенный состав, который регулируется качеством и количеством находящегося под ним ила. Примером может служить Сакское озеро, расположенное в Крыму, недалеко от берега Черного моря. Вследствие работы соляных промыслов, в озеро вводится значительное количество морской воды, и поэтому следовало ожидать, что состав рапы озера должен быть близок к составу морской воды. Однако, это совсем не так. Таких примеров можно привести много. Они показывают, что при изучении соляных водоемов как с промышленной, так и с научной точки зрения мощность, состав и процессы, происходящие в иловых отложениях, должны быть учтены и что рассолы и илы представляют единую связанную систему.

В настоящее время, в связи с широким развитием прикладной галургии, т. е. добычи различных солей из рассолов соляных озер, большинство соляных водных бассейнов изучается в отношении к находящейся в них рапе: ее состав, концентрация, изменение во времени и т. п. Значительно хуже обстоит дело с изучением грязевых или иловых отложений. Изучению подвергнуто сравнительно небольшое количество объектов и, главным образом, только в отношении качественного и количественного состава илов. Мощность же залегания и физико-химические свойства илов известны только для немногих соляных озер и то только таких, илы которых используются с лечебной целью.

Если учесть те грязи, для которых имеются результаты анализа воднорастворимых веществ и веществ, растворимых в соляной кислоте, с общей суммой веществ, нерастворимых в соляной кислоте, то можно без большой ошибки дать следующий их перечень: лечебная грязь Шенкурска (Архангельская обл.); грязь курорта Старая Русса (Ленинградская обл.); лечебный торф Кашинского курорта (Куманинники, Калининская обл.); грязь курорта Большие Соли (Ярославская обл.); грязь Крайнего курорта (Черепетский район Тульской обл.); грязь Липецкого курорта (Воронежская обл.); грязь Сергиевских минеральных вод (Куйбышевская обл.); грязь Тузлучного озера (Соль-Илецкий район Чкаловской обл.); грязь Эльтонского озера (Сталинградская обл.); грязь курорта Тинаки (Калмыцкая АССР); грязи Одесской группы лиманов — Куяльницкого, Хаджибейского и Сухого; грязь Бердянских озер — Большого, Красного и Малого (Запорожская обл.); грязь Сакского соляного озера (Крымская АССР); грязи Мойнакских озер — Большого, Малого, 3-го и 4-го (Крымская АССР); грязь

Голубицкого озера (Темрюкский район Краснодарского края); грязь Лобановского озера (Абрау-Дюрсо, Краснодарский край); грязь Суджукской лагуны (Новороссийск, Краснодарский край); грязь Тамбуканского озера (Минераловодский район Орджоникидзевского края); грязь озера Аджл (Дагестанская АССР); грязь озера Горького (Челябинская обл.); грязь озера Карьево (Омская обл.); грязь курорта Муюнды (Павлодарская обл.); грязь озера Куули (Красноводский район Туркменской ССР); грязь озера Масазыр (Азербайджанская ССР).

Примерно столько же имеется в Союзе грязей, для которых есть результаты анализа воднорастворимых веществ и веществ, в воде не растворимых (валовой анализ).

При химическом анализе илов подвергаются определению следующие составные части их:

1. Вещества, в воде растворимые. Это, главным образом, хлористые, бромистые, двууглекислые и сернокислые соли натрия, калия, кальция и магния. Иодистые и аммонийные соли присутствуют в таких минимальных количествах, что большинством анализов вовсе не отмечаются. В грязи соли могут присутствовать как в растворенном состоянии, так и в твердом виде, если рассол, пропитывающий их, оказывается по отношению к отдельным солям в насыщенном состоянии.

2. Вещества, растворимые в кислотах. К ним относятся углекислые соли кальция и магния (реже железа), фосфорнокислые соли тех же металлов, гидраты окислов или самые окислы железа и алюминия и, наконец, некоторое количество кремнекислоты. Следует отметить, что количества кремнекислоты окисей железа и алюминия, отнесенные к этой части грязи, могут сильно варьировать в зависимости от того, какой кислотой (серной, соляной или азотной) обрабатывается ил, какой концентрации взята кислота и при каких условиях производится обработка, т. е. при какой температуре и сколько времени. До настоящего времени не существует стандарта выработанных условий определения растворимых в кислотах веществ. Исследователи применяют, главным образом, соляную кислоту, но разных концентраций (от 5 до 15%) при разной температуре (от комнатной до 100°) и при разной продолжительности времени (от 0.5 до 24 час.). Это обстоятельство очень затрудняет сравнение результатов анализа отдельных исследователей и возможность выводов из них. Однако, при определенном методе пересчета возможно до некоторой степени элиминировать влияние указанных переменных условий обработки грязи кислотами.

3. Нерастворимая в кислотах часть. Она включает в себе силикаты, содержащие калий, натрий, магний, кальций, железо и алюминий, а также кварцевый песок. Следует отметить, что нерастворимый в воде и соляной кислоте остов иловых отложений, заключающий в своем составе силикаты, содержит весьма значительное количество двуокиси кремния (SiO_2), достигающее до 85—90% от нерастворимой в воде и соляной кислоте части грязи.

4. Органические вещества. Эти соединения при обработке ила остаются, главным образом, в нерастворимой в кислотах части его. Чрезвычайно незначительная часть органических веществ попадает в воднорастворимую часть, и ее можно не принимать во внимание. Количество органических соединений, попавших в кислотную вытяжку, как и соединений кремния, железа и алюминия, зависит от условий обработки илов кислотами и от состава органической части ила. В большинстве случаев органические вещества поддаются разрушению и переходу в кислотную вытяжку в незначительных количествах.

Все составляющие ил вещества определяются методами обычного количественного анализа, причем условия применения их часто видоизменяются в более или менее значительной мере, в связи со своеобразностью и сложностью данного объекта анализа.

ТАБЛИЦА 1
Анализы лечебных грязей (в % на сырую грязь)

Компоненты	Шен-курск	Боль-шие Соли ³	Серги-евские мин. воды	Старая Русса	Осиленко (б. Бердянск)			Сакское озеро	Тинак-ское озеро	Туалуч-ное озеро	Там-бухан-ское озеро	Горькое озеро
					Боль-шое озеро	Красное озеро	Малое озеро					
I. Потери при высу-шивании до 180° . .	49.92	32.30 ¹	46.77 ¹	56.00 ¹	27.6	51.57	48.10	40.37 ¹	30.72 ¹	27.04 ¹	56.31	80.83 ¹
II. Веществ, раство-рых в H ₂ O	—	0.40	1.58	1.50	2.84	6.58	17.30	14.71	15.27	10.18	7.05	3.75
В том числе:												
Cl ¹	следы	0.11	следы	0.613	1.43	3.77	8.54	5.98	5.90	6.05	1.28	1.25
SO ₄ ¹¹	»	0.095	1.01	0.174	0.126	0.254	2.58	3.87	4.47	0.164	3.51	1.02
CO ₃ ¹¹	—	—	—	—	0.14	0.10	0.04	—	—	—	—	0.277 ⁴
Ca	следы	0.029	0.385	0.089	0.09	0.061	0.60	1.07	0.97	0.044	0.13	0.01
Mg	—	0.011	0.027	0.019	0.01	0.21	0.60	0.83	0.99	0.008	0.48	0.229
Na	—	0.06	следы	0.350	0.97	2.18	4.98	2.96	2.94	3.914	1.49	0.96
Al ₂ O ₃	—	—	—	0.013	—	—	—	—	—	—	—	—
Летучих и органич. веществ	—	0.10 ²	0.15	0.226 ²	—	—	—	—	—	—	0.16	—
В солях:												
CaSO ₄	—	0.106	—	0.244	0.18	0.207	2.04	3.60	3.22	0.149	0.44	0.03
CaCO ₃	—	—	—	—	0.10	—	—	—	—	—	—	—

¹ Вместе с Na₂CO₃. ² Потери при прокаливании. ³ Проба взята в 4 км от курорта, в с. Малые Соли на берегу р. Солоницы, в устье оврага Горшков. ⁴ HCO₃.

Продолжение табл. 1

Компоненты	Шенкурск	Большие Соли ³	Сергеевские мин. воды	Старая Русса	Осинкино (б. Бердлик)			Сакское озеро	Тинакское озеро	Тузлукское озеро	Тамбукское озеро	Горькое озеро
					Большое озеро	Красное озеро	Малое озеро					
CaCl ₂	—	—	—	0.047	—	—	—	—	—	—	—	—
MgSO ₄	—	0.024	—	—	—	0.111	1.43	1.60	2.76	0.086	2.38	1.13
MgCO ₃	—	—	—	—	0.04	0.14	0.05	—	—	—	—	—
MgCl ₂	—	0.02	—	0.074	—	0.56	1.17	2.00	1.69	—	—	—
Na ₂ SO ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.92	—
Na ₂ CO ₃	—	—	—	—	0.10	—	—	—	—	—	—	0.38 ⁶
NaCl	—	0.16	—	0.871	2.36	5.54	12.65	7.50	7.65	9.95	2.10	2.06
III. Веществ, растворимых в 5% HCl . . .	2.14	3.76	21.08	9.50 ⁵	10.76	18.59	20.15	19.61	12.00	7.43	7.53	3.88
В том числе:												
H ₂ S	0.02	0.169	0.058	0.653	0.036	0.072	0.04	0.238	0.145	0.08	0.361	0.155
CO ₂	0.78	0.71	5.85	2.220	4.98	7.30	6.24	2.92	0.78	2.15	1.10	1.099
SO ₃	0.07	—	2.53	0.171	0.06	0.175	2.47	5.43	4.01	0.234	0.083	0.119
P ₂ O ₅	0.054	—	0.041	0.193	0.03	0.06	0.08	—	0.07	0.069	0.036	следы
SiO ₂	0.02	0.21	0.26	0.075	0.23	0.372	0.40	0.36	0.38	0.45	0.26	0.37
Al ₂ O ₃	0.326	0.81	0.93	0.189	0.30	0.445	0.61	1.04	0.90	0.58	1.84	0.76
Fe ₂ O ₃	0.35	0.99	1.95	2.350	0.08	0.370	0.38	1.17	0.93	0.69	1.87	0.31
CaO	0.07	0.65	7.14	2.960	5.02	9.131	9.09	7.36	3.42	2.97	1.37	0.44
MgO	0.45	0.22	2.32	0.220	0.02	0.66	0.84	1.09	1.37	0.21	0.61	0.63
Летучих и органич. веществ	—	—	—	0.466	—	—	—	—	—	—	—	—

³ Проба взята в 4 км от курорта, в с. Малые Соли на берегу р. Солоницы, в устье оврага Горшков. ⁵ В 10 % HCl. ⁶ NaHCO₃.

Продолжение табл. 1

Компоненты	Шен-курск	Боль-шие Соли ³	Серги-евские мин. воды	Старая Русса	Осипенко (б. Бордянский)			Сакское озеро	Тыпак-ское озеро	Тузлуч-ное озеро	Там-букан-ское озеро	Горькое озеро
					Боль-шое озеро	Красное озеро	Малое озеро					
В солях:												
CaSO ₄	0.12	—	4.30	0.29	0.10	0.306	4.20	9.23	6.82	0.398	0.145	0.20
Ca ₃ (PO ₄) ₂	—	—	0.084	0.42	0.06	0.13	0.17	—	0.16	0.150	0.078	—
CaCO ₃	0.035	1.16	9.51	4.66	8.84	15.95	12.98	6.36	0.92	4.88	2.26	0.64
MgCO ₃	0.94	0.38	3.26	0.33	0.04	0.54	1.02	0.23	0.72	—	0.21	1.32
MgO	—	0.04	0.70	0.06	—	0.40	0.35	0.98	1.03	0.21	0.51	—
FeS	0.05	0.44	0.145	1.69	0.093	0.186	0.103	0.61	0.374	0.23	0.93	0.37
Fe ₂ O ₃	0.77	0.60	1.80	0.81	—	0.20	0.30	0.60	0.60	0.50	1.00	—
Al ₂ O ₃	0.326	0.81	0.93	0.18	0.30	0.45	0.61	1.04	0.90	0.58	1.84	0.76
SiO ₂	0.02	0.21	0.26	0.08	0.20	0.37	0.40	0.36	0.38	0.45	0.26	0.37
IV. Веществ, нерастворимых в 5% HCl . .	75.70	60.40	28.30	32.30 ⁵	59.53	22.90	13.90	24.10	41.20	55.00	29.18	10.00
V. Органических веществ	—	3.30 ²	2.60	1.30	—	—	—	0.69	0.52	0.89	—	1.30
Сумма	97.76	100.16	100.30	100.60	100.70	99.64	99.50	99.50	99.71	100.54	100.07	99.80
Класс, группа, подгруппа	2.1	2.1.1	1.11.1	4.1.1	1.1.1	1.1.1	1.11.2	1.11.1	1.1.1	1.1.1	1.11.1	1.11.1

² Потери при прокаливании. ³ Проба ваята в 4 км от курорта, в с. Малые Соли на берегу р. Солоницы, в устье оврага Горшков. ⁵ В 10% HCl . ⁷ Частично в виде фосфорнокислого.

ТАБЛИЦА 2

Гранулометрический состав остова

8

Водоемы	Грубый остов				Тонкий остов				Содержание остова	Глин. частиц <0.001 мм
	> 0,25 мм	0,25—0,05 мм	0,05—0,01 мм	Сумма	сред. 0,01—0,005 мм	мелкая 0,005—0,001 мм	глин. частиц < 0,001 мм	Сумма		
в % к остоу, не содержащему воды и солей										
Грубый остов										
Осиенко, Большое озеро	79.5	17.2	0.5	97.2	1.7	—	4.1	2.8	59.5	0.7
Шенкурск	8.5	71.4	11.2	91.1	5.0	—	3.9	8.9	75.7	2.9
Большие Соли	25.5	52.5	8.3	86.3	10.4	1.2	2.1	13.7	63.7	1.3
Туалучное озеро	47.7	17.7	11.3	76.7	14.1	1.7	7.5	23.3	55.9	4.1
Осиенко, Красное озеро	43.1	15.9	10.6	69.6	20.9	0.7	8.8	30.4	22.9	2.0
Тинаки	1.2	60.4	6.7	68.3	18.5	2.8	10.4	31.7	41.7	4.3
Старая Русса	0.1	18.6	38.8	57.5	20.9	10.3	11.3	42.5	33.6	3.8
Тонкий остов										
Крапига	19.2	11.2	12.3	42.7	34.6	6.4	16.3	57.3	34.6	5.6
Осиенно, Малое озеро	6.7	9.5	18.2	34.4	48.0	1.8	15.8	65.6	13.9	2.2
Сергиевские минеральные воды	2.3	8.6	21.1	32.0	33.9	6.9	27.2	68.0	30.9	8.4
Лобановское озеро	4.5	11.8	15.2	31.5	23.3	5.2	40.0	68.5	9.1	3.6
Голубицкое озеро	3.3	15.4	12.2	30.9	35.5	7.3	26.3	69.1	31.4	8.3
Оз. Мунды	9.1	9.7	8.4	27.2	37.3	8.6	26.9	72.8	16.9	4.5
Суджукская лагуна	1.1	11.2	12.9	25.2	37.1	11.7	26.0	74.8	14.6	3.8
Оз. Карьер	0.4	3.7	16.8	20.9	21.7	20.8	36.6	79.1	—	—
Оз. Горькое	—	2.6	16.0	18.6	41.3	17.5	22.6	81.4	10.0	2.3
Сани	1.0	2.1	12.9	16.0	40.5	8.6	34.9	84.0	24.8	8.6
Оз. Тамбукан	0.2	0.5	3.4	4.1	45.3	14.6	36.0	95.9	29.2	10.5

Первое Всесоюзное совещание по изучению соляных озер и их отложений в целях внесения единообразия в их изучение вынесло особое постановление, относящееся к методам анализа грязи (Звеницкий, 1929). Но, к сожалению, следует отметить, что это мало повлияло на унификацию применяемых методов.

В табл. 1 и 2 приводятся результаты анализа нескольких лечебных грязей. Месторасположение этих грязей показано на фиг. 1.

Что касается свойств илов, то таковые всецело связаны, во-первых, со степенью их дисперсности, или с соотношением количества частиц различного диаметра, и, во-вторых, с химическим составом их.

Вследствие чрезвычайного роста у поверхности частиц при их дроблении появляются свойства вещества, которые в обычных условиях имеют очень малую величину и поэтому незаметны, например поверхностная энергия и т. п. Если поверхность кубика в 1 см^3 массы M способна поглотить, например, (a) г какого-нибудь вещества, то при разрезании такого куба через 0.01 мм эта масса поглотит уже $6000 (a)$ г этого же вещества. В такой же степени возрастают и все те химические процессы, которые идут в гетерогенной среде, т. е. на поверхности раздела двух веществ: твердо-жидкого, твердо-газообразного и т. д. Отсюда становится ясным значение степени раздробления веществ и, в частности, илов, а также и метода определения величины частиц, составляющих ил.

Между тем до настоящего времени не существует разработанного достаточно удовлетворительного метода механического анализа илов. Прекрасно разработанные методы механического анализа для почв (метод Сабанина, Робинсона и ультразвука метод акад. Гедройца), хотя и применяются часто для анализа илов, все же не могут дать удовлетворительного результата. Дело заключается в том, что твердая фаза илов, нерастворимая в рассоле, покрывающем ил, от которой, главным образом, и зависят физико-химические ее свойства, претерпевает весьма сильные изменения в своей структуре при таких грубых воздействиях на нее, как кипячение или действие больших количеств воды, берущейся на размучивание. Это при исследовании ила является, между прочим, одним из самых больших недостатков, в значительной мере тормозящим развитие его изучения и понимание свойств и процессов, происходящих в грязи. На данный вопрос должно быть обращено самое серьезное внимание исследователей.

В отношении самих свойств илов отметим следующее. Иловые отложения представляют очень сложный комплекс, заключающий в себе солевые рассолы и нерастворимые в воде вещества очень сложного состава, часто с силикатным остовом. Уже одно присутствие последнего и та относительная легкость, с какой силикатное ядро во многих случаях реагирует с различными растворами, очень сильно затрудняют исследование илов и выявление влияния различных факторов на их свойства. Еще большее осложнение вносит то обстоятельство, что многие образцы ила содержат значительную массу очень мелких частиц и коллоидных составных частей; вследствие этого и самые илы приобретают коллоидные свойства, которые меняются не только в зависимости от химического состава данного вещества, но и от внешних условий (концентрация раствора, нагревание, воздействие реактивов и т. д.).

Как коллоидные, так и вообще физико-химические свойства иловых отложений до настоящего времени изучены весьма мало. Между тем, многие из них представляют не только теоретический интерес с точки зрения характеристики иловых отложений (влагоемкость), но и практический для расчета промысловых сооружений при эксплуатации илов. Из физико-химических свойств пока до некоторой степени исследована и выработана удовлетворительная методика для следующих определений: 1) вязкость — вы-

КАРТА

ПОЛОЖЕНИЯ ВАЖНЕЙШИХ
ГРЯЗЕВЫХ ОЗЕР
СССР

МАСШТАБ

150 0 150 300 450 600 750 км

● — Грязевые озера



Фиг. 1. Карта положения важнейших грязевых озер СССР.

методом А. Ф. Сагайдачного или М. И. Равича, 3) набухание — обычным методом, 4) водопроницаемость — методом А. Ф. Сагайдачного, 5) адсорбционная способность — обычным методом взбалтывания и определения остаточной концентрации. Диффузионная способность, хотя и является величиной чрезвычайно важной, изучена пока весьма мало.

Под вязкостью, или внутренним трением различных веществ, понимают то сопротивление, которое оказывает поверхность одного слоя вещества при движении вдоль него другого. Численно она выражается той силой, которую надо приложить к слою вещества в 1 см^2 , чтобы он приобрел скорость 1 см в 1 сек. по отношению к расположенному от него на расстоянии 1 см другому слою того же вещества, находящемуся в полном покое, при условии, конечно, что промежуток между слоями заполнен тем же веществом. Численно в абсолютной системе единиц вязкость, обозначаемая обычно греческой буквой η , выражается в динах на 1 см^2 в 1 сек. Методы определения этой величины довольно разнообразны. Не останавливаясь на их описании (Сагайдачный, 1933), отметим, что эта величина колеблется для илов в очень широких пределах — от 300 до 9000 абсолютных единиц и выше.

Даже для одного и того же образца эта величина может сильно колебаться в зависимости от условий взятия его, количества содержащейся в нем воды и т. д. При определенных условиях вязкость является весьма важной характеристикой ила в смысле его физико-химического состояния, условий использования и применения при эксплуатации тех или иных механизмов.

Другим не менее важным для характеристики илов свойством является их влагоемкость, т. е. количество воды, которое они способны удерживать в себе при определенных условиях.

Обычно результаты определений влагоемкости выражают в виде общей влагоемкости или относительной влагоемкости. В первом случае числовое выражение влагоемкости будет тождественно процентному содержанию воды. Не следует смешивать процентное содержание воды, приводимое в обычных анализах, и процентное содержание ее, выражающее влагоемкость. В анализах илов эти величины будут только тогда тождественны, когда перед анализом грязь обрабатывается одним из методов для определения влагоемкости, что не всегда желательно. Самые же образцы могут содержать случайные количества воды в зависимости от условий взятия пробы. Поэтому величину влагоемкости лучше определять и указывать отдельно, независимо от анализа.

Общая влагоемкость колеблется в значительной мере и, в частности, зависит от количества солей, содержащихся в рассоле, и от других причин.

Большой интерес представляют цифры относительной влагоемкости, показывающие то количество воды, которое способны удерживать 100 частей нерастворимого в воде ила, что гораздо лучше, в соляной кислоте остатка ила.

В табл. 3 приведены данные, перечисленные указанным способом на нерастворимую в соляной кислоте часть.

При сравнении цифр табл. 3 сразу становится ясным, что для данных опытов влагоемкость ила в пределах ошибки определений не зависит от солености рассола и является характерной величиной. Действительно, влагоемкость озерного ила составляет 650, для бассейного — около 200, т. е. в три раза меньше, а для почвы и глины района Мойнакского озера — меньше 100. Величина влагоемкости, несомненно, связана с коллоидным состоянием илов, а следовательно и с той частью их, которая имеет частицы очень малого размера. Так как иногда в илах присутствуют случайные крупные части или органические остатки (водоросли), что может исказить результаты, в некоторых случаях производят определения влагоемкости с образцом ила, пропущенным через сито. Результаты обоих определений представ-

ТАБЛИЦА 3

Относительная влагоемкость мойнакских грязей

Рассол, смачивающий грязь	Ил Мойнакского озера			Грязь бассейнов Мойнакской грязелечебницы		Взятые возле Мойнакского озера	
	1 1927 г.	2 1927 г.	3 1928 г.	1 № 13	2 № 13	аллю- виальная почва	делю- виальная глина
12° Вé	650	671	559	178	—	86.8	—
26° Вé	655	677	551	177	229	90.6	75.1

ляют интерес и при сопоставлении их с данными анализа, вязкости, просеивания через сито и т. д. могут дать материал для вполне определенных выводов.

Следующим интересным и важным свойством является водонепроницаемость или рассолонепроницаемость иловых отложений. Она представляет собой не только интересную величину, характеризующую коллоидное состояние илов, но и важный технический фактор, так как во многих случаях илы употребляются для промыслово-строительных сооружений в качестве водо- или рассолонепроницаемого материала. Под водо- или рассолопроницаемостью понимают способность иловых отложений более или менее быстро проводить через определенный слой некоторое количество воды или рассолов.

Предположим, что имеется слой ила высотой h и над ним слой воды или рассола, который через него проходит. Тогда водо- или рассолопроницаемость X можно определить тем количеством жидкости a с вязкостью η , которое успевает пройти за время t под влиянием давления слоя воды p через площадь S и высоту h , т. е.

$$X = \frac{ah\eta}{tSp}$$

Другими словами, водопроницаемость будет тем больше, чем большее количество жидкости успеет пройти большую высоту за меньший промежуток времени через меньшую площадь под влиянием меньшего давления. По этой формуле водопроницаемость может быть количественно выражена в граммах воды, если h , η , t , S и p равны единице, т. е. численно она будет равна граммам воды (если условно ее вязкость принять за единицу), проходящим в 1 сек. через слой в 1 см и с площадью сечения в 1 см² под влиянием единицы давления 1 г/см². Это количество может быть измерено, или непосредственно путем собирания и взвешивания прошедшей жидкости или по убыли массы жидкости над веществом.

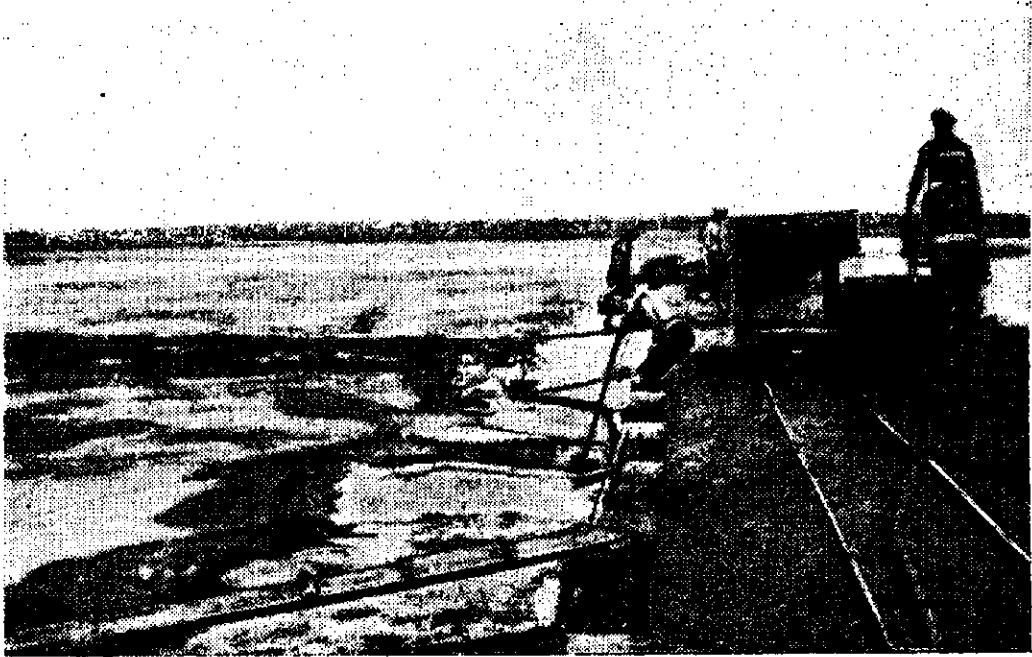
Величина водопроницаемости для илов может колебаться в значительных пределах в зависимости от их дисперсности. Обычно для образцов мелкодисперсных илов она колеблется в пределах $1 \cdot 10^{-7}$ — $1 \cdot 10^{-10}$.

Наконец, весьма важным физико-химическим свойством иловых отложений как со стороны их изучения, так и с лечебной, технической и других сторон является адсорбционная их способность. Явление адсорбции заключается в том, что всякое твердое (а иногда и жидкое) тело, приходя в соприкосновение с жидкими или газообразными веществами, поглощает их своей поверхностью в большей или меньшей степени в зависимости от условий. При этом количество вещества, поглощенного единицей веса поглощающего вещества, находится в сложной зависимости от оставшейся концентрации его.

Вообще следует отметить, что адсорбционная способность илов очень высока. При этом поглощению подвергаются самые разнообразные вещества: неорганические соли, растворенные в воде, краски и даже живые микроорганизмы (Рубенчик и Гойхерман, 1932). Быть может, последним обстоятельством и объясняются многие свойства грязи и то, что в рапе над ней почти нет бактерий.

Взятие образцов ила для исследования производится весьма различно в зависимости как от условий его залегания (например, глубина покрывающей ил воды), так и от взглядов на этот вопрос данного исследователя. Некоторые указания в этом отношении даны I Всесоюзным совещанием по изучению соляных озер и их отложений.

Многие исследователи берут образцы ила или простым зачерпыванием ковшом, или лотом, или прибором А. Ф. Сагайдачного.



Фиг. 2. Эстакада для отвоза грязи на берег.

До настоящего времени рапа озер и иловые отложения и, в частности, грязевые отложения применяются в двух областях народного хозяйства: 1) при переработке природных рассолов и добыче из них различных солей бассейным методом (поваренной соли, тенардита, астраханита, соды, магниевых солей, брома и иода) и 2) в медицине при лечении различных заболеваний.

При использовании илов с медицинской целью (в этом именно случае илы и получили название лечебных грязей) их приходится добывать из озера или специальных бассейнов. Добываются грязи из водоема различными способами в зависимости от местных условий (например, в зависимости от глубины воды над грязью), но обычно весьма примитивно.

На некоторых озерах с небольшим слоем рапы, покрывающей грязь (до нескольких десятков сантиметров), последняя добывается следующим образом.

С берега вглубь озера прокладывается эстакада, по которой проводится иногда узкоколейка. Рабочие входят в озеро, набирают грязь лопатами и относят на эстакаду, где сваливают ее либо на обыкновенные деревянные тачки, либо в небольшие (около 1 м³) вагонетки, на которых грязь отвозится в грязелечебницы (фиг. 2—5).

Иногда, чтобы не переносить часто эстакаду с места на место и захватить около нее больший район, грязь вывправляют предварительно на плоты, на которых она подвозится к эстакаде.



Фиг. 3. Перевозка грязи в вагонетках конной тягой.



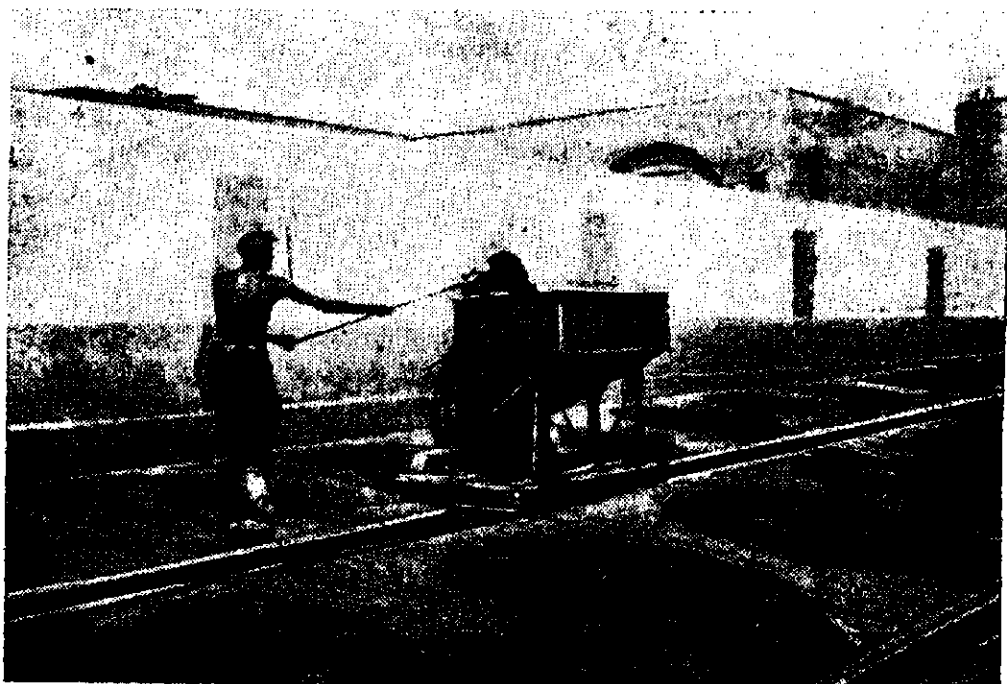
Фиг. 4. Выборка грязи из бассейна и переноска на эстакаду.

В грязелечебнице грязь, в зависимости от принятого метода лечения, подвергается весьма небольшой, главным образом термической, обработке. В некоторых грязелечебницах к грязевой массе, предназначенной для лечения, прибавляется поваренная соль или рассол, более концентрированный чем тот, который находится в самом озере.

После использования грязи с лечебной целью она в большинстве случаев возвращается в озеро или в специальные грязевые бассейны, где и хра-

нтся обычно в течение не менее двух лет, после чего вновь используется для грязевых процедур. Таким образом, одна и та же грязь может служить очень большое количество раз. Во всяком случае потери грязи неизбежны, но они очень невелики. Грязь теряется в процессе перевозки, размазывания по площадкам или брезенту, смывания с тела больных и т. п. Как невелики эти потери по сравнению с общей массой грязи в бассейнах, можно видеть из следующего простого расчета.

Водный бассейн в 2 км² считается очень большим. Между тем при средней толщине грязи, могущей быть использованной кустарным способом, в 0.5 м он содержит 1 000 000 м³ грязи. С другой стороны, грязелечебница на 10 000 больных в год является уже большим предприятием. Для прове-



Фиг. 5. Уборка грязи из грязелечебницы для возврата в бассейн после использования.

дения такого количества больных потребуется 9000 м³ грязи. Если считать, что в процессе грязеоборота теряется 10% грязи, то это составит лишь 900 м³ грязи в год, что по отношению всей грязи составит всего около 0.1%. Таким образом, вышеприведенного запаса грязи должно хватить почти на 1000 лет.

Подсчитать существующие запасы иловых отложений в СССР в настоящее время невозможно, так как даже во многих соляных озерах, где они уже эксплуатируются с промысловой или лечебной целью, ни район их распространения, ни в особенности глубина залегания неизвестны. Можно лишь ориентировочно сказать, что в количественном отношении СССР — первая и единственная страна в мире по мощности запасов илов и грязей.

Если бы явилась необходимость в ближайшие годы увеличить пропускную способность существующих грязелечебниц в 10 раз, то это легко можно было бы сделать за счет уже известных запасов грязевых отложений.

Если же принять во внимание еще неразведанные запасы и то, что процесс плообразования может быть искусственно ускорен во много раз, станет ясным, что СССР обладает в этом отношении по существу неисчерпаемыми возможностями.

Искусственное воспроизведение, или синтез грязи, интересно еще в одном отношении. Дело в том, что в настоящее время для грязелечения пользуются естественным илом в том состоянии, в котором он находится в данном

соляном бассейне. В зависимости от характера ила медицина для своих целей пользуется различными методами лечения (метод солнечного нагрева, аппликационный, паронагрев, болтушки и т. п.). Какой из них лучше и в каких случаях — судить совершенно невозможно. При достаточном изучении этого вопроса, при достаточном изучении процесса илообразования и лечебных факторов грязи является совершенно реальной возможность искусственного синтеза илов с совершенно определенными физико-химическими и физическими свойствами. Это несомненно улучшит и постановку грязелечения и постановку грязевого хозяйства, что особенно важно в виду того, что СССР — единственная страна, где грязелечебное дело получает широкое развитие и приобретает планомерный характер.

Как видно из изложенного, рациональное техническое использование илов целиком связано с разворотом, с одной стороны, бассейного метода переработки рассолов на добычу различных солей и, с другой — с плановым развитием грязелечения.

В настоящее время правильной по существу технической эксплуатации илов нет. Весьма возможно, это объясняется тем, что до последнего времени изучение илов ограничивалось только их химическим анализом и определением радиоактивности. Лишь с 20-х годов этого столетия начинается более или менее систематическое и глубокое изучение их. Но и в настоящее время разворот работ все еще далеко недостаточен. Помимо изучения генезиса и состава илов, необходимо более глубокое изучение их физико-химических и лечебных свойств. Кроме того, совершенно необходимо изучение их мощности, геологических и гидрологических условий залегания и ряда других условий.

Поступило 3.V.1939 г.

А. Ф. Сагайдачный

ЛИТЕРАТУРА

- Будрик В. М. Материалы по изучению Тамбуканского озера. Пятигорск, 1926.
- Бурксер Е. С. Физико-химические исследования регенерации отработанной грязи. Тр. 5 Всес. съезда по курортн. делу. М., 1926; Тр. Всеукр. бальнеол. физ.-терап. инст. Одесса, 1932, 1.
- Солоні озера та лимани України. Киев, 1928.
- Соленые озера Украины. Одесса, 1930.
- Опыт исследования состава связывающих веществ лечебных грязей. Украин. хім. журн., 1924, 1, кн. 3.
- Вериго А. А. О влиянии микроорганизмов на образование лиманной грязи. Отчет о деят. Одесск. бальнеол. общ., 1888, вып. 3.
- Характер химических реакций, вызывающих образование лиманной грязи. Отчет о деят. Одесск. бальнеол. общ., 1887—1892, вып. 4.
- Егуннов М. Сернистое железо и водная окись железа в почвах лиманов и Черного моря. Ежег. геол. и мин. России, 1897, 2.
- Ефремов Н. Н. О составе грязи, рапы и соли Эльтонского озера. К исследованию озер юга России. Мат. ком. по изуч. ест. произв. сил. 1919.
- Звоницкий Н. С. Грязелечение. М.—Лг., 1928.
- Исаченко Б. Л. Микробиологические исследования над грязевыми озерами. Тр. Геол. ком., нов. сер., 1927, вып. 148.
- Кашинский П. А. К методике исследования минеральных грязей. Гидрохим. мат., 1915, 1, вып. 1 и 2.
- К вопросу о программе и методах исследования лечебной грязи. Гидрохим. мат., 1917, 3, вып. 1 и 2.
- Лечебные грязи на Северном Кавказе. Изд. Акад. Наук, сер. научно-популяр., 1935.
- Кашинский П. и Славский Н. Методы химического анализа соленой воды и озерной грязи. Гостехиздат, 1931.
- Курнаков Н. С. и Жемчужный С. Ф. О метаморфизации соляных рассолов. Отч. ком. по изуч. ест. произв. сил России, 1917, 9.
- Курнаков Н. С. и др. Соляные озера Крыма. Изд. Акад. Наук, 1936.
- Пастак С. А. и Игнатович З. А. Библиография о Саках. Сб. Саки-курорт, 1935, вып. 1; 1939, вып. 2. Симферополь. (Библиография содержит 825 названий.)
- Пель А. К вопросу образования целебных грязей. Врач, 1887, № 3.

- Перфильев Б. В. К вопросу о рациональном грязевом хозяйстве. Курортн. дело, 1925, № 7—8.
- Протокол заседания комиссии по стандартизации и унификации методов анализа рапы, соляных отложений, минеральных вод и пр. 27. IV, 1928 г. Изв. инст. физ.-хим. анал., 1930, 4, № 2, 509.
- Рубенчик Л. И. и Гойхерман Д. Г. Микробиологическое исследование отработанной и регенерируемой лечебной грязи. Тр. Всеукр. инст. курорт. и бальнеол. Одесса, 1933, 2.
- Сагайдачный А. Ф. Регенерация использованной лечебной грязи. Курортное дело, 1926, № 12.
- К вопросу о режиме грязевого хозяйства. Тр. Гос. инст. прикл. хим., 1927, вып. 5.
- Обзор работ исследовательской лаборатории Управления санаториями Цус-страха в г. Евпатории. Изв. Инст. физ.-хим. анализа, 1930, 4, № 2.
- Введение в изучение иловых отложений соляных водоемов. Госхимтехиздат, 1933.
- Сидоренко М. Петрографические данные по современным отложениям в Хаджибейском лимане. Зап. Новорос. общ. ест., 1901, 24.
- Синани С. С. Об адсорбционной способности лечебной грязи. Тр. Крым. научно-иссл. инст., 1928, 2, вып. 1.
- Славянов Н. Н. Материалы по геологическому изучению Тамбуканского озера Мат. общ. и прикл. геол., 1926, вып. 41.
- Гидрогеологический очерк Чумбуркского озера. Изв. Русск. геогр. общ., 1929, 2.
- Тр. Всеукраин. бальнео-физ.-терапевт. инст., Одесса (с 1933 г. — Тр. Всеукр. инст. курорт. и бальнеол.).
- Хрисанфов Н. Е. Указатель русской научной литературы по курортному делу за период с 1918 г. по 1926 г. Курортн. дело, 1927.
- Щукарев С. А. К вопросу о химизме грязеобразовательных процессов в водоемах Старой Руссы. Курортн. дело, 1925, № 11—12.
- Щукарев С. А., Косман С. К. и Косман О. М. Опыт сравнительного изучения лечебных грязей. Тр. гос. центр. инст. курортологии, 1929, 2.
- Щукарев С. А., Косман С. К. и Пигулевский В. В. К исследованию Старорусской лечебной грязи. Курортн. дело, 1926, № 11.

Много работ, относящихся к изучению грязевых озер, опубликовано в следующих изданиях:

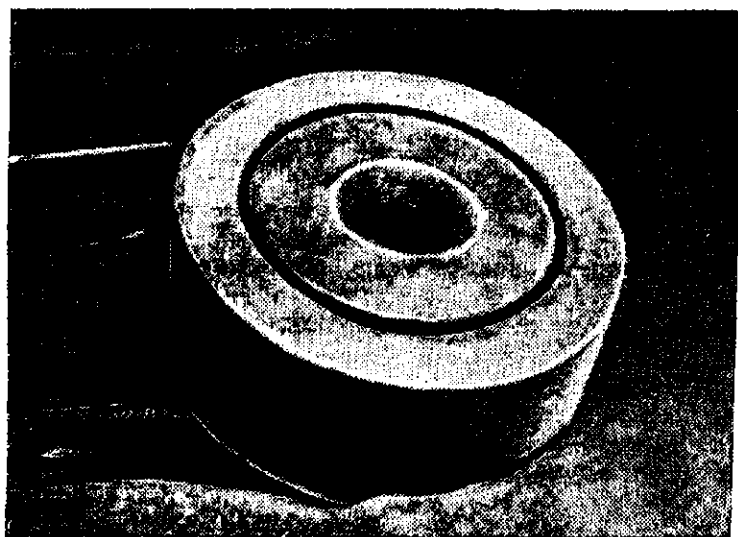
1. Гидрохимические материалы. Новочеркасск, Научно-исследовательский гидрохимический институт.
2. Курортное дело (с 1929 г. — Курортно-санитарное дело). Москва.
3. Труды Центрального государственного бальнеологического института на Кавказских Минеральных Водах. Пятигорск.
4. Труды Государственного центрального института курортологии. Москва.

ДЕФИБРЕРНЫЙ КАМЕНЬ

Pulpstone (англ.). Meule (франц.). Holzschleifstein (нем.)

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Дефибрерный камень представляет собою горную породу, которая, благодаря ее специфическим свойствам и строению, служит для получения орудий дефибрирования, т. е. расщепления древесины на волокна в процессе



Фиг. 1. Естественный дефибрерный камень.

производства основного бумажного полуфабриката — древесной массы. Эта горная порода представляет собою разновидность песчаников, отличающуюся определенным минеральным составом, структурой и физическими свойствами, придающими ей дефибрирующую способность. Она состоит из скрепленных цементирующим веществом зерен кварца с небольшим количеством полевых шпатов и других минералов.

Термин «дефибрерный камень», подобно ряду других, принятых в прикладной минералогии и петрографии терминов (жерновой камень, точильный камень, полировальный сланец, кровельный сланец и т. п.), связан с специфическими особенностями горной породы и ее промышленным использованием.

Месторождения и свойства дефибрерных камней мало изучены. Несмотря на широкое промышленное применение, рациональная методика исследования дефибрерного камня до последнего времени отсутствовала, а представления о связи дефибрирующей способности с физическими свойствами были недостаточно ясными. Систематические исследования дефибрерных камней произведены только в последнее время в СССР.

Основными свойствами дефибрерного камня, как показали эти исследования, являются:

- 1) достаточно высокое содержание кварца,
- 2) определенные для различных типов камней дисперсность и структура (гранулометрический состав),
- 3) достаточная пористость,
- 4) твердость, лежащая в определенных пределах,
- 5) достаточная механическая прочность,

6) однородность минерального состава и структуры, отсутствие прослоек, отличающихся по физическим свойствам, трещин, рыхлых мест и т. п.

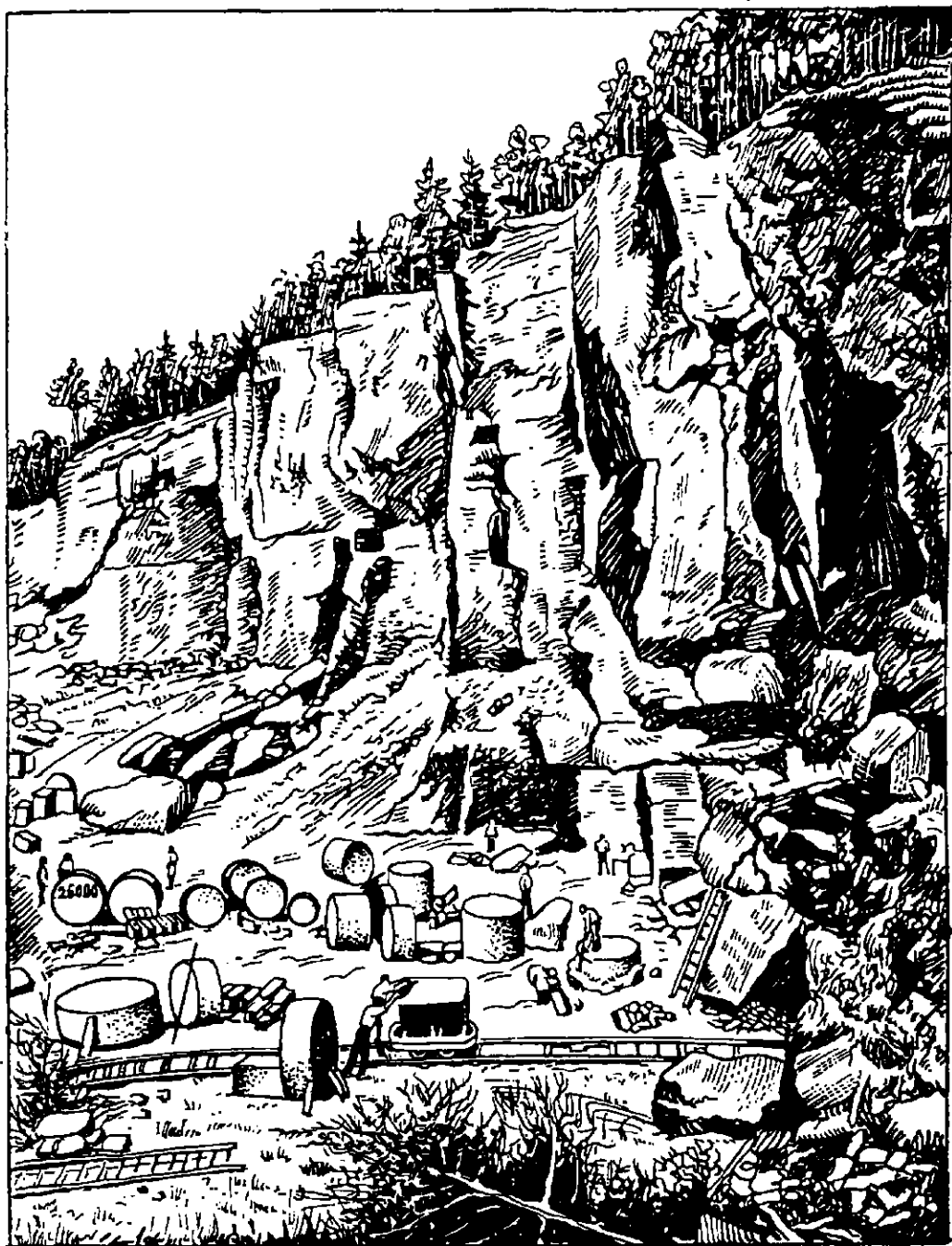
2. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗА ГРАНИЦЕЙ И В СССР

Месторождения за границей

Основные месторождения дефибрерного камня за границей находятся в Германии, Англии и США; второстепенные — в Канаде. В 1925 г. месторождения дефибрерных камней открыты и в СССР.

Важнейшие *германские месторождения* дефибрерного камня находятся в Саксонии. В окрестностях г. Пирны вблизи р. Эльбы расположен ряд карьеров (фиг. 2), на которых давно ведется добыча дефибрерного камня и поставлено производство природных дефибреров.

В *Англии* важнейшие месторождения дефибрерного камня сосредоточены в районах Ньюкестля и в Дербишайре.



Фиг. 2. Месторождение дефибрерных камней в Пирне (Саксония).

В США месторождения природного дефибрерного камня разрабатываются в штатах Западная Вирджиния, Огайо и Вашингтон.

В связи с затруднениями в снабжении канадской бумажной промышленности дефибрерными камнями из Англии, Горным бюро Канады во время мировой войны 1914—18 гг. произведены исследования ряда месторождений канадских песчаников с целью замены находивших себе широкое распространение в Канаде английских камней. Значительного развития, однако, добыча дефибрерного камня в Канаде не получила.

Месторождения в СССР

Украинская ССР

Основным районом добычи природного дефибрерного камня в Союзе является Приднестровье на Украине. Здесь в районах городов Могилев-Подольский и Ямполь на некоторых месторождениях силурийских песчаников раньше в значительном количестве, а теперь в небольшом объеме ведется добыча дефибрерного камня (на ряду с производством точильных камней).

Основными месторождениями, на которых производилась промышленная и опытная добыча дефибрерного камня, в этом районе были: 1) Поганая Дорога у с. Мервенцы; 2) Ивановский Лес — у с. Ивановка; 3) Ивановка (карьеры №№ 1 и 2); 4) Букатынка (Липа Яловая) и 5) Нижне-Ольчедаев. Тонкозернистые дефибрерные камни добывались в небольшом количестве в опытном порядке из месторождения у с. Русово (карьеры Красовщина и Писаревский Яр).

Месторождение Поганая Дорога у с. Мервенцы, служившее основным источником добычи и производства естественных дефибреров, находится на левом берегу притока Днестра — р. Мурафы. Оно сложено из ряда пластов дефибрерного и точильного камня крупной и средней зернистости.

Схематически карьер Поганая Дорога может быть разделен на три части: Мервенецкую, Среднюю и Бушанскую. На месторождении Мервенцы возможна добыча блоков песчаника большого размера, из которых получали дефибреры диаметром до 1500 и высотой до 700—800 мм и более.

Месторождение Ивановский Лес расположено на правом берегу р. Мурафы; здесь возможна добыча более тонкозернистых дефибрерных камней.

Месторождение Ивановка находится также на р. Мурафе. Песчаники этого месторождения отличаются большей твердостью, чем дефибрерные песчаники Мервенцов.

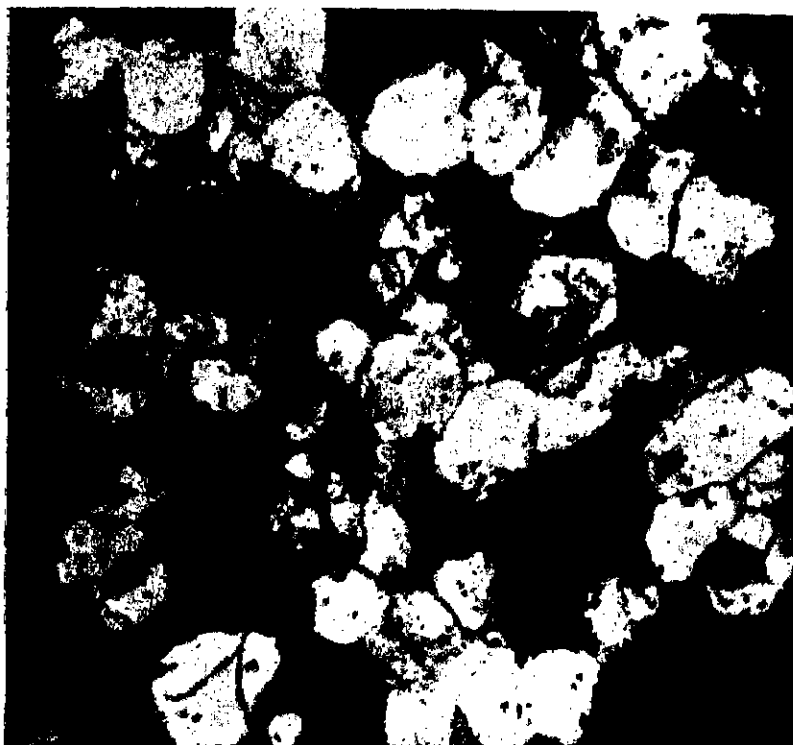
Месторождение Букатынка (карьер Липа Яловая) содержит дефибрерные песчаники значительно более тонкозернистые, чем Мервенцы и Ивановка.

Месторождение Нижне-Ольчедаев расположено вблизи железнодорожной станции того же названия ж.-д. ветки Жмеринка—Могилев-Подольский. Здесь, на ряду с жерновым камнем и небольшим количеством точильных камней, добывался также дефибрерный песчаник.

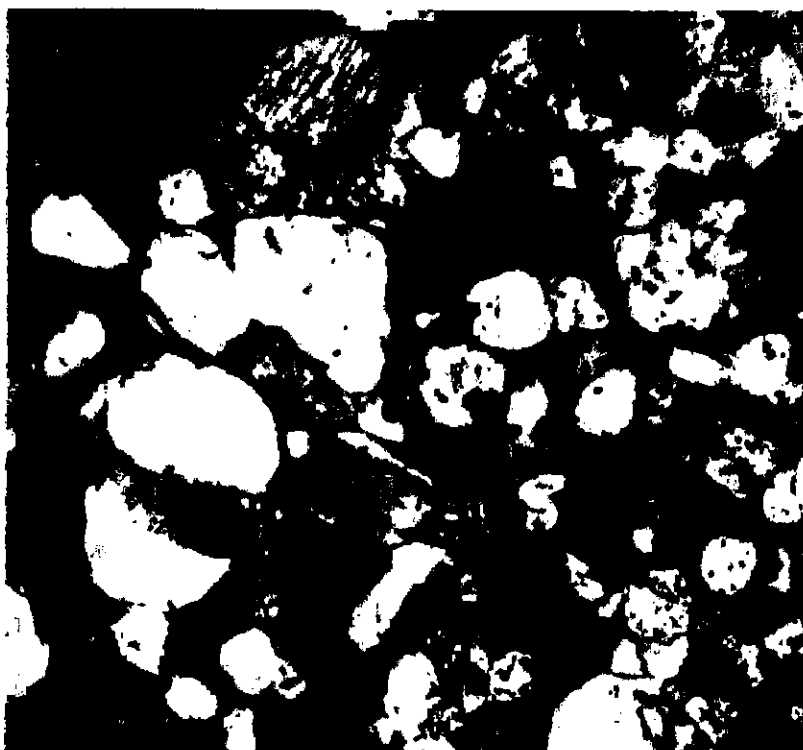
Месторождение Русово (вблизи г. Ямполь) сложено из тонкозернистых песчаников, структура которых приближается к английским и американским дефибрерным камням. В двух карьерах у с. Русово (Красовщина и Писаревский Яр) производилась добыча тонкозернистого дефибрерного камня в опытном порядке.

Башкирская АССР

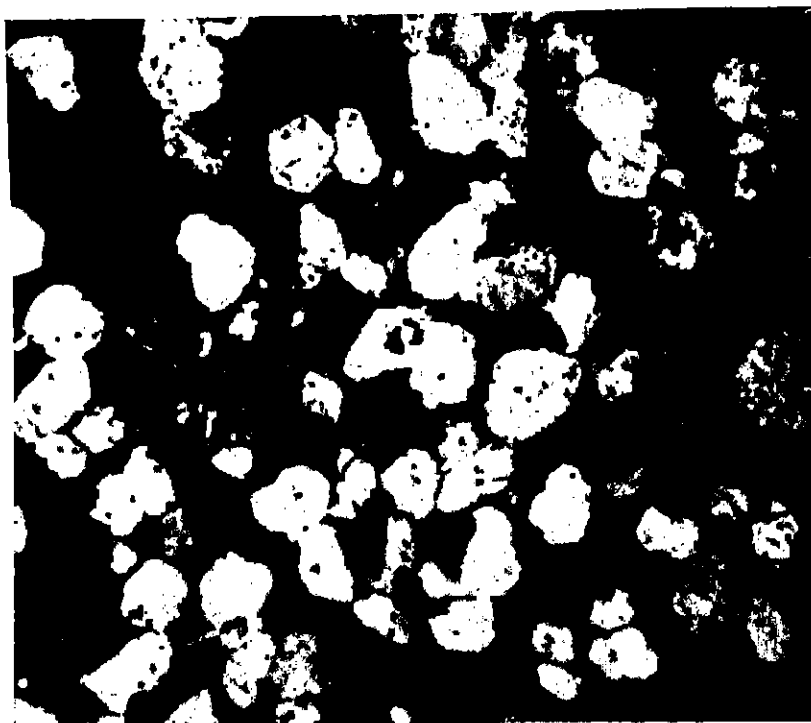
В незначительном масштабе дефибрерный камень добывался также в Башкирии, на месторождении Кара-тау (для бумажной фабрики Красный ключ. Месторождение Кара-тау изучено мало. Оно давало, очевидно,



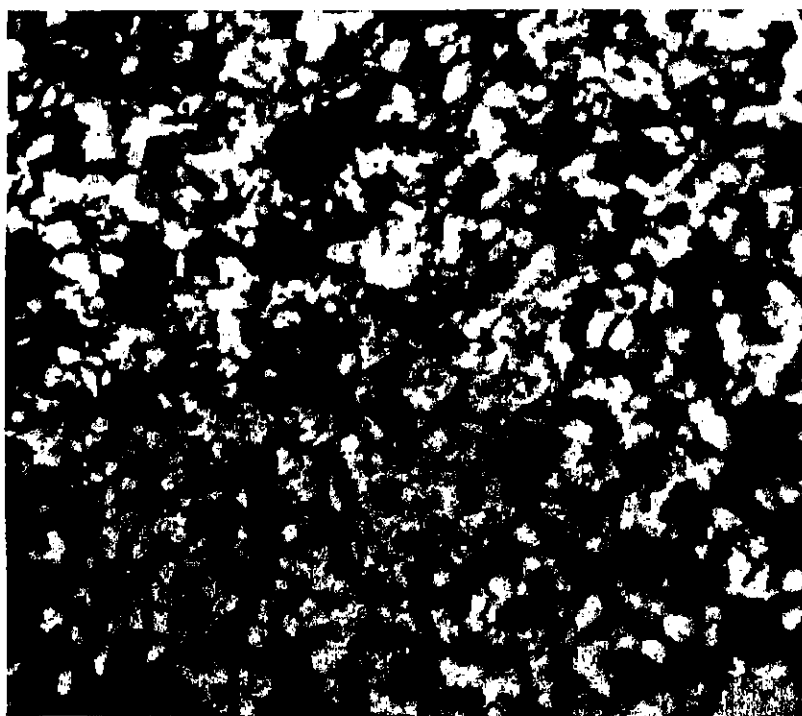
Фиг. 3. Дефибрерный камень из карьера Поганая Дорога у с. Мервенцы на р. Мурафе. Мервенецкая сторона, верхний пласт. $\times 20$.



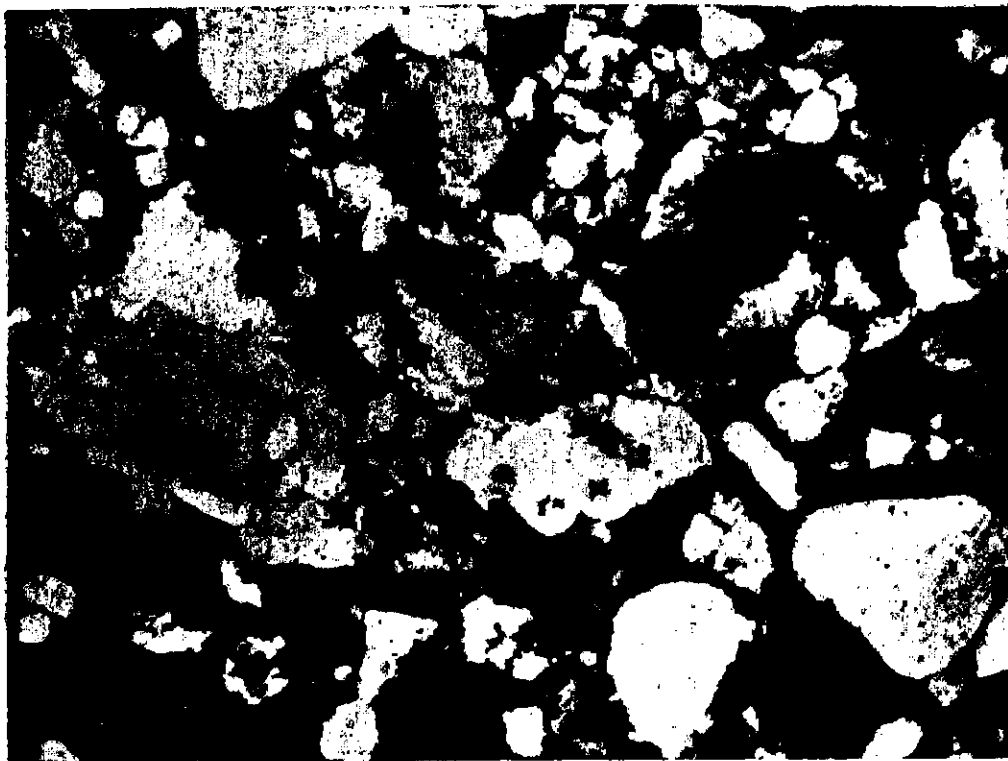
Фиг. 4. Дефибрерный камень из месторождения Мервенцы. Бушанская сторона карьера. $\times 20$.



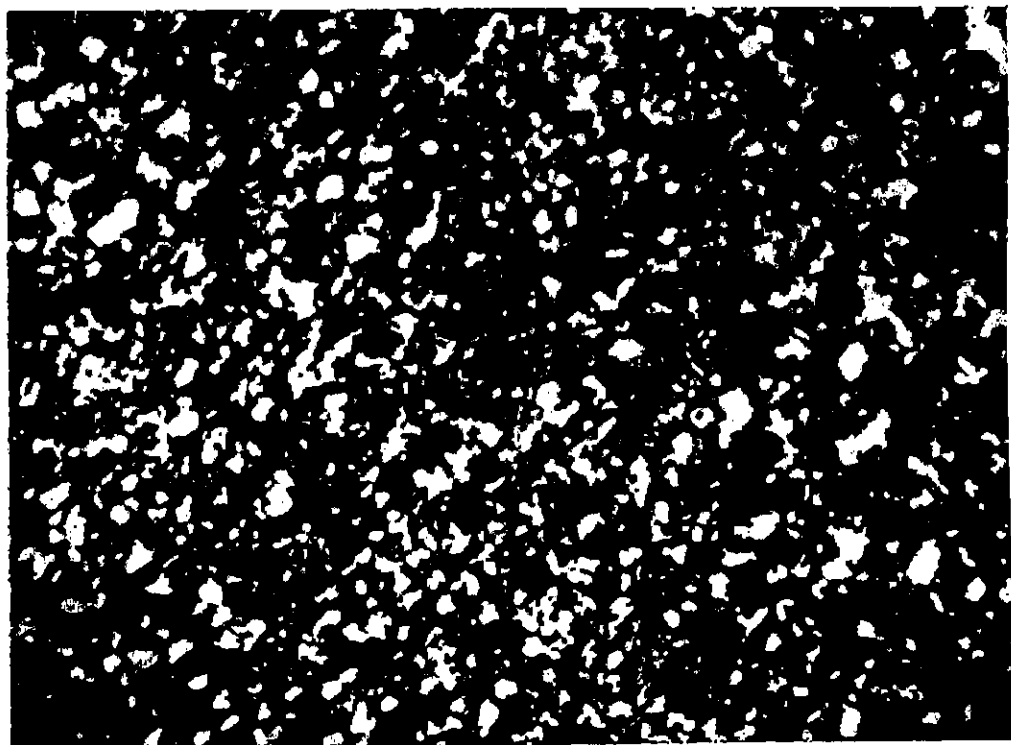
Фиг. 5. Дефибрерный камень из месторождения Бука-
тынка (Липа Яловая). $\times 20$.



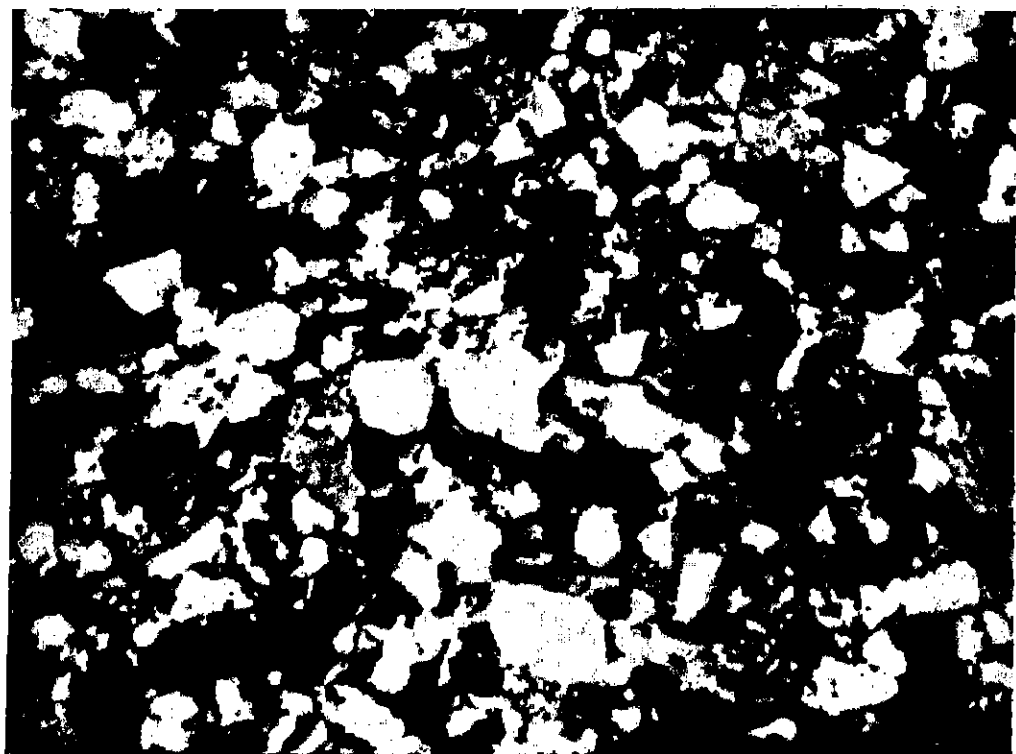
Фиг. 6. Дефибрерный камень из карьера Красовщина у
с. Русово. Средняя часть карьера, 2-й пласт. $\times 20$.



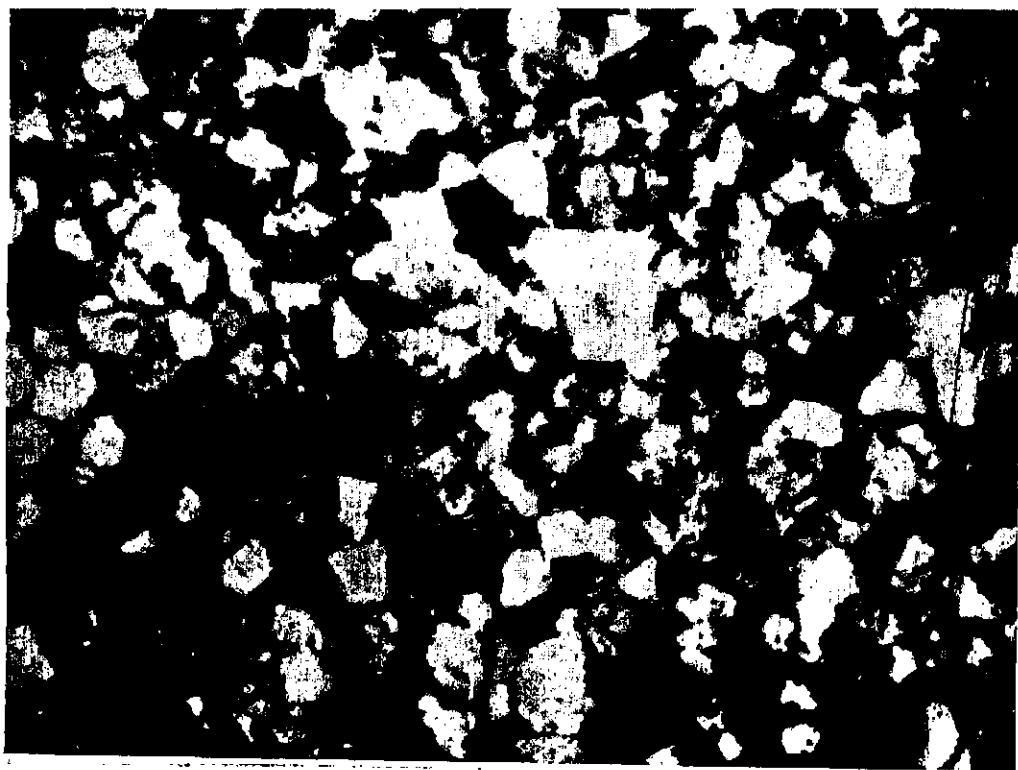
Фиг. 7. Дефибрерный камень из месторождения Пирна в Саксонии, марка Т₃. $\times 20$.



Фиг. 8. Дефибрерный камень Ломбард № 2. $\times 20$.



Фиг. 9. Дефибрерный камень Constitution Stone Co. $\times 20$.



Фиг. 10. Дефибрерный камень Smallwood Stone Co. $\times 20$.

худшие, по сравнению с импортными германскими и позже добывавшимися советскими приднестровскими, дефибрерные камни. В настоящее время добыча природных дефибрерных камней в Башкирии не производится.

3. СВОЙСТВА ДЕФИБРЕРНЫХ КАМНЕЙ

Минеральный состав. Качество естественных дефибрерных камней определяется содержанием кварцевых зерен, являющихся их основным абразивным (дефибрирующим) компонентом. На ряду с этим важное значение имеют также содержание и свойства примесей и цементирующего вещества.

ТАБЛИЦА 1

Химический состав некоторых германских и английских дефибрерных камней (в %)

Компоненты	Германия	Англия			
	Месторождение близ Пирны	Месторождение Darley Dale	Месторождение Stoke	Месторождение Spring- well	Месторождение Windy- Nook
SiO ₂	96.45	96.40	86.70	86.04	84.80
Al ₂ O ₃	0.28	} 1.30	7.59	} 8.80	9.70
Fe ₂ O ₃	1.57		1.36		
CaO	0.17	0.36	0.20	1.67	0.58
MgO	0.06	—	—	0.19	0.18
Na ₂ O + K ₂ O	—	—	2.61	2.30	2.04
H ₂ O	—	1.94	1.45	0.30	0.60
Органическое вещество	—	—	—	1.70	2.10
Пот. при прок.	1.35	—	—	—	—

Минеральный состав дефибрерных камней до известной степени характеризуется их химическими анализами. Химический состав некоторых из иностранных камней приведен в табл. 1. По дефибрерным камням СССР можно привести только химический состав башкирских камней (Кара-тау) (табл. 2), поскольку у нас для определения их качества химический анализ, как правило, не применяется.

ТАБЛИЦА 2

Химический состав дефибрерных камней Кара-тау (в %)

Советские дефибрерные камни месторождений Приднестровья состоят в основном из более или менее окатанных зерен кварца и небольшого количества микроклина, ортоклаза и пр.

В частности, камни из месторождения Мервепцы состоят из равномерных окатанных зерен кварца и небольшого количества микроклина, ортоклаза и пр. Редко встречаются зерна плагиоклаза (фиг. 3). Песчаник с Бушанской

стороны карьера состоит из неравномернозернистых окатанных зерен кварца, среди которых встречаются окатанные агрегаты мелких частиц неправильной формы (фиг. 4). Полевые шпаты частично каолинизированы. Иногда встречаются небольшие участки плотного кальцита.

Компоненты	Образцы	
	I	II
SiO ₂	86.54	88.06
Fe ₂ O ₃	1.45	0.45
Al ₂ O ₃	6.52	6.85
CaO	2.72	1.97
MgO	0.27	0.38
Пот. при прок.	1.28	0.98

Камень из месторождения Ивановский Лес состоит из равномерного среднезернистого окатанного кварца, зерна которого плотно прилегают друг к другу. В значительном количестве встречаются микроклин и ортоклаз. Редкие поры иногда заполнены ржаво-бурым полуизотропным веществом.

Дефибрерный камень из месторождения у с. Ивановка (карьер № 1) состоит из кварца, ортоклаза, микроклина и олигоклаза. Кварц является главным породообразующим минералом. В песчанике встречено несколько весьма мелких чешуек биотита. В небольшом количестве встречаются агрегаты мелких зерен кварца. Песчаник из карьера № 2 состоит из равномернозернистых окатанных плотно прилегающих друг к другу зерен кварца. В качестве второстепенных минералов встречаются слабо серицитизированные и каолинизированные окатанные зерна ортоклаза и микроклина.

Породообразующие минералы песчаника из месторождения Букатынка (фиг. 5) — кварц и полевой шпат. Кварц, составляющий около 80% породы, представлен хорошо окатанными зернами. Крупные зерна отличаются большей частью округлой или овальной формой, мелкие — большей частью остроугольные, реже — окатаны. Полевой шпат также представлен окатанными зернами, которые по своей величине занимают промежуточное положение между крупно- и мелкозернистым кварцем. Все они в небольшой степени задеты процессами каолинизации и серицитизации. Чаше встречается ортоклаз, реже — микроклин и плагиоклаз. Цементирующее вещество бесцветно и изотропно. Второстепенные минералы представлены весьма редко встречающимися мелкими зернышками циркона и апатита.

Месторождения у с. Русово представлены тонкозернистым песчаником, близким по строению к лучшим английским (типа Ломбард) и американским дефибрерным камням. Песчаник из карьера Красовщина (Корсовщина) состоит из кварца и микроклина. Полевешпатовые минералы содержатся в большом количестве (фиг. 6). Песчаник из карьера Писаревский Яр состоит также, главным образом, из кварца и микроклина. Изредка встречаются плагиоклаз и мелкие чешуйки мусковита. Зерна минералов большей частью остроугольные или слабо окатаны. Большинство зерен имеет удлиненную форму, причем длинной своей стороной они едва заметно ориентированы в одном направлении, создавая слабосланцеватую структуру. Между зернами обычно находится тонкая пленка ржаво-бурого вещества, окрашивающая породу в желто-бурый цвет.

Минеральный состав германских, английских и американских камней близок к составу советских дефибрерных камней. В частности, дефибрерный камень из Пирны (фиг. 7) состоит из окатанных и угловатых зерен кварца крупного и мелкого размера. Ортоклаз встречается в качестве второстепенного минерала. Редкие пустоты выполнены грязносерым полупрозрачным веществом. Зерна кварца обычно плотно прилегают друг к другу.

Добываемые в Англии камни Ломбард (фиг. 8) и американские дефибрерные песчаники Смолвуд (Smallwood), Интернейшенел Пульпстон К° (International Pulpstone Co.), Конститушен Стоун К° (Constitution Stone Co.) (фиг. 9 и 10) содержат также наряду с цементирующим веществом зерна полевого шпата и др.

Произведенные в Институте минерального сырья (ВИМС) сравнительные исследования минерального состава ряда советских и зарубежных дефибрерных камней дали следующие величины, характеризующие содержание в них кварца, полевого шпата (как примеси) и цементирующего вещества (табл. 3).

Эти данные показывают, что дефибрерные песчаники Приднестровья содержат, по сравнению с германскими и американскими дефибрерными камнями, несколько меньше кварца и несколько больше полевого шпата.

ТАБЛИЦА 3

Минеральный состав дефибрерных камней (в %)

Месторождение	Кварц	Полевые шпаты	Цементирующее вещество
Советские дефибрерные камни			
Мервенцы (Поганая Дорога) . . .	75	5	20
Букатынка (Липа Яловая)	68	21	11
Ивановка, Став	65	20	15
Германские дефибрерные камни			
Пирна	60—80	—	20—40
Английские и американские дефибрерные камни			
Ломбард № 1	87	6	7
» № 2	65	10	25
Смолвуд	82	6	12
Интернейшенель Пульпстон К ^о . .	85	—	15

Дисперсность, гранулометрический состав и классификация. Дисперсность и структура являются основными характеристиками дефибрерного камня, определяющими его пригодность для производства древесной массы различных сортов. От величины абразивных зерен зависит как производительность дефибреров, так и качество древесной массы. Мелкозернистые камни дают обычно массу, содержащую большое количество тонких волокон; дефибреры, состоящие из большого количества крупных зерен, дают более грубую и тощую массу, богатую пучками волокон.

Форма абразивных частиц, составляющих рабочие элементы дефибреров, также влияет на качество массы и содержание в ней грубых и тонкоизмельченных волокон. При наличии острых граней и ребер абразивные частицы расщепляют волокна и пучки на короткие элементы, вследствие чего получается более грубая древесная масса. Окатанные абразивные частицы не столько отрывают, сколько разминают пучки волокон, в связи с чем масса становится менее однородной. С точки зрения качества древесной массы лучшие результаты дают частицы не слишком острые, но и не совсем окатанные, т. е. зерна с слегка притупленными ребрами и краями.

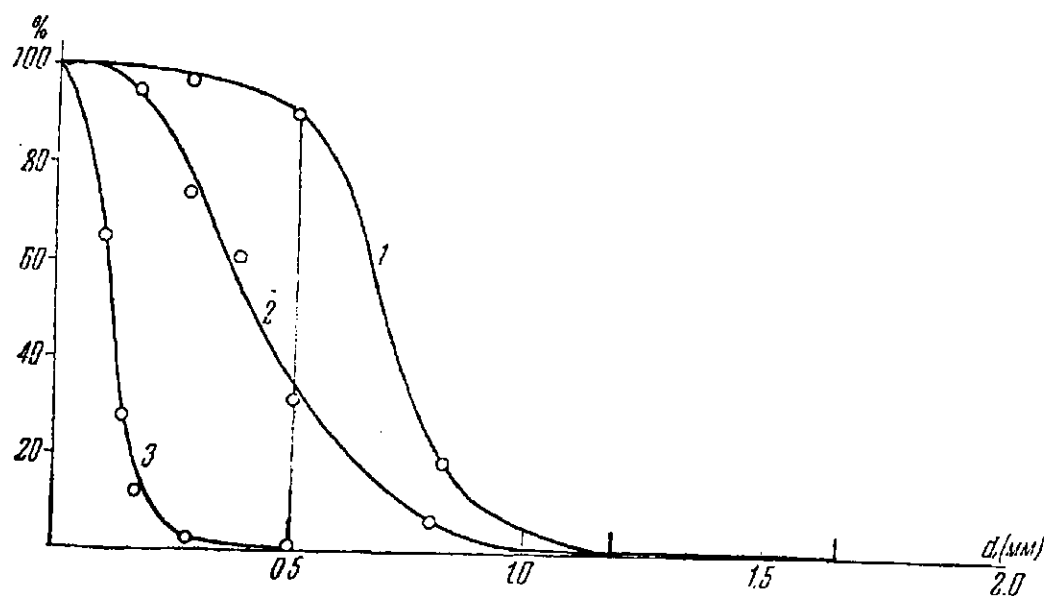
Дефибрерные камни, как и искусственные дефибреры, классифицируются на марки исключительно по структуре.

В Германии, в зависимости от структуры, саксонские естественные дефибрерные камни (Пирна) разбиваются на четыре группы (T_3 , T_2 , T_1 и G).

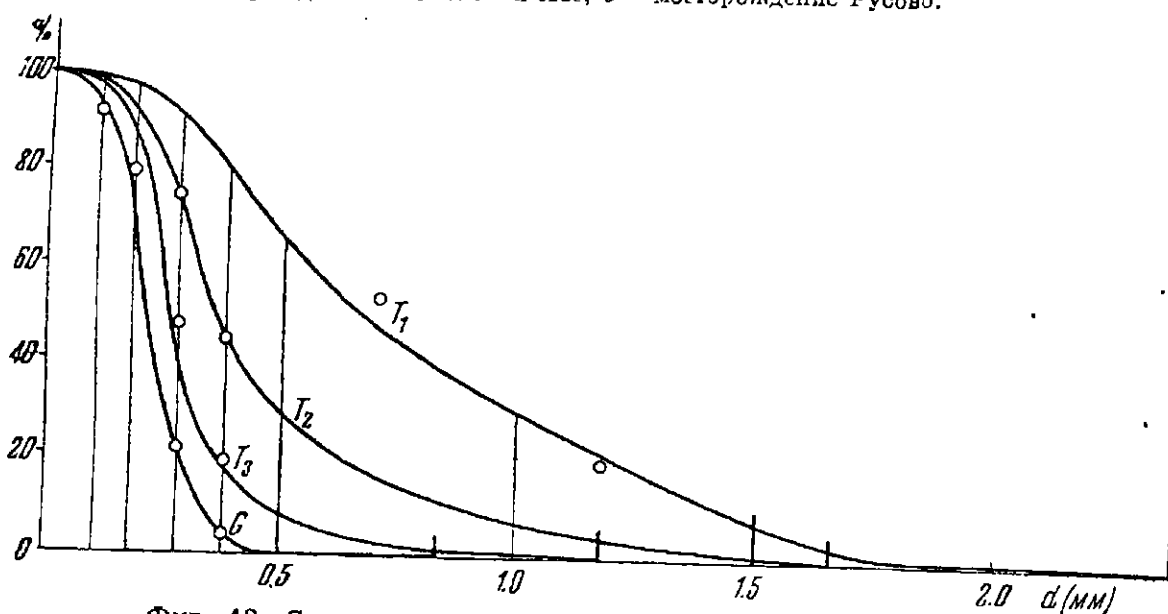
В США и Канаде на некоторых месторождениях нет строгой классификации естественного дефибрерного камня. На других существует деление на марки различной зернистости и твердости. Следует, однако, иметь в виду, что в Америке все без исключения дефибрерные камни отличаются очень тонкой структурой, значительно более мелкой, чем у дефибрерных камней, применяемых в СССР и других странах Европы. Поэтому для американских естественных дефибрерных камней, структура которых очень близка друг к другу, классификация почти излишня.

Структура характерных дефибрерных камней месторождений Приднестровья дана на фиг. 11.

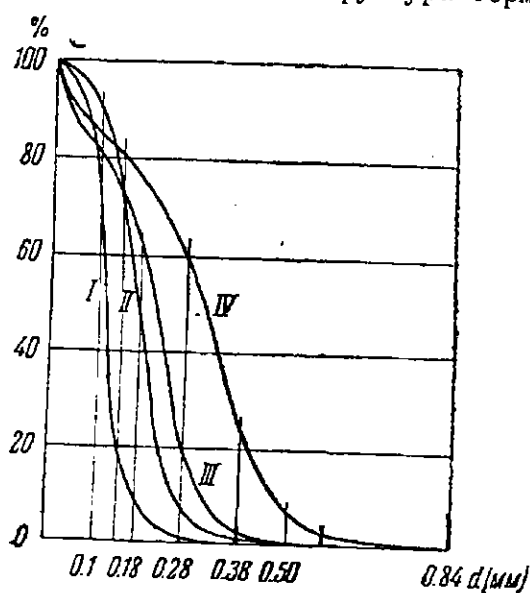
Средняя крупность зерен естественных дефибрерных камней месторождений Приднестровья, отнесенных нами к грубозернистым камням, колеблется от 0.53 до 0.73 мм, камней промежуточной крупности — от 0.44 до 0.47 мм и тонкозернистой структуры — от 0.12 до 0.13 мм.



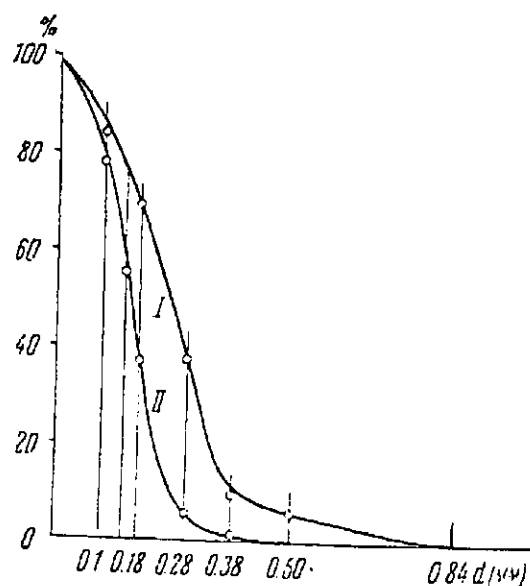
Фиг. 11. Структура дефибрных песчаников Приднестровья.
1 — М-сторождение Мервенты. Поганан Дорога. Мервентская сторона; 2 — место-
рождение Ивановский Лес; 3 — местоорождение Русово.



Фиг. 12. Структура германских дефибрных песчаников.



Фиг. 13. Структура английских дефибрных песчаников:
I — Lombard № 1 (по Койфману); II — Lombard № 2 (по Койфману); III — Booth Lumber (по Коллю); IV — Eddy Co. (по Коллю).



Фиг. 14. Структура американских дефибрных песчаников:
I — Constitution, Quarry № 3; II — Constitution, Quarry № 13.

ТАБЛИЦА 4
Классификация естественных дефибрерных камней (в мм)

Размер зерна	М а р к а		
	60	40	20
Средняя величина зерен .	0.60	0.40	0.20
Пределы средней величины зерна	0.75—0.52	0.50—0.30	0.25—0.12
Преобладающие размеры зерен	0.8—0.4	0.55—0.25	0.30—0.10

Фиг. 12—14 дают кривые, характеризующие гранулометрический состав германских, английских и американских естественных дефибрерных камней. Результаты гранулометрических исследований германских дефибрерных камней различных типов (из Пирны), по данным микроскопических измерений и ситовых анализов, показали, что средняя зернистость этих камней определяется рядом, постепенно понижающимся от 0.71 мм (тип Т₃) до 0.23 мм (тип G). Английские камни Ломбард обладают средней зернистостью 0.11—0.17 мм. Американские камни характеризуются средней величиной зерна 0.16—0.28 мм.

В 1935 г. ВИМС установил классификацию естественных дефибрерных камней на три группы (см. табл. 4).

Пористость. Влагоемкость дефибрерных камней Приднестровья (табл. 5) колеблется для различных месторождений от 3.5 до 8.5—9% (в среднем 5—6%). Пористость — в пределах от 11 до 14%.

Приведенные в табл. 6 данные о пористости и водопоглощаемости дефибрерных камней из Пирны показывают колебания первой примерно от 17 до 22.5%, а второй — от 6 до 10% (в среднем 8—9%). Влагоемкость и пористость германских дефибрерных камней выше влагоемкости приднестровских камней. Это обстоятельство связано с большей плотностью и меха-

ТАБЛИЦА 5
Пористость и влагоемкость советских дефибрерных песчаников (в %)

Месторождение	Пористость	Влагоем- кость	
		при медлен- ном погруже- нии в воду	под вакуумом
А. Грубозернистые дефибрер- ные камни			
Мервенцы, Поганая До- рога:			
Пласт 20 (1)	—	4.8	5.8
» 20 (2)	14.2	4.6	5.3
» 21	11.7	3.5	4.3
Ивановка:			
Карьер № 1, пласт 8	—	3.7	4.6
» № 1, » 9	14.1	3.6	4.3
» № 1, » 11	12.1	3.4	4.1
Карьер № 2, пласт 13	—	4.8	5.8
» № 2, » 14	11.5	4.8	5.3
Б. Среднезернистые дефибрер- ные камни			
Ивановка, Ивановский Лес:			
Пласт 6	11.5	3.6	4.9
Букатынка, Липа Яловая:			
ВИМС 82 ¹	—	5.6	6.3
ВИМС 86 ¹	—	7.6	8.3
В. Мелкозернистые дефибрер- ные камни			
Русово, Писаревский Яр:			
ВИМС 160 ¹	—	7.4	8.3
Красовщина:			
ВИМС 156 ¹	—	9.0	9.3
ВИМС 154 ¹	—	8.0	8.3
¹ Классификация Института минераль- ного сырья.			

¹ Классификация Института минерального сырья.

ТАБЛИЦА 6

Пористость и влагоемкость германских дефибрерных камней (Пирна, Саксония) (в %)

Тип камня (марка)	Пористость	Влагоемкость	
		при медленном погружении в воду	под вакуумом
T ₃	17.0	6.2	8.1
T ₂	17.4	5.8	8.1
T ₁	19.8	8.5	9.4
G	22.5	9.4	10.8

ТАБЛИЦА 7

Твердость советских дефибрерных песчаников (по методу концентрированных микроударов)

Месторождение	В сухом состоянии	В насыщенном водой состоянии
А. Грубозернистые дефибрерные камни		
Мервенцы, Поганая Дорога:		
Пласт 125 (1)	260	219
» 125 (2)	278	—
» 20	346	255
» 21	273	270
Ивановка:		
Карьер № 1, пласт 8	345	338
» № 1, » 9	306	283
» № 1, » 11	320	264
Карьер № 2, пласт 13	270	272
» № 2, » 14	346	306
Б. Среднезернистые дефибрерные камни		
Ивановка, Ивановский		
Лес	266	253
Букатынка:		
Липа Яловая (1)	199	—
» (2)	163	—
В. Мелкозернистые дефибрерные камни		
Русово:		
Писаревский Яр	156	152
Красовщина (1)	152	—
Красовщина (2)	171	—

нической прочностью камней Приднестровья.

Пористость и влагоемкость естественных дефибрерных камней с уменьшением дисперсности увеличиваются. Мелкозернистые камни обладают большой пористостью, среднезернистые — средней, крупнозернистые — минимальной.

Твердость. Под твердостью, или «прочностью связи», дефибрерного камня следует понимать сопротивление вырыванию абразивных частиц из массы связывающего их цементирующего вещества. Твердость является чрезвычайно важной характеристикой, которая до сих пор, к сожалению, мало учитывалась. Трудность установления рациональной методики измерения твердости дефибрерных камней связана с неясностью самого понятия и с отсутствием методики измерений твердости тел, состоящих из сцементированных твердых частиц.

Численные характеристики твердости дефибрерных камней даны ВИМС, который подверг испытанию советские, германские и американские камни, а также искусственные дефибреры. Испытания твердости произведены по методу разрушения поверхностных слоев концентрированной струей песка под давлением (пескоструйный прибор Макензена).

Чрезмерная твердость является отрицательным показателем, влияющим на производительность дефибрерного

камня. На одном из древесномассных заводов Ленинградской обл. сравнение работы двух камней показало, что один из них, естественный, дает производительность на 35—40% меньше искусственного. Произведенные ВИМС испытания установили, что число твердости первого равняется 217, тогда как второго только 147; в то же время механическая прочность естественного камня была наполовину меньше искусственного.

С другой стороны, низкая твердость также является отрицательным свойством, так как она может повлечь за собой чрезмерно быстрый или неравно-

мерный износ камня, будучи при этом связана с понижением его механической прочности.

В табл. 7 и 8 приведены данные о твердости советских дефибрерных камней различной структуры, германских дефибрерных камней из Пирны, английских и американских дефибрерных камней. Величины, содержащиеся в табл. 7 и 8, показывают, что советские дефибрерные камни отличаются большей твердостью по сравнению с германскими и американскими. С уменьшением зернистости твердость уменьшается. На основании исследований твердости различных дефибрерных камней, ВИС установил следующие пределы твердости, гарантирующие до известной степени удовлетворительные свойства дефибреров:

Структура (марка)	60	40	20
Число твердости:			
не более	350	300	250
не менее	200	175	150

ТАБЛИЦА 8

Твердость германских, английских и американских дефибрерных песчаников

Тип камня (марка)	Число твердости	Тип камня (марка)	Число твердости
а) Германские камни (Пирна, Саксония)		в) Американские камни:	
T ₃	182	Элирия (Огайо)	255
T ₂	176	Стейбенвиль (Зап. Вирджиния)	180
T ₁	128	Конститушен Стоун К° (Вашингтон и Зап. Вирджиния)	120—180
G	136		
б) Английские камни (Ломбард)			
№ 1	105		
№ 2	190		

В связи с твердостью, а также механической прочностью находится и размягчаемость дефибрерных камней в воде. Для камней, отличающихся большой твердостью, она является положительным свойством, для камней низкой твердости — отрицательным.

Механическая прочность. Механическая прочность дефибрерного камня также играет чрезвычайно важную роль, так как в процессе дефибрирования во вращающихся с большой скоростью дефибрерах возникают значительные механические напряжения. Быстрое и резкое остывание камня в отдельных зонах под действием холодной воды, неравномерное изменение объема различных зон вызывают значительные напряжения и ведут к авариям.

В табл. 9 приведены результаты механических испытаний образцов камней ряда месторождений Приднестровья, а в табл. 10 — результаты испытаний пирнских дефибрерных камней различных марок. Как видно из этих данных, наибольшей прочностью обладают образцы марки G. Образцы T₃ и T₂ занимают среднее положение. Образцы T₁ показали наименьшую прочность.

Как видно из приведенных данных, прочность приднестровских дефибрерных камней в 1.5—2 раза выше прочности германских (Пирна).

Однородность. Однородность является также одним из наиболее существенных требований, предъявляемых к дефибрерному камню. Естественный камень обычно не отличается идеальной однородностью даже в пределах

ТАБЛИЦА 9

Механическая прочность советских дефибрерных песчаников (в кг/см²)

Месторождение	Карьер	Пласт	Прочность в сухом состоянии		Прочность в насыщенном водой состоянии	
			на изгиб	на сжатие	на изгиб	на сжатие
А. Грубозернистые дефибрерные камни						
Мервенцы	Поганая Дорога (1)	Мервенец- кая сторо- на, пласт 125а	76	—	—	—
»	Поганая Дорога (2)	—	73	532	51	318
Ивановка	Карьер № 1	Пласт 12	79	—	—	—
»	» № 2	» 7	73	—	—	—
»	» № 2	» 8	90	470	69	390
Б. Среднезернистые дефибрерные камни						
Ивановка	Ивановский Лес	Нижний пласт (6)	86	—	65	—
Букатынка	Липа Яловая	Пласт 89	80	—	—	—
В. Мелкозернистые дефибрерные камни						
Русово	Красовщина	Пласт 154	103	600	78	327
»	Писарев- ский Яр	» 160	150	—	—	—

ТАБЛИЦА 10

Механическая прочность германских дефибрерных камней из Пирны (по данным ВИМС)

Тип камня (марка)	Средняя крупность, в мм	Прочность в сухом состоянии, в кг/см ²		Прочность на изгиб в насыщенном водой состоянии, в кг/см ²
		на изгиб	на сжатие	
T ₃	0.71	51	230	38
T ₂	0.45	51	341	39
T ₁	0.33	38	245	33
G	0.23	65	341	51

одних и тех же пластов и близко расположенных друг к другу точек. Поэтому изготовление монолитных, одинаковых по структуре и свойствам, дефибреров требует особого внимания.

Неоднородность естественных камней проявляется часто в некоторых внешних признаках. Изменение цвета, связанное с изменением состава и твердости цементирующего вещества, наличие прослоек, особенно если

они направлены по плоскостям, расположенным под некоторым углом к оси обрабатываемого дефибрера, являются свойствами, значительно понижающими качество. Неоднородность и местное понижение прочности часто служат причиной серьезных аварий. В связи с тем, что поверхность даже одного и того же естественного дефибрера бывает часто все же неоднородной, он обычно изнашивается неравномерно и быстро теряет свою правильную цилиндрическую форму. Наличие более твердых прослоек в камне также является недостатком и может вызвать понижающую производительность, неравномерность износа и т. п. Наличие крупных пустот в естественном дефибрерном камне понижает механическую прочность и может также явиться причиной аварий. Испытания твердости и механической прочности дефибрерных камней показывают колебания в близко расположенных точках до 25% и больше.

4. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ

Состав камней. Наиболее рациональным методом определения минерального состава естественного дефибрерного камня являются минералогическое исследование прозрачных шлифов и количественный минералогический анализ.

За границей (а раньше и в СССР) состав дефибрерных камней в некоторых случаях оценивался методом химического анализа. В частности, к такому способу прибегали иногда при оценке состава германских и английских дефибрерных камней (см. табл. 1). Так как существенное значение при определении качества дефибрерных камней имеют, главным образом, физические свойства, то очевидно, что химический состав не может служить достаточным критерием пригодности и качества. В противоположность ему минералогический состав дает гораздо более правильные и точные показатели.

Структура. Германский специалист по дефибрерным камням Кирхнер (Kirchner, 1912) определяет структуру камней числом зерен на 1 см² поверхности. Такую методику сравнения структуры дефибрерных камней нельзя признать целесообразной, так как измерения на поверхности чрезвычайно трудны и дают довольно грубые величины.

Более правильную характеристику структуры дает механический (ситовой) анализ зерен, полученных при осторожном раздроблении испытуемой породы, а еще более точную — измерения зерен породы в прозрачных шлифах под микроскопом.

Пористость. Сравнение характеристик пористости и влагоемкости различных камней показывает, что последняя изменяется почти пропорционально пористости и поэтому может безусловно служить косвенным критерием этой важной для дефибрерного камня характеристики.

Так как испытание пористости значительно более сложно по сравнению с испытанием влагоемкости, то практически часто можно ограничиться измерением влагоемкости и оценкой пористости по количеству поглощенной в одинаковых условиях воды.

Твердость. Методов определения твердости дефибрерного камня до последнего времени не было. Вообще методика оценки твердости горных пород почти не разработана. М. И. Койфманом в 1930 г. предложено применить для этой цели метод разрушения концентрированной струей твердых частиц в сжатом воздухе (метод концентрированных микроударов). В частности, для оценки твердости горных пород Койфман предложил применить прибор Макензена, сконструированный в Германии для испытания искусственных шлифовальных камней.

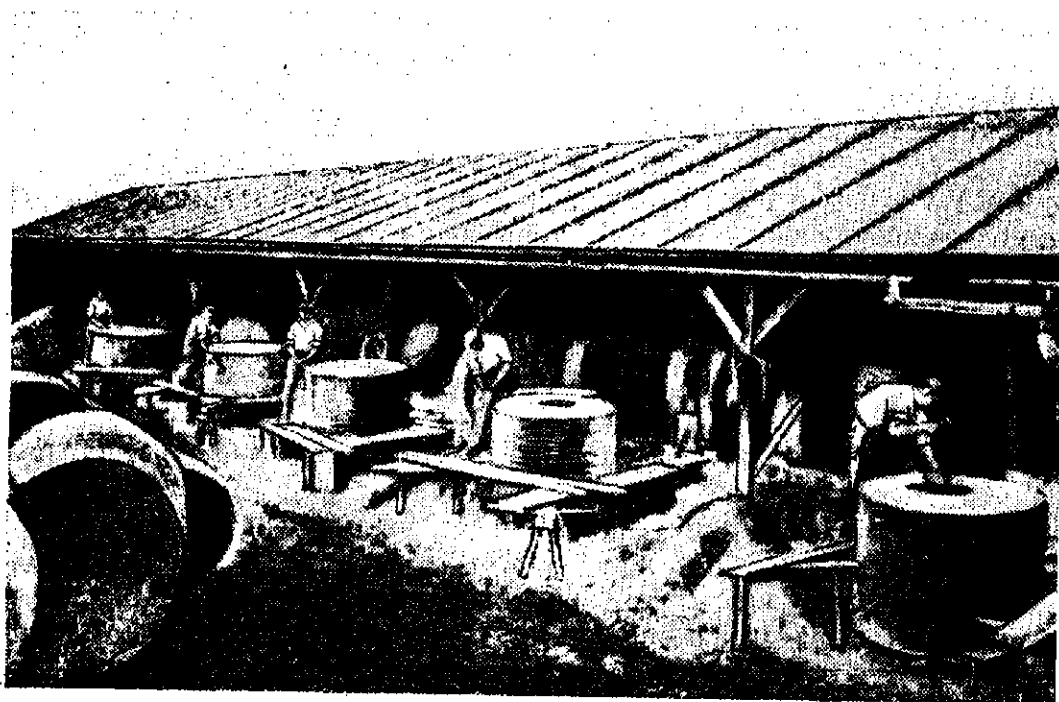
Механическая прочность. Наиболее характерным показателем механической прочности дефибрерных камней является предел прочности на разрыв. Однако, измерения этой величины представляют большие трудности.

Они требуют изготовления образцов специальной формы и поэтому осуществляются с трудом и ценой значительных затрат. Как показали исследования ВИМС, предел прочности на изгиб является достаточно характерным показателем, постоянно соответствующим прочности на разрыв. Поэтому можно ограничиться оценкой механической прочности по этой величине, проводя одновременно испытания временного сопротивления сжатию. Изготовление образцов в виде призм и кубиков не представляет трудностей и может производиться даже при наличии небольших проб. Разработанный М. И. Койфманом метод испытания механических свойств на небольших образцах ($20 \times 20 \times 20$ или $30 \times 10 \times 10$ мм) еще более упрощает задачу. Техника испытаний чрезвычайно облегчается и делает их общедоступными.

Этот метод дал, в частности, возможность провести сравнение механической прочности советских дефибрерных камней с прочностью образцов германских дефибрерных камней небольшого размера (табл. 10).

5. ДОБЫЧА И ОБРАБОТКА

Добыча дефибрерного камня производится в карьерах открытыми горными работами. Обычно он добывается из более или менее глубоких слоев месторождений, не разбитых трещинами, однородных по структуре и не со-

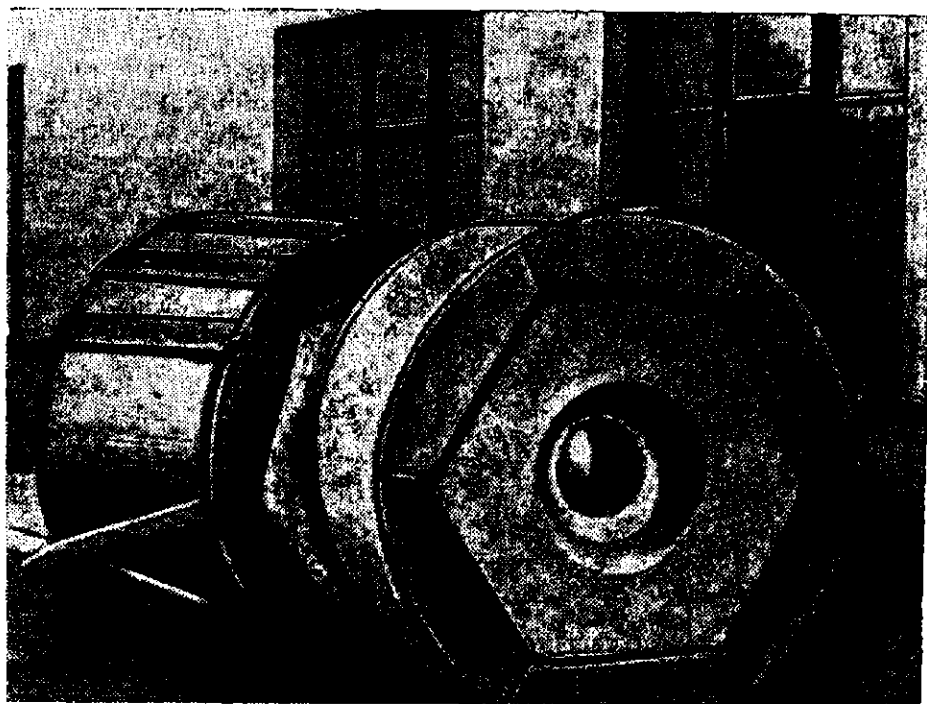


Фиг. 15. Обработка естественных дефибреров.

держащих пустот и различных по твердости прослоек. Намеченные блоки отделяются от массы породы клиньями, а в некоторых случаях с помощью легких взрывных работ. Большие блоки в свою очередь разделяются на глыбы, соответствующие размеру дефибреров. Блоки сначала обрабатываются грубо, а потом обтесываются более точно (фиг. 15), и в результате получают цилиндрические дефибреры диаметром до 1500 мм и шириной от 500 до 1200 мм (фиг. 16). В процессе обработки нередко обнаруживаются ослабленные по механической прочности места, состоящие из слабо сцементированной породы, содержащие пустоты, включения и т. п. Такой камень считается совершенно непригодным.

За границей естественные дефибреры до пуска в производство выдерживаются на складах в течение большого периода. В частности, в Аме-

рике мелкозернистые камни выдерживаются один-два года. За это время из естественного камня медленно удаляется содержащаяся в нем горная влага, увеличивается его механическая прочность и твердость и уменьшается опасность аварий. Выдерживание производится в закрытых помещениях. При этом обращается внимание на то, чтобы температура помещений не опускалась ниже температуры заморозания воды.



Фиг. 16. Естественные дефибры (из месторождений Приднестровья).

6. ПРИМЕНЕНИЕ

Изготовленные из дефибрерного камня орудия (дефибры) представляют естественные и искусственные монолитные или составные элементы машин цилиндрической формы большого размера (диаметром до 1.5 м и выше, шириной до 1.5—2.0 м, весом обычно около 3—4, а иногда до 5—6 т), рабочая (цилиндрическая) часть которых обладает дефибрирующими свойствами, т. е. способностью отрывать и истирать волокна древесные.

Самые орудия дефибрирования теперь также называют дефибрерными камнями. Это нельзя, однако, признать правильным, поскольку новейшие орудия дефибрирования представляют собой сложные элементы машин, состоящие из металлического или металло-бетонного корпуса (сердечника) и большого количества смонтированных на нем абразивно-керамических сегментов.

Поэтому целесообразнее пользоваться следующими терминами:

1) дефибрерный камень — горная порода (или искусственные цементированные массы), могущая быть использованной для изготовления орудий дефибрирования;

2) дефибры — орудия дефибрирования, т. е. орудия получения древесной массы в собственном смысле этого слова;

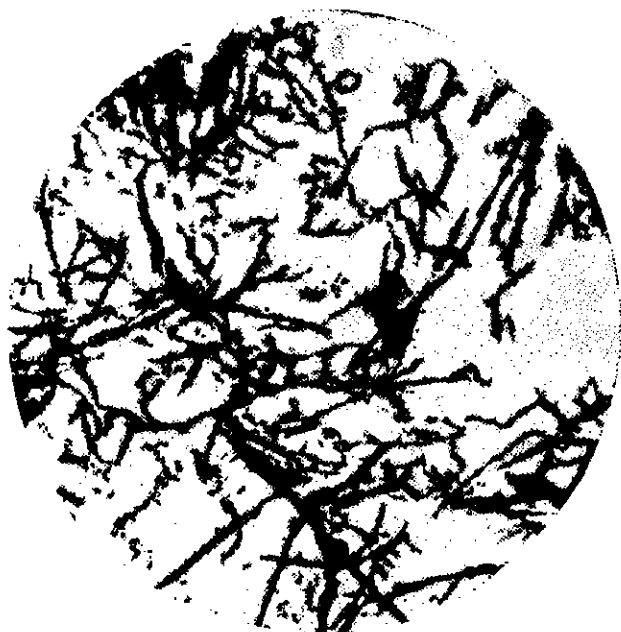
3) дефибрерные машины (дефибрерные станы, дефибрерные агрегаты), под которыми следует понимать установки или машины, служащие для получения древесной массы.

Эта рациональная терминология использована в настоящей статье.

Сущность процесса дефибрирования заключается в отделении абразивными частицами, выступающими на поверхности рабочего слоя (дефибрерного камня), пучков древесных волокон и отдельных волокон и в допол-

нительном их измельчении (размоле) на поверхности истирания. В результате диспергирования древесины получается древесная масса, состоящая из волокон, разнообразных по величине (длине и ширине), форме и степени расщепленности (фиг. 17).

Древесная масса наряду с целлюлозой является основным полуфабрикатом, служащим для получения различных сортов бумаги и картона. Картон (древесный) изготавливается из древесной массы почти полностью, без добавок другого волокна. Грубый картон содержит преимущественно грубые волокна. Для более высоких сортов бумаги — печатной, газетной — применяется тонкоизмельченная масса. Масса для более грубых сортов бумаги состоит, главным образом, из грубых волокон и только частично содержит тонкоизмельченные волокна, заполняющие пустоты между грубыми волокнами.



Фиг. 17. Древесная масса.

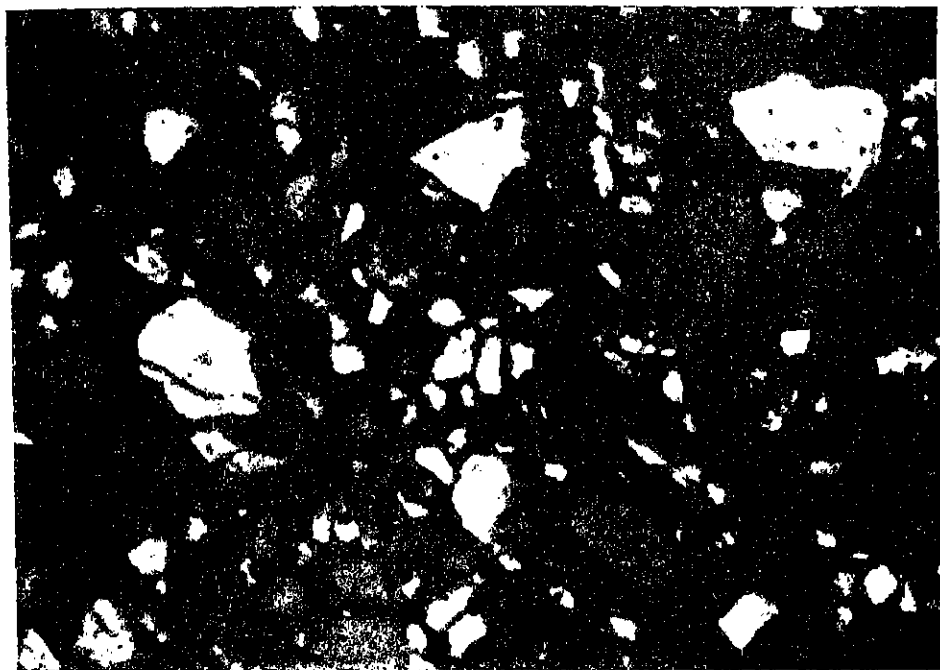
Основные разновидности древесной массы — белая и бурая. В зависимости от того, для какой бумаги или картона предназначается масса, белая и бурая массы в свою очередь разбиваются на ряд специальных сортов. Белая древесная масса изготавливается из осины, ели и т. д. без предварительной обработки дерева. Для производства белой древесной массы применяются дефибрерные камни, обладающие средне- и тонкозернистой структурой. Бурая древесная масса изготавливается из дерева, в котором под влиянием пара, высокой температуры и давления инкрустирующие вещества предварительно разложены. При

этом дерево размягчается, ослабляется связь между волокнами, что облегчает процесс механического отщепления и диспергирования. Волокна бурой массы относительно длиннее и крепче волокон белой, почему бурая масса и применяется часто для изготовления грубых сортов бумаги и картона без добавки целлюлозы.

Для получения бурой массы применяются более грубые типы дефибреров, а также более частая и в то же время более грубая наковка их цилиндрической поверхности.

В настоящее время большим распространением в древесномассной промышленности СССР, Европы и Америки пользуются так называемые гидравлические дефибрерные установки прессового типа, состоящие из станины и скрепленных с ней нескольких коробок, служащих для загрузки истираемого дерева (баланса), в верхней части которых помещены цилиндры гидравлических поршней. При вращении дефибрера, укрепленного на валу, соприкасающийся и прижимаемый к нему баланс истирается и превращается в древесную массу.

В последнее время, начиная с 1923—1925 гг., получили значительное распространение дефибрерные установки непрерывного действия (фиг. 18). Агрегаты непрерывного действия отличаются в основном тем, что процесс дефибрирования, как видно уже из самого названия, происходит непрерывно на одной и той же поверхности истирания. Дерево загружается в высокую шахту и подается к вращающемуся дефибреру непрерывным движением бесконечных питающих цепей или винтов.



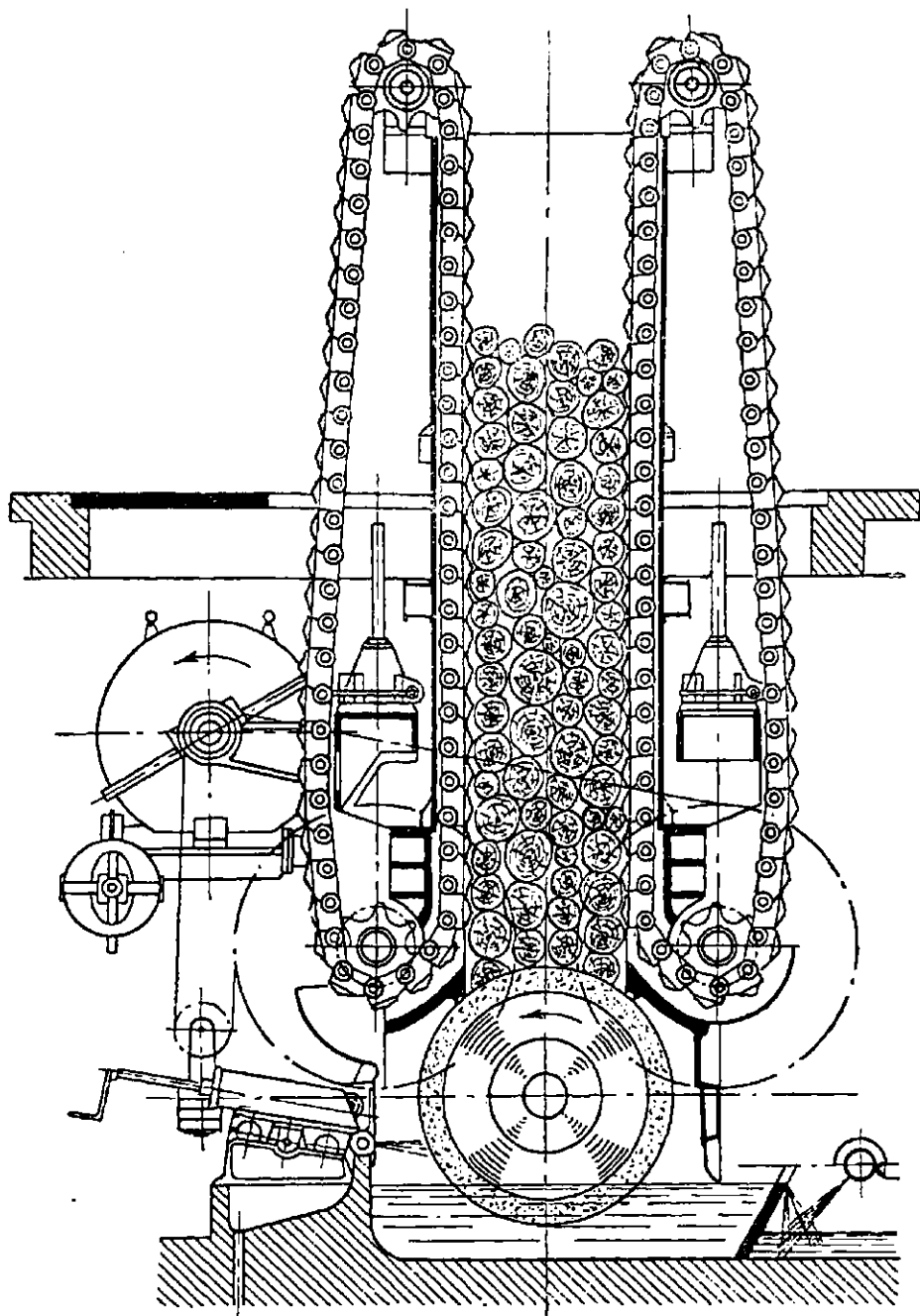
Фиг. 20. Искусственный кварцево-цементный дефибрерный камень.
× 20.



Фиг. 21. Искусственный наждачный дефибрерный
камень. × 20.

Дефибрерные машины непрерывного действия состоят из основной чугунной станины, с которой связаны опоры шестерен, передающих движение вышеуказанным цепям.

Наибольшим распространением в СССР пользуются дефибрерные агрегаты непрерывного действия, диаметр дефибреров которых составляет



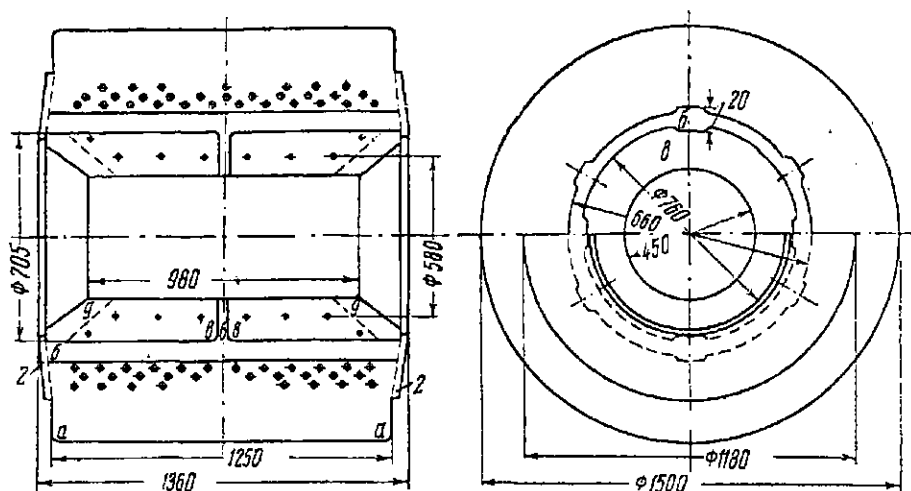
Фиг. 18. Схема дефибрерной машины непрерывного действия системы Фойт.

1500 мм и ширина 1200—1350 мм, мощностью около 1000—1200 л. с., производительностью от 17 до 28 т массы в сутки.

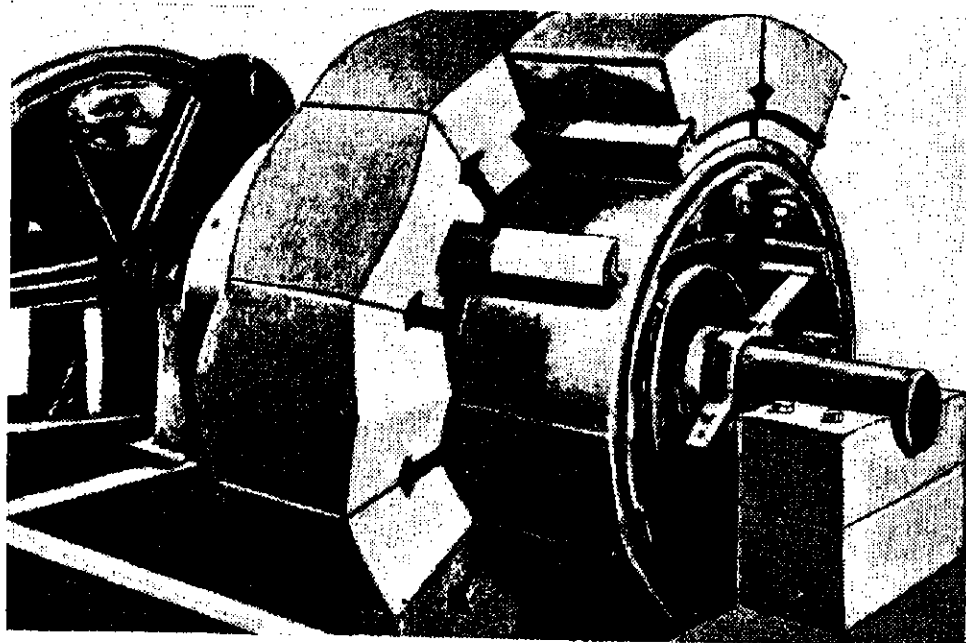
Кроме дефибреров из естественного камня, в лесномасштабной промышленности СССР, Европы и Америки в настоящее время применяются в основном и преобладающем количестве искусственные дефибреры (фиг. 19). Последние изготавливаются из разнообразных абразивных материалов — кварца, корунда, электрокорунда и карборунда — и различных связующих веществ — портланд-цемента, кислотоустойчивого цемента и па керамической связке (фиг. 20 и 21). Такие дефибреры изготавливаются в Германии

и СССР (кварцево-цементные дефибры фирмы Геркулес), в Норвегии (наждачно-цементные камни Норрена), в США и Канаде (карборундо-керамические дефибры Нортон и электрокорундо-керамические дефибры Алоксайт-Карборундум К^о).

Керамические дефибры состоят из большого количества абразивных сегментов, смонтированных на металлических или бетонных корпусах — сердечниках (фиг. 22).



Фиг. 19. Конструкция искусственных монолитных дефибров.



Фиг. 22. Составной металло-керамический дефибрер.

Искусственные дефибры превосходят по своим дефибрирующим свойствам, прочности и однородности дефибры из естественного камня и все более вытесняют их из древесномассного производства.

7. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ЗА ГРАНИЦЕЙ

Полные статистические данные о добыче и потреблении естественных дефибрерных камней отсутствуют. Поэтому и не представляется возможным привести соответствующие данные по всем странам. Можно лишь констатировать, что по мере расширения производства искусственных дефибров использование естественных камней неизменно падает.

В Германии природные дефибрерные камни получались раньше в районе Грилленбурга и в Тарандских лесах. В последнее время добыча естественных дефибрерных камней производится в нескольких пунктах вблизи г. Пирны. Германские естественные дефибреры экспортировались раньше в различные страны, в частности и в СССР. В последние годы экспорт этих камней значительно сократился.

В Англии, по некоторым данным, добыча естественных дефибрерных камней только в районе Дарли Дел (Darley Dale) в свое время достигала 1000 шт. в год. В 1937 г., по данным Ирдли Вильмота, производство естественных дефибрерных камней в Англии составляло около 3500 т в год. Раньше большая часть английских камней вывозилась из Дарли Дел в Канаду и Ньюфаундленд. Дефибреры из Ньюкестля экспортировались преимущественно в США и Японию и, частично (до первой империалистической войны) — в Россию. Камень, добываемый в Йоркшайре, шел, главным образом, в Скандинавские страны, Канаду и США. В последние годы большинство английских природных дефибреров экспортируется в Скандинавские страны. Одним из наиболее известных английских предприятий, производящих естественные дефибреры, является фирма «Ломбард».

В последние годы в Англии начали применять пропитку дефибрерных песчаников для увеличения их стойкости и механической прочности.

Основным пунктом добычи природных дефибрерных камней в США является в настоящее время район Мононгаллия в Западной Вирджинии. На месторождениях Тайс (Tice), Флегги Мидоу (Flaggy Meadow) и Опекиска (Opekiska) получается около 35% общего количества производимых в США естественных дефибреров.

Остальные дефибрерные камни добываются в районе Чайлксон в округе Пирс, штат Вашингтон (Wilkenson, Pierce County) и Ревенсвуд, округ Плизент в Западной Вирджинии (Ravenswood, Pleasants County, W. Va.).

Производство естественных дефибреров в США получило значительное развитие. До 1928 г. они вырабатывались в количестве от 5000 до 9000 т в год на сумму от 600 000 до 1 000 000 долл. (см. табл. 11); в 1937 г. производство снизилось до 2650 т на сумму около 220 000 долл. в год.

ТАБЛИЦА 11

Добыча дефибрерного камня в США

Годы	Количество, в т	Стоимость, в долл.	Годы	Количество, в т	Стоимость, в долл.
1918	8010	313 680	1928	8160	902 429
1919	5540	342 056	1929	6050	623 928
1920	7860	467 014	1930	3760	346 736
1921	9090	750 063	1931	1570	120 877
1922	4680	445 063	1932	1505	88 874
1923	8320	680 146	1933	2695	146 076
1924	8825	814 409	1934	2590	177 631
1925	7600	814 302	1935	2810	162 514
1926	8760	997 994	1936	2235	163 634
1927	7940	921 543	1937	2650	220 331

Импорт естественного дефибрерного и точильного камней в США в 1936 г. составлял 815 т, а в 1937 г. — 963 т; экспорт в 1938 г. — 3094 т на сумму 193 112 долл. При этом экспорт в Канаду (в основном дефибреры) составил 81% (по тоннажу).

Древесномассная промышленность Канады, несмотря на большую потребность, пользуется, главным образом, привозными естественными дефибрерными камнями из Англии и США. Потребление камней внутреннего производства составляло в Канаде до кризиса всего только 10—15% (400—600 т).

В 1936 и 1937 гг. внутреннее производство естественных дефибреров в Канаде составляло только 87 т.

Все эти камни получены из месторождения на о-ве Габриола на Западном побережье Канады в провинции Британская Колумбия.

8. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ В СССР

В России до войны 1914—1918 гг. применялись, главным образом, германские естественные дефибреры из Пирны. В 1925 г. начато внутреннее производство естественных дефибреров на месторождении Мервенцы в Приднестровье. В 1930—1931 гг. начата добыча дефибрерного камня и на других месторождениях Приднестровья (Ивановский Лес, Букатынка, Н.-Ольчедаев и др.). В то же время организована добыча дефибрерного камня для белой древесной массы. В настоящее время добыча дефибрерного камня на месторождениях Приднестровья сократилась. Естественные дефибреры применяются сейчас, главным образом, на старых древесномассных заводах, изготовляющих прессовыми гидравлическими дефибрерными машинами бурую массу для картона. На заводах, производящих белую древесную массу, естественные дефибреры большей частью заменены искусственными. На дефибрерах непрерывного действия естественные камни не работают. Раньше, до 1932 г., на некоторых крупных фабриках, где древесномассными агрегатами служили установки непрерывного действия (Балахнинский и Окуловский бумажные комбинаты и др.), работали естественные дефибреры, импортировавшиеся из Германии и Англии.

В прошлые годы потребление естественных дефибреров древесномассными заводами СССР составляло около 200—350 шт. в год, в настоящее время их производство не превышает нескольких десятков штук.

В 1931—1934 гг., по методу автора, в СССР начато производство искусственных дефибреров, в частности высокопористых кварцево-цементных дефибреров. Массовое производство этих искусственных дефибреров организовано в двух пунктах: на бумажной фабрике им. Горького в Ленинграде и на дефибрерно-жерновом заводе в Уктусе под Свердловском. В 1934 г. ВИМС изготовил в опытном порядке впервые в СССР составной корундо-керамический камень. Испытание этого камня на Окуловском бумажном комбинате дало благоприятные результаты.

Научно-исследовательским институтом бумажной промышленности получен позже ряд опытных искусственных корундо-керамических дефибреров, испытания которых дали большей частью хорошие результаты. В дальнейшем намечается более широкое применение этих дефибреров в бумажной промышленности Союза.

Поступило 22.XI.1939 г.

М. И. Койфман

ЛИТЕРАТУРА

- Бендрышев А. Б. и Шапиро А. Д. О качестве советских дефибрерных камней. Бум. промышл., 1936, № 10.
- Жарницкий Г. М. Дефибрерные камни. 1934.
- Койфман М. И. Методы изучения свойств и эффективности работы дефибрерных камней. Бум. промышл., 1932, № 9.
- Методика исследования дефибрерных камней. М., Горно-геол. изд., 1932.
- Исследования и организация производства дефибрерных камней. Мин. сырье, 1933, № 7.
- Состав и структура кварцево-цементных дефибрерных камней. Бум. промышл., 1934, № 5.
- Дефибрерные камни. Сб. Абразивы, Лг., ОНТИ, 1935.
- Состав и методы исследования наждачных дефибрерных камней. Бум. промышл., 1935, № 9.
- Первый советский керамический дефибрерный камень. Бум. промышл., 1935, № 10.

- Койфман М. И. Эффективность процесса дефибрирования и советские дефибрерные камни. Бум. промышл., 1936, № 11.
- Производство и применение дефибрерных камней в СССР. Бум. промышл., 1937, № 8.
- Дефибрерные камни. Сб. Древесная масса. Лг., 1937, 183.
- Малиновский А. А. Искусственные дефибрерные камни. Бум. промышл., 1933, № 12, 15.
- Фотиев С. А. и Клопов В. М. Технология бумаги. Т. 4 — Производство древесной массы. 1937.
- Бадэ О. Litt om slipestener og Slipeforspk. Papir Journ., 1938, 26, № 23, 236.
- Балл А. The pulpstone aloxite. Paper Trade Journ., 1932, 94, № 23, 61.
- Бокк Е. F. Neuere Versuche zur Ermittlung der Festigkeitseigenschaften natürlicher Schleifsteine. Wbl. Papierfabrikation, 1930, № 18.
- Festigkeitseigenschaften einiger natürlicher Schleifsteine. Wbl. Papierfabrikation, 1911, 855; 1912, 1458.
- Борнштейн. Artificial pulpstones. Paper Mill, 1939, № 7, 23.
- Бовлес О. Stone quarrying in the United States. U. S. Bureau Mines, 1917, Bull. 124.
- Бриндлей Ф. H. Quarrying for pulpstones. Quarry Manager's Journ., 1924, 6, 350—352.
- Колл Л. H. Tests of some Canadian sandstones to determine their suitability as pulpstones. Mines Branch, Dep. Mines, Canad., 1917, Bull. 19, Rep. 466.
- Еардлей-Уилмот В. L. Abrasives. Products of Canada, technology a. application, p. 1, Siliceous abrasives, 1927, 35—45.
- Гринвуд В. W. Artificial pulpstones (Norton's). Pulp a. Paper Mag. Canada, 1925, Februar 19, 193.
- Кирхнер Е. Die Holzschleiferei u. Holzstoff-Fabrikation. Biberach, 1912.
- Ладдо Р. B. Non-metallic minerals. 1925, 5—7.
- Лукхам. Artificial pulpstones a permanent factor in pulp production. Pulp. a. Paper Mag. Canada, 1930, 29, № 2, 39.
- Маккензи Ж. D. Geology of a portion of the flathead coal area British Columbia. Geol. Surv. Canada, 1916, Mem. 87, 21, 27.
- Manufacturing facts of pulpstones. Pulp a. Paper Mag., 1923, August, 30, 870.
- Mineral Industry—Annual.
- Minerals Yearbook—Annual.
- Пратт П. K. Care of the pulp grindstone surface. Paper Trade Journ., 1922, June 15, 46.
- Смаллвуд В. J. Seasoning of pulpstones. Pulp a. Paper Mag., 1922, June 22, 514.
- Страuffer C. R. The dunkard series. Geol. Surv. Ohio, 4 ser., 1920, Bull. 22.

ДИАСПОР

Diaspore (англ., франц.). Diaspor (нем.)

Определение и общая характеристика. Минерал диаспор (AlHO_2 или HAlO_2 ; Al_2O_3 —85% и H_2O —15%) в сочетании с другими минералами, богатыми глиноземом, образует диаспоровые бокситы (Немова, 1934); в сочетании с минералами глин — диаспоровые глины и диаспориты; с шамозитом и гематитом — шамозит-гематит-диаспоровые горные породы. В самое последнее время стали известными в так называемых вторичных кварцитах Казахстана промышленные концентрации диаспора в сочетании с кварцем, пиррофиллитом и каолинитом. Если первые три типа диаспор-содержащих пород принадлежат к осадочным горным породам, последний тип представляет гидротермально измененные изверженные породы.

Для уточнения качественной характеристики диаспоровых горных пород нужно в их названии указывать количественные соотношения составляющих их минералов. Под названием диаспорит удобно понимать такие содержащие диаспор горные породы, в которых его содержится не менее 25% и в которых этот минерал преобладает над другими; по названиям этих других породообразующих минералов, если их содержание в породе не менее 25%, составляются прилагательные слова; если же их содержание менее 25%, но не менее 10%, то к названию породы прибавляется слово «содержащий». Так, описанный Е. В. Рожковой и М. В. Соболевой (1938) красный боксит Ивдельского месторождения (Урал), содержащий 36.7% хлорита (дафнита) и 48.6% диаспора, удобно называть хлоритовым диаспоритом, а зеленый боксит, содержащий 65.1% дафнита и 20.5 диаспора, — содержащим диаспор хлоритом. Такое уточнение названия горных пород, представляющих полезные ископаемые, должно быть принято технологами весьма одобрительно.

А. Делианис и К. Алексопулос (Delyanis и Alexopoulos, 1937) доказали для греческих бокситов, что по методу Байера бёмитовые разлагаются, а диаспоровые не разлагаются; поэтому диаспоровые бокситы при преобладающем содержании в горных породах диаспора следует называть диаспоритами и использовать не в качестве сырья для получения окиси алюминия, а в качестве высокоогнеупорного сырья.

Кристаллическую структуру диаспора V^{16} изучали М. Дефландр (Deflandre, 1932), К. Такане (Takane, 1933) и Ф. Эвинг (Ewing, 1935). Для ячейки диаспора ромбической сингонии имеем: $a = 4.40 \text{ \AA}$, $b = 9.39 \text{ \AA}$ и $c = 2.84 \text{ \AA}$ (см. фиг. 1).

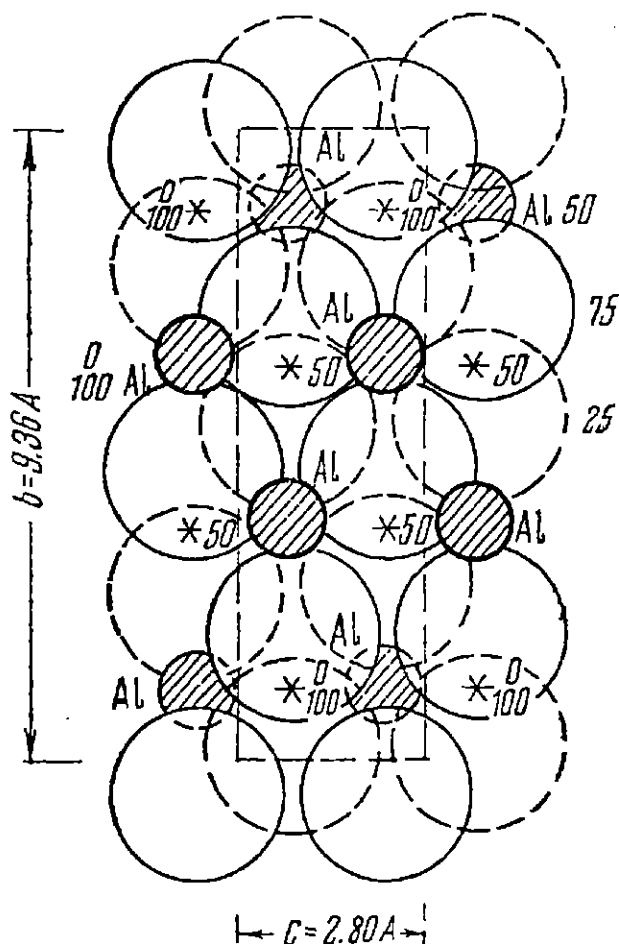
Для рентгенографического определения диаспора Г. А. Ковалев (1937) дает таблицы эталонных порошкограмм.

Диаспор характеризуется большой сравнительно твердостью (6.5—7), большим удельным весом (3.4) и при обычных условиях нерастворимостью в кислотах и щелочах. Цвет минерала белый, серый, бурый; в тонких пластинках минерал бесцветен. $n_g = 1.750$; $n_m = 1.722$; $n_p = 1.702$. Плоскость оптических осей параллельна плоскости спайности. Д. С. Белянкин (1933) относит воду диаспора к конституционной, т. е. полагает, что

Н и О находятся в молекуле минерала в тесной связи с атомами Al. Температуру выделения воды Д. С. Белянкин определяет в $400\text{--}500^\circ$; эту же температуру Б. Богородицкая (1931) определяет в 400° ; последняя считает, что полученные ею данные растворимости диаспора, спорогелита (коллоидной формы диаспора) и гидраргиллита ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) в соляной кислоте и соде при различных условиях дают возможность распознавать эти бокситообразующие минералы. В случае присутствия $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ вопрос о наличии диаспора или спорогелита может быть решен посредством нагрева пробы при 400° и последующего растворения ее в соляной кислоте; в последней прокаленный спорогелит почти нацело растворяется, растворимость же прокаленного диаспора незначительна. При нагревании тихвинских бокситов, содержащих диаспор и гидраргиллит, Н. С. Курпачков и Г. Г. Уразов (1924) остановку при $510\text{--}540^\circ$ приписывают диаспору, остановку же при 310° — гидраргиллиту. Диаграммы дегидратации диаспора, а также диаспора в смеси с бёмитом дает Делианис (Delyanis, 1940). При 1100° диаспор переходит в корунд, причем наблюдается связь между величиной кристаллов корунда и температурой нагревания (Rhode a. Harkort, 1932). По данным Лея (Lehl, 1936), в противоположность бёмиту, другой кристаллической модификации $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, дающей при ее обезвоживании кубический $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, диаспор при обезвоживании дает $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. По исследованиям Лаппарана (Lapparent, 1933, 1934), бокситы, обогащенные диаспором, принадлежат к породам, подвергшимся влиянию более значительных температур и давлений, чем бокситы, содержащие бёмит.

Месторождения за границей.

Промышленные месторождения диаспоровых глин известны в США, районе Озарк (Ozark) штата Миссури. Эти глины, первоначально поступавшие в отвал при добыче обычных огнеупорных глин, теперь эксплуатируются для производства огнеупорных кирпичей. Всего в этом районе обнаружено в девонских известняках до 1000 карманов и линз, состоящих внутри из глины, снаружи — из песчаника; из них от 50 до 70% имеют достаточные для промышленной разработки размеры, но лишь 25—30% содержат диаспоровую глину. В разрезе на поверхности эти карманы и линзы имеют более или менее округлую форму с диаметром от 15 до 75 м; их глубина составляет от 5 до 30 м; тоннаж обычно от 1 до 20 тыс. т, но некоторые карманы и линзы содержат минерального сырья до 100 тыс. т. В среднем рудное тело из 15 000 т содержит: богатой галлуазитом глины (flint-clay) около 8 тыс. т; диаспоровой породы (abrasive grade) с содержанием 70% Al_2O_3 и 10% SiO_2 — около 250 т; с содержанием 65% Al_2O_3 и 15% SiO_2 — около 750 т; с содержанием 60% Al_2O_3 и 20% SiO_2 — около 2 тыс. т и с содержанием 55% Al_2O_3 и 25% SiO_2 — около 4 тыс. т.



Фиг. 1. Структура диаспора, HAlO_2 . Звездочки указывают на вероятные места расположения атомов водорода.

Кроме диаспора, В. Аллен (Allen, 1935) наблюдал в диаспоровых глинах Миссури незначительное количество гиббсита и аморфные гидраты алюминия. Аллен предполагает, что гидраты алюминия образовались из богатых галлуазитом глин (flint-clay) действием углекислых вод, причем коллоидная SiO_2 из них выносилась. Аллен считает основную массу диаспоровых глин, которая частью изотропна, частью непрозрачна, состоящей из клиахита ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) с большим содержанием лейкоксена, что объясняет большое содержание в породе TiO_2 . Оолиты диаспоровых глин состоят преимущественно из диаспора.

Форбс (Forbes, 1931) различает среди огнеупорных глин Миссури следующие торговые сорта: 1) богатую галлуазитом глину (flint-clay) с содержанием Al_2O_3 38—44%; 2) burley-flint¹ с содержанием Al_2O_3 45—55%; 3) burley-clay с содержанием Al_2O_3 56—68%; 4) диаспор (diaspore) с содержанием Al_2O_3 69—85%. Сорт с содержанием $\text{Al}_2\text{O}_3 > 72\%$ называется им diaspore select extra № 1. Сорта с содержанием Al_2O_3 55—65% называются также диаспоритами, диаспорами же — все сорта с содержанием $\text{Al}_2\text{O}_3 > 65\%$.

Химический состав миссурийских диаспоровых и сопровождающих их других огнеупорных глин представлен в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1

Химический состав миссурийских диаспоровых глин (в %)

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO_2	11.04	3.88	7.64	15.96	5.36	20.50	6.56	9.28	5.46	2.53
Al_2O_3	70.72	76.07	68.11	62.38	73.70	60.89	72.72	69.76	74.33	79.28
Fe_2O_3	1.57	3.03	6.05	3.41	2.28	0.55	2.37	1.14	1.12	0.56
CaO	—	—	—	—	0.40	0.43	0.00	0.40	0.46	0.22
MgO	—	—	—	—	0.16	0.31	0.00	0.15	0.22	0.00
TiO_2	3.11	4.14	4.13	3.87	3.57	3.14	3.65	3.78	3.81	2.92
Na_2O	0.08	0.06	0.10	0.23	0.53	1.34	0.57	0.40	—	—
K_2O	0.17	0.11	0.16	0.31			0.43	0.95	—	—
Пот. при прок.	13.42	13.06	13.47	13.47	14.24	13.14	13.88	13.37	14.18	15.66
Сумма . .	100.11	100.35	99.66	99.57	100.24	100.30	100.18	99.23	99.58	101.17

1—4 — диаспоровые глины по М. Торнберри (Thornberry, 1923); 5 — «диаспор» торг. марка — по американскому торговому справочнику; 6 — «диаспорит», то же; 7 — диаспоровая глина (Forbes, 1928); 8—9 — диаспоровые глины (Allen, 1935); 10 — оолит из диаспоровой глины (Allen, 1935).

Методы разведки, добычи и сортировки миссурийских диаспоровых глин описываются в работах Форбса (Forbes, 1928, 1931).

В последние годы в Миссури начали добывать и железистые диаспоровые глины, которые применяются для изготовления специальных стойких по отношению к сульфатам цементов. Размеры добычи и стоимость диаспоровых огнеупорных глин в Миссури характеризуются следующими данными:

Год	Тыс. т	Тыс. долл.	Год	Тыс. т	Тыс. долл.
1932	6.8	51.8	1935	23.2	104.3
1933	11.8	53.5	1936	33.6	150.5
1934	20.3	104.7	1937	49.8	245.4

¹ Burley — от слова buri — узелок; burley-clay (от oolite-clay) отличается от диаспоровой глины тем, что количество оолитов диаспора в этой глине меньше и самые оолиты имеют меньшие размеры, чем в диаспоровой глине. Оолиты глины burley состоят не только из диаспора, а из диаспора и прослоев изотропного вещества основной массы горной породы. Аллен (Allen, 1935) считает эту массу состоящей из промежуточного между галлуазитом и клиахитом минерального вещества.

Близкие по происхождению и составу к диаспоровым глинам Миссури пизолитовые диаспоровые породы пахотятся в Жамму (Jammu) в Кашмире в Индии (Fox, 1932). Образование диаспора в наждаках о-ва Самос Лаппаран (Lapparent, 1935) приписывает действию стресса. Месторождения плотного каолина и диаспора, весьма напоминающие по своему составу и генезису месторождения, связанные с вторичными кварцитами Казахстана, описывают Иошики и Кимизука (Ioshiki, 1933, 1934; Kimizuka, 1940).

По данным Бюро учета ДГК (Прил. к материалам по геологии и полезным ископаемым Дальнего Востока), К. Г. Молчанским в 1921 г. в Гиринской провинции Северной Манчжурии были открыты мощные выходы горной породы, состоящей из диаспора, сцементированного гидратом окиси железа. Порода содержит до 73% и более Al_2O_3 и обычно не более 1% SiO_2 в форме кварца.

Работы П. Керра (Kerr, 1940), а также Пэйджа, Рейна и Селливана (Page, Raine and Sullivan, 1940) по описанию месторождения и по применению пинитизированных туфов в штате Невада позволяют предполагать, что некоторые, называемые серицитовыми, горные породы, встречающиеся в комплексе вторичных кварцитов в Казахстане, являются сходными с породами Невады, дающими при обжиге специальные, состоящие главным образом из муллита, огнеупоры.

Месторождения СССР

Систематическое изучение вторичных кварцитов Казахстана, проводившееся в последнее время ЦНИГРИ, Академией Наук, Казахским и Узбекским геологическими управлениями, выявило крупные концентрации диаспора, промышленное значение которых было подтверждено технологическими исследованиями ВИМС.

Вместе с другими глиноземистыми минералами (корунд, андалузит, каолинит, пирофиллит, алунит, серицит, цуннит и др.) диаспор связан с вторичными кварцитами, образующимися в кислых и средних эффузивных породах обычно вблизи контактов с гранитами.

В настоящее время известно более 10 месторождений диаспора во вторичных кварцитах, из которых одно разведано и опробовано (Акташ), а остальные обследованы в порядке поисковых работ.

Акташское комплексное месторождение корунда, андалузита, диаспора, каолинита и пирофиллита расположено в 15 км к северу от ст. Барраж — конечного пункта ж.-д. ветки Ташкент — Чирчикстрой. Диаспоровые руды сосредоточены, главным образом, в северо-западной части месторождения (участок Акташ-сай).

Двухлетние разведки северо-западного участка выяснили, что наиболее широким распространением здесь пользуются пирофиллит-кварцевые породы, среди которых выделяются крупные по размерам участки каолинито-кварцевых пород, в свою очередь включающие трубообразные тела алунитовых пород.

Диаспор и кварц встречаются в рассеянном виде и в пирофиллитовых и в каолинитовых участках. Содержание кварца редко достигает 40—50%. Количество диаспора в породах колеблется в широких пределах. Для наиболее детально разведанной площади между Азимбай-саем и Акташ-саем С. Е. Прянишников определяет среднее содержание диаспора в 13.6%. Соответственно запасы диаспора на этой площади составляют около 355 тыс. т. Считая общую площадь диаспороносных пород на Акташском участке 100 тыс. м² и среднее содержание диаспора 10%, Прянишников определяет запасы диаспора до глубины 100 м в 2.5 млн. т.

Местами диаспор образует почти мономинеральные гнездообразные скопления, из которых кондиционное сырье может быть извлечено ручной

сортировкой. В табл. 2 приводятся данные по двум наиболее крупным и хорошо разведанным гнездам богатых диаспоровых руд.

ТАБЛИЦА 2

Характеристика гнездообразных скоплений диаспоровых руд

№ рудного тела и название породы	Опробованная мощность, в м (в среднем)	Выход конди- ционного сырья, в % (среднее)	Хим. состав отсортированного сырья		Запас, в тыс. т	Като- гория запаса
			Al_2O_3 , в %	Fe_2O_3 , в %		
№ 1, пирофиллит-диаспоровая порода . . .	17.4	46	50.01	1.98	63.6	В
№ 9, каолинит-диаспоровая порода . . .	8.1	30	49.03	0.23	30.0	В

Кристаллы диаспора очень мелки в богатых рудах (0.02—0.1 мм, редко больше) и несколько крупнее в диаспоровых кварцитах (0.1—0.5 мм). Каолинит и пирофиллит встречаются большей частью в виде мелких чешуек и табличек размером 0.01—0.03 мм. Кварц в рудах — двойного типа: первичный — сохранившиеся крупные фенокристаллы порфиров размером 0.5—1.0 мм, и мелкозернистый вторичный — с размером зерен 0.01—0.2 мм.

В некоторых рудных телах (например, № 1) встречается пирит, образующий желваки, жилки или тонкую вкрапленность.

Кварциты с диаспором, каолинитом и пирофиллитом найдены также восточнее центральной кольцевой зоны на площади свыше 30 тыс. м² по Апияк-саю, но здесь они еще не изучены (Прянишников и Пояркова, 1939).

Джаксы-карт — в изгибе р. Нуры, в 85 км к западу от г. Караганды. Диаспоровые кварциты слагают две небольшие сопки, возвышающиеся над уровнем долины р. Нуры на 30 и 80 м. Рудоносная площадь составляет около 350 тыс. м² при среднем содержании диаспора 15—20%. Крупные табличатые выделения диаспора размером до 5 мм в поперечнике равномерно рассеяны в мелкозернистой массе кварца (Быховер, 1936).

Джилъ-мая — к юго-востоку от Джаксы-карта и в 70 км к западу от Караганды. Во вторичных кварцитах массива широко распространены диаспор, каолинит, алунит и пирофиллит. В одном из участков кварцитового поля размером до 1 тыс. м² встречены многочисленные гнезда богатых диаспоро-каолинитовых пород с алунитом.

В 15 км к северо-востоку отсюда находятся массив *Кыз-имчак*, где в узкой полосе каолинито-пирофиллитовых кварцитов встречаются небольшие участки с концентрацией до 20—25% диаспора (Быховер, 1936).

Суран — в 30 км к юго-юго-востоку от г. Караганды. В делювиальном подножьи массива первоначально были найдены диаспоро-пирофиллитовые породы с содержанием диаспора в отдельных образцах до 60%. Поиски коренного месторождения выявили значительные площади (3 тыс. м²) чисто пирофиллитовых пород с незначительной примесью диаспора и алунита (Марков, 1937).

Кос-мурун — в 120 км к югу от Караганды, 18 км к востоку от ж.-д. ст. Дарья Карагандинской линии Омской ж. д. Вторичные кварциты южной группы сопок массива на площади 150 тыс. м² содержат от 15 до 40 % диаспора, которому сопутствуют алунит, каолинит и серицит. Диаспор встречается в сравнительно крупных табличатых кристаллах размером до 1—2 мм в поперечнике, либо сплошными мелкозернистыми

(0.03—0.05 мм) агрегатами. Выгодной особенностью месторождения является обилие воды речной и родниковой (Годован, 1935).

Улукпанын-кызыл — в 100 км к юго-востоку от Каркаралыиска у тракта на Аягуз. В поле серицитовых вторичных кварцитов спорадически встречаются участки с содержанием от 10 до 30% пирофиллита и до 18% диаспора. В одном месте встречена небольшая (2×8 м) линза сплошной диаспоро-пирофиллитовой породы. Крупнокристаллические диаспоровые разновидности в этой линзе содержат 65—66% диаспора и 30% пирофиллита, что соответствует 67% Al_2O_3 и 20% SiO_2 (Марков, 1937).

Каргалы — в 5 км к югу от совхоза Каргалы у тракта Караганда—Балхаш. Диаспоровые кварциты занимают значительные площади по гребню и склонам горы Большие Каргалы. Диаспор в виде крупных, хорошо различимых невооруженным глазом кристаллов (до 2—3 мм в поперечнике) концентрируется в количестве от 15 до 55%. Кроме породообразующих кварца и серицита, диаспору сопутствуют каолинит, рутил (местами до 10%), мусковит (пирофиллит?) и в меньшем количестве — алунит, гематит и ярозит. Кварциты со средним содержанием диаспора 35—40% констатированы на площади 500 тыс. м². Во вторичных кварцитах расположенной рядом горы Малые Каргалы также встречается диаспор в количестве до 25% (Годован, 1937; Марков, 1938).

Джусалы — в 10 км к юго-западу от совхоза Каргалы. Диаспоровые разновидности наиболее широко распространены среди вторичных кварцитов, занимающих здесь 10 км². Массив изучен слабо, и тем не менее здесь выявлено около 100 тыс. м² площади с содержанием от 15 до 40% диаспора. Относительно крупнозернистый диаспор (0.1—1 мм) сопровождают, кроме кварца и серицита, еще каолинит, рутил и гематит. Севернее расположен массив Айдакарлы, в котором также встречаются диаспоровые кварциты (Годован, 1937; Марков, 1938).

Уш-тоган — в 18 км к юго-западу от Каргалы, в 100 км от железной дороги. Массив сложен преимущественно алунитовыми кварцитами с содержанием 30—50% алунита на площади 1.6 км². Однако, встречен также один участок кварцитов с содержанием 15—45% диаспора на площади 75 тыс. м² и два небольших участка андалузитовых кварцитов с содержанием до 25% андалузита и до 5% диаспора на площади 500 м².

Кара-иерек — в 40 км к западу от Каргалы, 75 км к востоку от железной дороги Караганда — Балхаш. Вторичные кварциты массива несут очень обильную и разнообразную минерализацию. На первом месте, как и в Уш-тогане, следует поставить алунит (350 тыс. м² с содержанием 20—50%). Отдельные небольшие участки диаспоровых кварцитов занимают общую площадь 50 тыс. м² при содержании диаспора до 25%. В небольшом количестве в диаспоровый кварцит входят каолинит, серицит, алунит, гематит (Годован, 1937; Марков, 1938).

Карабас — в 35 км к северо-западу от Коунрада. Диаспор здесь встречается в серицитовых кварцитах, образовавшихся из пнотрузивных порфиров и несущих местами рассеянное медное оруденение. Диаспоровые кварциты слагают западную возвышенную часть Большого Карабаса и вершины сопки Малого Карабаса. Среднее содержание диаспора оценивается в 20—25%. Площадь диаспоровых кварцитов составляет около 50 тыс. м² по Малому Карабасу и около 1 км² по Большому Карабасу.

По скважинам диаспор прослеживается до глубины 65 м, причем в отдельных скважинах его содержание достигает 50%. От 65 до 135 м диаспор еще встречается спорадически в серицитовых кварцитах.

В состав диаспоро-серицитовых кварцитов входят следующие минералы (в убывающем порядке): кварц, диаспор, серицит, каолинит, лимонит, опал, рутил, ярозит, халцедон, гематит, цуниит (в среднем 4%), мусковит, хлорит, халькопирит, арсенопирит и циркон.

Диаспор встречается в двух кристаллических формах: в отдельных зернах в кварцевой массе размером около 0.2 мм и тонкодисперсной массой, образующей псевдоморфозы по нацело замещенному полевоому шпату.

Кроме перечисленных точек, диаспор в небольшом количестве встречается во многих месторождениях алунитовых кварцитов северного Прибалхашья, из которых следует отметить массив Таргыл в 50 км к западу от г. Балхаш на берегу озера Балхаш (Асташенко, 1938). А. В. Пейве (1937) описывает горные породы из Ферганы с содержанием 66% диаспора, 15% каолина, 13% окислов железа и с содержанием 75% диаспора и 14% гематита.

На Урале среди диаспоровых бокситов Ивдельского района некоторые состоят почти только из диаспора. Среди тихвинских бокситов И. В. Пуаре (1935) выделяет гиббсит-диаспор-бёмитовые и гиббсит-диаспоровые бокситы.

А. К. Белоусовым (1937), Е. В. Рожковой и М. В. Соболевой (1938) описаны диаспоро-шамозитовые породы, которые в случае их эксплуатации для получения огнеупоров необходимо будет освобождать от шамозита и железных окислов. Когда технологи научатся разделять диаспор и шамозит, такие хлоритовые диаспориты можно будет рассматривать как комплексные руды на Fe и Al_2O_3 .

Свойства. Большой удельный вес диаспора (3.4) позволяет отделять его от других минералов глин при помощи бромформа (2.8), чем облегчается его распознавание в поле (Wherry, 1918). Кристаллики диаспора в диаспоровых глинах ясно видны при погружении порошка породы в иммерсионную жидкость с показателем преломления 1.570, в которой частицы минералов глин не видны. С. Фельпс и А. Худж (Phelps a. Hughes, 1930) рекомендуют определять содержание Al_2O_3 в диаспоровых глинах по удельному весу или по потере при прокаливании. А. С. Базилевич (1940) дает диаграмму для определения Al_2O_3 и диаспора в диаспоро-кварцевых, диаспоро-каолиновых и диаспоро-пирофиллитовых горных породах по удельному весу этих пород.

Методы различения диаспора от других связанных с ним в высокоглиноземистых горных породах Казахстана минералов в порошках дают А. В. Руднева (1939) и Т. Н. Моисеева (1940).

Р. Хау и Р. Фергусон (Howe a. Ferguson, 1923) провели сравнительное изучение термических свойств диаспора, боксита и гиббсита. Точки их плавления значительно понижаются примесью CaO , менее — примесью Fe_2O_3 и SiO_2 . Наименьшей усадкой при обжиге обладают минеральные образования, богатые SiO_2 , наибольшей — богатые Fe_2O_3 . Гиббсит обладает большей усадкой, чем диаспор. Для уменьшения усадки диаспоровых глин С. Фельпс (Phelps, 1932) рекомендует добавлять к ним при обжиге некоторые вещества.

Кривые линейной усадки диаспоровых пород Акташского месторождения даны А. С. Базилевичем (1939). Диаспор в Акташском месторождении встречается совместно с пирофиллитом, каолинитом и кварцем. В зависимости от того, с каким минералом комбинируется диаспор, определяется огнеупорность диаспоровой породы. На основании системы, изученной Бауэром и Грейгом, А. С. Базилевич устанавливает, что в пирофиллитовых и каолиновых породах примесь диаспора в любых количествах является положительным фактором, в то время как в кварцевых она становится таковым лишь при содержании свыше 21%. Содержащие щелочи алунит и серицит являются вредными компонентами диаспоровых пород, так как понижают степень их огнеупорности.

П. Герольд и Додд (Herold a. Dodd, 1939) изучали диссоциацию глинистого диаспорита из Миссури при температурах от 110 до 1700°. Глинистый диаспорит содержал 63% диаспора, 28% глинистых минералов и 8% кварца. Между 350 и 400° начиналось разрушение диаспора и образование

как альфа-глинозема ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) — высокотемпературной формы глинозема корунда гексагональной сингонии, так и гамма-глинозема ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) — низкотемпературной формы глинозема кубической сингонии. При 950° весь образовавшийся $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ преобразовывался в корунд. При $1050\text{—}1200^\circ$ из части корунда, кварца и глинистых минералов образовывался муллит. Содержание $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ в получившихся после обжига образцах авторы определяли обработкой их соляной кислотой, в которой $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ растворяется.

Диаспориты США применяются для изготовления высококачественных огнеупоров, служащих для электрических печей, печей для получения стекла, эмали и пр. Применяемые для облицовки тоннельных вращательных печей огнеупорные кирпичи, изготавливаемые из диаспоровых глин Миссури, имеют следующий состав (в %):

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	Пот. при прок.
21.9	72.65	1.06	2.97	0.40	0.25	0.87	0.11

Из диаспорита готовят также сверхогнеупорный цемент с температурой плавления в 2050° . Крауфорд (Crawford, 1923) считает получаемые из диаспоритов огнеупоры ценными по своей высокой огнеупорности и по сопротивляемости основным шлакам; кроме того, диаспориты дают при обжиге весьма слабую усадку. Высокоглиноземистые огнеупоры из диаспоритов начали применять в США в 1908 г., в 1920 г. диаспориты вытеснили из огнеупорной промышленности бокситы. Крауфорд считает внедрение диаспоритов как сырья в огнеупорную промышленность США самым выдающимся событием в огнеупорной промышленности за первые 20 лет XX века.

С. Нагаи и Ю. Катаяма (Nagai a. Katayama, 1939) занимались вопросом извлечения глинозема из манчжурских диаспоровых глин; вопросом очищения высокоглиноземистого сырья от окислов железа занимались Нагаи и Накайма (Nagai a. Nakajima, 1940).

Опыт пробной эксплуатации богатых диаспоровых руд на Акташском месторождении выяснил, что выход кондиционного сырья с содержанием $>50\%$ Al_2O_3 при ручной сортировке колеблется в очень широких пределах (от 7 до 75%), составляя в среднем около 40%. Критерием для выделения диаспоровых пород является характерный блеск кристаллов диаспора в солнечных лучах. Содержание железа и щелочей в продуктах сортировки не превышает 2—3%.

Ограниченность ресурсов богатых руд поставила в порядок дня вопрос обогащения низко- и среднепроцентных диаспоровых руд. Соответствующие исследования над пробами с Акташского месторождения были поставлены ВИМС в 1939—40 г. К концу 1940 г. эти исследования показали возможность получения диаспорового концентрата с содержанием Al_2O_3 65—70% при выходе до 80%. При этом попутно получают пиррофиллитовый и каолининовый концентраты. В дальнейшем достигнутые в 1939—1940 г. показатели, вероятно, будут улучшены.

Диаспоровое сырье с содержанием 60% представляет прекрасный материал не только для производства высокоглиноземистых огнеупоров с температурой плавления 1800° , требуемых для наиболее ответственных зон плавильных печей, но и вполне удовлетворительный материал для получения кремне-алюминиевого сплава силумина, применяемого в автомобильной и авиационной промышленности.

При повышении содержания Al_2O_3 до 80% и выше диаспоровые концентраты будут представлять также большой интерес для производства искусственного корунда и металлического алюминия.

Возможно, что с усовершенствованием способов разделения диаспор-гематит-шамозитовых горных пород на диаспор, гематит и шамозит последние послужат комплексными рудами для получения и огнеупоров и железа.

Табл. 3 дает представление о промышленных кондициях на диаспоровое сырье со стороны его главнейших потребителей.

ТАБЛИЦА 3

Промышленные кондиции на диаспоровое сырье

Отрасли производства	Al_2O_3	Fe_2O_3	$K_2O + Na_2O$	TiO_2
Огнеупорное	$> 52\%$	$< 2\%$	$< 1\%$	не огр.
Силуминовое	> 60	< 1	не огр.	1%
Искусственного корунда . . .	> 50	< 30	не огр.	до 4
Алюминиевое	40—55	< 30	не огр.	не огр.

Примечание. В производстве искусственного корунда содержание SiO_2 не должно превышать 15%; содержание щелочей для этого производства безразлично, а окиси титана в количестве до 4% даже полезно. В производстве глинозема для дальнейшего извлечения алюминия допустимое содержание SiO_2 колеблется от 4—5% при методе Байера до 10—16% при электротермическом методе; содержание двуокиси титана для глиноземного производства мало существенно, а наличие щелочей при методе Байера даже желательно.

Дополнено 15. XII. 1940 г.

В. В. Аршинов и К. З. Ляпин

ЛИТЕРАТУРА

- Асташенко К. И. Вторичные кварциты восточной части СЗ Прибалхашья. 1938, рукопись.
- Зунит, зунитовые породы и связанные с ними руды. Изв. Акад. Наук, сер. геол., 1939, № 5, 158—167.
- Базилевич А. С. Огнеупорные породы Акташского месторождения. Огнеупоры. 1940, № 1, 53—57.
- Пробная партия огнеупоров из акташских глиноземистых пород и служба их у потребителя. Огнеупоры, 1940, № 7, 359—366.
- Белоусов А. К. Диаспор-шамозит-гематитовые руды р. Катава. Тр. Конфер. по генезису руд железа, марганца и алюминия. Акад. Наук, М.—Лг., изд. Акад. Наук, 1937, 606—618.
- Белянкин Д. С. О воде в некоторых минералах. Тр. Петр. инст. Акад. Наук, 1933, вып. 4, 65—71.
- Богорядицкая Б. Растворимость естественных минералов. Тр. Гос. иссл. керам. инст., 1931, вып. 30, 1—29.
- Быховер Н. А. Вторичные кварциты среднего течения р. Нуры и их полезные ископаемые. ЦНИГРИ, 1936, рукопись.
- Годован С. А. Вторичные кварциты Карагандинского района Казахской ССР и связанные с ними неметаллические полезные ископаемые. ЦНИГРИ, 1935, рукопись.
- Вторичные кварциты Успенско-Спасского района. ЦНИГРИ, 1937, рукопись.
- Иванов И. С. Кристаллические модификации Al_2O_3 . Тр. Центр. научно-иссл. лабор. камней самоцветов, 1938, вып. 4.
- Ковалев Г. А. Эталонные порошкограммы некоторых минералов из классов элементов, сульфидов и окислов. Мат. ЦНИГРИ, геохим., 1937, сб. 2, 93—95.
- Курнаков Н. С. и Уразов Г. Г. Кривые нагревания тихвинских бокситов. Изв. Инст. физ.-хим. анализа, 1924, 2, вып. 2.
- Ляпин К. З. Высокоглиноземистое сырье СССР. Сов. геол., 1939, № 9.
- Марков П. С. Вторичные кварциты Карагандинского и Каркаралинского районов. Инст. геол. наук Акад. Наук, 1937, рукопись.
- Вторичные кварциты бассейна р. Токрау и Джанчи. Инст. геол. наук Акад. Наук, 1938, рукопись.
- Вторичные кварциты юго-восточной части Четского района. Инст. геол. наук Акад. Наук, 1939, рукопись.
- Моисеева Т. Н. Петрографо-минералогическое исследование и разработка методики анализа глиноземистых руд. Всесоюз. инст. мин. сырья, 1940, рукопись.
- Немова З. Н. Микроскопическое исследование бокситов Северного Урала. Тр. Петр. инст. Акад. Наук, 1934, вып. 6, 485—489.

- О з е р о в К. Н. Высокоогнеупоры Казахской степи. Караганда, третья угольная база Союза. Тр. Казахской базы Акад. Наук, вып. 3. М.—Лг., изд. Акад. Наук, 1936, 69—104.
- П е й в е А. В. Бокситы Средней Азии. Таджик.-Памир. экспед. Акад. Наук 1935 г., вып. 99. М.—Лг., 1937.
- Приложение к Мат. по геол. и полезн. ископ. Дальнего Востока, 1928, № 46, 90.
- П р я н и ш н и к о в С. Е. Агальматолит, алунит, диаспор, андалузит и другие полезные ископаемые Акташского месторождения. Разв. недр, 1937, № 22, 11—17.
- П р я н и ш н и к о в С. Е. и П о я р к о в а М. Э. Акташское комплексное месторождение. Отчет по разведкам 1938—1939 гг. Узбек. геол. упр., 1939, рукопись.
- П у а р е И. В. Основные черты состава и строения тихвинских бокситов и источники их изучения. Изв. Ленингр. геол.-разв. тр., 1935, № 43.
- Р о ж к о в а Е. В. и С о б о л е в а М. В. К минералогии палеозойских бокситов. Тр. Всесоюз. инст. мин. сырья, 1938, вып. 120.
- Р о м а и о в Г. П. Алюминиевые шамозит-диаспоровые оолитовые руды бассейна р. Сима на западном склоне Южного Урала. Всесоюз. инст. мин. сырья, 1935, рукопись.
- Диаспор-гематитовые и диаспор-шамозитовые руды Пашийского района. Всесоюз. инст. мин. сырья, 1935, рукопись.
- Р у д н е в а А. В. Применение микроскопических методов исследования к контролю технологического процесса обогащения глиноземистых руд месторождений Коунрада и Акташа. Всесоюз. инст. мин. сырья, 1939, рукопись.
- Р у ш к о в с к и й А. Н. Акташское комплексное месторождение. Соц. наука и техн., 1937, № 10/11, 18—21.
- С о б о л е в а М. В. Минералогия диаспор-шамозитовых руд Южного Урала. Тр. Всесоюз. инст. мин. сырья, 1938, вып. 120.
- С ы р о м я т н и к о в Ф. В. О минеральном составе ивдельского боксита. Бюлл. Моск. общ. испыт. природы, отд. геол., 1933, 11.
- Allen V. T. Mineral composition and origin of Missouri flint and diaspore clays. Missouri Geol. Surv. a. Water Resourc., 68 H. Bienn. Rep., Appendix, 1935.
- B o g n a r E. J. The history a. development of diaspore as a refractory. Fuels a. Furn., 1932, 10, № 2, 153—156.
- C r a w f o r d J. L. High alumina refractories. Journ. Amer. Ceram. Soc., 1923, 6, 290—291.
- D e f l a n d r e M. La structure cristalline du diaspore. Bull. Soc. Fr. Min., 1932, 55, 140—165.
- D e l y a n i s A. A. Ein neues Verfahren für die Bestimmung der Aufschliessbarkeit von Bauxit. Metall u. Erz, 1940, H. 10, 194—198.
- D e l y a n i s A. u. A l e x o p u l o s K. Krystalline Struktur und Aufschliessbarkeit des griechischen Bauxits. Metall u. Erz, 1937, 34, 476—477.
- E w i n g F. J. The crystal structure of diaspore. Journ. Chem. Phys., 1935, 3, № 4, 203—207.
- F o r b e s C. R. Mining of Missouri diaspore, burley a. flint clays. Journ. Amer. Ceram. Soc., 1928, 11, № 3, 204—214.
- Grading a. sampling of Missouri burley a. diaspore clays. Journ. Amer. Ceram. Soc., 1931, 14, № 5, 382—388.
- F o x C. S. Bauxite a. aluminous laterite. London, 1932, 90.
- H e r o l d P. G. a. D o d d C. M. Thermal dissociation of diaspore clay. Journ. Amer. Ceram. Soc., 1939, № 11, 388—391.
- H o l m e s M. E. a. K e l l e r W. D. Estimation of the aluminium content of diaspore a. burley clay from the silica content. Journ. Amer. Ceram. Soc., 1932, 15, 68—71.
- H o w e R. a. F e r g u s o n R. F. Composition a. properties of diaspore, bauxite a. gibbsite. Journ. Amer. Ceram. Soc., 1923, 6, № 3, 496—500.
- I o s h i k i B. Diaspore from Shōkōzan. Proc. Imp. Acad. Tokyo, 1933, 9, 109—112. Peф.: Min. Abstr., 5, 535.
- Dickite in the rōseki deposits in Shōkōzan. Proc. Imp. Acad. Tokyo, 1934, 10, 417—420. Peф.: Min. Abstr. 6, 137.
- K e r r P. F. A pinitized tuff of ceramic importance. Journ. Amer. Ceram. Soc., 1940, № 3, 65—71.
- K i m i z u k a. On the rōseki deposit (aggregation of pyrophyllite, kaolinite and diaspore) at Mituisaki, Bizen province, Japan. Mem. Coll. Sci. Kyoto Univ., Ser. B, 1938, 14, 73—122. Peф.: Min. Abstr., 7, 430.
- K o n d o S. Diaspore refractories a. agalmatolite refractories. Journ. Jap. Ceram. Ass., 1929, 37, 442, 411—423; Journ. Amer. Ceram. Soc., 14, Abstr., 10, 351.

- K r u s o n I. H. Preparing refractories for rotary kilns. Quarrying material and manufacture of diaspore and fire clay refractories for the rock products industries. *Rock. Prod.*, 1927, 30, № 19, 73—77.
- L a p p a r e n t J. Extension des bauxites à diaspore. *C. R.*, 1933, 196, № 3, 187—188.
- La boehmite et le diaspore dans les fire clays de l'Ayrshire. *C. R.*, 1934, 199, 1629—1631.
- Les étapes du métamorphisme des emeris de Samos. *C. R.*, 1935, 154—157.
- L e h l H. Boehmite a. bayerite. *Journ. Phys. Chem.*, 1936, 40, 47—54.
- M c Q u e e n H. S. Geologic relations of the diaspore a. flint fire clays of Missouri. *Journ. Amer. Ceram. Soc.*, 1929, 12, № 10, 687—697.
- N a g a i u. K a t a y a m a. *Chem. Zbl.*, 1939, 1, 1026.
- N a g a i S. u. N a k a j i m a. *Chem. Zbl.*, 1940, 2, 946.
- N o r t h o n F. H. Analysis of high-alumina clays by the thermal method. *Journ. Amer. Ceram. Soc.*, 1940, 23, № 9, 281—282.
- P a g e G. A., R a i n e F. F. a. S u l l i v a n V. R. Development and preliminary studies of pinit. *Journ. Amer. Ceram. Soc.*, 1940, № 3, 71—77.
- P h e l p s S. M. Study of the shrinkage of diaspore clays. 1. a. 2. *Journ. Amer. Ceram. Soc.*, 1926, 9 (10), 659—666; 1932, 15, (2), 96—106.
- P h e l p s S. M. a. H u g h e s A. C. A rapid method for the estimation of the alumina content of diaspores a. high alumina clay. *Journ. Amer. Ceram. Soc.*, 1930, 13, 1—4.
- R h o d e a. H a r k o p t. Microscopic examination of ceramic products. *Journ. Amer. Ceram. Soc.*, 1932, 15, № 3, 178—187.
- T a k a n e K. Crystal structure of diaspore. *Proc. Acad. Tokyo*, 1933, 9, 113—116.
- Thermal expansion tests on fused alumina, bauxite a. diaspore. *Bureau Standards. Techn. News. Bull.* № 158, 55—56.
- T h o r n b e r r y M. H. Method for analysing diaspore clay. *Journ. Amer. Ceram. Soc.*, 1923, 6, № 12, 1261—1262.
- W a r d C. J. High alumina refractories. *Journ. Canad. Ceram. Soc.*, 1938, 7, 19—21; *Ceram. Abstr.*, 1938, 17, № 2, 307.
- W h e r r y E. T. Diasporite in Missouri. *Amer. Min.*, 1917, 2, № 12.
- Field identification of diasporite. *Amer. Min.*, 1918, 3, 154.
- W y s o r D. C. Diaspore clay of Arkansas a. Missouri. *Journ. Amer. Ceram. Soc.*, 1923, 6, 501—509.

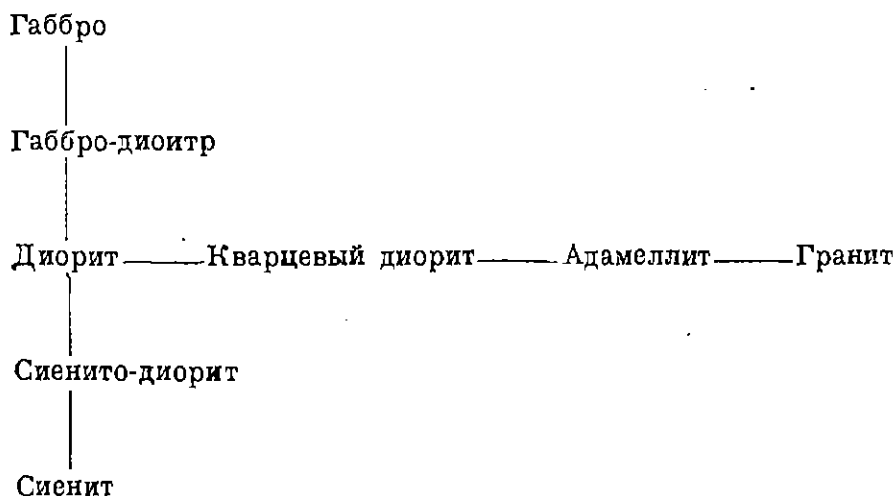
ДИОРИТ

Diorite (англ., франц.). Diorit (нем.)

Определение и общая характеристика. Собственно под названием «диорит» понимают глубинную изверженную горную породу, состоящую из полевого шпата плагиоклазового ряда и какого-либо темного минерала, преимущественно роговой обманки. Плагиоклаз имеет состав № 30—50, т. е. содержит в своем составе от 30 до 50% анортитовой частицы $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, а остальное приходится на долю альбита — $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$. В качестве второстепенной примеси в диоритах встречается К- Na-полевой шпат — ортоклаз, или микроклин, а также кварц. В качестве темных минералов присутствуют амфибол, биотит и пироксен, встречающиеся как вместе, так и порознь. Постоянными примесями являются: апатит, магнетит или пирит, циркон, титанит, реже — ортит.

Название «диорит» (от греческого *diorizō* — отличать) — относительно недавнее. Впервые оно было употреблено в 1819 г. Обюссоном (d'Aubuisson) и в 1822 г. аббатом Гаюи (Найу); последний под этим именем понимал зернистые полевошпатовые породы. Впоследствии под ним понимали всякую кристаллически зернистую породу, состоящую из плагиоклаза и амфибола; однако, это понятие не отвечает современному состоянию петрографии, и теперь различают, с одной стороны, ряд плагиоклазо-амфиболовых пород, не принадлежащих к диоритам и, с другой стороны, как диориты рассматривают и биотитовые и пироксеновые породы.

Как всякую изверженную породу, семейство диорита нельзя резко отграничить от соседних семейств гранита, габбро и сиенита; постепенными и непосредственными переходами и рядом промежуточных типов все эти породы связаны между собой. Взаимоотношения этих семейств, согласно Ф. Ю. Левинсон-Лессингу, могут быть изображены следующей схемой:



Типичные диориты состоят из плагиоклазов средней кислотности и темных минералов; в качестве примеси в них иногда присутствуют в небольших количествах ортоклаз и кварц. С увеличением содержания ортоклаза на-

блюдается переход через сиенито-диориты к сиенитам — породам, состоящим из полевых шпатов и темных минералов, полевошпатовая часть которых состоит, главным образом, из ортоклаза. Наоборот, преобладание второй примеси — кварца — дает постепенный переход к кварцевому диориту, а при параллельном увеличении содержания ортоклаза — к адамеллитам и габбритам. Переход диоритов к габбро сказывается в увеличении содержания темных минералов и в повышении основности плагиоклаза (в составе плагиоклаза увеличивается процент анортита — минерала, содержащего меньше кремневой кислоты, чем альбит, второй компонент плагиоклаза).

Кроме отмеченных переходных к другим близким семействам разновидностей диорита, уже в пределах собственно диоритов различают по содержащемуся в них темному минералу: диориты роговообманковые, авгитовые, биотитовые и т. д.

Химически типичные диориты характеризуются содержанием около 50—55% кремневой кислоты и 4—6% щелочей, как это можно видеть из табл. 1.

ТАБЛИЦА 1
Химический состав диоритов (в весовых %)

Компоненты	Среднее из 14 анализов	Авгитовый диорит	Роговооб- манково-сло- удной диорит	Сиенито-дио- рит	Роговооб- манковый габ- бро-диорит	Кварцевый диорит	Кварцево- слоудной диорит
	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	55.46	53.86	56.41	52.10	48.70	57.74	64.85
TiO ₂	0.94	1.80	0.68	—	0.81	0.76	0.91
Al ₂ O ₃	16.92	15.82	17.62	16.68	16.27	10.42	16.57
Fe ₂ O ₃	2.73	5.05	1.24	7.72	2.00	—	2.10
FeO	4.80	6.36	3.55	—	9.27	9.42	2.15
MnO	0.13	—	0.03	—	—	—	—
MgO	4.44	3.12	3.97	6.10	6.68	5.42	2.14
CaO	7.33	7.17	8.66	7.86	10.06	9.50	4.01
Na ₂ O	3.63	4.37	3.25	3.74	3.15	2.88	3.71
K ₂ O	2.41	1.14	2.61	5.01	0.54	1.70	3.10
H ₂ O	0.89	1.07	0.76	0.69	2.91	0.90	0.35
H ₂ O—	—	—	0.14	—	—	—	—
P ₂ O ₅	0.32	—	0.49	—	—	—	0.14
Сумма	100.00	99.76	99.70 ¹	99.90	100.39	98.74	100.03

1—по Озанну; 2—г. Березовая, Урал (Заварицкий, 1927, стр. 331); 3—Монтана; 4—хребет Хамар-Дабан, Сибирь; 5—Светлый бор, Урал; 6—Павда, квартал 127, Урал (Duparc et Grosset, 1916, стр. 99); 7—Electric Peak, Иеллстоунский парк.

¹ Кроме того, 0.09% Ba, 0.08% SrO, 0.07% Cl.

Минералогические разновидности диорита, отмеченные выше, различаются между собой и по химическому составу. Сиенито-диоритовые породы более богаты щелочами (анализ 4), габбро-диориты — более основные (анализ 5), кварцевые диориты — более кислые (анализы 6 и 7).

Диориты в качестве интрузивных пород образуют крупные массы типа штоков, лакколитов и т. д., иногда слагая только части этих массивов. Образуются диориты в результате дифференциации первоначальных магматических расплавов или же вследствие поглощения графитной магмой окружа-

ющих пород. Диоритовые породы часто образуют жилы и дайки, секущие другие породы. Вследствие этого диориты наиболее часто встречаются в виде небольших массивов, но в очень многих местах.

Месторождения диорита за границей и в СССР. Из зарубежных диоритов наибольшей известностью пользуются шаровой диорит *Корсики* из Санта-Лючия ди Таллано, кварцевые и бескварцевые диориты Миннесоты в США, южной Португалии и многих других мест.

В пределах СССР диорит и другие породы диоритового семейства пользуются довольно большим распространением. Они известны во всех районах развития изверженных горных пород.

На *Кавказе* диориты принимают участие в строении Главного хребта; так, некоторые «граниты» Главного хребта при детальном исследовании оказываются кварцевыми диоритами. Кварцевыми диоритами, диоритами и габбро-диоритами оказываются многие из молодых интрузивных пород Кавказа, например кварцевые сиенито-диориты горы Тепли в бассейне р. Ардопа, где они образуют массив длиной не менее 1 км, диориты Суатисидона и другие более мелкие.

В *Крыму* кварцево-роговообманковые и кварцево-авгитовые диориты, иногда порфировидные, образуют хорошо известные лакколиты южного берега Крыма: мыс Плака, гору Аю-даг, Чампы-бурун, Биюк-Урага и др.

В районе *Украинской кристаллической полосы* и в *Приазовском кристаллическом массиве* диориты известны по р. Саксагани и Ингульцу, где они выступают в значительных количествах во многих местах, а также в бассейне р. Кальмиуса, где они образуют небольшие массивы и дайки.

В *Карелии* и на *Кольском п-ове* диориты известны в ряде мест. А. А. Полканов выделяет в Свиронии целый комплекс гиперстеновых гнейсо-диоритов.

На *Урале* диориты пользуются очень широким распространением. Кварцевые диориты с амфиболом и пироксеном известны на Косвинском Камне (роговообманковый диорит с альбитизированным полевым шпатом и примесью биотита и мусковита). Различные диориты описаны были Дюпарком и сотрудниками из Николо-Павдинской дачи (Duparc et Grosset, 1916). Диориты известны также в окрестностях с. Мурзинки, в Южно-Заозерской даче по р. Супрее, на Супрейско-Сольвинском водоразделе и на Чусовском озере (кварцевые диориты).

Особо следует остановиться на диоритах горы Магнитной, которые представляют собой один из продуктов дифференциации магмы, давшей в контакте с окружающими породами известное Магнитогорское месторождение магнитных руд. Диориты, кварцевые диориты и гранодиориты образуют здесь как отдельные массивы, так и серии жил и связаны между собой непосредственными переходами.

Породы диоритового семейства весьма распространены также в *Азиатской части СССР*, однако, в связи с ее малой петрографической изученностью, не всегда можно дать сколько-нибудь полное указание на места их выходов. К наиболее известным выходам принадлежат диориты бассейна р. Зей и диориты Восточных Саян. Мраморы манской толщи в низовьях р. Маны, а также и урманская туфогенная толща прорваны баркевикитовым габбро-диоритом. В Западных Саянах указываются гранодиориты Манинского массива и кварцевые диориты Большого Порога и Вольшого Анзаса. В окрестностях Красноярска известны каледонские интрузии сиенито-диоритов, гранодиоритов и диоритов. Крупные массы гранодиоритов установлены в Минусинской котловине. В Кузнецком Ала-тау с гранодиоритами, внедрившимися в эпоху древнего палеозоя, иногда связаны золотые месторождения. Диориты известны также в районе Варнаула (Алтайский край).

В *Казахстане* гранодиориты, кварцевые диориты и диориты встречены в Акмолинской обл. и Кокчетавском районе Северо-Казахстанской области.

Применение и свойства. Непосредственное практическое значение диоритов не велико. Они могут на ряду с другими интрузивными породами употребляться в качестве строительных материалов. Свежие диориты могут идти на любые сооружения, где употребляется естественный камень; так, они идут на бутовый и штучный камень, облицовочные плиты, брусчатку, клейнифлястер, щебенку и т. п., т. е. на те же самые цели, на которые идут и хорошие сорта гранита, которым диорит не уступает по своим строительным свойствам. Временное сопротивление раздавливанию невыветрелых диоритов колеблется в пределах 1800—2400 кг/см². По сопротивлению истиранию бескварцевые диориты в связи с их меньшей твердостью уступают гранитам.

Мелкозернистые и более основные разновидности диоритов обладают очень высокой вязкостью, приближаясь в этом отношении к габбро, что делает особенно целесообразным применение их в дорожном деле.

Авгитовые и роговообманковые диориты более устойчивы, чем слюдяные. Ценность диоритов, как и вообще различных строительных материалов, сильно понижается в присутствии пирита.

В табл. 2 приведены данные механических испытаний диоритов из месторождений СССР (по материалам б. Петрографического института Академии Наук СССР).

ТАБЛИЦА 2
Механические свойства диоритов

Определение и происхождение образца	Временное сопротивление раздавливанию, в кг/см ²			Потери при истирании, в г/см ²	Объемный вес
	сухого	насыщенного	замороженного		
Кварцевый диорит. ¹ Ципа, Кавказ . . .	1101	935	не опр.	0.097	—
Кварцевый диорит. Зейский район, ручей Гнилой	2563	2096	2196	—	2.68
Гранодиорит. Туранский перевал, Вост. Сибирь	2050	—	—	—	—
Диорит. Левый берег р. Тымина, выше устья р. Десс, Вост. Сибирь	2517	2249	1946	—	3.00
Диорит. У р. Пянта, левый берег, Вост. Сибирь	2738	2091	1840	—	2.72

¹ Образец площадью в 27 см² выдержал без повреждений 8 ударов груза в 5 кг при падении с высоты 269 см.

Диориты, по своему внешнему виду обычно чрезвычайно похожие на граниты, сиениты или, в некоторых случаях, на габбро, могут быть отличены от них только после тщательного химико-минералогического исследования. В строительной практике истинная природа разрабатываемой породы обычно не учитывается, и поэтому очень часто все кристаллические зернистые породы, а диорит и сиенит почти всегда, объединяются под более распространенным и хорошо известным строителям термином «гранит». В силу этого и статистические сведения о диоритах обычно даются вместе с гранитом.

Кроме непосредственного прямого применения в качестве строительного материала, диорит имеет и другое практическое значение — как носитель металлоносных соединений. Выше было упомянуто о золотоносных гранодиоритах Кузнецкого Ала-тау и об образовании в осадках горы Магнитной место-

рождения железных руд при воздействии на эти осадки диоритов и их газовых эманаций. Подобных примеров имеется довольно много, и поэтому при поисковых работах диоритам обычно уделяется большое внимание.

Поступило 17. IX. 1939 г.

В. П. Петров

ЛИТЕРАТУРА

- Белянкин Д. С. К изучению новейших изверженных горных пород Казбека и его окрестностей. Изв. СПб. Политехн. инст., 1914, 21, вып. 1.
- Новейшая кавказская интрузия в бассейнах р. Ардона и Уруха. Изв. СПб. Политехн. инст., 1918, 27.
- Воскресенский А. К петрографии Крыма. Изв. Варшав. унив., 1915, вып. 3.
- Гейслер А. Н. Строительные материалы. Сб. Нерудные ископаемые, т. 3. Изд. Ком. по изуч. ест. произв. сил Акад. Наук, 1927.
- Гейслер А. Н., Белянкин Д. С., Добрынин М. И. и Яхонтов Н. П. Карта месторождений каменных строительных материалов. Мат. Ком. по изуч. ест. произв. сил Акад. Наук, 1925, № 54, 14.
- Гинзберг А. С. Петрография республики Армении. Петрография СССР, сер. 1—регион. петр., вып. 2. Лг., изд. Акад. Наук, 1934.
- Заварицкий А. Н. Гора Магнитная и ее месторождения железных руд. Тр. Геол. ком., нов. сер., 1927, вып. 122.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю. и Еремина Е. В. Труды Мугоджарской экспедиции 1889 г. Тр. СПб. общ. ест., 1905, 33, вып. 5.
- Лучицкий В. И. Петрография Крыма. Петрография СССР, сер. 1—регион. петр., вып. 8. Изд. Акад. Наук, 1939.
- Лучицкий В. И. и Лебедев П. И. Петрография Украины. Петрография СССР, сер. 1—регион. петр., вып. 3. Лг., изд. Акад. Наук, 1934.
- Обручев В. А. Орографический и геологический очерк юго-западного Забайкалья (Селенгинской Даурии). Геол. иссл. и разв. раб. по линии Сиб. ж. д. 1905, 22, вып. 1.
- Рудные месторождения. Изд. 2, М.—Лг., 1934.
- Геология Сибири. Т. 1. М.—Лг., изд. Акад. Наук, 1935.
- Duparcet Grosset. Recherches géologique et pétrogr. sur le district miner. de Nicolai-Pavda. Genève, 1916.

ДОЛОМИТ

Dolomit (нем.). Dolomite (франц., англ.)

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ. МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Термином «доломит» обозначают горные породы, состоящие целиком или преимущественно из минерала того же названия. В целях отличия от одноименного минерала в последнее время было предложено (Пустовалов, 1940) именовать эти горные породы доломитолитами (в переводе на русский язык — «доломитовый камень»).¹

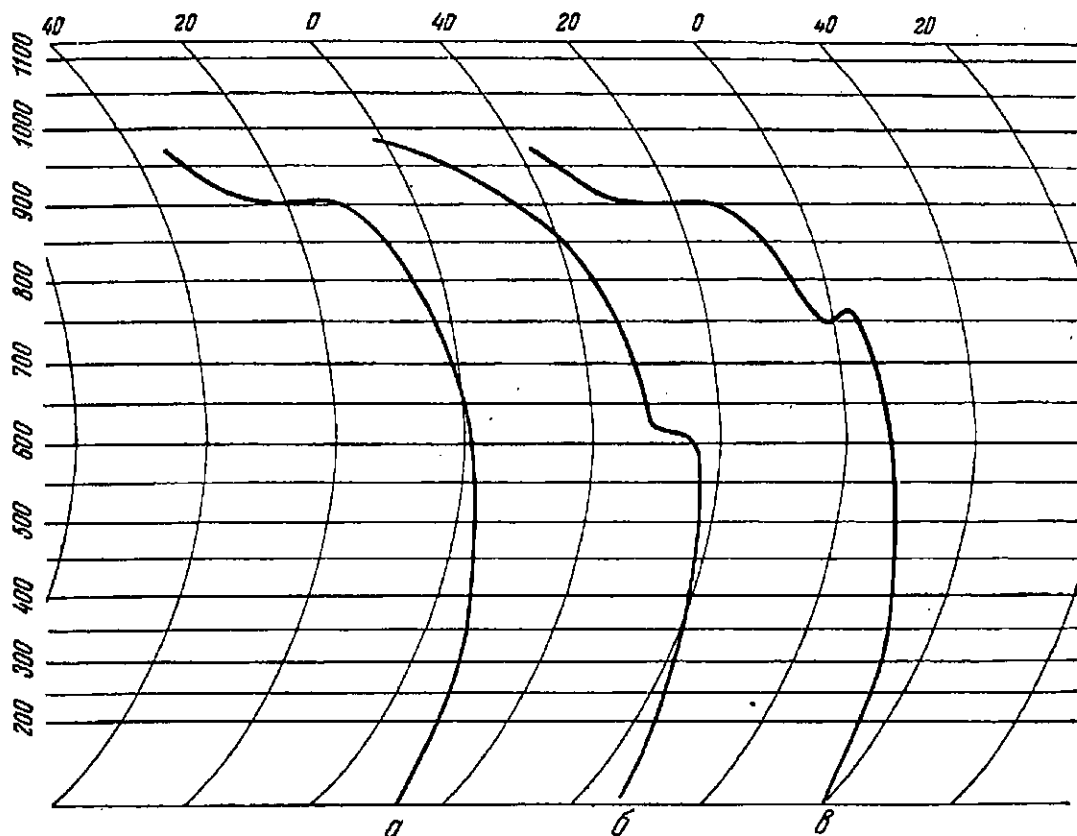
Доломиты являются распространенной осадочной горной породой; по подсчетам Л. В. Пустовалова (1940), они составляют около 2% от веса всех осадочных пород и около 0.1% от веса земной коры. Участие их в общей массе карбонатных пород оценивается примерно в 40% по весу; остальные 60% приходятся на долю известняков, которые составляют по тем же подсчетам около 3% от веса осадочных пород и около 0.15% от веса земной коры. Отсюда видно, что доломиты распространены в земной коре почти столь же широко, как и известняки.

В минералогии доломитом, или горьким шпатом, называется природное соединение, химический состав которого более или менее удовлетворительно укладывается в формулу $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, или $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$. Свое название он получил по имени французского минералога Д. Доломье (D. Dolomieu), открывшего этот минерал. О химической конституции доломита было высказано несколько мнений, главнейшие из которых сводились к трактовке доломита либо как изоморфной смеси CaCO_3 и MgCO_3 , либо как двойной углекислой соли кальция и магния. О правильности последнего представления говорят данные Я. В. Самойлова и Л. В. Пустовалова (1926), которые изучали поведение доломита при нагревании.

Термическая кривая доломита при температуре распада карбоната магния (около 610°) не обнаруживает никакой остановки, что указывает на отсутствие свободного MgCO_3 ; лишь около 765° обнаруживается эндотермическая реакция, причем нередко происходит понижение температуры испытуемого вещества, несмотря на непрерывное нагревание образца. Следовательно, температура около 765° есть температура распада молекулы доломита: с этого момента доломит как двойная углекислая соль перестает существовать и получается смесь CaCO_3 и MgCO_3 . Свободный карбонат магния оказывается в сильно перегретом состоянии (температура его распада равна 610°), вследствие чего происходит бурное его разложение с поглощением тепла, что и сказывается на кривой некоторым ее понижением. При дальнейшем повышении температуры, в интервале около 890 — 900° , кривая обнаруживает вторую эндотермическую реакцию, связанную уже с разложением CaCO_3 (фиг. 1 б).

¹ Коллективное авторство настоящей статьи при условии новизны термина не позволяет нам пользоваться здесь более правильным и удобным термином «доломитолиты» и заставляет сохранить за доломитовыми породами их старое название — «доломиты».

Твердость доломита 3.5—4, т. е. несколько выше, чем у кальцита; удельный вес 2.8—2.9. Излом полураковистый; черта белая; цвет обычно белый, иногда сероватый, красноватый, буроватый и других оттенков.



Фиг. 1. Кривые нагревания:
а — известняка; б — магнезита; в — доломита.

Кристаллизуется доломит в тригональной системе, образуя кристаллы ромбоэдрического, реже призматического габитуса; грани их часто искривлены, иногда имеют чешуйчатое строение; встречаются седловидные сростки. Совершенная спайность наблюдается по ромбоэдру (100).

Поступило 5 . XI . 1939 г.

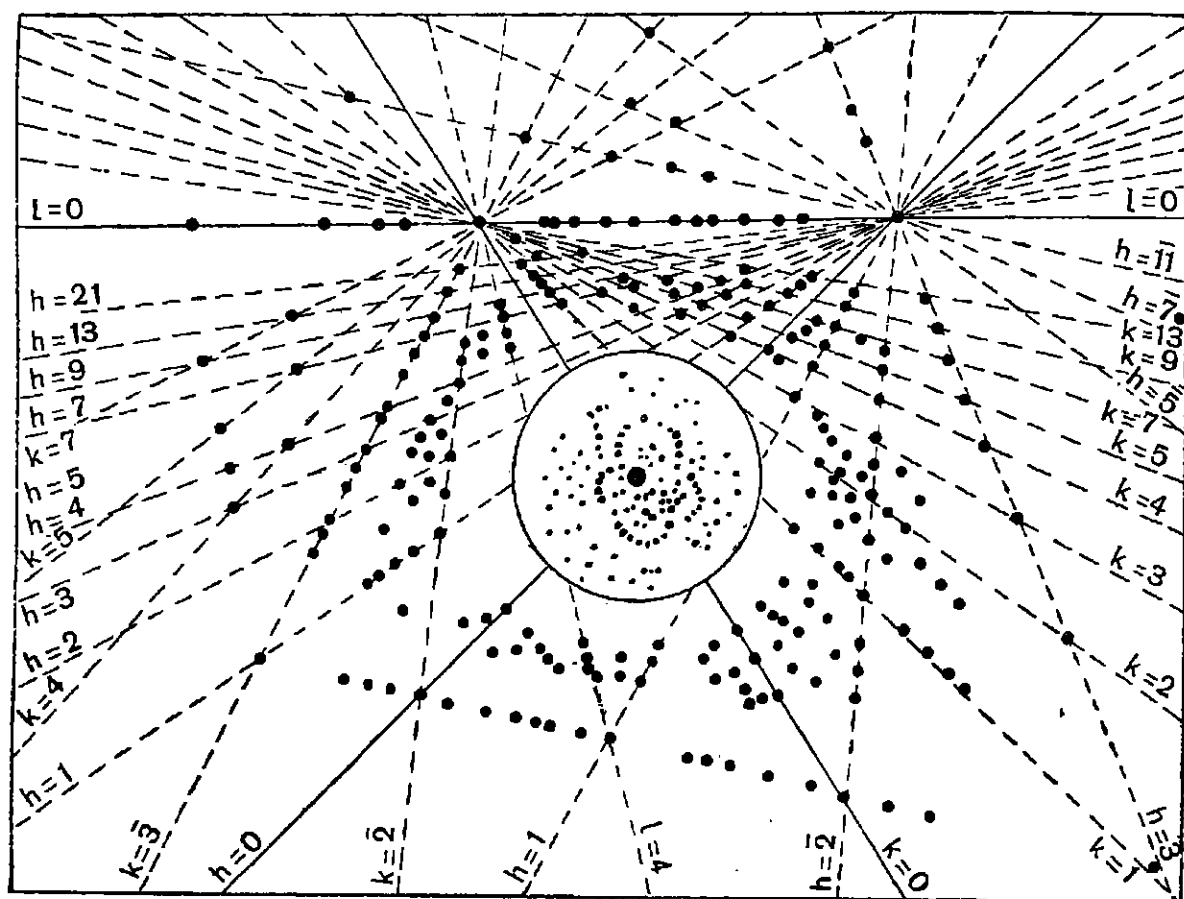
Л. В. Пустовалов

Рентгенографическое изучение доломитов проводилось рядом исследователей. Так, Брэгг (W. Bragg) еще в 1914 г. на основании спектрометрических измерений кристаллов карбонатов указал на некоторое отличие структуры доломита от структуры кальцита. Позднее появились работы Вико и Мервина (Wyckoff et Mervin, 1924), Вазастьерны (Wasastjerna, 1924), Каррабоса (Carrabos, 1926) и неопубликованные работы б. Института прикладной минералогии и Института асбеста (Лямина, 1932).

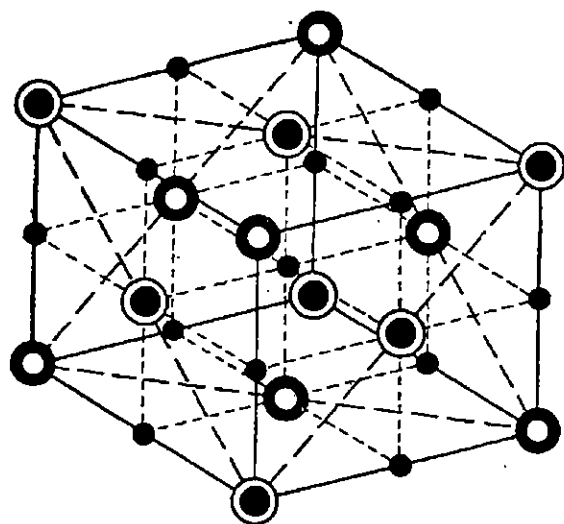
Исследуя хорошо образованные кристаллы доломита при помощи методов Брэгга, Лауэ и вращения кристаллов, Виков и Каррабос определили размеры элементарной ячейки его пространственной решетки. Ячейка — ромбоэдр (фиг. 2 и 3), имеющий ребро $a=6.02 \text{ \AA}$ и $\alpha=47^\circ 7'$, обладает меньшей симметрией, чем ромбоэдр класса скаленоэдра гексагональной сингонии и относится к пространственной группе S_6^2 или S_6^4 . Кроме того, Каррабос на основании изучения лауэграмм установил также законы двойникования доломита.

Более глубокое исследование структуры доломита выполнил Вазастьерна, который, пользуясь методом Брегга и Дебая, определил, кроме размера элементарного ромбоэдра ($a=5.94 \text{ \AA}$, $\alpha=47^\circ 30'$), координаты ионов кислорода.

Объектом исследования А. Н. Ляминой были образцы горных пород доломитов четырех месторождений СССР. Работа ставила себе целью — выяснение причины колебания в размерах ячейки доломита. Для тех же образ-



Фиг. 2. Лауэграмма и гномоническая проекция плоскости спайности доломита.



Фиг. 3. Кристаллическая решетка доломита.

цов пород были сделаны химические и петрографические анализы, результаты которых приведены в табл. 1. Кроме того, на приборе Саладин Ле Шателье¹ для них были получены дифференциальные кривые нагревания, которые несколько отличались друг от друга положением максимума, соответствующего температуре разложения MgCO_3 (фиг. 4).

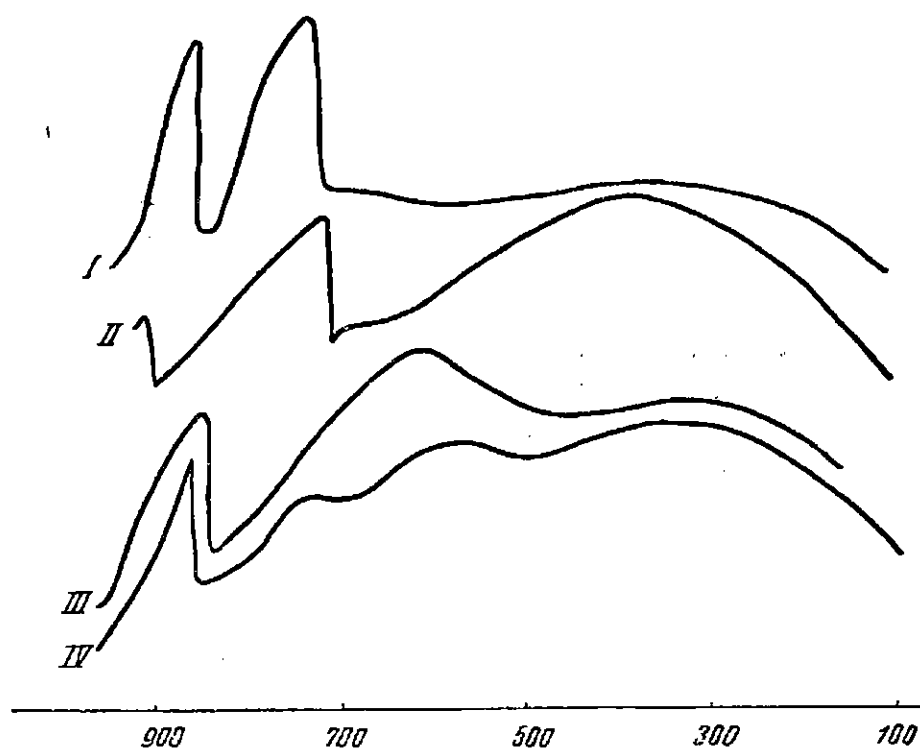
¹ В Петрохимической лаборатории Института прикладной минералогии (аналитик Т. И. Шашкина).

ТАБЛИЦА 1

Химическая (в %) и петрографическая характеристики доломитов, изучавшихся рентгенографическим и термическим методами

Компоненты	Доломиты			
	шелков- ский	зубцов- ский	волосов- ский	дороганов- ский
CaO	28.90	29.04	30.00	31.25
MgO	20.38	21.03	20.70	20.37
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	0.60	0.63	0.76	0.53
Нерастворимый остаток . . .	следы	4.29	2.27	0.91
Плот. при прок.	50.38	45.75	46.30	46.75
Средняя величина зерна (ром- боэдра), в мм.	0.0252	0.0098	0.075	0.0925
Посторонние очень мелкие включения (бурый железняк по пириту)	единичные	много	единичные	единичные

Примечание. Основная порода всех четырех доломитов состоит из очень мелких ромбоэдров указанных размеров, плотно прилегающих друг к другу.



Фиг. 4. Кривые термического анализа доломитов:

I — шелковского; II — зубцовского; III — волосовского; IV — дорогановского.

Рентгенографическое исследование доломитов проводилось по методу Дебая. В качестве стандарта служила NaCl. Дебаграммы приведены на фиг. 5.

Результаты расчета дебаграмм в виде углов скольжения от граней одной и той же формы кристаллов для образцов различных месторождений (табл. 2) указывают на наличие разницы в размерах их элементарных ячеек. При помощи кривых Гелля находим отношение $a : c$ для гексагональной ячейки кристаллов шелковского доломита и вычисляем размер ее и объем. Эти данные приведены в табл. 3, где для сравнения приводятся те же вели-

чины для кальцита, магнезита, двойной соли, соответствующей идеальному составу $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ и ячеек доломита по исследованию Викова и Вазастьерны. Эти величины имеют явно аддитивный характер и зависят от количества изоморфных примесей других карбонатов, входящих в $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$.

Для наиболее чистых разностей, на основании рентгенографических данных можно с удовлетворительной степенью точности указать их химический состав.

ТАБЛИЦА 2
Углы скольжения (θ) доломитов.

hkil	Доломиты			
	шелков- ский	зубцов- ский	волосов- ский	дорогаиов- ский
10 $\bar{1}$ 4	19°42'	19°36'	19°36'	19°36'
11 $\bar{2}$ 0	23°48'	—	—	—
11 $\bar{2}$ 3	26°13'	26°11'	26°15'	26°11'
11 $\bar{2}$ 6	33°00'	32°45'	32°15'	32°45'
12 $\bar{3}$ 2	38°51'	38°54'	38°59'	—
12 $\bar{3}$ 4	41°24'	—	41°05'	—
30 $\bar{3}$ 0	44°15'	44°18'	44°18'	44°18'
00012	46°18'	46°38'	46°15'	—
12 $\bar{3}$ 7	—	48°26'	48°06'	—

ТАБЛИЦА 3

Сравнительные характеристики элементов кристаллической решетки доломита

Объекты исследования	a ромб., в Å	α	a гексаг., в Å	C , в Å	$\frac{c}{a}$	V , в Å
Кальцит (CaCO_3)	6.36	46°06'	4.946	17.054	3.448	120.44
Магнезит (MgCO_3)	5.61	48°12'	4.584	14.672	3.207	88.90
Молек. смесь $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	5.99	47°09'	4.765	15.863	3.337	104.67
Доломит шелковский	5.96	47°27'	4.799	15.865	3.306	104.61
Доломит зубцовский	6.01	47°00'	4.792	16.005	3.34	106.10
Доломит по Wyckoff	6.02	47°07'	4.812	16.022	3.33	107.11
Доломит по Wasastjern	5.94	47°30'	4.783	15.79	3.30	104.30

Все это позволяет трактовать доломиты как двойные соли, способные, до известной степени, давать смешанные кристаллы с некоторыми карбонатами.

Поступило 15.XII.1939 г.

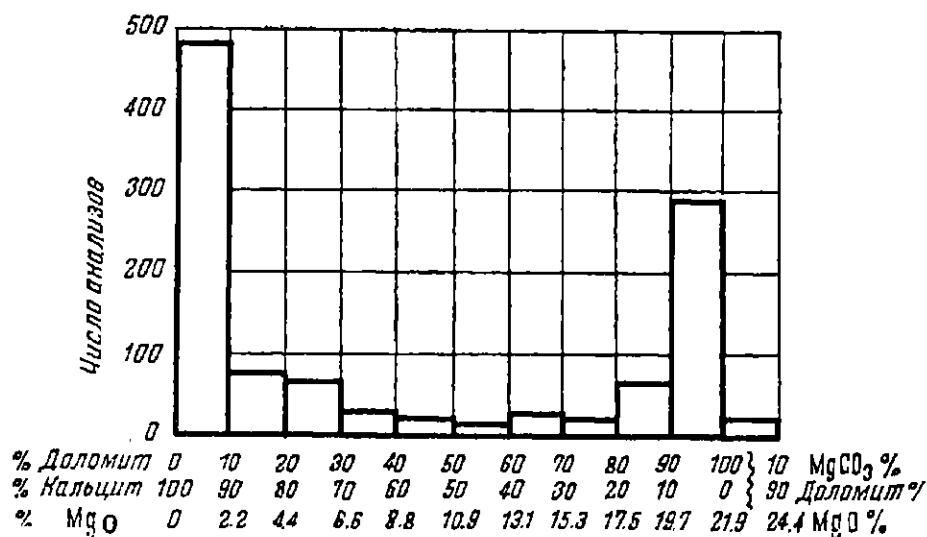
А. Н. Лямца.

Химико-минералогическая характеристика. Доломит относится к мономинеральным горным породам, так как его наиболее чистые разности состоят почти нацело из агрегатов минерала доломита. Поэтому его теоретический химический состав соответствует теоретическому составу одноименного минерала, предусматривающего содержание 54.2% CaCO_3 и 45.8% MgCO_3 (или 30.4% CaO , 21.9% MgO и 47.7% CO_2). Однако, практически состав доломита обычно отклоняется от приведенных величин, вследствие наличия в нем тех или иных посторонних примесей.

До недавнего времени считалось, что в природе наблюдаются всевозможные и многочисленные переходы от чистых, или так называемых нормальных, доломитов к известнякам. Этот взгляд опровергается, однако, резуль-

татами химических анализов 1148 образцов карбонатных пород, происходящих из различных геологических систем и из различных штатов Северной Америки (Steidtmann, 1917). Оказалось, что среди этого большого количества карбонатных пород резко преобладают, с одной стороны, почти чистые известняки, а с другой — почти чистые доломиты (фиг. 6); почти 50% всех исследованных пород относятся к известнякам с содержанием доломита меньше 10% (или с содержанием MgO меньше 2.19%); лишь около 7% карбонатных пород содержат от 10 до 20% доломита (или от 2.19 до 4.38% MgO); чистых доломитов с содержанием кальцита менее 10% оказалось меньше, чем чистых известняков (около 25%), что связано, очевидно, с их более ограниченным распространением в земной коре; доломиты, содержащие от 10 до 20% кальцита, составляют около 6% всех исследованных пород; очень небольшой процент падает на породы с равным количеством кальцита и доломита.

Надо думать, что аналогичные количественные соотношения между чистыми известняками, чистыми доломитами и переходными между ними



Фиг. 6. Количество карбонатных пород с разным содержанием доломита (на основании 1148 анализов). (По Е. Steidtmann, 1917.)

типами пород существуют не только в США, но свойственны карбонатным породам и других континентов.¹ Отсюда вытекает ошибочность общепринятого мнения, будто переходные типы распространены столь же часто, как и чистые известняки и доломиты. Основываясь на изложенных данных, можно также утверждать, что физико-химические условия, благоприятные для образования известняков, настолько резко отличны от физико-химических условий образования и существования доломитов, что они не допускают возникновения многочисленных переходных типов.

Из второстепенных компонентов химические анализы доломитов почти всегда обнаруживают в них кремниевую кислоту и марганец; первая присутствует, главным образом, в виде свободного опалового кремнезема и оценивается обычно несколькими процентами; марганец составляет в среднем 0.1—0.2%; характерно, что его содержание в доломитовых породах, как правило, яв-

¹ В последнее время Н. В. Фролова (1939) обработала около тысячи анализов карбонатных пород, происходящих из отложений самого разнообразного возраста, начиная от докембрия и кончая неогеном, причем ни одна система не была пропущена. Образцы этих пород были собраны на территории СССР, в различных его участках—на Кавказе, в различных пунктах Русской платформы, на Урале, в Казахстане, на Алтае, на Байкале, в Олекмо-Витимской горной стране и т. д. Оказалось, что карбонатные породы СССР, также как и аналогичные породы США, в основном представлены либо известняками, либо доломитами, тогда как промежуточные между ними типы пользуются незначительным распространением.

ственно выше, чем в известковых, где MnO_2 редко составляет более 0.02%, а обычно оценивается тысячными долями процента; форма нахождения марганца в доломитах не ясна; присутствие марганца внешне проявляется в весьма характерных и довольно разнообразных мягких тонах окраски, которые составляют так называемую перламутровую гамму.

Почти всегда в доломитах обнаруживается также закись железа; она, повидимому, находится здесь не в виде $FeCO_3$ (сидерита), а изоморфно замещает MgO в доломите.

В небольшом количестве могут присутствовать щелочные металлы, глинозем, двуокись титана, сульфаты кальция и стронция, иногда фтористый кальций и хлористый натрий.

Что касается минералогического состава доломитовых пород, то, помимо доломита, здесь часто присутствует весьма характерный комплекс сингенетических минералов: гипс, ангидрит, целестин, флюорит, галит; хотя последние почти никогда не играют значительной количественной роли, но все они вместе образуют весьма специфичную, с генетической точки зрения, минеральную ассоциацию.

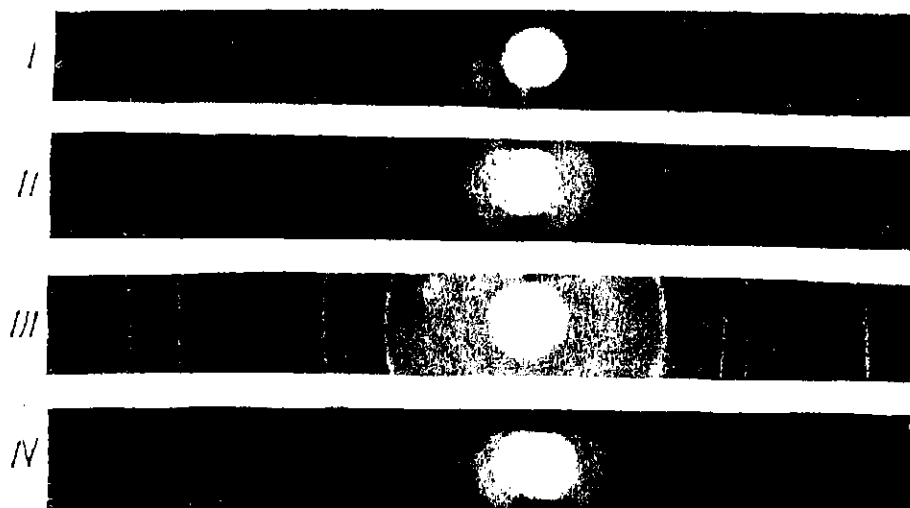
Гипс и ангидрит часто образуют среди доломитов обособленные выделения в виде всевозможных почек, сростков, конкреций, линзообразных пропластков и проч. или более или менее равномерно проникают всю массу породы, образуя своеобразные гипсово-доломитовые или ангидритово-доломитовые породы. При выщелачивании сульфата кальция остаются характерные пористые и ячеистые доломиты (если гипс или ангидрит был ранее обособлен) или так называемая «доломитовая мука» (если те же минералы равномерно пронизывали всю массу породы).

Целестин концентрируется в пустотах и кавернах, иногда в виде превосходно образованных голубоватых или бесцветных кристаллов; внимательные микроскопические исследования доломитов почти неизменно обнаруживают в них также тонко рассеянный целестин; можно думать, что указания, имеющиеся в литературе о наличии целестина в «известковых» породах, в действительности относятся в подавляющем большинстве случаев к доломиту.

Флюорит очень редко обнаруживается в доломитах невооруженным глазом, а потому обычно пропускается; микроскопические же исследования последних лет устанавливают частое нахождение фтористого кальция в доломитовых породах (верхнепермские доломиты Татарии и Башкирии, среднекаменноугольные доломиты Подмосковского бассейна, кунгурские доломиты Приуралья и др.). Под микроскопом флюорит, рассеянный в доломитах, имеет вид либо неправильных кристаллических выделений, либо правильных кубиков, рассеянных в весьма тонкозернистой, пелитоморфной массе породы. В результате растворения, на месте кристалликов флюорита могут остаться лишь правильные пустотки, а фтористый кальций может достигнуть ближайшего водоупорного горизонта, представленного, например, тонким прослоем глины, и отложиться здесь в виде коллоидной разности — ратовкита (например, линзовидные прослои ратовкита среди доломитовых толщ каширского возраста в Калининской обл.).

Кристаллы каменной соли редко сохраняются в доломитах, но об их присутствии при образовании породы можно судить по нередкому наличию в доломитах правильных отпечатков кубической формы.

Большинство доломитов заключают в себе обычно небольшое количество опалового кремнезема в виде округлых телец в несколько сотых или даже тысячных долей миллиметра в диаметре; однако, содержание последних в доломитах, как правило, меньше, чем в известняковых и меловых породах. Кремни, выделения халцедона и кварца, обнаруживаемые в доломитах, очевидно представляют собой, главным образом, результат перекристаллизации и местной концентрации тонко рассеянного опалового вещества.

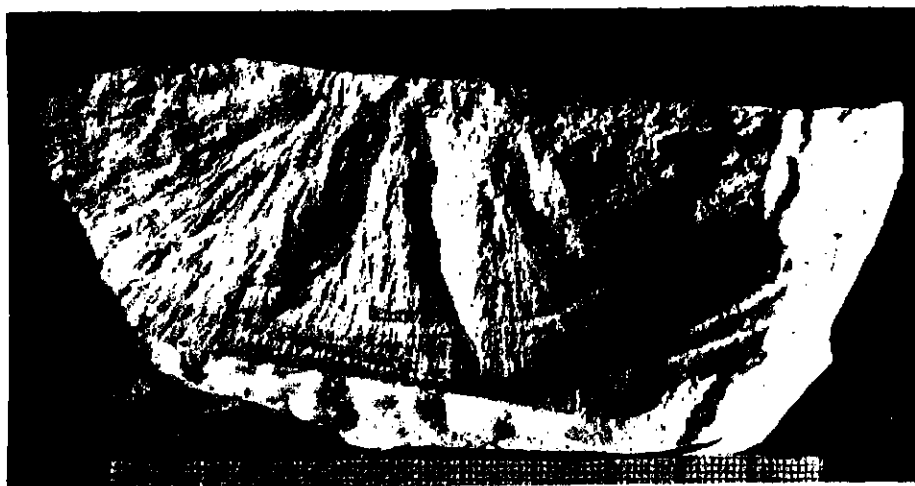


Фиг. 5. Дебаеграммы доломитов:

I — щепловского; II — зубцовского; III — волосовского;
IV — дорогановского.



Фиг. 7. Выделения палыгорскита в кун-
гурской доломитовой толще. Приуралье,
Туймазинский нефтеносный район. $\times 80$.
Фото. В. П. Флоренского.



Фиг. 8. Раковистый излом фарфоровидного доломита. Окрестности г. Зубцова Калининской обл. (По Л. В. Пустовалову, 1936.)



Фиг. 9. Идиобластическая микроструктура доломита. $\times 70$ (справа) и $\times 180$ (слева). (По Л. Сауеих, 1935.)

Кальцит в том или ином, но почти всегда в подчиненном количестве входит в состав многих доломитов; вопрос о том, является ли он в доломитовых породах сингенетичным или эпигенетичным образованием, в подавляющем большинстве случаев остается открытым.

Сингенетичными составными частями доломитов могут являться также пирит, марказит и битуминозное вещество; эти выделения свидетельствуют об образовании вмещающих их пород, т. е. доломитов, в восстановительной обстановке.

К заведомо эпигенетичным выделениям, нередко присутствующим в доломитах, относятся различные магнезиальные силикаты группы палыгорскита (горная кожа, горная пробка и пр.); они приурочиваются к трещинкам и пустоткам в породе; под микроскопом при скрепленных николях дают характерную волокнистую структуру, облекающую и как бы обтекающую другие компоненты породы (фиг. 7). Палыгорскит образуется, очевидно, от взаимодействия магнезия, входящего в состав доломита, опалового кремнезема и глинистого вещества, присутствующих поблизости; наичаще он находится не в самих доломитах, а на границе между ними и трепелообразными глинистыми прослоями, которые иногда нацело палыгорскитизируются.

Что касается кластических минеральных примесей, то если таковые и присутствуют в доломитах, то, как правило, бывают представлены лишь небольшим количеством тонкого пелитового материала; более крупные алевритовые и песчаные (псаммитовые) зерна в доломитах обычно отсутствуют или же содержатся в весьма ограниченном количестве.

Следует отметить нахождение среди доломитов их окремнелых разновидностей, в которых содержание кремнезема может колебаться от нескольких целых до десятков процента, в зависимости от степени окремнения. Процесс силификации доломитов не вполне ясен; многие данные говорят о том, что окремнение происходит за счет местной концентрации и перекристаллизации аморфного кремнезема, первоначально рассеянного в породе и осажденного из морских вод вместе с доломитом.

В зоне метаморфизма доломиты испытывают перекристаллизацию, в результате чего возникают их крупнокристаллические разновидности, нередко именуемые доломитовыми мраморами; глинистое вещество часто переходит при этом в хлорит, располагающийся в породе в виде жилок и проч.

Номенклатура и классификация доломитовых пород до сих пор не могут считаться разработанными. Проект стандарта на номенклатуру известково-глинисто-магнезиального сырья, предложенный работниками цементной промышленности, основан на представлении о карбонатных породах как о трехчленных системах (известняк — глина — магнезит), что явно не соответствует действительности; он предусматривает классификацию доломитовых пород в зависимости от содержания в них некоторых главных компонентов (табл. 4).

Недостатки этой классификации, основанной на чисто химических признаках, отнесенных к тому же как бы к прокаленной горной породе (учитываются лишь нелетучие окислы), и оставляющей в стороне все иные физические и структурные особенности доломитовых пород, указываются в статье, посвященной известняку.

С. Г. Вишняков (1933) предложил классифицировать карбонатные породы, вообще, и доломитовые, в частности, по содержанию в них кальцита, доломита и нерастворимого остатка; предусматривается, что последний может быть представлен глиной или песком, в зависимости от чего наименование породы меняется. Соотношение присутствующих в породе кальцита и доломита удобно характеризовать отношением $\text{CaO} : \text{MgO}$, т. е. окислов, содержание которых непосредственно определяется анализом. Отношение $\text{CaO} : \text{MgO}$ и процентное содержание в породе глины или, соответ-

ТАБЛИЦА 4

Классификация доломитовых пород по проекту стандарта на номенклатуру глинисто-известково-магнезиального сырья
(по В. А. Кинду и С. Д. Окорочу)

Название породы	Предельное содержание составных частей в % при условии приведения пяти главнейших окислов (CaO , MgO , $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) к 100%					
	CaO		MgO		$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	
	высш. знач.	низш. знач.	высш. знач.	низш. знач.	высш. знач.	низш. знач.
Известковый доломит	80.0	58.0	38.5	18.5	7.4	0.0
Глинисто-известковый доломит	74.1	45.3	36.2	18.6	32.0	5.8
Доломит	61.5	51.7	45.6	36.2	5.8	0.0
Глинистый доломит	58.0	41.9	43.1	28.2	26.6	5.2
Магнезиальный доломит	54.5	28.4	73.0	43.1	5.3	0.0
Глинисто-магнезиальный доломит	51.7	21.6	66.3	34.4	39.2	5.2

ственно, песка являются достаточными данными для отнесения исследуемого образца к той или иной группе по классификации С. Г. Вишнякова (о последней более подробно см. Известник).

Помимо глин, глинистых мергелей и песчаников, в той или иной мере обогащенных доломитом и относящихся уже к песчаным или глинистым породам, С. Г. Вишняков выделяет следующие группы собственно доломитовых пород (табл. 5).

ТАБЛИЦА 5

Классификация доломитовых пород (По С. Г. Вишнякову)

$\frac{\text{CaO}}{\text{MgO}}$	Глины, в %	Названия пород	Песка, в %	Названия пород
1.39—1.5	< 5	Доломит	< 5	Доломит
»	5—25	Глинистый доломит	5—25	Песчанистый доломит
»	25—50	Доломитовый мергель	25—50	Песчаный доломит
1.5—2.2	< 5	Известковый доломит	< 5	Известковый доломит
»	5—25	Глинистый известковистый доломит	5—25	Песчанистый известковистый доломит
»	25—50	Известкисто-доломитовый мергель	25—50	Песчаный известковистый доломит
2.2—4.0	< 5	Известковый доломит	< 5	Известковый доломит
»	5—25	Глинистый известковый доломит	5—25	Песчанистый известковистый доломит
»	25—50	Известково-доломитовый мергель	25—50	Песчаный известковый доломит

Кроме изложенных, существуют другие классификационные схемы доломитовых пород, которые, однако, не нашли широкого распространения.

Физические свойства и структура. Твердость доломита-породы обычно соответствует твердости доломита-минерала (3.5—4 по шкале Мооса); у окремненных разновидностей она может возрастать до 6—7 по той же шкале. Удельный вес 2.8—2.9.

Многие доломиты обладают весьма характерным блеском и окраской; Г. Мильнер (H. Milner) очень удачно сравнивает их с внешностью перламутра; это сходство особенно усиливается при наблюдении доломитовых толщ в естественных обнажениях. Действительно, большинству доломитов присущ не только матовый блеск, приближающийся к перламутровому, но и весьма разнообразные, почти всегда очень мягкие, светлые и нежные оттенки голубоватого, розоватого, зеленоватого, желтоватого, красноватого, малинового, фиолетового и иных тонов, которые свойственны перламутру; в естественных разрезах, сложенных доломитовыми породами, можно видеть все эти тона, нередко связанные постепенными переходами и создающие своеобразную цветную гамму. Этой окраской доломиты, как уже отмечалось, очевидно, обязаны присутствию в них несколько повышенного количества соединений марганца; как известно, последние могут давать различные степени окисления и в смеси с железистыми примесями сообщать породам различную окраску.

Строение доломитов также отличается рядом особенностей:

1) здесь превалируют то более рыхлые землистые, то более твердые фарфоровидные разности, почти всегда, однако, обладающие тончайшей, *пелитоморфной структурой*; породы, в которых отдельные кристаллические зерна можно было бы различить хотя бы при помощи лупы, среди неметаморфизированных доломитовых осадков практически не встречаются совершенно; лишь в областях проявления метаморфизирующих сил доломиты могут переходить в крупнокристаллические породы;

2) *раковистый излом* обычно бывает выражен у доломитов необычайно ясно, особенно у их фарфоровидных разностей (фиг. 8);

3) способность к самопроизвольному *растрескиванию* при высыхании и к распадению при этом на остроугольные куски с режущими краями присуща многим доломитам;

4) *оолитовая* структура наблюдается среди доломитов достаточно часто;

5) повышенная *пористость*, кавернозность и трещиноватость присущи буквально почти всем доломитам, что довольно резко отличает их от известняков, у которых пористость и трещиноватость, хотя также наблюдаются, но развиты далеко не в такой сильной степени.

Каждый из перечисленных признаков в отдельности мало о чем говорит, но все они в совокупности позволяют утверждать, что подавляющее большинство доломитов представляет собою минеральные метакolloиды.

Наконец, характерной чертой доломитов является либо полное отсутствие, либо крайне редкое нахождение в них фаунистических остатков; в подавляющем большинстве случаев это «немые», «безжизненные» осадочные образования. Отсутствие органических остатков в доломитах составляет настолько специфическую и достаточно выдержанную их особенность, что Г. Мильнер рекомендует пользоваться этим как одним из диагностических признаков при распознавании доломитов и известняков.

Что касается *микроструктуры* доломитовых пород, то здесь явно преобладают два типа: 1) пелитоморфная, с размером частиц в несколько тысячных долей или около 0.01 мм, причем в форме зернышек не обнаруживается какой-либо правильности; при скрещенных николях и вращении столика микроскопа порода неизменно остается светлой, что связано с перекрытием в шлифе одних тонких частиц доломита другими; 2) мелкокристаллическая структура, когда почти вся порода целиком слагается из превосходно образованных ромбоэдров доломита (идиобластическая структура,* фиг. 9); аналогичная структура свойственна вообще всем карбонатным породам, но у известняков она наблюдается относительно редко, тогда как для доломитов является весьма обычной.

Размер ромбоэдров может варьировать от нескольких тысячных до нескольких десятых долей миллиметра. В последнем случае поверхность

доломитов является мерцающей, что связано с отражением света от плоскостей спайности мельчайших и незакономерно ориентированных ромбоэдров, слагающих породу. Мерцающая поверхность таких доломитов напоминает характер свежего излома тонкозернистых песчаников; этим, между прочим, объясняется, почему в геологической литературе многие доломиты ошибочно описываются как мелкозернистые песчаники. Внутри ромбоэдров, особенно если они достаточно крупны, под микроскопом иногда наблюдается зонарное строение, что обычно связано с присутствием в них окислов железа (типа гётита?); чаще, однако, удается констатировать ромбоэдры с одним центральным рудным ядрышком; причины возникновения таких сложно построенных кристалликов доломита, несущих включения правильно расположенных окислов железа, остаются не вполне ясными; некоторые авторы предполагают, что такое строение связано с проникновением внутрь кристаллической решетки доломита особо тонко дисперсных коллоидальных железистых растворов (так называемых полукolloидов) и с расположением коагулирующегося материала внутри кристаллической постройки по схемам Лизеганга.

Доломитам, как уже упоминалось, нередко свойственна также оолитовая структура. Ранее предполагали, что оолиты, состоящие из доломита, изначально являлись известковыми, а затем были замещены в результате гидрохимических процессов доломитом. Однако, наблюдать переход известковых оолитов в доломитовые ни разу не удавалось; вместе с тем, все, что нам известно об образовании доломитов, заставляет думать, что доломитовые оолиты являются сингенетичными образованиями; действительно, ряд признаков, свидетельствующих о метаколлоидной структуре доломитов, вполне соответствует возможности изначального образования доломитовых оолитов (Твенхофел, 1932).

Из других микроструктур доломитам могут быть присущи следующие типы кристаллобластических структур: а) ксенобластический тип структуры (зерна лишены правильных кристаллических очертаний); б) гранобластическая, в частности мозаичная или мостовая; в) инкрустационная; г) гетеробластическая (разнозернистая), в частности порфиробластическая; д) гомеобластическая (равнозернистая) и др.

Обломочный материал, присутствующий в доломитах, обычно под микроскопом не улавливается, что связано с тонкостью его зерна и незначительным его количеством.

К наиболее распространенным *текстурам* доломитов следует отнести массивную, слоистую, плитняковую и брекчиевидную.

Другие физические свойства доломитов (изнашивание, сопротивление сжатию, насыщаемость водой, морозостойкость и пр.) близки к тем же свойствам известняков. То же следует сказать и об основных типах выветривания (см. И з в е с т н я к). Необходимо лишь отметить, что по опытам Косса 10 000 частей воды, насыщенной CO_2 , при обычных давлениях и температуре растворяют 3.2 части доломита, тогда как растворимость кальцита при тех же условиях значительно больше (10—14 частей). Эти данные хорошо сочетаются с господствующим представлением о доломите как о химически более устойчивой горной породе, нежели известняк. Из других особенностей поведения доломита в зоне выветривания следует упомянуть о способности некоторых его разновидностей давать на поверхностях выветривания «доломитовую муку», о чем говорилось уже раньше.

Наконец, следует отметить, что доломитовые породы, содержащие в себе гипс или ангидрит, подвергаются процессу выветривания значительно интенсивнее, нежели доломиты, не содержащие в себе сульфата кальция. Это связано не только с выщелачиванием из породы легкорастворимого CaSO_4 , но также с обратным ходом реакции Гайдингера, когда в результате взаимодействия между доломитом и гипсом (ангидритом) порода в той

или иной мере обогащается эпигенетичным кальцитом; таким путем из доломитов могут возникнуть так называемые вторичные известняки (о реакции Гайдингера см. ниже).

2. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ДОЛОМИТОВ И УСЛОВИЯ ИХ ЗАЛЕГАНИЯ

Происхождение доломитов. Хотя по вопросу о происхождении доломитов и имеется огромная специальная литература, но условия их образования до сих пор являются спорными. Различные теории, существующие в этой области, в основном могут быть сведены к следующим представлениям.

I. *Биогенная гипотеза.* Предположение об органогенном происхождении доломитов едва ли не является самым старинным; оно возникло еще в те времена, когда между доломитами и известняками не проводилось резкой грани; в значительной мере оно было навеяно представлениями об органогенном образовании известняков.

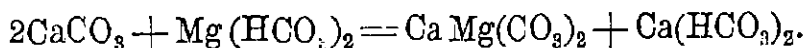
Химико-минералогические исследования скелетов организмов, действительно, показывают, что многие из них содержат то или иное количество карбоната магния; для некоторых организмов с помощью термического анализа было доказано, что $MgCO_3$ входит здесь в состав доломита (Самойлов и Пустовалов, 1925). Однако, если в нормальных доломитах содержание MgO колеблется в пределах 19—21%, то в подавляющем большинстве карбонатных скелетов его присутствие оценивается лишь от следов до нескольких (2—5) процентов; даже в скелетах, наиболее обогащенных магнием, содержание MgO никогда не достигает того количества, которое часто обнаруживается в доломитах; даже наиболее богатые магнием известковые водоросли содержат только до 25% $MgCO_3$, тогда как в нормальном доломите этот компонент составляет 45.8%.

Отсюда совершенно ясно, что организмы сами не могут создать интересные нас породы, большинство которых весьма близко отвечает по своему химическому составу теоретической формуле доломита. Но весьма вероятно, что вследствие поступления в известковые осадки раковин известково-магнезиальных организмов возникают некоторые из тех переходных типов между известняками и доломитами, о которых говорилось выше, но которые количественно играют среди карбонатных пород явно подчиненную роль (ср. фиг. 6).

С гипотезой органогенного происхождения доломитов не увязывается также практически полное отсутствие в них органических остатков, о чем также уже упоминалось выше.

II. *Гипотеза гидрохимического (метасоматического) образования доломитов* имела и имеет еще сейчас не мало сторонников, ряды которых, впрочем, с каждым годом все более редеют.

Согласно этой точке зрения, доломиты ранее представляли собой известковые осадки, которые после превращения их в горную породу и после выхода их на земную поверхность, т. е. уже в стадию эпигенеза, подвергались воздействию магнезиальных грунтовых вод; под влиянием этого карбонат кальция будто бы перерабатывался в доломит, причем часть карбоната кальция выщелачивалась и замещалась карбонатом магния. Процесс этот иллюстрируется следующим химическим уравнением:



По теоретическим подсчетам при этом должно происходить сокращение объема породы на 12.3%; этим объясняют общую повышенную пористость доломитов.

Некоторое значение в гидрохимическом образовании доломитов приписывается также более легкой растворимости кальцита по сравнению с растворимостью доломита (данные Косса о растворимости кальцита и доломита

см. стр. 316). Это давало повод думать, что в случае воздействия на слабо магнезиальные известняки грунтовых вод, вследствие предпочтительного перехода в раствор кальцита, порода может настолько обогатиться более трудно растворимым карбонатом магния, что ее состав приблизится к составу нормального доломита; при этом в породе также должна возникать повышенная пористость.

Эти чисто гипотетические построения при поверхностном ознакомлении с ними представляются довольно правдоподобными; однако, в действительности они наталкиваются на ряд весьма серьезных затруднений, главные из которых следующие.

1) Почти никогда не удается подыскать хоть сколько-нибудь правдоподобный источник магнезиальных солей, необходимых для гидрохимического перерождения известняков в доломиты; это затруднение становится все более очевидным по мере того, как выясняется широкое распространение доломитов (до 40% от всех карбонатных пород), а также их весьма значительная мощность; обычные грунтовые воды, вследствие малого содержания в них магния, как это доказано теперь многократными опытами и наблюдениями, не могут вызвать метасоматического изменения известняков, а приводят лишь к их растворению.

2) Нормальное горизонтальное переслаивание доломитов с известняками, представляющее самое обычное явление, противоречит их метасоматическому образованию.

3) Отсутствие среди осадочных пород доломитов жильного типа, который неминуемо должен был бы возникнуть вследствие предпочтительной циркуляции вод по трещинам, также опровергает метасоматическое образование доломита.

4) Почти постоянное содержание в доломитах закиси железа в количестве от долей процента до 10%, а также частое наличие в них тонкорассеянного пирита, органического вещества и других закисных соединений указывают на образование доломитов в восстановительной среде и противоречат образованию их под влиянием богатых кислородом грунтовых вод.

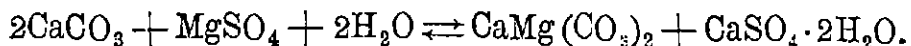
5) Явная обособленность доломитов от известняков, наглядно вырисовывающаяся на фиг. 6, не только говорит об отсутствии тесной генетической связи между известняками и доломитами, но, наоборот, свидетельствует о явной генетической раздельности этих двух групп осадочных пород.

6) Наконец, повышенная пористость доломитов, на которую наиболее часто ссылаются сторонники их метасоматического образования, при ближайшем изучении оказывается не соответствующей теоретическим выкладкам: последние предусматривают наличие в доломитах 12,3% свободного пространства, тогда как в действительности пористость в доломитах сильно колеблется, то значительно превышая указанный только что объем, то снижаясь до 1%, но почти никогда не совпадает даже приблизительно с теоретической величиной; любопытно, что известковые раковины, замещенные доломитом, обычно вовсе не обнаруживают никакого изменения объема. Заметим, что повышенная пористость доломитов находит себе более естественное объяснение в их метаколлоидной структуре (сокращение объема при перекристаллизации).

Все это вместе взятое заставляет считать гипотезу о метасоматическом образовании доломитов несостоятельной; подобный процесс, конечно, может иметь место в сложной природной обстановке, но он носит тогда чисто местный и весьма ограниченный характер и не имеет никакого отношения к образованию широко распространенных пластовых доломитов.

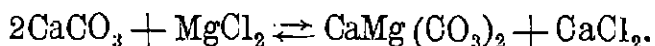
III. *Образование доломитов в результате диагенетического перерождения известкового ила* в условиях повышенной концентрации морских солей, в отличие от предшествующей гипотезы, находит себе подтверждение в целом ряде фактов.

В случае упаривания морского бассейна концентрация сернокислого магния может настолько увеличиться, что он начнет взаимодействовать с карбонатом кальция, который к этому моменту должен уже присутствовать на дне бассейна вследствие выпадения его из морской воды при ее предшествующем испарении. Реакция протекает при этом, очевидно, по следующему уравнению:



Эта реакция известна ныне под названием реакции Гайдингера. Одновременное образование доломита и гипса (или ангидрита), предусматриваемое этой реакцией, подтверждается частым совместным нахождением этих двух минералов среди осадочных пород.

По мере течения указанной реакции запас сульфата магния, имевшегося в морской воде, может израсходоваться на образование доломита. Однако, вследствие продолжающегося испарения и других причин, параллельно возрастает содержание в бассейне хлористого магния; концентрация последнего может, наконец, достигнуть такого предела, что станет возможным дальнейшее взаимодействие известкового ила уже не с сернокислым, а с хлористым магнием; в результате этого реакция примет такой вид:



Эта реакция известна под названием реакции Мариньяка. Необходимо отметить, что она приводит к возникновению только одного труднорастворимого вещества, а именно доломита, который и сохраняется в осадке, тогда как образующийся второй компонент—хлористый кальций, вследствие своей повышенной растворимости, сохраняется в растворе; в результате достигается пространственное разобщение двух одновременно образующихся продуктов реакции Мариньяка.

Это имеет важное генетическое значение, так как: 1) в случае отсутствия в доломитовой толще сульфата кальция можно предполагать ее образование по реакции Мариньяка, а не по реакции Гайдингера; 2) наличие или отсутствие гипса (ангидрита) позволяет судить, протекало ли образование доломита в условиях наличия в морской воде повышенного количества ионов SO_4^{2-} или, напротив, в условиях сильно метаморфизированных бессульфатных природных растворов; этим путем мы можем проникнуть в интересные детали гидрохимического режима древних водоемов; 3) хотя обе приведенные реакции являются обратимыми, но процесс раздоломичивания, т. е. обратный ход реакции, приводящий к образованию из доломитов так называемых вторичных известняков, возможен лишь в гипсоносных толщах доломитов, возникших в результате реакции Гайдингера; в бессульфатных же толщах доломитов, образовавшихся по реакции Мариньяка, напротив, обратное течение процесса невозможно, так как в них отсутствует один из реагентов—легко растворимый CaCl_2 , не выпадающий в осадок и покидающий породу вместе с морской водой.

Делались многочисленные попытки экспериментального получения доломита по реакциям Гайдингера и Мариньяка (Пфафф, Мичель, Рыковсков и др.). Достигнуть получения доломита в условиях, близких к природным, однако, до сих пор не удавалось. Было все же выяснено, что течению реакций в сторону образования доломита способствует наличие в растворе значительных количеств NaCl , а также малых количеств сероводорода и других веществ, играющих, очевидно, роль катализаторов. Для успешного течения реакций требовалось проведение опытов в условиях либо повышенной температуры (более 50°), либо повышенного давления (до 60—80 атм.), либо того и другого вместе. Опыты выяснили также, что обе реакции образования доломита наиболее успешно протекают в том случае,

если магниезиальные соли воздействуют не на кальцит, а на арагонит. Следует думать, что если известковый осадок представлен коллоидальным карбонатом кальция, то реакция будет совершаться еще энергичнее и, может быть, не при столь высоких температуре и давлении.

Некоторые авторы полагают, что образование доломита по реакции Гайдингера возможно лишь после почти полного выпадения из раствора сернокислого кальция. Можно сомневаться в правильности этого утверждения, по крайней мере, в применении к природной обстановке. На самом деле, доломитовые толщи, ассоциирующие с гипсово-ангидритовыми выделениями, как правило, перекрываются, а не подстилаются этими последними (например, среди кунгурских отложений Приуралья и в других местах). Это с полной определенностью указывает на то, что выпадение доломита в естественных условиях предшествует массовому выпадению из того же раствора сульфата кальция, основная масса которого в момент образования доломита еще сохраняется, следовательно, в растворенном состоянии.

Несмотря на экспериментальную неизученность реакций Гайдингера и Мариньяка и ряд связанных с ними еще далеко не вполне ясных моментов, осуществление их в зоне осадкообразования при накоплении доломитов представляется весьма правдоподобным; в пользу этого говорят:

1) тесная и повсеместно наблюдаемая связь доломитов с заведомыми осадками усыхающих бассейнов;

2) почти обязательное нахождение в подошве доломитов известняков и очень частое нахождение в кровле их гипсов или ангидритов, указывающие, что физико-химические свойства среды, из которой выпадает доломит, занимают промежуточное положение по отношению к условиям, благоприятным для образования известняков, с одной стороны, и гипсов и ангидритов — с другой;

3) минеральный парагенезис доломитовых толщ (гипс, ангидрит, целестин, флюорит, каменная соль), свидетельствующий об образовании их в условиях высокой концентрации морских солей; знаменательно, что ту же самую минеральную ассоциацию, но в иных количественных соотношениях мы находим в гипсово-ангидритовых толщах;

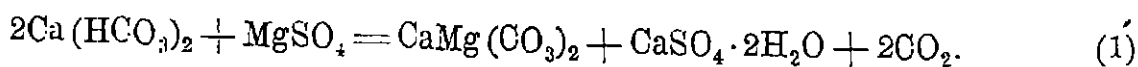
4) отсутствие или спорадичность нахождения в доломитах остатков фауны, притом всегда угнетенной, тогда как известняки, переслаивающиеся с доломитами, как правило, содержат в себе значительно большее количество палеонтологических остатков;

5) присутствие в доломитах явных признаков их образования в условиях мелководных бассейнов (трещины высыхания, оолитовая структура и пр.).

Метаколлоидный характер доломитов также хорошо увязывается с изложенным способом их образования. Отсутствие или незначительное количество обломочного материала, наблюдающееся обычно в доломитах, лишь подтверждает образование их в бассейнах, которые не опреснялись значительным притоком континентальных вод.

IV. На возможность образования доломитов в результате смешения пресных континентальных и соленых морских вод указывалось многими авторами; особенно четко и обоснованно эта точка зрения была изложена в 1917 г. в работах Н. С. Курнакова в связи с исследованием им крымских соляных озер.

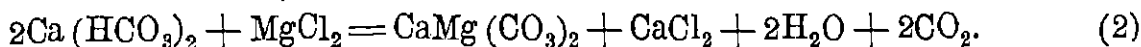
Пресные воды, как известно, отличаются повышенным содержанием $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$; морские воды, помимо других солей, содержат сернокислый магний; поэтому при смешении пресных материковых вод с морскими солеными растворами имеет место реакция, весьма близкая к реакции Гайдингера:



Эта реакция была экспериментально воспроизведена Н. С. Курнаковым и С. Ф. Жемчужным (1917) с рапой Керлеутского озера при температуре 20—30°, т. е. в условиях, близких к природным.

Естественно, что для выпадения и сохранения в осадке образующихся по указанной реакции гипса и доломита, требуется соблюдение определенных условий концентрации солей и иных физико-химических констант, которые остаются, к сожалению, до сих пор недостаточно изученными.

Приток материковых вод ведет к постепенному уменьшению в растворе содержания иона серной кислоты, так как гипс, образующийся по уравнению (1), выпадает; с течением времени содержание ионов SO_4^{2-} становится равным или близким к нулю. По исчезновении из раствора сернокислого магния, бикарбонат кальция, продолжающий поступать в водоем с материковыми водами, начинает реагировать с хлористым магнием по уравнению, близкому к уравнению Мариньяка, а именно:



Таким образом, образование доломита может продолжаться в водоемах уже после того, как воды стали бессульфатными.

В случае применения реакций (1) и (2) к природным условиям следует ожидать, что:

1) образование доломитов должно быть приурочено к прибрежной зоне высыхающих водоемов, сами же доломитовые осадки должны располагаться в виде пятен, территориально тяготеющих к устьям древних континентальных потоков;

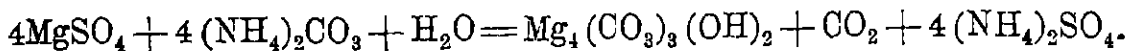
2) доломитовые породы должны быть явственно обогащены кластическим материалом, сносимым с материка водами, несущими одновременно бикарбонат кальция; по сути дела при этом должны возникать не доломиты, а те или иные кластические породы (песчаники, алевролиты, пелитолиты), сцементированные доломитовым материалом.

Отсюда нетрудно видеть, что изложенная только что точка зрения на образование доломитов не может быть распространена на нормальные, типичные доломиты, которые нередко явственно занимают центральные части древних водоемов и практически обычно лишены обломочного материала. Но при соответствующей геологической обстановке реакции (1) и (2) могут быть применены к истолкованию генезиса доломитового цемента обломочных пород, если последние распространены в береговой полосе усыхающих водоемов, принимавших в себя речные потоки. Так, например, доломитовый цемент некоторых дельтовых верхнепермских пестроцветных пород Приуралья, наблюдаемый, между прочим, как раз там, где по другим данным можно предполагать максимальный приток пресных вод с тогдашнего Урала, очевидно, возник именно в результате взаимодействия материковых вод с морскими. Повидимому, аналогичным же способом образуются современные осадки, обогащенные магнием, близ устья р. Иордана при впадении ее в Мертвое море.

Любопытно отметить, что если реакции Гайдингера и Мариньяка предусматривают образование доломита в условиях непрерывно возрастающей солености, то реакции (1) и (2) должны иметь место в условиях некоторого разбавления концентрированных природных рассолов, которое, впрочем, может компенсироваться одновременным испарением.

V. На возможность образования доломитов под действием углекислого аммония, возникающего при разложении органического вещества в стадию диагенеза, давно указывалось многими авторами; в последнее время некоторые исследователи (Татарский, 1937) вновь начали возвращаться к этой точке зрения, по крайней мере применительно к доломитам, обогащенным битумами.

Образование углекислого аммония в процессе разложения органического вещества было установлено еще давно. Вместе с тем, наблюдения Ф. Пфаффа, Р. Дэли и др. выяснили, что углекислый аммоний вызывает осаждение из морской воды не только карбоната кальция, но и основной углекислой соли магния; реакция может быть выражена таким уравнением:



Вполне естественно предположить, что между высокодисперсным карбонатом кальция, который уже находится в осадке, и указанной солью магния в дальнейшем происходит в осадке взаимодействие, приводящее к образованию доломита.

В. В. Татарский (1937) обращает внимание на приуроченность нефтяных месторождений (в случае их связи с карбонатными породами) именно к доломитам, а не к известнякам; так, в СССР, кроме среднеазиатских нефтяных месторождений, с доломитами связаны все нефтяные месторождения Урала, Башкирии, Самарской Луки; в Америке с доломитами связана нефтеносность целых областей (Западный Техас, Мексика и др.); та же самая связь прослеживается и для некоторых месторождений Западной Европы.

То обстоятельство, что нефть среди карбонатных пород оказывается связанной не с известняками, а с доломитами, обычно объясняется повышенной пористостью доломитов, которые поэтому являются лучшими коллекторами для мигрирующей снизу нефти. Однако, теперь все чаще и чаще приходят к выводу о первичности нефти, заключенной в карбонатных породах. В частности, американские геологи-нефтяники пришли к заключению, что нефть мощных доломитовых толщ Техаса и других районов не мигрировала в них из подстилающих пород; удовлетворительного освещения вопроса о причинах приуроченности нефти именно к доломитам они тем не менее не дали.

Вместе с тем, естественно предположить, что в случае накопления в осадках значительного количества органического вещества, как это должно иметь место в нефтепроизводящих фациях, наряду с сероводородным заражением ила должны получать значительное развитие аммиачные соединения; в результате создается обстановка, благоприятная для осаждения магния как в виде гидрата окиси, так и в виде основных углекислых солей. В дальнейшем, при уплотнении ила и изоляции его от воды бассейна, можно ожидать обезвоживания основных карбонатов магния и перехода их в среднюю соль. Присутствие при этом в осадке CaCO_3 должно вести к образованию доломита.

Изложенное представление об образовании доломитов в условиях нефтепроизводящих фаций кажется весьма вероятным, тем более, что оно не только объясняет связь нефтяных месторождений с доломитами, но также хорошо согласуется с уже отмечавшимся закисным обликом последних (частое нахождение в доломитах соединений закиси железа, серного колчедана, органического вещества и пр.).

Вместе с тем, оно не объясняет нахождения в доломитах ассоциации заведомо пегматогенных минералов — гипса, ангидрита, каменной соли, целестина, флюорита. К тому же, современные карбонатные осадки, обогащенные органическим веществом, не обнаруживают повышенной доломитизации. Следовательно, кроме углекислого аммония, приходится допустить какие-то иные дополнительные факторы, вызывающие или, по крайней мере, способствующие доломитообразованию.

По мнению В. В. Татарского, этот дополнительный фактор заключается в хронологическом совпадении накопления в осадках органического вещества с повышенной концентрацией солей в морских водах; обе эти причины действуют комбинированно в одном направлении и приводят в конечном итоге к образованию доломитовых осадков. Но в этом случае описанный

способ образования доломитов очень близко стоит к накоплению их в условиях усыхающих бассейнов.

Заканчивая рассмотрение условий образования доломитовых пород, следует указать, что среди других морских геохимических фаций Л. В. Пустовалов (1940) выделяет так называемую «д о л о м и т о в у ю ф а ц и ю». Последняя характеризуется соленостью морских вод, выпадением в осадок известкового ила и перерождением его в доломитовый ил на дне бассейна под влиянием установления равновесия между свежевыпавшим и тонкодисперсным известковым илом и магниезальными солями, находящимися в растворе. Иногда концентрация солей возрастает при этом настолько, что становится возможным одновременное выпадение в осадок фтористого кальция; по А. В. Казакову (1938), осаждение и сохранение в осадке CaF_2 наступает при содержании 10 мг и более фтора в 1 л морской воды, что примерно в 10 раз превышает обычное содержание этого элемента в океанической воде; при этом возникает разновидность доломитовой фации — ф а ц и я д о л о м и т о в о - ф л ю о р и т о в а я (например, доломитовые породы с ратовки-том капирского возраста в Верхнем Поволжье). В ряде случаев аналогичным путем совместно с доломитом из растворов выпадает сульфат стронция — целестин (д о л о м и т о в о - ц е л е с т и н о в а я ф а ц и я), сульфат кальция — гипс (д о л о м и т о в о - г и п с о в а я ф а ц и я) и т. д. Примером доломитово-гипсово-целестиновой ископаемой фации могут служить соответствующие верхнепермские (конхиферовые) отложения Татарской АССР и смежных областей.

По характеру залегания доломитовые породы обычно представляют собою либо более или менее выдержанные прослои, либо пласты морского происхождения, залегающие среди других осадочных пород, преимущественно среди известняков, ангидритов и гипсов. Значительно реже доломиты залегают в виде линзообразных и штокообразных масс; последняя форма залегания свойственна, в частности, доломитам рифового происхождения и продуктам их механического разрушения, возникающим вокруг рифов под влиянием морского прилива.

3. МЕСТОРОЖДЕНИЯ СССР

Геологическое распространение. Прежде чем перейти к описанию отдельных месторождений доломитов, следует коротко остановиться на геологическом распространении этого типа пород.

Накопившийся за последние годы большой фактический материал позволяет утверждать, что массовое образование доломитов более или менее точно приурочено к определенным геологическим эпохам; хотя в промежуточные отрезки геологического времени также отмечается накопление доломитов, но уже в значительно более скромном и ограниченном масштабе. Таким образом, на фоне общей истории минерального осадкообразования, начавшегося сейчас же после появления на Земле твердой коры и непрерывно продолжающегося и поныне, намечаются своеобразные «доломитовые эпохи», подобные эпохам исключительно интенсивного образования известковых пород (карбон — мел), нефтеносных отложений (конец палеозоя — третичные отложения) и т. д.

По Л. В. Пустовалову (1940), периодически повторяющееся массовое развитие на Земле доломитовой фации соответствует общей периодичности минерального осадконакопления и следует ритму геотектонических процессов. Согласно этой точке зрения, на земной поверхности неустанно осуществляется так называемая осадочная дифференциация вещества, протекающая в огромном масштабе сначала под влиянием преимущественно механических сил (механическая дифференциация), а затем — под влиянием преимущественно химических и физико-химических факторов (химическая

дифференциация); это приводит к последовательному образованию в зоне осадконакопления закономерного ряда главенствующих (господствующих, руководящих) типов осадочных пород, которые состоят из материала, обладающего все большей и большей миграционной способностью. В грубых чертах этот последовательный ряд закономерно сменяющих друг друга руководящих типов осадочных пород таков (в порядке возрастания миграционной способности): псефитолиты (брекчии, конгломераты), псаммитолиты (пески, песчаники), алевролиты, пелитолиты (глины), железистые и марганцевые окисленные породы, кремнистые осадки, глауконитовые и шамуазитовые породы, известковые отложения, доломитовые отложения, выделения сульфата кальция (гипсолиты и ангидритолиты), так называемые растворимые соли (NaCl , KCl ...) и, наконец, аквалиты (лед). Параллельно этому ряду, генетически тесно связанному с водной средой, на континентах развивается другой последовательный ряд осадочных пород: сланцы (каолинолиты), аллиты (бокситы, латериты), ископаемые угли. Образование указанного ряда осадочных пород возобновляется на земной поверхности сызнова, хотя всякий раз и на несколько иной вещественной базе и в иной геологической обстановке, после каждого очередного энергичного проявления горообразующих процессов. Повторяемость эпох горообразования влечет, следовательно, за собой периодичность в минеральном осадкообразовании; эта периодичность преимущественного накопления руководящих типов осадочных пород и ее хронологическая связь с явлениями горообразования достаточно четко проявляется для отдельных, более или менее значительных территорий, живущих общей тектонической жизнью, а в более расплывчатых формах ясно улавливается также и для всего земного шара.

Поскольку доломитовые породы занимают в общей схеме осадочной дифференциации вещества определенное место, а сама дифференциация периодически повторяется, постольку и доломитовые отложения также должны периодически приобретать «руководящее» значение среди осадков определенных геологических эпох. В частности, доломитовые породы, в соответствии с указанным выше генетическим рядом осадочных образований, должны получать широкое распространение после массового накопления известковых пород, а частью на ряду с массовым накоплением сульфата кальция; в условиях сложной природной обстановки известное стратиграфическое перекрытие этих типов минеральных осадков, разумеется, неизбежно.

Это положение полностью подтверждается наблюдениями над сменой осадочных пород не только в отдельных обнажениях, где, как уже указывалось, доломиты, как правило, подстилаются известняками, а перекрываются гипсово-ангидритовыми толщами, но и над сменой пород, составляющих целые отделы и ярусы.

Действительно, если мы обратимся к геологическому строению Европейской части СССР, как к наиболее хорошо изученной территории и обнимающей, вместе с тем, весьма значительные пространства, то легко найдем здесь данные, подтверждающие вышеизложенные построения.

Следуя от нижних частей геологического разреза к верхним, мы находим, прежде всего, ряд доломитовых месторождений, подчиненных докембрийским и кембрийским отложениям. Сюда относятся протерозойские доломиты Карело-Финской ССР и Мурманской обл., а также, очевидно, южно-уральские (башкирско-белорецкие и челябинские) месторождения, возраст которых раньше предположительно определялся как силурийский, а теперь считается кембрийским, а частью даже докембрийским. Эти доломитовые осадки территориально связаны, таким образом, с теми в общем незначительными участками, где в пределах Европейской части СССР обнажаются наиболее древние осадочные толщи. Поскольку,

однако, основная масса синхроничных образований остается скрытой от нас под более молодыми осадочными образованиями, а стратиграфия докембрия и кембрия разработаны еще не в достаточной степени, эта группа месторождений для выяснения общих закономерностей в геологическом распространении доломитовых пород не может приниматься во внимание.

Выходы на земную поверхность силурийских отложений в пределах Европейской части Союза также являются ограниченными. Наиболее полно изученные разрезы силура в Ленинградской обл. указывают, что доломитовым породам принадлежит здесь весьма значительная роль. Второй район развития силурийских отложений, связанный с Уральским хребтом, литологически изучен значительно слабее, но имеющиеся данные также говорят о том, что и в этой области процессы доломитообразования играли в силурийское время существенную роль. Сопоставляя эти данные с характером сибирских и зарубежных силурийских отложений, можно наметить таким образом первую нижнепалеозойскую (силурийскую) «доломитовую эпоху».

Девонские, главным образом верхнедевонские, отложения выходят на поверхность земли во многих районах Европейской части СССР и часто представлены карбонатной фацией. К ним приурочен ряд месторождений доломитов, известных в Ленинградской, Орловской, Тульской, Сталинской обл., а также в пределах Коми АССР и на Урале. Хотя доломитовые месторождения этого возраста нередко имеют большое практическое значение, но все имеющиеся данные по литологии девонских отложений как главного девонского поля, так и южной окраины Подмосковского бассейна, заставляют признать, что относительное количественное значение нормальных доломитов среди всей массы карбонатных верхнедевонских пород не является значительным; в общем здесь преобладают и пользуются весьма широким распространением известняки, мергели и доломитизированные разности этих пород, тогда как нормальные чистые доломиты с геологической точки зрения образуют среди них относительно подчиненные, нередко мало выдержанные скопления.

Чрезвычайно характерно стратиграфическое размещение доломитовых пород среди каменноугольных отложений. Известно, что нижний карбон, развитый на огромной территории Европейской части Союза, почти вовсе лишен доломитов, а представлен либо известняками, либо иными типами некарбонатных пород. Правда, в области Донецкого бассейна к нижнекаменноугольным отложениям приурочено известное Новотроицко-Еленовское месторождение доломитов, имеющее вместе с соседними месторождениями того же типа исключительно большое практическое значение, чему способствует их чрезвычайно выгодное географическое расположение. Однако, нижнекаменноугольные доломитовые породы составляют все же лишь относительно незначительные «островки» среди обширнейшего поля распространения других пород того же возраста. Из этого можно сделать заключение, что в нижнем карбоне доломитовая фация не имела широкого распространения и доломитообразование носило в это время в общем эпизодический и территориально ограниченный характер.

В среднем карбоне количественное значение доломитовых пород явно возрастает. Это ясно видно на примерах даже отдельных, наиболее хорошо изученных конкретных разрезов; так, например, по подсчетам Л. В. Пустовалова (1937), основанным на послойном химико-аналитическом материале, каширские отложения Верхнего Поволжья (Калининская обл.) примерно на 80% состоят из доломитов, т. е. здесь соотношение доломитовых и известковых пород выражается цифрами 4:1. В Подольском горизонте отношение суммарной мощности доломитов и доломитовых мергелей к суммарной мощности известковых пород, по Н. Н. Смирнову (1930), равно примерно

1:2:1; для мячковского горизонта, по данным того же автора, это соотношение выражается приблизительно цифрами 0.25:1. Доломитовые фации приобрели еще большее распространение в верхнекаменноугольное время. Соответствующие геологические разрезы карбонатных толщ в основном слагаются доломитами, тогда как чистые известняки имеют здесь явно подчиненное значение; так, например, весьма значительное преобладание доломитов над известняками среди пород гжельского яруса Подмосквового бассейна является общеизвестным фактом; это было время почти повсеместного развития доломитовой фации.

В соответствии с широким распространением доломитовых пород среди осадков среднего и верхнего карбона, весьма значительное количество крупных и часто весьма выдержанных месторождений доломитов мы находим на территориях тех областей, где на земную поверхность выходят средне- и верхнекаменноугольные осадочные образования. Сюда относятся многочисленные доломитовые месторождения каменноугольного возраста, расположенные в Ленинградской, Калининской, Рязанской, Московской, Ивановской, Куйбышевской (Самарская Лука), Архангельской, Вологодской обл., Коми АССР, Башкирии, на Урале и проч.

Процесс доломитообразования, охвативший в широком масштабе территорию Европейской части СССР во второй половине карбона, интенсивно продолжался еще и в перми, постепенно затухая к концу палеозойской эры. Сюда относятся многочисленные и нередко весьма мощные прослои и пачки доломитов среди гипсов и ангидритов кунгурского яруса, а также преимущественно доломитовые толщи конхиферового возраста (по данным М. Э. Ноинского, Е. Н. Ларионовой и Л. В. Пустовалова конхиферовые отложения Татреспублики слагаются доломитами не менее, чем на 75—80% от общей мощности пород). В соответствии с этим месторождения доломитов широко распространены в районах развития пермских отложений: в Архангельской, Вологодской (бассейн р. Сев. Двины), Горьковской, Куйбышевской обл., в Коми АССР, в западном Приуралье, в Башкирии, в Чкаловской обл., в Урало-Эмбенском районе и др.) и, наконец, на Украине (например, Славянско-Бахмутская мульда).

Сказанное достаточно ясно обрисовывает конец палеозоя, как вторую каменноугольно-пермскую «доломитовую эпоху».

Надо иметь в виду, что к этому времени произошли очень резкие изменения в рельефе земной поверхности, особенно сильно сказавшиеся в области Урала (варисийская эпоха горообразования). В связи с этим, осадочная дифференциация, дошедшая в пермскую эпоху до стадии выделения в осадок легко растворимых хлорнатровых и даже хлоркалиевых солей, вновь начала развиваться на новой материальной базе и в иных геологических условиях со своего первого продукта, т. е. с обломочных пород.

В соответствии с этим среди пород триасового возраста, развитых на Русской платформе, преобладающее значение получают кластогенные образования, вещество которых обладает наименьшей миграционной способностью и которые почти полностью слагают собою триасовые отложения северо-востока Европейской части СССР. Доломитовых месторождений, заслуживающих внимания, мы здесь не находим: в триасе доломитовые фации временно, так сказать, сошли с геологической сцены.

В юрское время доломитовые фации не приобрели сколько-нибудь широкого развития. Хотя отложения юрского периода покрывают собою обширнейшие пространства Европейской части Союза, но лишь в немногих пунктах имеются месторождения доломитизированных известняков, а еще реже — нормальных доломитов; характерно, что и эти немногочисленные месторождения хронологически связаны не с началом, а с концом юрского времени. Сюда относятся ограниченные по своему территориальному распространению месторождения доломитов в Кабардино-

Балкарии и Чечено-Ингушетии, подчиненные верхнеюрским отложениям.

То же самое можно сказать и про меловой период, когда опять-таки лишь в некоторых ограниченных районах отмечается образование не столько нормальных доломитов, сколько доломитизированных известняков (доломитовые месторождения северных предгорий Главного Кавказского хребта, окрестностей г. Кисловодска, Юго-Осетии, некоторых пунктов Закавказья). Не трудно видеть, что в юрское и меловое время доломитовая фация покинула обширные пространства Русской равнины, неоднократно заливавшейся морем, а процесс доломитообразования сосредоточился вокруг современного Кавказа; но и здесь он (т. е. процесс доломитообразования) не приобрел в это время характера руководящего явления.

Это подчиненное значение доломитовых фаций в начале мезозоя (триас, юра, мел) становится понятным, если учесть, что осадочная дифференциация, управляющая всем процессом планетарного осадкообразования, достигла в меловое время лишь той стадии своего развития, когда господствующее значение вновь (после нижнего и отчасти среднего карбона) приобрели известковые отложения, что и повлекло за собой массовое накопление белого пишущего мела. Но даже для достижения этой «известковой» стадий осадочной дифференциации потребовался весьма значительный отрезок геологического времени, охвативший триасовый и юрский периоды и протекший с момента глубокого изменения земной поверхности, вызванного герцинским горообразованием (когда в широких масштабах началась сызнова осадочная дифференциация), до мелового времени с его преимущественно пенепленизированными и сильно эродированными континентами и мелководными эпиконтинентальными морями.

Лишь позднее, в третичное время, главным образом в эпоху миоцена, вновь создались условия, благоприятные для образования доломита. Известно, что при значительной мощности и большом территориальном распространении миоценовых карбонатных пород, среди них, так же как среди верхнекаменноугольных и пермских отложений, хотя в некоторых пунктах и обнаруживаются более или менее чистые известняки, но, как показала разведочная работа последних лет, такие пласты по своей относительно малой мощности, невыдержанности и неоднородности не удовлетворяют требованиям современных крупных предприятий известково-цементной промышленности и могут являться сырьевой базой лишь для мелких заводов местного значения.

Не трудно видеть, таким образом, что, начиная с силура, третичное (главным образом миоценовое) время явилось третьей «доломитовой эпохой» в литогенетической истории Европейской части СССР. Возникшие в это время месторождения доломита территориально связаны с районами распространения третичных пород (Украина, Крым, Азербайджан, Карачаевская авт. обл. и проч.). Следует иметь в виду, что значительная часть третичных отложений до сих пор скрыта от нас под уровнем моря, а потому остается недоступной для непосредственного изучения; можно думать, что вместе с ними на дне современных морей погребены многие доломитовые месторождения третичного возраста.

Из изложенного следует, что верхнепалеозойские доломиты относятся к тому последовательному ряду осадочных пород, отложение которых началось в порядке осадочной дифференциации после каледонского горообразования и совокупность которых характеризует собой большой послекаледонский период минерального осадконакопления; меловые известковые отложения и третичные доломитовые осадки представляют собой отдельные звенья осадочной дифференциации послегерцинского большого периода осадконакопления. В этой связи доломитовые породы, известные среди силурийских отложений, очевидно, должны быть отнесены к докаледон-

скому большому периоду осадконакопления. Мы видим, таким образом, что в соответствии с общим ритмом геологического развития Земли и совпадающими с ним большими периодами минерального осадкообразования, массовое накопление доломитовых пород также повторяется периодически; особенно наглядно это видно на примере наиболее близких к нам, а потому и наиболее полно изученных последних трех периодов. Разумеется, что это несколько не исключает возникновения в отдельные геологические моменты и на отдельных территориях доломитовых осадков, не укладывающихся в рамки «доломитовых эпох»; их накопление обусловлено местным сочетанием условий, благоприятных для доломитообразования, в силу чего такие скопления доломитов не носят характера массовых скоплений и не отличаются ни исключительно большой выдержанностью, ни исключительно большими мощностями и территориальным распространением.

Небезынтересно отметить, что в современных областях минерального осадконакопления мы нигде не находим доломитообразования в его типичном проявлении. Этот знаменательный факт, не находивший себе ранее удовлетворительного истолкования, вовсе не является геологической «случайностью», а должен быть объяснен тем, что развитие осадочной дифференциации, вновь возобновившейся после альпийской эпохи горообразования, еще не достигло доломитовой стадии.

Поступило 5 . XI . 1939 г.

Л. В. Пустовалов

Европейский север и северо-запад

На данной территории доломиты встречаются среди протерозойских, эопалеозойских, силурийских, девонских, каменноугольных и пермских пород. Степень изученности их весьма различная; с наибольшей полнотой обследованы месторождения доломитов силурийского, каменноугольного и частью девонского возраста, что связано с их относительной близостью к промышленным центрам Ленинградской обл. Протерозойские, эопалеозойские и пермские доломиты в настоящее время могут быть охарактеризованы лишь в самых общих чертах.

Мурманская обл. в силу своего геологического строения сравнительно бедна карбонатными породами, в том числе и доломитами. Последние обнаружены в нескольких пунктах среди протерозойских пород в свите Имандра—Варзуга, протягивающейся в юго-восточном направлении от озера Имандра в центральной части Кольского п-ова, и в эопалеозойской (докембрийской) осадочной свите Рыбачьего п-ова — о-ва Кильдина у северного побережья Мурмана.

О-в Кильдин. Среди так называемой доломитовой толщи, состоящей из сланцев с прослойками окварцованного песчаника, встречаются известняки и доломиты. Последние маломощны, за исключением одного слоя доломита в 2 м, обнажающегося по южному берегу острова между мысами Коровым и Пригонным.

Химический состав его (в %):

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
8.47—10.02	4.07—4.40	2.20—2.88	27.04—33.33	11.72—16.57

Запасы, доступные для добычи карьером, выражаются цифрой 112 тыс. м³.

Ст. Титан (ж.-д. ветка Апатиты — Кировск). В 16 км юго-восточнее станции среди актинолитово-хлоритовых сланцев свиты Имандра—Варзуга обнаружены и частично разведаны две линзы доломитов и известняков. Линзы, как и вмещающие их породы, дислоцированы и падают в основном на север под углом около 45°. Западная линза сложена преимущественно доломитами; ее протяженность 2 км; мощность 70—80 м; химический состав

доломитов: CaO 27.40%, MgO 18.31% и нерастворимый остаток 20.25%. Высокое содержание последнего обусловлено наличием кварца, который залегает или в виде стяжений (до 1 м в поперечнике) или прожилками. Известь, полученная после обжига при 1100° , имела нерастворимого остатка 13.22%, а после гашения — 24% непогасившихся зерен. Лабораторные технологические испытания показали возможность получения из этих доломитов слабогидравлической извести при условии отсева непогасившихся частиц. При помоле всей обожженной массы получается продукт, приближающийся по своим свойствам к воздушно-гидравлической извести.

Ориентировочные запасы 390 млн. м^3 .

Восточнее выходы свиты Имандра—Варзуга в системе р. Варзуги также содержат доломиты, близкие по химическому составу. В виду удаленности от путей сообщения и потребляющих центров месторождения р. Варзуги в настоящее время лишены практического значения.

Карело-Финская ССР характеризуется сравнительно большим распространением карбонатных пород, среди которых преобладают доломиты. По стратиграфической схеме В. М. Тимофеева данные породы являются промежуточным горизонтом между кварцитами и глинисто-кремнистыми сланцами протерозоя. Главные площади карбонатных пород тяготеют к северной части Онежского озера.

Карельские доломиты в общей своей массе метаморфизованы и окварцованы, и многие из них представляют мраморы, обладающие хорошим рисунком и окраской.

Качество доломитов характеризуется данными табл. 6, в которую не включены разности, представляющие ценность в качестве декоративного материала (см. М р а м о р).

Эта пестрота химического состава сырья из одного и того же месторождения в значительной степени затрудняет промышленное использование карельских доломитов.

ТАБЛИЦА 6

Химический состав доломитов Карело-Финской ССР (в %)

Название месторождения и местоположение	SiO_2 (нераств. остаток)	R_2O_3	CaO	MgO
Шуньга (60 км севернее ст. Медвежьей Горы на берегу Онежского оз.) . .	0.09	0.04	30.64	19.44
Ст. Кяппосельга (Киров- ская ж. д.)	4.13	—	29.70	19.98
Кузаранда (125 км северо- восточнее г. Петрозавод- ска на берегу Онежско- го оз.)	8.74—20.60	0.95—6.00	20.55—27.00	16.97—22.30
Южный Олений о-в (в 80 км северо-восточнее г. Петро- заводска)	4.66—23.59	0.40—2.59	21.76—30.17	16.15—20.73
Виданы (35 км западнее г. Петрозаводска):				
розовая разность . . .	2.42—7.58	0.40—0.44	27.37—29.49	21.34—21.98
серая	7.96—15.50	0.60—1.15	25.43—27.20	18.56—20.93
»	10.10—21.96	0.50—1.00	23.98—26.54	18.14—20.23
Спасская Губа (65 км се- веро-западнее г. Петро- заводска)	0.78—17.66	0.32—2.66	25.59—30.87	17.90—21.64
Мурдо-сельга (Тулмозер- ский район)	2.64—11.80	—	29.21—31.47	18.32—20.12

Архангельская и Вологодская обл. На территории этих областей доломиты почти не изучались с практической точки зрения. По стратиграфической схеме Я. Т. Богачева (1934), разработанной для каменноугольных отложений бассейна р. Северной Двины, доломиты приурочены как к среднему карбону (усть-пинезский и орлецкий горизонты), так и к верхнему (холмский и тиньговский горизонты). Они перемежаются с известняками; местами доломиты окремнелые, местами содержат желваки кремня. Химическая характеристика доломитов из средне- и верхнекаменноугольных отложений бассейнов рр. Северной Двины и Онеги, по данным Е. В. Гореховой (1935), приведена в табл. 7.

ТАБЛИЦА 7

Химический состав доломитов Архангельской и Вологодской обл. (в %)

Месторождение	SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO
Р. Северная Двина (Орлецы)	0.65	2.61	36.90	15.11
Р. Северная Двина (Черный Омут)	1.91	0.45	31.55	19.07
Р. Емца	0.25—1.05	0.35—0.49	30.55—32.31	18.53—21.75
Р. Онега (Колотово)	0.26	0.23	29.91	21.49
» » (Гусиха)	0.26	0.37	35.44	15.82
» » (Порог)	2.05	0.51	32.08	18.02

В разведанном месторождении на р. Емце, расположенном около 943-го километра ж.-д. линии Вологда—Архангельск, доломиты мощностью от 2.20 до 7.25 м, принадлежащие к свите «b» холмского горизонта верхнего карбона, залегают непосредственно под наносами средней мощности 2.18 м. Порода в значительной степени трещиноватая (результат карстовых процессов) и отличается сравнительной чистотой. Состав ее (в %):

Нераств. остаток	R ₂ O ₃	CaO	MgO	MgO (среднее)
0.30—9.50	0.30—3.70	30.30—36.40	11.10—22.02	19.69—19.54

Доломит р. Емцы обладает временным сопротивлением сжатию 678 кг/см², насыщенный водой образец показал прочность 632 кг/см², выдержав замораживание. Запасы, по данным П. А. Варданянца (1934), выражаются цифрой 693 000 т.

Среди пермских отложений, широко развитых в южной и восточной частях данной территории, доломиты наиболее полно представлены в гипсово-доломитовой толще нижней перми, а также в казанском и татарском ярусах верхней перми.

В АССР Коми также развиты породы пермского возраста, среди которых в верховьях р. Вычегды залегают доломиты весьма высокого качества, судя по следующим химическим анализам, заимствованным у Е. В. Гореховой (1935) (в %):

	SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO
Кобес-Вомин	0.40—1.24	0.36—0.54	30.55—31.15	20.42—21.24
Мыелдин	0.51—1.11	0.21—0.33	30.40—33.77	18.15—20.36
Помоздин	0.45—1.46	0.32—1.56	31.01—32.64	18.48—20.70

В северных частях республики по рекам бассейна р. Печоры доломиты известны среди каменноугольных и девонских пород.

Ленинградская обл. Среди карбонатных пород Ленинградской обл. доломиты известны среди силурийских, девонских и каменноугольных от-

ложений. Промышленностью используются, главным образом, силурийские доломиты, что обусловлено близостью их к Ленинграду, неглубоким залеганием, сравнительно большой мощностью и высоким качеством. Доломиты девонского возраста находятся в менее благоприятных транспортных условиях, не достигают большой мощности; они эксплуатируются лишь кое-где для местных нужд. Каменноугольные же доломиты характеризуются крайне непостоянным качеством и формой залегания. В то время как девонские доломиты приурочены к определенным стратиграфическим горизонтам (снетогорские, псковские и бургские слои известняковой толщи D_3), каменноугольные, в виде различных по форме и величине участков, встречаются во всех отделах карбона.

Среди силурийских доломитов наибольшую промышленную ценность представляют кегельские слои, приуроченные к верхам иевского подъяруса. Кегельские доломиты (фиг. 10), залегающие толщей мощностью в 10—15 м непосредственно под четвертичными отложениями, занимают площадь около 1000 км² и приурочены к Балтийской линии Октябрьской ж. д. между ст. Войсковицы и ст. Молосковицы. Окраска доломитов желтовато-серая, но встречаются отдельные пласты и участки их, имеющие пятна и полосы буровато-серого, красного и фиолетового цвета. Цветные разности часто имеют полосчатый и мраморовидный рисунок. Строение доломитов кристаллически зернистое; местами, вследствие мелкости зерен, структура маскируется и порода приобретает характер плотной, лишенной кристаллической структуры массы; иногда наблюдается мелкая пористость. Слоистость наиболее ярко выражена в верхних горизонтах. Характерной особенностью кегельских доломитов является их значительная трещиноватость, обуславливающая большой процент (до 40%) отходов в виде мелочи при эксплуатации их. Это отрицательное свойство доломитов, связанное с карстовыми процессами, несколько осложняет добычу. Карстовые трещины обычно заполнены валунной или зеленой глиной.

Результаты химических анализов (табл. 8) указывают на сравнительное постоянство в содержании магнезии, которая в среднем достигает 19—20%, хотя имеются и пласты, в которых содержание MgO ниже.

ТАБЛИЦА 8

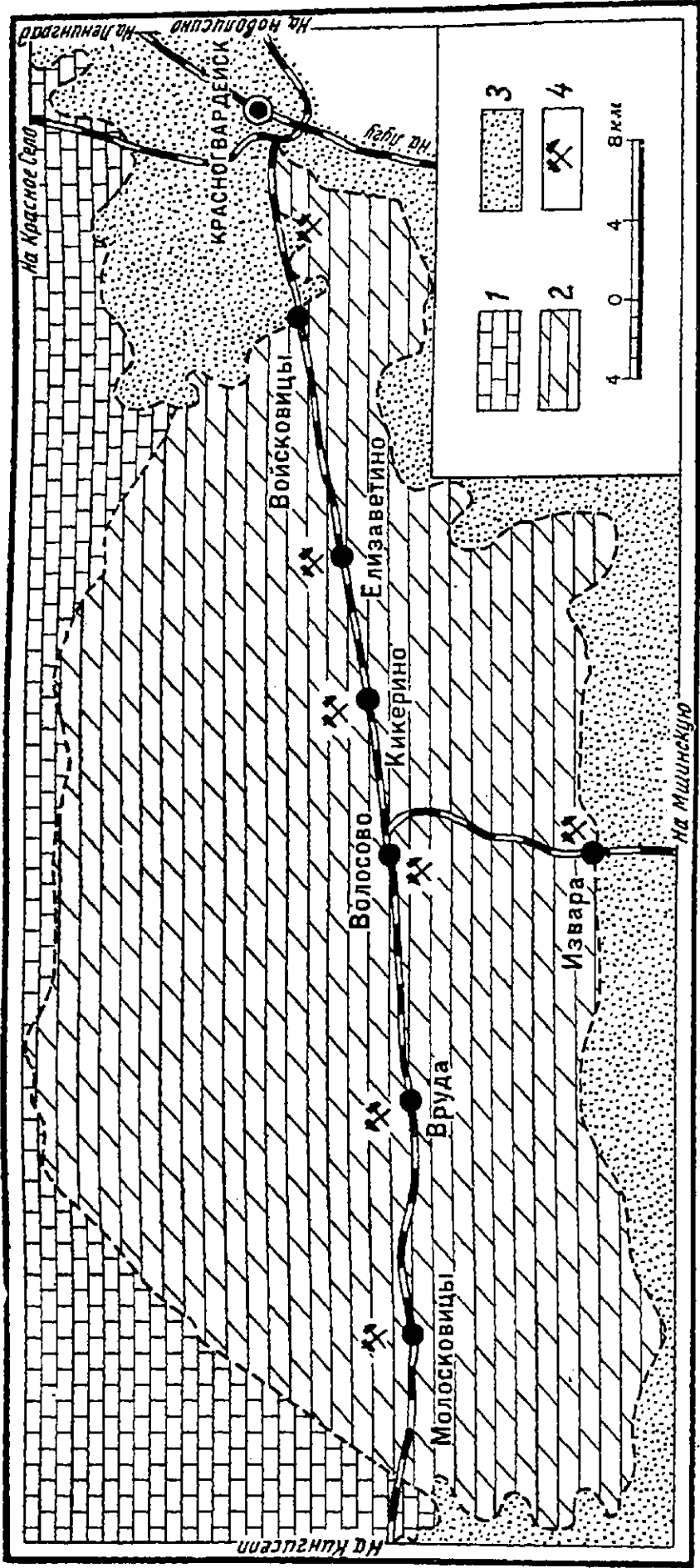
Химический состав силурийских доломитов Ленинградской обл. (в %)

Месторождение	SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO
Войсковицы ¹	—	3.99—9.15	24.11—25.72	15.59—16.93
Елизаветино	0.78—3.17	2.76—3.16	27.46—28.94	20.69—21.71
Кинерино	1.05—3.75	0.34—3.63	29.20—32.75	17.39—22.13
Волосово	5.07—9.62	0.62—3.76	23.82—28.90	16.22—19.64
Вруда	1.70—4.42	1.24—2.46	29.12—30.06	20.06—21.11
Извары		2.75	29.70	20.07
Молосковицы	2.76	2.36	28.32	19.52

¹. Парицкие ломки губковых слоев.

Наиболее резкие колебания наблюдаются в отношении кремнезема и полуторных окислов, что отчасти обуславливается загрязнением анализованных проб глиной карстовых трещин, а отчасти и обогащенностью SiO₂ некоторых пластов доломита.

Кегельские доломиты не отличаются высокими строительными свойствами. Некоторые из них не выдерживают замораживания. Это обстоятельство, естественно, в значительной мере ограничивает сферу их применения в строительном деле. Результаты испытаний доломитов приводятся в табл. 9.



Фиг. 10. Геологическая схема района Балтийской линии Октябрьской ж. д. (Ленинградская обл.).

Условные обозначения:

1 — глауконитовый, ортоцератитовый, акиноферитовый, кунерский, итферский и губковий подъярсы (S₁); 2 — кегельские доломиты иевского подъяруса (S₁); 3 — пыльная песчанниковая толща (D₂); 4 — разработки кегельских доломитов.

ТАБЛИЦА 9

Результаты механических испытаний силурийских доломитов
Ленинградской обл.

Месторождение	Временное сопротивление сжатию, в кг/см ²		
	Сухие	Насыщенные	После замораживания
Молосковицы	180—400	127—347	—
Волосово	294—1659	412—950	805—1406
Кикерино	439—1514	412—1617	320—1648
Елизаветино	676—885	477—719	—
Парица	423—1224	349—844	258—809

Кегельские доломиты, при общей мощности 15 м, обычно эксплуатируются на глубину 7—8 м; мощность вскрыши не превышает на разрабатываемых участках 2 м. Потери при добыче в виде мелочи составляют для Волосова 15%, для Кикерино 25—40%.

Разведанными являются лишь небольшие участки, прилегающие к некоторым действующим карьерам, а именно (в тыс. м³): Вруда — 79, Волосово — 2910, Кикерино — 1780, Извара—59.

Доломиты используются в Ленинградской обл., главным образом промышленностью строительных материалов для производства воздушной

ТАБЛИЦА 10

Химический состав девонских и каменноугольных известняков
Ленинградской обл. (в %)

Возраст и местонахождение	Нераств. остаток	CaO	MgO
D ₃ . Снетогорские слои			
Батецкий район (дер. М. и Б. Удраи) . . .	4.98	30.00	19.20
Лужский район (дер. Голубково)	5.40	28.00	16.45
D ₃ . Псковские слои			
Псковский район (дер. Темерово Подклинье)	3.07	32.30	18.72
D ₃ . Бурегские слои			
Островский район (дер. Мироеды)	6.98	30.68	18.12
» » (дер. Шелихово)	3.61	32.58	17.60
Нижний карбон			
Вытегорский район (дер. Макарово)	1.04	32.17	22.02
Боровичский район (дер. Озерово)	0.62	31.61	14.89
Средний карбон			
Бабаевский район (дер. Никольское)	2.89	30.03	20.57
» » (дер. Лунево)	1.29	29.92	21.88
Верхний карбон			
Бабаевский район (дер. Малахово)	0.90	31.65	20.28

известни и в качестве каменного строительного материала (бутовая плита). В небольшом количестве доломит находит себе применение в производстве изоляционного материала «совелит» и в целлюлозной промышленности.

Девонские и каменноугольные доломиты не подвергались специальному исследованию, и данные о практической ценности их отрывочны и неполны. Характеристика их химического состава и механических свойств приводится в табл. 10 и 11 (данные С. Г. Вишнякова).

ТАБЛИЦА 11
Механическая прочность девонских доломитов

Слон и местонахождение	Временное сопротивление сжатию, в кг/см ²	
	Сухие	Насыщенные
Снеггорские, Батецкий район (дер. М. и Б. Удрай)	1247	572
Псковские, Псковский район (дер. Боровичи)	1882	1216
Бургские, Островский район (г. Остров)	339—1723	200—1479

Поступило 10. XII. 1939 г.

Г. А. Дымский

Московская, Рязанская, Ивановская и Калининская обл.

На территории этих областей наиболее многочисленные месторождения доломитов приурочены к отложениям верхнего и среднего отделов каменноугольной системы.

В толще карбонатных пород среднекаменноугольного возраста (каширский, подольский, мячковский горизонты) доломиты распределены неравномерно и переслаиваются здесь с известняками, мергелистыми и доломитизированными породами. В общем намечается, что в толще среднего карбона относительная мощность доломитовых пород постепенно убывает по направлению снизу вверх (для каширских отложений Калининской обл.

ТАБЛИЦА 12
Химический состав доломитов из скважины
у дер. Русавкино (в %)

Номер	SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO	CO ₂
I	32.19	2.45	26.55	7.18	28.75
II	16.44	1.70	28.70	12.22	39.24
III	5.32	1.70	28.50	19.78	43.45
IV	5.68	3.40	31.45	17.24	40.83
V	29.10	20.05	17.35	6.51	20.63
VI	1.76	0.85	32.05	17.85	45.98

¹ Римские цифры соответствуют местам взятия проб на разрезе фиг. 11.

отношение суммарной мощности доломитовых пород к суммарной мощности известковых оценивается отношением 4:1, для подольского горизонта в пределах Московской обл. то же отношение равно приблизительно 1.2:1, а для мячковского горизонта — 0.25:1).

Осадки верхнего отдела каменноугольной системы («гжельский ярус») еще более богаты доломитом, чем осадки среднекаменноугольного возраста.

Доломитовые породы среднекаменноугольного возраста пользуются широким распространением в южной, юго-восточной и юго-западной частях Московской обл., в районе городов Подольска, Серпухова, Каширы, Коломны, Можайска. Верхнекаменноугольные доломитовые породы имеют в пределах этой области меньшее площадное распространение и развиты лишь к востоку от г. Москвы.

В Рязанской обл. также имеют развитие как среднекаменноугольные, так и верхнекаменноугольные доломитовые породы, месторождения которых приурочены, главным образом, к восточным ее районам (Окско-Цнинский вал). Среднекаменноугольные доломиты известны в южной части Окско-Цнинского вала, главным образом в районе г. Сасова. Доломиты верхнекаменноугольного возраста развиты преимущественно в северной части Окско-Цнинского вала, в районе г. Касимова.

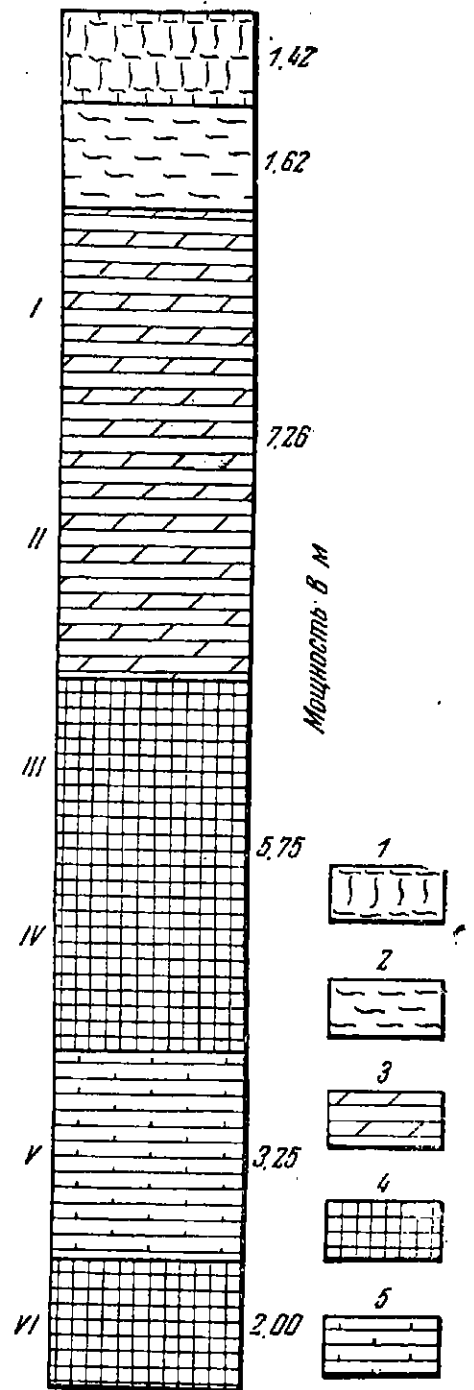
В Ивановской обл. доломиты относятся к верхнекаменноугольным осадкам, будучи приурочены к северному концу Окско-Цнинского вала. Месторождения доломитов здесь распространены преимущественно в Ковровском, Курловском и Гусевском районах.

Доломитовые породы Калининской обл. относятся к среднекаменноугольным отложениям, и месторождения их сосредоточены в верхнем Поволжье, в районе городов Ржева, Зубцова и Старицы.

Московская обл. Для характеристики верхнекаменноугольных магнезиальных отложений Московской обл. приводится разрез буровой скважины у дер. *Русавкино* в окрестностях ст. Железнодорожная ж. д. им. Ф. Э. Дзержинского (фиг. 11; анализы см. в табл. 12).

Особенной известностью пользуются ломки доломита в окрестностях ст. *Щелково* Ярославской ж. д., которые дают высокосортный продукт следующего среднего состава (в %):

SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO
0.80	1.52	32.72	19.84



Фиг. 11. Разрез буровой скважины у дер. Русавкино. (По Н. Н. Смирнову, 1930.)

1 — почва; 2 — глина; 3 — доломитовый мергель; 4 — доломит; 5 — известковая глина.

Появление в естественных обнажениях района Щелкова доломитовых пород верхнего карбона, при полном их отсутствии выше по течению р. Клязьмы и далее к западу, объясняется наличием синклинального прогиба

каменноугольных слоев, имеющего направление: ст. Пушкино — дер. Чагино на р. Москве. К восточному приподнятому крылу этого прогиба и приурочена группа Щелковских месторождений.

Мощность вскрыши в районе ст. Щелково подвержена сильным колебаниям, достигая местами 10 м и более. Для эксплуатации выбираются участки со вскрышей не более 3—5 м. Разработки ведутся до уровня грунтовых вод при максимальной мощности промышленных доломитов около 7 м.

Разведочными работами 1932—1933 гг. в Щелковском районе были выявлены следующие месторождения:

1) между дер. Кожино и Амерево, где доломитово-известняковая толща залегает под вскрышей от 0.6 до 4.2 м. Запасы на площади 21.5 га определены в 634 тыс. м³ по категории А₂ и 1552 тыс. м³ по категории С₁;

2) у дер. Кожино, где вскрыша равна в среднем 2.2 м, а запасы определены в 1350 тыс. м³ по категории А₂ и 1670 тыс. м³ по категории С₁;

3) у дер. Солнцево, где мощность вскрыши колеблется от 1.9 до 4.8 м, а выявленные запасы составляют 630 тыс. м³ по категории С₁.

В настоящее время добыча доломита в Щелковском районе ведется карьероуправлением Главгоснеупора НКЧМ СССР в Потаповском карьере, на левом берегу р. Клязьмы, между дер. Амерево и Турабьево. Доломит идет, главным образом, на предприятия Москвы и Тулы.

Этот участок был детально разведан в 1937 г. Здесь залегают (снизу вверх):

1) толща пестроцветных магнезиальных глин, кверху постепенно переходящих в известковистые глины и, наконец, в доломитовые мергели; вскрытая мощность — около 26 м;

2) карбонатная толща, представленная, главным образом, доломитами, изредка переходящими в доломитовые известняки. Эта толща сильно трещиновата и закарстована; мощность ее колеблется от 7.45 до 14.10 м;

3) верхнеюрские глины (келловей-оксфорд), сохранившиеся лишь в пониженных частях подземного рельефа каменноугольных пород; мощность их до 3.70 м;

4) древнеаллювиальные песчано-гравийные породы и карстовый делювий.

Карбонатная толща имеет незначительное падение в северо-восточном направлении. Нижняя часть этой толщи обводнена. Мощность доломитов обводненной части в среднем — 6.95 м, не обводненной — 3.15 м. Мощность доломитовых известняков, кремневых прослоев и проч. для каждой из указанных частей толщи составляет 0.40—0.45 м.

Степень трещиноватости и разрушенности карбонатной толщи характеризуется следующими данными о выходе доломита по крупности кусков (в %):

Не обводненная толща			Обводненная толща		
>50 мм	5—50 мм	<5 мм	>50 мм	5—50 мм	<5 мм
54	29	17	45	16	39

Закарстованность месторождения определяется ориентировочно в 10% от общего объема карбонатных пород.

Химический состав карбонатной толщи как в целом, так и в части, удовлетворяющей кондициям металлургической промышленности, характеризуется данными табл. 13.

Наблюдается, что содержание SiO₂ увеличивается с глубиной, а содержание R₂O₃ наоборот, с глубиной уменьшается.

Выявленные здесь и утвержденные запасы составляют в тыс. т: необводненная толща — 2412 по категории А₂; 188 по категории В; 922 по категории С₁; обводненная толща — 10 041 по категории В.

Верхнекаменноугольные доломиты известны в ряде пунктов в окрестностях ст. Гжель Ленинской ж. д. В 1—1.5 км к юго-востоку от ст. Гжель,

ТАБЛИЦА 13

Химический состав карбонатных пород Потаповского карьера (в %)

Для какой породы	SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO	S	P	Пот. при прок.
Для всей карбонатной толщи	0.04— 27.09	0.17— 4.28	19.20— 46.82	7.51— 24.81	0.02— 0.34	0.03— 0.08	30.79— 49.09
Для кондиционных доломитов	0.06— 7.25	0.17— 4.28	26.90— 34.67	16.59— 24.81	0.02— 0.34	0.03— 0.96	42.38— 49.09

близ с. Речицы, в 1930 г. были выявлены разведкой доломиты, залегающие на глубине от 12.4 до 19.6 м, мощностью около 3 м, с ориентировочными запасами в 1039 тыс. м³. Выше доломитов залегают известняки, прикрытые песчано-глинистыми породами.

В Московской обл. следует еще отметить следующие месторождения верхнекаменноугольных доломитов.

У дер. *Благовещенье* (в 1—2 км от ст. Ногинск) доломиты залегают под вскрышей, доходящей до 6 м. Толща доломитов расчленяется на верхнюю и нижнюю пачки, разделенные прослоем глины мощностью около 0.5 м. Суммарная мощность доломитовой толщи составляет около 18 м. Запасы доломитов при разведке 1933 г. определены в 9 млн. м³ по категории В.

Жуковское месторождение, расположенное также у г. Ногинска, характеризуется вскрышей мощностью от 1.5 до 3 м и ориентировочными запасами доломита в 8900 тыс. м³.

Химический состав (в %):

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Пот. при прок.
1.87	2.65	0.20	29.87	19.78	45.35

У дер. *Рахманово* Павлово-Посадского района доломит залегает также на незначительной глубине.

Химический анализ его показывает (в %):

Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Пот. при прок.
0.86	30.77	20.62	46.77

Из месторождений доломитов среднекаменноугольного возраста можно отметить месторождения в районе *Подольских цементных заводов*, где доломиты залегают совместно с известняками, разрабатываемыми как сырье для портланд-цемента, а также месторождения в *Каширском районе*. В последнем районе известны месторождение «*Белый Брод*» (между сел. Образцово и Вальцево, в 7—8 км от ст. Ступино Московско-Донбасской ж. д.), где, помимо известняков и доломитизированных известняков, залегают доломиты с содержанием MgO до 18%, и *Малеевское месторождение* (в 6 км к юго-западу от Каширы), где под вскрышей мощностью до 10 м залегают доломиты с содержанием MgO 19.5%.

Того же возраста доломиты залегают в районе *Щурова* и *Воскресенска* и в окрестностях г. *Коломцы*. Особого внимания заслуживают доломиты *Коломенского района* (Протопоповское, Дубовское и прочие месторождения), где имеют развитие разности снежнобелого цвета, хорошо принимающие полировку и являющиеся прекрасным, равноценным мрамору, облицовочным камнем.

Рязанская обл. Здесь месторождения доломитов, как указывалось, приурочены к Окско-Цнинскому валу, вытянутому полосой от района Сасова на юге до Коврова на севере. О химическом составе этих доломитов можно судить по следующим анализам (табл. 14), заимствованным из работы Н. Н. Смирнова (1930₂).

ТАБЛИЦА 14

Химический состав доломитов из окрестностей
дер. Темгенево близ ст. Сасово (в %)

Компоненты	Образцы доломита			
	I	II	III	IV
SiO ₂	1.24	0.60	0.48	0.24
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ . .	1.54	0.88	0.76	0.32
CaO	31.46	30.96	31.56	31.40
MgO	19.27	19.63	20.01	20.35
CO ₂	46.98	47.91	47.60	47.58

В *Сасовском районе* наиболее известны месторождения между с. Темгенево и Глядково, между с. Студенец и Сараевской слободой и «Бастияновская гора». В последнем из указанных месторождений тонкоплитчатый мягкий доломит, мощностью около 3 м, залегающий под вскрышей около 2.5 м, показывает содержание MgO в 18.72%. У с. Студенец в карьере вскрыта 10-метровая толща карбонатных пород, в верхней своей части также представленный мягким доломитом.

Химический анализ показал (в %):

Нераств. остаток	R ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	CO ₂
8.95	1.49	30.53	18.19	0.31	42.65

В *Касимовском районе*, по правобережью р. Оки, известны многочисленные месторождения (Малеевское, Истоминско-Телебукинское, Акишинское и др.), но запасы доломитов и их качество не подверглись специальному изучению, так как объектом разведки служил или бутовый камень, или чистый известняк (для выжига извести).

В соседнем с Касимовским *Елатомском районе* аналогичные верхне-каменноугольные доломиты известны близ дер. Щербатовки и Курмыш. В первом из названных месторождений, по левобережью р. Оки, в карьере около Серкова Лога, разработками вскрыта толща карбонатных пород мощностью около 22 м. Слой доломита приурочены к низам толщи.

Химический анализ показал (в %):

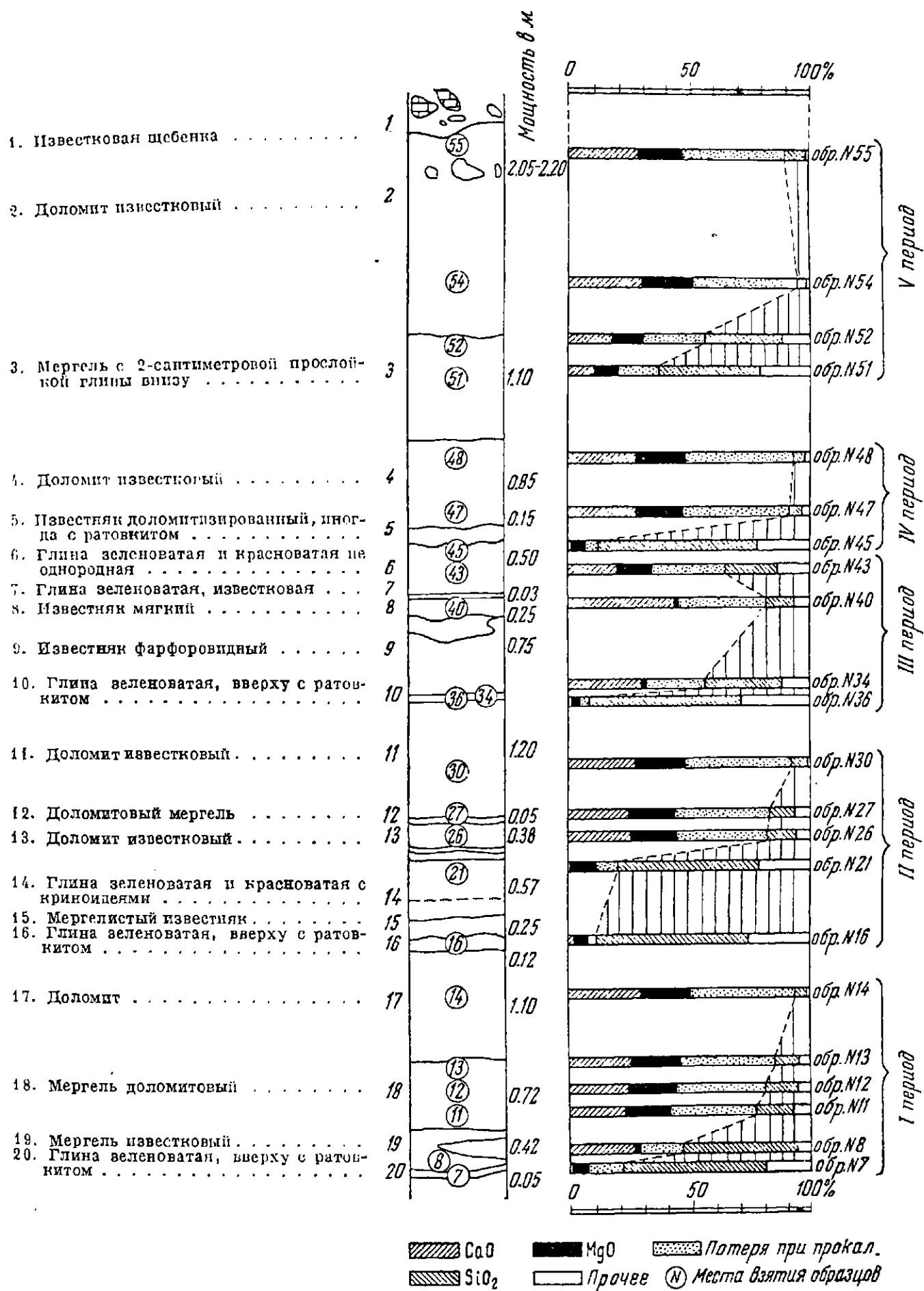
SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO
0.64	1.9	31.76	18.95

Близ дер. Курмыш, на левом крутом берегу р. Ушмы, в так называемой Ермоловской горе, наблюдаются выходы известняков и доломитов. Доломит имеет мощность в 2.4 м.

Химический анализ его показал (в %):

Нераств. остаток	R ₂ O ₃	CaO	MgO	CO ₂
0.47	1.07	31.16	19.82	46.07

Ивановская обл. На территории этой области известны крупные месторождения доломитов: Федотовское, Мелеховское и Малышевское в Ковровском районе, Добрытинское в Курловском районе, Комиссаровское в Гусевском районе. Качество доломитов аналогично доломитам Рязанской области.



Фиг. 12. Литогенетическая (геохимическая) колонка каширских отложений в окрестностях дер. Коротнево Зубцовского района Калининской области.
(По Л. В. Пустовалову, 1937.)

Калининская область. Доломиты и доломитизированные известняки имеют широкое распространение в Ржевском, Зубцовском, Погорело-Городищенском, Старицком и других районах. Так, например, в окрестностях г. Зубцова, на правом берегу р. Волги, известны мощные (17—20 м) доломитовые толщи, приуроченные к пизам московского яруса (каширский горизонт); химический состав их (по Пустовалову, 1929) характеризуется анализами, указанными в табл. 15.

ТАБЛИЦА 15

Химический состав доломитов с Полустовой горы близ Зубцова (в %)

Компоненты	Образцы доломита				
	I	II	III	IV	V
Нераств. остаток	5.56	3.28	0.83	8.70	2.49
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	1.03	0.98	0.61	1.48	0.76
CaO	27.26	28.26	30.17	25.50	28.82
MgO	20.87	20.92	20.85	20.21	21.13
Гигр. H_2O	0.51	0.41	0.14	0.97	0.39
Пот. при прок.	44.50	45.26	46.73	42.51	48.10
Сумма	99.73	99.11	99.33	99.37	99.69

Последующие более детальные работы (Пустовалов, 1937—1) выяснили, что каширские отложения Калининской и, очевидно, также и других областей слагаются из периодически повторяющихся серий пород, которые получили название «малых периодов». Каждый из них начинается внизу кремнистой палыгорскитизированной глиной мощностью до 0.10 м; выше следует известково-мергелистая порода, мощностью до 1 м, над которой располагается, наконец, пачка доломитовых пород мощностью от 3 до 6 м, часто фарфоровидных, имеющих характерную нежно-розовую, зеленоватую или белую окраску и приближающихся по своему составу к нормальным доломитам; анализы именно этих доломитов и были приведены в табл. 15. Такое строение «малых периодов», из которых слагается в Верхнем Поволжье вся толща каширских отложений (фиг. 12), указывает на многократно повторявшееся понижение концентрации вод каширского моря (отложение глин и известняков) и последующее их засоление (накопление доломитов).

Аналогично построенные осадочные толщи того же каширского возраста, описывавшиеся ранее под суммарным названием «мергелистых» толщ, повидимому, широко развиты в Верхнем Поволжье между Ржевом и Старицей. Из немногочисленных разведанных в этом районе месторождений следует отметить Мясницеево-Осугское месторождение в 30 км от г. Ржева, где при подсчете запасов мощность доломитов принята в 4.4 м; химический состав этих доломитов отличается своим постоянством; среднее содержание CaO—30.37%, MgO—21.20%. Запасы выражаются следующими цифрами: 1870 тыс. т по категории A_2 (на площади 17 га) и 2890 тыс. т по категории C_1 (на площади 24 га). Месторождение эксплуатируется в качестве футеровочного сырья заводом «Красный Профинтерн».

Следует отметить, что доломиты центральных районов до сего времени привлекали к себе сравнительно мало внимания со стороны геологоразведочной службы. В связи с этим степень изученности этого полезного ископаемого на данной территории незначительна. Разведки до настоящего времени имели дело с доломитом как с бутовым камнем, когда принадлежность породы к доломиту или к известняку не имеет практического значения, или при поисках и разведках сырья для производства воздушной извести

и портланд-цемента, когда наличие доломитовых пород весьма нежелательно. Между тем доломит может и должен иметь на территории рассмотренных областей большое промышленное значение как сырье для производства каустического доломита, как материал для черной металлургии и как облицовочный камень. При этом следует иметь в виду, что, вследствие совместного залегания доломитов с известняками в толще верхне- и среднекаменноугольных отложений, рентабельная добыча их в большом количестве случаев будет возможна лишь при условии организации комплексной эксплуатации месторождений.

Горьковская, Куйбышевская области и Татарская АССР

Доломиты пользуются здесь широким распространением, будучи приурочены преимущественно к казанскому ярусу пермской системы, где они переслаиваются с известковыми породами, мергелями и частью с ангидритогипсовыми отложениями. В пределах Куйбышевской обл. распространены карбонатные породы, в том числе доломиты, также верхнекаменноугольного возраста.

Горьковская обл. Доломиты добываются во многих местах (близ городов Арзамаса, Ардатова, Муром, Выксунского завода и пр.) в качестве бутового камня и как заправочный материал для местных металлургических заводов.

Для характеристики химического состава доломитов казанского яруса приводятся анализы доломитов окрестностей с. Б. Череватова Ардатовского района (по Л. В. Пустовалову, 1934) (в %):

Нераствор. остаток	R ₂ O ₃	CaO	MgO	Пот. при прок.
2.79	0.79	32.50	18.27	45.66
4.10	0.78	31.40	18.25	44.81

Татарская АССР. В пределах этой республики казанские доломиты пользуются весьма широким распространением. Конхиферовые слои казанского яруса, как это было установлено М. Э. Ноинским, представлены здесь тремя повторяющимися циклами, причем каждый из них начинается мелкообломочными породами, которые сменяются выше известковыми и мергелистыми доломитами, а еще выше — оолитовыми и плотными доломитами, приближающимися по своему составу к нормальным. Каждый «цикл» заканчивается тонким переслаиванием доломитов с гипсом, причем последний местами почти полностью вытесняет доломит (М. Э. Ноинский проводит границы между «циклами» несколько иначе, чем только что указано). По приблизительным подсчетам, суммарная мощность доломитов составляет не менее 70% от общей мощности пород конхиферового подъяруса.

Химический состав конхиферовых пород Приказанского района изучен в недавнее время Е. Н. Ларионовой (1934), которая приводит следующие анализы пород серии «шиханы» (табл. 16):

ТАБЛИЦА 16

Химический состав доломитов из конхиферовых слоев Приказанского района (в %)

Место взятия пробы	Гигр. H ₂ O	Нераств. остаток	R ₂ O ₃	CaO	MgO	CO ₂	Сумма
Устье р. Свияги	0.68	0.64	0.48	29.39	21.23	46.40	98.80
У с. Б. Маркваша	0.74	2.03	0.64	30.13	20.42	46.14	100.10
В Матюшинском овраге . . .	0.47	0.65	2.01	28.62	21.56	44.89	98.20

Из разведанных на территории Татарской АССР месторождений доломита можно отметить месторождение у дер. Аки Казанского района (запасы известняков и доломитов 2254 тыс. т по категории В), Царицынское месторождение в том же районе (ориентировочные запасы доломитов 6 млн. м³) и др.

Куйбышевская обл. Здесь верхнепермские отложения также в значительной мере слагаются доломитами и доломитизированными известняками; наибольшим распространением пользуются они в Заволжье и слагают также верхнюю часть Жигулевского массива. Однако, наиболее важное значение как строительное сырье в Куйбышевской обл. имеют доломиты (и известняки) верхнекаменноугольного возраста, которые разрабатываются, главным образом, в центральной части края (Самарская Лука и другие пункты) для самых разнообразных нужд (химическое сырье, известь, бут, щебенка и пр.). В связи с тем, что доломиты обнажаются здесь во многих местах по берегам р. Волги, образуя весьма удобные для разработки естественные выходы, полностью обеспечивающие потребность края в карбонатных породах, точных данных о запасах доломитов Куйбышевской обл. не имеется.

Поступило 15. XII. 1939 г.

М. С. Шидловский

В районе Самарской Луки, как и вообще в Куйбышевской обл., наиболее практически пригодными доломитами являются верхнекаменноугольные, в виду рыхлости пермских доломитов. Поэтому выработка сырья сосредоточивается в местах выходов верхнекаменноугольных пород, т. е., главным образом, по склонам долины р. Волги или впадающих в последнюю мелких притоков и оврагов.

В толще верхнего карбона известно несколько «горизонтов» доломитов и магнезиальных известняков, но эти «горизонты» не являются фацциально выдержанными, и эксплуатируются лишь наиболее мощные линзовидные залежи. Судя по буровым скважинам строительства Куйбышевского гидроузла, распределение магнезия выдерживается по горизонтали на небольшое расстояние, и мощность доломитовой залежи сильно меняется. Исследования петрографов Института геологических наук Академии Наук и лабораторий строительства показали, что главная масса доломитов является вторичной и карбонаты испытали значительные вторичные и повторные перемещения.

Наиболее мощные доломитовые залежи встречаются в стратиграфических горизонтах C_3^b и C_3^d в виде мощных пластообразных залежей (C_3^d) среди известняков. Последний горизонт называется горизонтом сахаровидных доломитов. В северо-западной части Самарской Луки C_3^b имеет мощность 41 м, а C_3^d — 40 м. Доломиты здесь не отвечают всей мощности горизонтов.

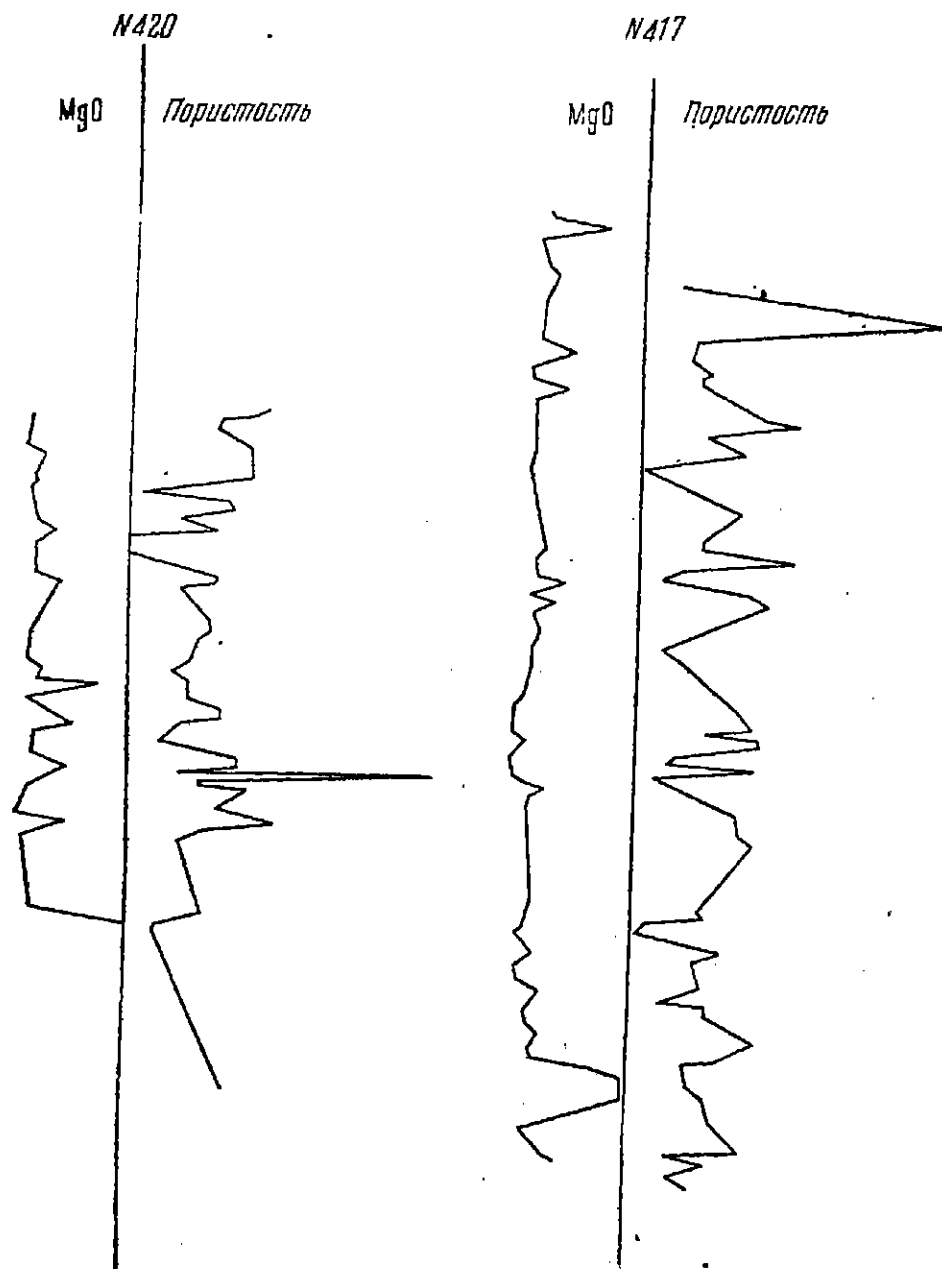
В центральной части Самарской Луки, по данным Н. И. Соколова, доломиты встречаются в виде пластов, перемежающихся с известняками в следующих цифрах:

C_3^{abIII}	C_3^{abV}	C_3^{abVI}	C_3^c	C_3^d
13 м	ок. 3 м	3 м	8 м	24 м

Для карьера Ширяево, по данным Б. В. Залесского, имеются следующие мощности чисто доломитовых залежей:

скв. № 2	5 м	4 м	21 м	
» № 7	4 »	3 »	6 м	2 м

Из сопоставления только этих двух скважин видно, что доломитизация распределена неравномерно и что в скважине № 2 последняя значительно мощнее. Зоне в 21 м в основании этой скважины отвечают в скв. № 7 литологические горизонты с колеблющимся содержанием магния при мощности чистых доломитов всего в 8 м (6+2).



Фиг. 13. Колебания в содержании MgO и процента пористости в доломитах, пройденных скважинами на площадке строительства Куйбышевского гидроузла.

Породы Самарской Луки залегают почти горизонтально, поэтому существует ряд карьеров, разрабатываемых открытым способом. Так как при повышении уровня Волги, в связи со строительством Куйбышевской плотины, некоторая часть карьеров будет залита, а также в виду все увеличивающегося спроса на доломит как на строительный камень и инертную добавку для бетона, вопрос о доломитовом сырье становится довольно острым в районе Самарской Луки. Придется перейти не только на подземные камерные способы добычи, но и вести поиски и разведки на новых площадях. Последнее делается сейчас разными организациями для разных целей. Из наиболее крупных и наиболее благоприятных карьеров карбонатных пород можно упомянуть Царев Курган на левом берегу Волги, Ширяево,

Козьи Рожки и Моркваши — на правом, где камень ломается для строительных целей и для обжига на известь. В отношении доломита Царев Курган неблагоприятен, Ширяево же может служить образцом месторождений доломитов верхнего карбона.

Ширяевское месторождение доломита в последнее время изучалось с точки зрения сырья для инертной добавки в бетон гидротехнических сооружений. По предварительным поисковым данным, подземными работами здесь можно выпустить около 1 млн. м³ сырья. Химический состав доломитов колеблется не очень сильно; нередко они образуют однородные участки по количеству содержания магния. Зато сильно меняются физические свойства камня и, в первую очередь, как один из показателей этих свойств — пористость и структура. Пористость, как явление вторичное, не имеет отчетливо закономерного распределения. Пористые участки распределяются очень прихотливо, хотя некоторые малопористые маломощные пласты сохраняются на значительное расстояние. Как иллюстрацию пористости и магнезиальности участка верхнего карбона можно привести детально изученные две скважины № 417 и 420 на площадке строительства Гидроузла, где видно колебание процента содержания магния и процента пористости на одних стратиграфических горизонтах (фиг. 13). При довольно однородном содержании окиси магния в скв. № 117 процент пористости подвержен сильным колебаниям, что влечет за собой изменение и других физических свойств.

Пористость доломитов, по данным Б. В. Залесского, варьирует от 3.55 до 11.80%. Для химического состава обычно малое или ничтожное содержание нерастворимого остатка. Количество минерала доломита и свободного кальцита колеблется в Ширяевском карьере, по данным Б. В. Залесского, следующим образом (в %):

№ обр.	340	341	342	343	344	345
Доломит	90.52	60.18	81.06	70.0	81.5	76.3
Кальцит	9.48	39.82	18.94	30.0	18.0	23.7

Физико-механические свойства для тех же образцов характеризуются данными табл. 17.

ТАБЛИЦА 17

Физико-механические свойства ширяевских доломитов

№ обр.	Удельный вес	Объемный вес	Пористость	Водонасыщение свободное		Врем. сопротивл. сжатию, в кг/см ² сухих образцов	Коэффициент насыщения
				в вес. %	в объемн. %		
340	2.831	2.73	3.55	0.78	2.13	1994	0.78
341	2.838	2.63	5.95	1.68	2.87	1375	0.85
342	2.852	2.52	11.80	0.63	1.59	809	0.11
343	2.822	2.68	5.70	0.80	2.14	2035	0.42
344	2.822	2.57	9.60	0.67	1.72	804	0.30
345	2.839	2.62	6.32	1.31	3.43	1753	0.48

На основании всех этих, еще не законченных, исследований Институтом геологических наук Академии Наук выделены две категории доломитов: 1 — разновидности, применение которых в долговечном гидротехническом сооружении принципиально возможно (обр. № 340, 343 и 344) и 2 — разновидности, возможность применения которых пока не могла быть выяснена и должна быть дополнительно изучена (обр. № 341, 342 и 345).

Дальнейшие поиски доломитов ведутся в более высоком горизонте C_3^d западнее Ширяево. Доломиты этого горизонта (так называемые сахаровидные доломиты), отличаясь несколько более однородным химическим составом, имеют более рыхлую структуру с меньшим сопротивлением сжатию.

Поступило 25. I. 1940 г.

В. П. Маслов.

Орловская и Тульская обл.

На территории Орловской и Тульской обл. известны многочисленные месторождения доломитов и доломитизированных известняков, подчиненные верхнедевонским отложениям. Доломиты эти почти не подвергались специальному изучению, и мы знаем о них, главным образом, по геологическим исследованиям регионального порядка.

Орловская обл. В пределах этой области доломиты и доломитизированные известняки приурочены в основном к данково-лебедянской свите (лебедянская, мценская, киселево-никольская, тургеневская, кудеярская, озерская и хованская толщи верхнего девона) и территориально распространены, главным образом, в восточной части области. Особенно выделяются по наличию большого количества доломитов мценская и кудеярская толщи, сложенные преимущественно доломитами; тургеневская толща складывается доломитизированными известняками с прослоями известняков.

Доломитовая мценская толща, по данным Б. М. Даньшина (1936), развита здесь, главным образом, по рр. Оне, Зуше и др.; химический состав доломитов мценского горизонта может быть иллюстрирован следующими анализами (г. Орел, Подострожный овраг; по Б. М. Даньшину, 1936) (в %):

	SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO
Нижний слой мценской толщи	6.5	3.8	28.2	18.5
Средний » » »	7.23	5.65	25.85	18.93
Верхний » » »	2.61	1.94	29.61	20.39

Выходы мценской толщи, заслуживающие внимания, имеются, по наблюдениям Е. А. Ивановой (1936), также и в окрестностях г. Мценска, у Новосиля; доломиты и доломитизированные известняки имеют здесь мощность около 6—9 м, причем состав пород меняется как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях.

Доломиты Орловской обл. используются в настоящее время, главным образом, как бутовый камень. В качественном отношении они изучены очень мало; производившиеся разведки на доломит носили предварительный характер, поэтому месторождений с выявленными и охарактеризованными запасами здесь в настоящий момент не имеется.

Тульская обл. Многочисленные месторождения доломитовых пород верхнедевонского возраста (данково-лебедянская свита) известны на юге, в районе городов: Ефремова, Одоева, Велева, Плавска, ст. Волово и др. Эти месторождения часто разрабатываются разными местными кустарными предприятиями как бутовый камень и как камень для дорожного строительства. Доломитовая природа некоторых карбонатных пород данково-лебедянской свиты была доказана их термическими анализами (Пустовалов, Виноградова и Покровская, 1931).

Поступило 15. XI. 1939 г.

М. С. Шидловский

Украинская ССР

Главнейшие промышленные месторождения доломитов, известные в пределах Украинской ССР, подчинены отложениям нижнего карбона и нижнепермским; отличительной парагенетической особенностью последних является то обстоятельство, что они тесно связаны с сульфатом кальция, об-

разуя так называемую гипсово-доломитовую зону. В этом отношении они очень близко стоят к пермским доломитовым месторождениям Приуралья. Надо думать, что как украинские, так и приуральские пермские доломиты образовались при сходных физико-химических условиях, а именно — по реакции Гайдингера, т. е. при участии вод, насыщенных сульфатами кальция и магния. Доломиты каменноугольного возраста, известные как в пределах Украины, так и в других пунктах Европейской части СССР, напротив, как правило, не ассоциируют с сульфатом кальция, что указывает на их образование по схеме Мариньяна, т. е. при участии бессульфатных вод II класса.

Это позволяет думать, что сильно метаморфизированные бессульфатные природные рассолы, заполнявшие каменноугольные моря или их участки, к началу пермской эохи были в значительной мере обновлены («омоложены») и заменены сульфатными рассолами I класса; очевидно это следует поставить в связь с изменением солевого состава ископаемых морей под влиянием герцинского горообразования.

Так или иначе, палеогидрохимические особенности карбоновых и пермских морей с исключительной ясностью отразились на характере пород, сопутствующих доломитам того и другого возраста; это в свою очередь обусловило существенно разную качественную характеристику и, следовательно, разную промышленную оценку тех и других доломитов, а также предопределило дальнейшие пути их практического использования.

Следует попутно отметить, что бессульфатность каменноугольных доломитов и тесная связь с сульфатами пермских доломитов является характерной чертой не только украинских доломитов, но ясно прослеживается для соответствующих осадочных образований всей Европейской части Союза (в частности, эта закономерность особенно четко выступает при сравнении средне- и верхнекаменноугольных бессульфатных доломитов Подмосквового бассейна, которые были уже описаны выше, с пермскими доломитово-гипсовыми отложениями Приуралья).

Поступило 5 . XI . 1939 г.

Л. В. Пустовалов

Очень крупные и, в связи с давнишней эксплуатацией, частично изученные месторождения доломитов связаны с грандиозной толщей каменноугольных отложений Донецкого бассейна, в частности — с низами мощной (до 250 м) известняковой свиты самого нижнего карбона и отчасти верхов девона. Концентрация магния ясно приурочивается к определенным стратиграфическим горизонтам (C_1^1 и C_1^2); площадь распространения доломитизированных пластов, повидимому, очень велика: выходы их прослеживаются в широтном направлении на 40—45 км.

Лучше других исследованы нижнекарбоновые доломиты Новотроицко-Еленовского месторождения, лежащего в Ольгинском районе Сталинской обл., в 15 км от ст. Еленовка и в 9 км от ст. Велико-Анадоль Южно-Донецкой ж. д. Разведочные работы Укр. ГРТ, производившиеся здесь в 1933—1935 гг. и захватившие площадь в 44 га в западной части с. Новотроицкого, установили наличие под наносами различной мощности (в среднем 7.4 м, в карстовых воронках — до 22 м) 7—9 пластов доломитов, принадлежащих к отложениям горизонта C_1^1 . Мощность отдельных пластов весьма различна. Мощность всей пачки — около 36 м. Наиболее интенсивная концентрация магния тяготеет к середине пачки, убывая кверху и книзу. Анализ проб из 2-метровых зон привел к представлению о значительной мощности (18—31 м) пачки кондиционных доломитов.

Новотроицкие доломиты представляют собой плотные, мелкозернистые, темносерые и желто-серые породы, часто с мелкими пустотами, иногда выполненными окислами железа или мелкими кристаллами доломита и каль-

цита. По данным Механобра, в структурном отношении новотроицкий доломит очень однообразен. В большинстве случаев образцы слабо пористы и имеют довольно равномерное мелкозернистое строение с зернами карбонатов от едва заметных до 1 мм в поперечнике; изредка встречаются участки с выделениями более крупных зерен размером 0.5×2 мм. Микроскопические исследования Механобра (Петров, 1937) установили в составе породы доломит, кальцит, кварц и гидроокиси железа. Преобладающее место принадлежит агрегатам доломитовых зерен с диаметром от 0.02 до 0.93 мм, чаще всего 0.12—0.3 мм. Кварц очень редок и распределен в породе спорадически в виде мелких обособленных частиц от 0.07 до 0.18 мм или небольших агрегатов. Гидроокиси железа в виде пятен и пленок в зернах карбонатов (в трещинах и интерстициях) рассеяны в породе весьма неравномерно, и количество их невелико.

Характеризуя месторождение по степени разрушенности породы (что имеет большое значение с точки зрения выхода некондиционной мелочи), Н. С. Петров устанавливает в нем три типа залежей. К первому типу относятся сильно разрушенные участки, где доломит находится в виде щебня и доломитового песка. Второй тип характеризуется наличием значительной трещиноватости, как продольной, так и поперечной; этот тип при разработке дает до 35.7% мелочи. Третий тип представлен так называемым ноздреватым доломитом, подвергшимся меньшему раздроблению, чем предыдущие. Распределение этих типов пород в месторождении в общем не обнаруживает правильной закономерности, и мало разрушенный «ноздреватый» тип встречается иногда в непосредственном соседстве с трещиноватым; однако, он определенно тяготеет к низам залежей.

Химический состав новотроицких доломитов характеризуется анализами Укр. ГРТ, ВИМС и Механобр, приведенными в табл. 18.

ТАБЛИЦА 18

Химический состав новотроицких доломитов (в %)

Компоненты	Разведочные данные Укр. ГРТ			Пластов. опробов. карьера № 2, ВИМС	Опробо- вание Механ- обра
	миним.	максим.	среднее		
SiO ₂	0.17	4.78	0.91	1.10	1.78
TiO ₂	—	—	—	—	0.01
Al ₂ O ₃	0.10	4.29	0.35	0.52	1.06
Fe ₂ O ₃	0.12	3.17	0.96	0.52	1.14
CaO	28.87	34.84	30.99	30.32	29.50
MgO	16.00	21.57	19.91	20.30	20.70
Mn ₂ O ₄	—	—	—	—	0.04
SO ₃	следы	0.78	0.13	0.05	0.04
P ₂ O ₅	следы	0.39	0.09	0.003	0.003
H ₂ O+	—	—	—	—	0.12
Пот. при прок.	43.60	47.98	46.31	46.47	45.30
Сумма	—	—	99.65	99.31	99.69

Приведенные цифры дают ВИМС основание отнести новотроицкие доломиты к типу известковых (отношение свободной CaO к сумме кремнезема и полуторных окислов равно в среднем 1.2). Содержание в породе двойной соли (CaCO₃·MgCO₃) — в среднем 90.9%, карбонатный показатель (CaO : MgO) — в среднем 1.55.

Количество кремнезема и плавней ($\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3$) очень невелико (в среднем 2.74%)¹, значительно ниже нормы, характеризующей хорошо спекающиеся доломиты. Вместе с избытком извести этим обстоятельством объясняется сравнительная трудность обжига повотроицких доломитов и выделение при обжиге свободной извести в виде рассышающегося порошка.

Запас Новотроицкого месторождения, по разведкам 1933—1935 гг., до глубины 60 м был определен в 11.5 млн. т. Эта цифра требует уточнения: она выведена из объема пород с пониженным против кондиционного средним содержанием (от 16%).

В виду значительной местами мощности папосов, подземная разработка месторождения, по мнению И. В. Шманенкова, В. Г. Орловского и К. Х. Тагирова (1939), является, быть может, более выгодной, чем ведущиеся в настоящее время открытые работы.

Подметив чрезвычайно характерную концентрацию MgO в отдельных продуктах фракционирования породы и имея в виду наиболее полное использование месторождения, Механобр провел специальное химическое исследование различных фракций доломитовой мелочи, подвергнутой предварительному грохочению. Результаты приведены в табл. 19.

ТАБЛИЦА 19
Химический состав мелочи Новотроицкого месторождения
(в %)

Компоненты	Фракции, в мм			Исходный продукт (мелочь)
	12—28	5—12	< 5	
SiO_2	0.94	1.93	5.16	2.12
Al_2O_3	0.75	1.20	4.36	1.78
Fe_2O_3	0.35	0.77	1.11	0.65
Mn_2O_4	0.07	0.07	0.11	0.08
CaO	29.50	29.20	26.30	28.59
MgO	21.15	20.75	15.69	19.65
Выход от руды . .	24.70	14.20	13.30	52.20
Выход от данной фракции	47.60	27.10	25.30	100.00

Из этих цифр Механобр делает вывод, что путем предварительной классификации по крупности можно получить мелкий доломит, не отличающийся по химическому составу от кускового доломита. Это чрезвычайно важно для оценки Новотроицкого месторождения, так как при использовании доломитовой мелочи отвалы, затрудняющие выработки и удорожающие продукцию, могут быть сведены к минимуму и даже совершенно изъяты из баланса карьероуправления. В частности, образующаяся при классификации мелочь (<25 мм) представляет собою высококачественный доломит, который при соответствующей системе обжига также может получить широкое применение в различных отраслях промышленности.

В непосредственной близости к описанному месторождению, на восточной окраине с. Новотроицкого по балке Мокрой Мандрыкиной находится другой, еще более крупный выход доломитов и доломитовых известняков. Здесь выступает точно та же свита нижнекарбоновых отложений со всеми особенностями, характеризующими предыдущее месторождение. Общая мощность свиты, по разведкам ВИМС, 45 м; возможно, что разведочными скважинами была захвачена часть более древних слоев C_1^2 .

¹ Данные ВИМС.

Семь пластов, опробованных ВИМС, обнаружили следующий состав (табл. 20).

ТАБЛИЦА 20

Химический состав мандрыкинских доломитов
(в %)

Компоненты	От	До	Среднее
SiO ₂	0.31	0.67	0.40
Al ₂ O ₃	—	—	0.00
Fe ₂ O ₃	0.27	0.99	0.39
MnO	—	—	0.02
CaO	32.08	36.22	33.78
MgO	16.61	20.18	19.42
Щелочи	—	—	0.04
SO ₃	—	—	0.05
P ₂ O ₅	—	—	0.003
Пот. при прок.	—	—	46.29
Сумма	—	—	100.09

Выведенные из этих цифр характеристики (карбонатный показатель 1.7, количество плавней 0.51, отношение CaO к сумме кремнезема и полуторных окислов равно 12.4) свидетельствуют, что доломиты Мокрой Мандрыкиной являются еще более известковистыми и бедными плавнями, чем в предыдущем месторождении. Они должны спенаться при очень высоких температурах.

Разработка этого месторождения в настоящее время ведется в маленьком карьере, причем порода употребляется не в качестве огнеупора, а как флюс в доменной плавке (вместе с известняком). Однако, она может быть использована и как сырье для огнеупорных изделий, о чем будет сказано ниже. Запас мандрыкинских доломитов (на площади в 2.5 км²) ориентировочно подсчитан в количестве 22.5 млн. т.

Породы описанного геологического горизонта залегают, повидимому, на огромной площади; но это обширное месторождение в значительной части скрыто мощными наносами и сильно деформировано характерными для Донецкой впадины тектоническими нарушениями сбросо-сдвигового характера. Выходы доломитов имеются на участке Базалева Скала, а также к востоку от Новотроицкого района — по балке Гадючьей, около с. Столы и др. Эти выходы совершенно не изучены; часть их находится в трудных транспортных условиях.

К иному геологическому и химическому типу относятся доломиты, залегающие сериями (пачками) нетолстых пластов в окрестностях пос. *Никитовки* (Горловский горсовет) среди нижнепермских гипсоносных отложений Славянско-Бахмутской мульды. Общая мощность гипсо-доломитовой зоны около 800 м; площадь ее распространения очень велика; количество доломитовых пачек, разделенных промежутками от 12 до 60 м, доходит до 16; но как мощность, так и литологический их состав отличаются крайним непостоянством; большинство составляющих данную пачку тонких пластов, по свидетельству В. Г. Орловского, не поддается прослеживанию даже на небольшое расстояние, что делает невозможным сопоставление их по различным разрезам. Пачки пластов обозначаются снизу вверх буквами латинского алфавита. Они обследованы на нескольких участках с 1931 по 1936 гг. Укр. ГРТ.

Наиболее детально разведаны следующие участки около Нинитовки: 1) Кодемо II и Михайловская Гольма; 2) Большая, Малая и Шевченкова Гольмы и 3) Кодемо I.

В 1931 г. А. Г. Щербакова разведала здесь площадь в 480 га от Кодемо II до Михайловской Гольмы, сосредоточив внимание, главным образом, на пласте «h», прослеживаемом на 3.5 км и отличающемся кондиционными качествами и сравнительной мощностью: 0.25—2.15 м — на Кодемо II, 1.15—2.4 м — на Михайловской Гольме, 0.25—1.5 м — в промежутках между названными пунктами. Общий запас ярко-желтых и белых доломитов этого пласта, подсчитанный на площади в 342.14 га, превышает 6 млн. т.

С химической стороны породы характеризуются следующими данными, выведенными из 212 анализов (табл. 21).

ТАБЛИЦА 21

Химический состав доломитов Кодемо II и Михайловской Гольмы (в %)

Компоненты	Кодемо II и Михайловская Гольма			Участок между ними		
	от	до	среднее	от	до	среднее
SiO ₂	0.72	2.44	1.50	0.60	4.87	2.32
Сумма плавней	1.40	4.27	2.68	0.85	6.74	3.63
MgO	19.02	20.63	19.92	16.8	20.40	19.08

Таким образом, эти доломиты, сравнительно с известковистыми новотроицкими, должны быть отнесены к легко спекающемуся песчанисто-глинистому типу с большим количеством кремнезема и полуторных окислов.

Пласт «g», непосредственно подстилающий предыдущий, сложен твердым песчанистым доломитом, добываемым в одной каменоломне для строительных целей.

На участке Большой, Малой и Шевченковой Гольм промышленное значение получили детально разведанные Укр. ГРТ в 1931—1932 и в последние годы самые нижние пачки доломитовых пластов — «а» и в меньшей степени «б». Прослеженная на 3 км по простиранию и на 300 м по падению пачка «а» сложена 7—9 меняющейся толщины пластами общей мощностью в 8 м. Как и в Новотроицком месторождении, здесь также максимальная концентрация магния приурочена к средней части пачки, так что промышленная ее мощность колеблется в пределах 0.63—4.47 м; здесь залегают частью (на глубине) белые, частью желтовато-серые плотные доломиты с редкими мелкими пустотами, выполненными окислами железа, кальцитом, кварцем. Порода, однако, не является петрографически выдержанной: на ряду с плотными встречаются также кристаллически зернистые и оолитовые разности. В потолке и почве пачки преобладают песчанистые разности.

Качественная характеристика этого участка, по разведкам Укр. ГРТ 1931—1933 гг., не отличается определенностью. Из 12 буровых скважин только в четырех состав всей доломитовой пачки оказался кондиционным; в двух скважинах кондиционным требованиям отвечали 75% породы; в остальных шести скважинах доброкачественный доломит был встречен лишь в виде тонких пропластков среди низкопробных доломитов.

Состав кондиционных доломитов характеризуется данными табл. 22.

ТАБЛИЦА 22

Химический состав доломитов Большой,
Малой и Шевченко Гольм (в %)

Компоненты ¹	От	До	Среднее
SiO ₂	3.69	6.35	4.33
R ₂ O ₃	2.31	3.32	2.55
CaO	28.60	29.65	29.2%
MgO	17.22	19.36	19.22
SO ₃	—	4.29	—
P ₂ O ₅	не определялось		
Пот. при прок.	44.35	44.88	44.70
Сумма	—	—	100.05

¹ По данным ВИМС, кондиционные доломиты содержат: MnO 0.3% и щелочей 0.15%.

Как видно из приведенных цифр, эти доломиты являются еще более кремнеземистыми, чем породы предыдущего участка. Запас доломитов в пачке «а» определен в 14.5 млн. т. Условия разработки здесь менее выгодны, так как по характеру залегания пласта, при непостоянстве мощности и состава, здесь возможна лишь подземная выборочная добыча.

Лежащая на 60 м выше «а» пачка «b» обнажена только на Шевченко Гольме, в западной части месторождения, и прослежена на 1.8 км по простиранию и на 170 м по падению. Этот пласт, при сравнительной выдержанности, дает небольшую рабочую мощность (0.57—1.25 м). Запас кондиционных доломитов здесь около 3 млн. т.

Значительно меньший выход буроватых и серо-желтых песчанисто-железистых доломитов имеется в 7 км от Малой Гольмы у пос. К о д е м о I. Стратиграфически они относятся к пачке «с», состоящей из 6 тонких, непостоянных по мощности и составу пластов. В виду близости пачки к поверхности, порода сильно разрушена и обогащена окислами железа. Среднее содержание в ней MgO, по опробованию ВИМС (1936 г.), равно 17.87%; количество плавней вдвое больше чем в пачке «а». Запас доломитов определяется в 1—1.2 млн. т.

Крупное месторождение доломитов никитовского типа находится у с. *Дальней Серебрянки*, в 6—7 км от Ямского завода у слияния рр. Бахмутки с Сев. Донцом (Лиманский район). Работы Укр. ГРТ 1934 г. встретили здесь несколько пачек, принадлежащих к нижней части гипсо-доломитовой толщи; наиболее мощными и выдержанными из них являются пачки «а» и «b». Мощность первой, прослеженной на 2 км, по данным П. И. Брянского (1934), лежит в пределах от 0.70 м (у хутора Песчаники) до 8 м (у Малой и Большой Гольм); мощность пачки «b» — от 0.7 м у Дальней Серебрянки до 1.8—2.5 м у Дудниковой Гольмы; пачка «с» значительно тоньше (0.40—1.63 м). Остальные пласты еще менее мощны, часто выклиниваются, переслаиваясь со сланцеватыми глинами и тонкими прослоями гипса и кальцита.

Суммарная химическая характеристика доломитов из пачки «а», произведенная на основе работ Укр. ГРТ 1934 г., а также пластового опробования ВИМС 1936 г., выражается цифрами табл. 23 (I), заимствованной из книги И. В. Шманенкова, В. Г. Орловского и К. Х. Тагирова (1939); с ними сопоставлены (столбцы II и III) данные А. Н. Гейслера (1929).

Эти цифры характеризуют дальносеребрянские доломиты как кремнеземистые и легкоплавкие. Общая характеристика месторождения вообще

ТАБЛИЦА 23

Химический состав дальносеребрянских доломитов (в %)

Компоненты	Пласт. опробова- ние ВИМС	Ст. Яма	Дальняя Серебрянка
	I	II	III
SiO ₂	3.36	2.15	1.53
Al ₂ O ₃	1.26	1.13	0.78
Fe ₂ O ₃	0.51	0.70	0.30
CaO	29.66	30.64	30.82
MgO	19.84	20.22	19.68
MnO	0.86	—	—
Щелочи	0.09	—	—
SO ₃	0.12	—	—
P ₂ O ₅	0.01	—	—
Пот. при прок. . . .	44.89	45.91	46.30
Сумма	100.60	100.75	99.41

благоприятна: во всех точках пересечения пачки «а» доломиты в среднем оказались кондиционными, но требующими выборочных методов добычи. Запас месторождения значителен: для пласта «а» — свыше 11 млн. т, из которых 5 млн. т залегает выше уровня, а 6 млн. т — ниже уровня Сев. Донца.

В заключение описания донецких доломитовых месторождений необходимо указать, что если известковистые новотроицкие доломиты являются трудноплавким металлургическим сырьем, то они легко могут быть вовлечены в более широкий хозяйственный обиход с помощью лежащих в непосредственной к ним близости легкоплавких доломитов никитовского типа. Как было указано В. Г. Орловским, еленовско-новотроицкие и никитовско-ямские доломиты как бы дополняют друг друга, и при смешении в надлежащей пропорции могут дать шихту с рассчитанной заранее степенью плавкости. Это обстоятельство открывает широкие перспективы по металлургическому использованию мощных нижнекарбонных месторождений доломитов в Донецком бассейне, до сих пор считавшихся «низкопробными» (Мокрая Мандрыкина и др.).

Урал

Доломиты (главным образом доломитизированные известняки) играют видную роль среди палеозойских отложений Урала, и выходы их многочисленны по обоим его склонам. Еще в 1929—1930 гг. из 79 месторождений карбонатных пород одного лишь девона, отмеченных в сводке агроизвестняковой партии Уральского ГРУ, 15 точек приходилось на долю доломитов. Но эти породы занимают значительное место также в отложениях силура, карбона, нижней перми. Из 58 месторождений карбонатных пород каменноугольного возраста, упоминаемых в том же обзоре, 11 относятся к доломитовым породам. К сожалению, степень изученности уральских доломитовых месторождений со стороны их запасов, залегания, состава и качества совершенно ничтожна, несмотря на то, что многие из них с давних пор вовлечены в хозяйственное использование. Поэтому и нижеследующий обзор месторождений касается лишь немногих, более или менее обследованных месторождений.

Молотовская обл. Скудные сведения имеются о выходах палеозойских доломитов в б. Вишерском железорудном районе. Среди развитых по Вишере выше дер. Усть-Улс и описанных П. И. Кротовым (1888) девонских доломитов наблюдаются: 1) белые среднезернистые, сахаровидные и 2) темно-

серые и черные, битуминозные, обычно пещеристые, с пустотами, заполненными кристаллами белого доломита, кальцита, иногда кварца. В разрезах рр. Колвы, Березовой, Иньи, в особенности Вишеры, П. И. Кротов отмечал также сильное развитие доломитов нижнего карбона. Исследования О. Нейман-Пермяковой и В. Пермякова (1930) подтвердили широкую распространенность белых, толстослоистых, сахаровидных, мелко- или крупнозернистых, а также плотных серовато-белых доломитов. Около дер. Усть-Шугар (к востоку от Чердыни), где эти породы образуют ряд высоких (до 30 м) «чурков» (гряд) выше и ниже дер. Колчим, обнажения доломитов тянутся на несколько километров сплошной стеной свыше 25 м высоты.

Доломиты в этом районе некогда интенсивно разрабатывались на флюс Кутимским и Велсовским заводами, а в 1923/24 г. ломались для Березняковского содового завода.

Исключительно мощное, но также не разведанное месторождение доломитов лежит на правом берегу *Пашийского пруда* близ одноименного металлургического завода. Меридионально тянущаяся полоса верхнедевонских доломитизированных мелкозернистых, частью мраморовидных известняков прослеживается более чем на 50 км.

Химический состав пашийских доломитов характеризуется следующим анализом термической лаборатории ВИМС (в %):

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	H ₂ O+	Пот. при прок.	Сумма
0.30	0.14	0.18	30.44	21.26	0.04	0.003	0.13	47.54	100.03

Доломит принадлежит к известковистому типу, однако ВИМС дает благоприятный отзыв об его плавкости.

Очень крупные запасы доломитов заключаются в известном под названием *«Белый камень»* месторождении известняков и доломитов, лежащем в 4 км от Чусовского завода. Широкая (до 300 м) полоса карбонатных пород тянется в северо-западном направлении; пласты доломитов, мощностью в 60—80 м, лежат между пластами известняка. Границы простираения их не установлены. Кроме того, в толще известняков нередко встречаются как мелкие прожилки и гнезда, так и крупные линзы доломитов до 400 м длины и 50 м мощности. Всюду доломитовые породы макроскопически резко отличаются от известняков.

Значительная их часть, по данным А. Ступникова и А. Умова (1939), обладает вполне кондиционным химическим составом, что видно из следующих цифр (в %):

	SiO ₂	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	Пот. при прок.
Число проб	193	31	31	80	19	24	8
	0.74	0.45	32.70	20.80	0.06	0.015	45.08

Условия разработки, по свидетельству названных авторов, вполне благоприятны. Общий запас доломитовых пород очень велик (до 16 млн. т). Месторождение заслуживает тщательной разведки.

В материалах сектора фондов ГГРУ (1930 г.) упоминается месторождение доломитов близ *Бисерского завода*; П. М. Идкин (1934) отмечает в том же районе залежи доломита близ ст. *Теплая Гора* ж. д. им. Л. М. Кагановича. Подробных сведений об этих месторождениях нет.

Необычайным распространением пользуются доломиты в *Кунгурском районе*, где из 135 выходов карбонатных пород, обследованных П. М. Идкиным (1934), 43 принадлежат чистым доломитам и 8 доломитизированным известнякам. Доломиты принадлежат к верхнему (соликамскому) и среднему (иреньскому) горизонтам знаменитого кунгурского галогено-карбонатного яруса. Верхний горизонт отличается тонкоплитчатым характером отложений, среди которых, по данным М. М. Толстихиной (1937), пачка тонкослоистых плитняковых доломитов обладает мощностью в 15—20 м.

Выходы этих пород имеются в районах Кунгурском (Филипповское, Любимово), Ординском (Починки), Уинском (Судинское, Михино, Мокрые Луга).

П. М. Идкин (1934) приводит следующие, к сожалению, неполные, данные об их химическом составе и запасах (табл. 24).

ТАБЛИЦА 24

Химический состав (в %) и запасы (в млн. т) кунгурских доломитов

Компоненты	Филипповское	Любимово	Починки	Судинское	Михино	Мокрые Луга
SiO ₂	0.88	0.40	1.11	2.80	0.46	1.75
R ₂ O ₃	?	?	?	0.97	0.16	?
CaO	31.18	30.94	32.88	31.44	31.73	30.20
MgO	21.13	20.11	18.92	18.74	21.11	19.91
Запасы	более 1.0	более 1.0	0.5	0.1	0.64	2.40

Технологическая характеристика для большинства этих месторождений отсутствует. Часть их (Филипповское, Михино, Мокрые Луга) эксплуатируется как источник облицовочного плитного камня. По сведениям П. М. Идкина, филипповский тонкоплитчатый доломит характеризуется следующими показателями: удельный вес сухого — 1.94, насыщенного — 2.01; временное сопротивление сжатию в сухом виде — 190 кг/см², в насыщенном — 177 кг/см²; процент насыщения (влагоемкость) — 6.4.

Свердловская обл. О широко эксплуатировавшихся доломитовых залежах северных частей области известно очень мало. Такие залежи имеются в Верхотурском районе. Крупные месторождения доломитов связаны с сильно дислоцированными древнейшими осадочными свитами Среднего Урала; обычно они нацело перекристаллизованы, тонкослоисты, мелко- или среднезернисты. Наиболее значительные месторождения этих нижнепалеозойских доломитов находятся в Висимском районе, у *Висимо-Шайтанского завода*, также к юго-западу от ст. *Кедровка* ж. д. им. Л. М. Кагановича; содержание магнезии в доломитах этих месторождений, по данным П. М. Идкина (1934), 19.1—21.1%, кремнезема 0.1—0.22%.

Значительное месторождение доломитов, с ежегодной кустарной добычей в 7000 т, известно у *Алапаевского металлургического завода*. Случайная проба, по данным сотрудников ВИМС, показала содержание: SiO₂ — 3.0%; R₂O₃ — 0.8; MgO — 21.7%.

В 60 км от Свердловска полотно ж. д. им. Л. М. Кагановича пересекает у ст. *Бойцы* толщу верхнесилурийских немых темносерых и черных доломитов, обнаженных новой выемкой. Тут расположены большие их разработки. Дальше, по направлению к ст. *Билимбай* выходы этих пород можно, по свидетельству Е. А. Кузнецова (1937), наблюдать в многочисленных искусственных обнажениях и каменоломнях. В 4.5 км от ст. *Билимбай* находятся крупные доломитовые карьеры Востокстали, кратко описанные В. Г. Орловским (1939). Мощная залежь доломитизированных известняков, выступающих на площади 3—4 км², сильно сжата складчато-сбросовыми дислокациями и в верхней зоне подверглась сильному выветриванию. Темносерые до черных породы, пронизанные тонкими жилками кальцита, издают в свежем изломе сероводородный запах. Доломитизация их неравномерна.

Химически билимбаевские доломиты характеризуются следующими анализами Лысьвенского завода (1934 г.) и термической лаборатории ВИМС (табл. 25).

ТАБЛИЦА 25

Химический состав билимбаевских доломитов (в %)

Компоненты	Лаборатория Лысь- венского завода	Термич. лабо- ратория ВИМС
SiO ₂	0.22—1.55	0.23
Al ₂ O ₃	до 0.51	0.07
Fe ₂ O ₃	» 0.15	0.15
CaO	31.22—31.37	31.60
MgO	19.54—22.18	20.56
SO ₃	до 0.12	0.02
P ₂ O ₅	—	0.002
Пот. при прок.	46.06—46.53	46.76
Сумма	—	99.39

Доломит относится к сильно известковистому типу. Запасы месторождения не подсчитаны, но очень велики. До последнего времени около 15 заводов пользовались билимбаевским карьером Востокстали, выдающим около 30 тыс. т ежегодно. Месторождение нуждается в детальной разведке.

Челябинская обл. В этой области сосредоточены многочисленные, в том числе самые мощные и наилучше обследованные доломитовые месторождения Урала.

В северной части области можно отметить лишь неизученные месторождения Нижнего Уфалея и Нязепетровска. Громадные скопления доломитов лежат на западном склоне Южного Урала, входя в состав разнообразных кембрийских и протерозойских отложений Бакал-Сатка-Кусинского района. Наиболее грандиозными запасами доломитов отличается Саткинская магнезито-доломитовая группа — крупнейшая из четырех аналогичных групп этого знаменитого района (Саткинская, Бакальская, Катав-Ивановская, Велорецкая).

Саткинская группа включает 12 магнезитовых месторождений, залегающих в темносерых и черных верхнесаткинских доломитах. Саткинские доломиты, как отмечает М. И. Гарань (1934, 1937), представлены самыми разнообразными структурными и текстурными типами: слоистыми, мелко- и среднезернистыми, массивными, брекчиевидными; их пластовые залежи, падающие на юго-восток с меняющимся углом от 20 до 45° и более, собраны в районе г. Сатки в синклинальную складку, шириною в 2 км, вытянутую с юго-запада на северо-восток; здесь они прослежены с небольшими перерывами на расстоянии 8 км.

Состав их не отличается постоянством; среди них можно встретить и почти чисто доломитовые, и кремнистые, мергелистые, и известняковые разности.

Средний химический состав их по данным, приводимым в работе И. В. Шманенкова и др. (1939), представлен в табл. 26.

Карбонатный показатель саткинских доломитов 1.4; сумма плавней 4.72%;

ТАБЛИЦА 26

Химический состав саткинских доломитов (в %)

Компоиенты	От	До	Среднее
SiO ₂	0.73	—	2.95
Al ₂ O ₃	0.10	5.20	1.22
Fe ₂ O ₃	0.15	3.28	0.54
CaO	27.23	31.55	29.80
MgO	18.49	24.33	20.50
Пот. при прок.	40.53	47.10	45.08
Сумма	—	—	100.09

содержание доломитовой молекулы 93.6%. Доломиты относятся к типу кремнистых, тугоплавких и трудно спекающихся.

Запасы этих пород никогда не подсчитывались; однако, их обширность очевидна. До постройки Магнитогорского металлургического комбината они не являлись самостоятельным объектом добычи и шли в отвал при добыче залегающего в них магнезита. К настоящему времени эти отвалы превышают 10 млн. т. Магнитогорский гигант является естественным потребителем этого сырья, качества которого могут быть, по мнению специалистов, выправлены надлежащей шихтовкой перед обжигом. Добыча доломита идет в настоящее время на крупнейшем Карагайском магнезитовом карьере.

Из многочисленных, но менее значительных месторождений родственного типа, следует упомянуть в этом же районе: *Катав-Ивановское* месторождение доломитизированных известняков, лежащее в 4.5 км от завода того же имени, и *Бердяушское*, в 2 км от ст. Бердяуш Южно-Уральской ж. д. Для последнего месторождения характерно чередование пластов доломита и известняка, позволяющее вести их раздельную добычу. Как и остальные уральские месторождения, Бердяушское также не разведано, и запасы его не выяснены.

Химический состав доломита характеризуется В. Г. Орловским так (в %):

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	Пот. при прок.
1.2	1.4	0.3	31.1	21.0	0.02	0.08	45.4

П. М. Идкин и др. отмечают еще значительные месторождения доломитовых пород в *Златоустовском районе* (гора Медвежья, озеро Семибратское) и к западу от него — на границе с Башкирией (Ашинский и Миньярский заводы). В последнем месторождении, к востоку от *Миньярского завода*, доломиты, непосредственно налегающие на толщу мергелей, тянутся широкими полосами на запад и юг, перемежаясь с небольшими пачками песчано-глинистых сланцев и битуминозных известняков. Мощность доломитовой свиты достигает 200—400 м.

Самым южным из доломитовых месторождений Челябинской обл. является *Агаповское*, лежащее на восточном склоне Урала, в 12 км к юго-западу от горы Магнитной, на левом берегу р. Урала и соединенное ж.-д. веткой с Магнитогорским комбинатом. По данным В. Г. Орловского (1939), месторождение представляет собою сравнительно небольшой (около 300 м длины и 100 м ширины) участок доломитизированных известняков, залегающих среди известняковых отложений.

Состав доломитов разнообразен; проба их характеризуется следующим анализом ВИМС (в %):

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	H ₂ O	Пот. при прок.
0.07	0.076	0.044	37.57	15.71	0.02	0.007	0.18	46.98

Доломит принадлежит к типу высокоизвестковистых, ультраосновных. Запасы месторождения очень скромны (800 тыс. т), в виду чего выдвигается вопрос о замене Агаповского месторождения Саткинским.

Башкирская АССР. Как отмечено выше, в число сходственных мощных групп доломито-магнезитовых месторождений на западном склоне Южного Урала входит Белорецкая группа, лежащая на территории Башкирской АССР. Эта группа мало изучена; в составе ее известны магнезитовые и магнезито-доломитовые месторождения.

По данным Г. В. Вахрушева (1936), Белорецкий и Бурзянский районы в отношении доломитовых пород являются самыми богатыми в Башкирской АССР. Мощные скопления этих пород известны, кроме саткинской, среди ямантавской, зигазино-комаровской, инзерской и миньярской свит. С яман-

тавской свитой связаны следующие кратко описанные Г. В. Вахрушевым месторождения.

Кагинское и Узьянское месторождения мраморовидных среднезернистых желтовато-серых доломитов. Химический состав их характеризуется следующими цифрами (в %):

SiO ₂	P ₂ O ₅	CaO	MgO
0.2—3.5	2.0—4.0	28.0—33.0	18.0—30.0

В дореволюционное время эти породы разрабатывались местными чугунолитейными заводами на флюс и футеровочный материал.

Егорова Поляна и Егорова Шишка на р. Белой, в 2.5—3 км выше Белорецкого завода, первое — на правом, второе — на левом берегу. В обнажениях Егоровой Поляны выступают три пачки доломита, перемежающегося с магнезитом, а также с метаморфическими сланцами нижнего палеозоя (Гарань, 1934). Первая пачка, мощностью до 16 м, сложена белым мелкозернистым доломитом; во второй пачке, мощностью 6 м, светлосерый мелкозернистый доломит чередуется с магнезитом; в третьей пачке, мощностью в 8 м, залегает также серый мелкозернистый доломит с прослоями магнезита.

В 3 км выше Егоровой Поляны на правом берегу р. Белой, близ устья р. Катайки, лежит в виде небольшого холма *Катайское месторождение* серых и светлосерых мелкозернистых доломитов, также переслаивающихся со слюдяными сланцами и песчаниками. Белорецкий завод (с 1924 г.) ведет здесь открытую выломку доломита, используемого в качестве футеровочного материала. Однако, как показали исследования Башкирского научно-исследовательского института промышленности (1934—1935 гг.), катайский доломит представляет ценное сырье для фибролитового производства.

Средний химический состав катайских доломитов (в %):

SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO	Пот. при прок.
2.0	1.68	30.96	20.16	45.26

После 4-часового обжига (700—750°) доломит приобретает белый цвет; химический состав обеих проб очень близок и вполне отвечает требованиям стандарта.

Физико-химические свойства каустического доломита сведены в табл. 27.

ТАБЛИЦА 27

Физико-химические свойства катайского каустического доломита

Температура обжига, в °С	Объемный вес		Ост. на сите 900 отв/см ² , в %	Прошло через сито 4900 отв/см ² , в %	Схватывание		Разрыв ¹ 1:0			Разрыв ¹ 1:2		
	рыхлый	утрачен- ный			начало	конец	1	7	28	1	7	28
							суток			суток		
700	0.92	1.34	0.1	95	1 ч. 40 м.	3 ч. 15 м.	20.75	28.66	46.70	10.80	19.50	22.60
750	0.93	1.33	0.1	94	4 ч. 00 м.	6 ч. 10 м.	28.07	22.80	48.97	9.45	15.10	16.60

¹ Отношение объема доломита к опилкам, в кг/см².

¹ Отношение объема доломита к опилкам, в кг/см².

Как видно из этих цифр, тонкость помола превышает требования стандарта. Со стороны механических свойств обжиг при 700° дал лучшие результаты. Через 28 суток сопротивление разрыву обеих проб становится почти одинаковым, превосходя требования стандарта почти в 2.5 раза.

Более широкие исследования китайского доломита (обжиг в керамической печи, помол в шаровой мельнице, изготовление и испытание фибролита) привели Институт к следующим выводам: 1) китайский доломит по своему химическому составу является однородным и доброкачественным сырьем; 2) прочность изготовленного из него каустического доломита (при оптимальном обжиге в 800°) превосходит требования ОСТ; 3) каустик из китайского доломита вполне пригоден для изготовления фибролита, причем хлористый магний в качестве затворителя не может быть рекомендован.

В том же районе сводка Г. В. Вахрушева (1936) упоминает еще ряд доломитовых месторождений: *Шушпинское* на реке этого имени, в 1 км выше ее устья; *Старо-Доломитовое*, в 12 км к северо-востоку от Белорецка, на рч. Правый Отнурок, и *Ново-Доломитовое* по левому берегу р. Нуры, в 3 км к юго-востоку от предыдущего. В последнем месторождении толща темно- и светлосерых мелко- и крупнозернистых доломитов обладает мощностью до 40 м и частично разрабатывается Белорецким заводом. В бассейне р. Нуры имеются еще месторождения: *Теплый Ключ* в 1 км к востоку от р. Нуры; *Оболовское* доломито-магнезитовое месторождение на левом берегу Нуры, в 4 км к западу от Белорецка.

С химической стороны эти породы характеризуются следующими аналитическими данными, приведенными в табл. 28.

ТАБЛИЦА 28
Химический состав белорецких доломитов (в %)

Компоненты	Узян	Егорова Шипка	Старо- Доломи- товое	Ново-Доло- митовое	Теплый Ключ	Оболов- ское
SiO ₂	0.2—3.5	6.6	2.0	—	—	3.5
R ₂ O ₃	2.0—4.0	6.6	2.7	0.7—1.9	4.3	3.6
CaO	28.0—33.0	25.0	20.7	30.0—51.0	28.4	20.6
MgO	18.0—20.0	20.0	29.7	18.0—30.0	18.4	30.6
Пот. при прок. . .	—	43.2	45.8	45.0—46.0	45.6	44.7

Кроме перечисленных месторождений, приуроченных к ямантавской свите, в описываемом районе известно много залежей доломитовых пород, входящих в состав зигазино-комаровской, саткинской и миньярской свит. Обнажения их выступают по берегам многих рек и нередко отличаются значительной мощностью и легкой доступностью. Со стороны химического состава и технических свойств они совершенно не изучены: отдельные штучные пробы говорят о принадлежности их к типичным доломитам или сильно доломитизированным известнякам.

Чрезвычайно богаты доломитами, но также почти не затронуты исследованиями *Архангельский*, *Красноусольский* и *Макаровский* районы республики. Вряд ли найдется много областей, в геологической структуре которых доломиты играли бы более видную роль. Они принимают участие во всей свите осадков, начиная от миньярских отложений, через всю толщу карбона, до кунгурской и уфимской свит пермской системы. Особенного внимания, по свидетельству Г. В. Вахрушева, заслуживают белые и светлосерые мелкокристаллические доломиты, слагающие толщу в 80—100 м мощности в верхней части визейского яруса. Прекрасные обнажения этих пород выступают по рр. Лемеза, Инзер, Баса, Кургаш, Аскын, Зилим, Мендым, Усолка, Ревзяк, Сиказа, Зигап, Селеук и др.

Пробы, взятые в нескольких пунктах от их распространения, показали состав (в %):

SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO
0.2—1.5	0.1—3.0	28.32	19—23

Замечательная выдержанность доломитовых толщ в перечисленных пунктах по мощности и составу, их большей частью удобное для разработки и транспорта расположение и обширность запасов придают им значение ценной сырьевой базы для всей западной части Башкирской АССР.

Кроме низов карбона, доломитовые породы, правда, с меньшей мощностью и с менее устойчивым составом, распространены также и среди среднекаменноугольных отложений. Они обнажаются нередко в ближайшем соседстве с визейскими доломитами. В Усольском и Селеукском хребтах встречены также верхнекарбоновые доломиты с содержанием MgO от 13.2 до 20.0%. Наконец, на правом берегу р. Инзера между дер. Тимирбаевой и Асы выходят мощные (до 20 м) обнажения белых и светлосерых кремнистых, частью мергелистых доломитов, принадлежащих к кунгурскому ярусу. Эти породы нередко распространены в юго-западной части Макаровского района.

Отмеченные в Архангельском и Красноусольском районах белые сахаровидные визейские доломиты широко распространены также в *Мелеузовском и Юмагузинском районах* (по р. Тору, выше Верхотурского завода, по рр. Нугушу и Урюку выше с. Привольного, по р. Белой выше дер. Верхне-Биккузиной), а также в Велокатайском, Кигинском и Малоязовском районах (по правому и левому берегам р. Ай, по берегам рр. Бинды, Караманы, Сувок-Чипма, Ала-Елга, Шидалай, Сакмаклы, Шулема и др.).

В остальных районах республики доломитовые породы, встречающиеся в отложениях карбона и нижней перми, изучены совершенно недостаточно.

Кавказ

Кавказские доломиты обследованы в настоящее время далеко недостаточно. Отличительной чертой их является то обстоятельство, что значительная часть их подчинена породам юрского и мелового возраста, т. е. тем отложениям, которые в пределах Русской равнины практически вовсе лишены доломитов.

Кроме юрских и меловых доломитовых пород, в пределах Кавказа пользуются распространением доломиты третичного возраста.

Для Краснодарского края Управление Уполнаркомтяжпрома (1933 г.) кратко отмечает выходы доломитов в *Темрюкском районе* близ ст. Гостагаевской и пристани Варениковской (на р. Кубани), а также в *Ильской долине* в окрестностях станции того же названия, к югу от Краснодара.

В Карачаевской авт. обл. выходы плотных, частью пещеристых доломитовых пород среднесарматского возраста известны в 6 км к югу от станции *Усть-Джегутинской*.

Химический состав этих доломитов характеризуется следующими цифрами (в %):

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Пот. при прок.
8.20	1.25	1.44	28.56	18.24	0.49	41.35

Кроме того, разработка доломитов ведется у 77-го км в горе *Учкульке* и у 79-го км близ *Ловско-Кубанского аула*. Сведения о составе и качестве сырья крайне скудны. П. Н. Чирвинский дал микроскопическое описание образца, в котором видны чистые, прозрачные ромбоэдри доломита, погруженные в мутную основную массу, но места взятия образца не указывает.

Ряд авторов отмечает обнажения нижнемеловых (валанжинских) доломитизированных известняков вдоль северных предгорий Главного хребта.

В Орджоникидзевском крае в пределах этой полосы отмечается «доломитовая толща» в окрестностях *Кисловодска*, обнажающаяся во многих местах и достигающая мощности 85 м.

Анализ доломитов с р. Аlikоновки близ «Замка коварства и любви» показал (в %):

Нераств. остаток	FeO+Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
14.08	1.32	27.54	16.62

Другие анализы, обнаружившие меньшие количества нерастворимого остатка, подтверждают, однако, высокую кремнистость аlicoновских доломитов, содержащих, кроме того, отдельные сферические включения халцедона.

Отдельные «банки» верхнеюрских доломитовых пород обнажаются во многих местах Кабардино-Балкарской АССР, по ущельям Чегема и обоих Черекон.

В Чечено-Ингушской АССР Г. А. Максимович отмечает толщу серых и желтовато-серых доломитов верхней юры, протягивающуюся на 400 м с запада на восток по Чанты-Аргуну. Мощные толщи светложелтых крупнозернистых, частью пористых верхнеюрских доломитизированных известняков встречаются близ южного выхода из Ерши-Таргимского ущелья по р. Ассе.

Состав их С. Чарноцкий (1924) характеризует так (в %):

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	CO ₂
0.15—1.68	до 0.47	до 0.23	30.59—30.94	19.78—20.10	45.70—45.75

С. Чарноцкий рекомендует эти доломиты как хороший строительный камень.

В разрезе горы Фетхуз доломитовые породы слагают свиту мощностью в 1500 м; в разрезе горы Адай-Хох ее мощность — 296 м.

В Дагестанской АССР, по данным С. Чарноцкого, толщи нижнемеловых доломитов выступают в следующих местах: по р. Аварское Койсу (на протяжении 30—40 км); в западной части хребта Кулик-Меэр; в южной части района, по горе Гуниб; в высотах вдоль шоссе на Хунзахское укрепление, начиная от с. Муну на западе до района слияния рр. Аварского и Казикумухского Койсу; на правом берегу р. Андийского Койсу, несколько ниже б. укрепления Преображенского; значительно ниже по р. Андийскому Койсу по обоим берегам между сел. Ихали и Чликат; несколько ниже места слияния рр. Андийского и Аварского Койсу с р. Сулак; по р. Кухах-чай близ с. Цилинт; вдоль правого берега р. Самур и его притока р. Куруш.

Эти месторождения совершенно не изучены. Иногда они служат источником строительного камня. Так, знаменитая крепость Гуниб выстроена из доломита, обнаруживающего, однако, по замечанию С. Чарноцкого, невысокую погодостойкость.

Грузинская ССР. В Грузии, по данным И. Качарава и В. Гунцадзе (1937), из широко распространенных месторождений доломитовых пород (главным образом нижнемеловых) более или менее исследованы следующие.

В Кутаисском районе непрерывные обнажения толщи местами доломитизированных известняков в несколько сот метров мощностью выступают по ущелью р. Цхал-цители, начинаясь от каменоломни у Моцамети. Анализ пробы этих доломитов приведен в табл. 29.

Прослой доломитизированных известняков в карбонатной толще нижнего неокома отмечаются также у с. Квахчири, в 4 км к северо-востоку от Кутаиси.

Запас доломитов, подсчитанный выше уровня р. Вирипсела, достигает 2.7 млн. м³.

В 25 км к северо-востоку от г. Очемчири лежит крупное Ткварцелское месторождение светло- и желтовато-серых поздраватых доломитизированных известняков. Мощность доломитовой толщи между грубослоистыми и песчанистыми желтовато-серыми известняками доходит до 100 м. Качество доломитов высокое, если судить по анализу (табл. 29). Многообещающий состав, а также удобное залегание доломитов в непосредственной близости к железной дороге придают этому месторождению особое значение.

ТАБЛИЦА 29

Химический состав грузинских доломитов (в %)

Компоненты	р. Цхал- Цитела	с. Квахчири		Тквар- челы	р. Гегэ
		I пр.	II пр.		
SiO ₂	7.34	0.66	1.20	0.36	0.36—0.88
Al ₂ O ₃	1.13	0.52	0.39	3.30	0.61—0.81
Fe ₂ O ₃	0.43	0.93	1.10	следы	0.20—0.32
CaO	31.42	35.02	43.22	29.85	30.66—39.48
MgO	18.96	18.00	16.20	19.59	12.06—20.32
P ₂ O ₅	0.013	0.02	0.018	—	0.52—0.93
Пот. при прок.	43.80	45.34	40.39	47.50	45.63—47.52

В известняковой битуминозной толще Гагринского хребта, тянущегося от курорта Гагры в сторону р. Бзыби, вдоль морского берега, доломитовые породы играют крупную роль: в разрезах речных долин Гагрипш и Жоквари общая их мощность достигает 256 м. И. Качарава различает в ней: толщу светлокориновых брекчиевидных доломитов и доломитовых известняков (130 м); толщу доломитизированных известняков, переходящих кверху в доломиты (110 м); желтовато-серые и коричневые доломитизированные известняки с темнопохоладными известняками (14 м). Примесь битума должна понижать качества этих огромных залежей.

По данным Г. М. Васильченко и др. (1940), практическое значение могут иметь, как цементное сырье, валанжин-готеривские доломиты, залегающие в окрестностях Квезани, также по среднему и нижнему течению р. Бзыби, у Голубого озера, близ устья р. Гегэ и по течению этой реки вплоть до впадения Юпшары. Ряд слоев бзыбских доломитов — в особенности первые 5 слоев на 3 километре Бзыбского шоссе — могут, по свидетельству названных авторов, дать доломитовый цемент, не уступающий по качеству соответствующему материалу из изварского доломита (с. Волосово Ленинградской обл.). Техническая характеристика бзыбского доломита такова: а) чистое тесто: разрыв через 7 дней — 13 кг/см², через 28 дней — 25 кг/см²; б) затворение 1:3. Временное сопротивление сжатию через 7 дней — 56 кг/см², через 28 дней — 98 кг/см². Светлая окраска, способность прочно связываться с древесиной, высокая прочность отличает доломитовый цемент от обыкновенного портланд-цемента. Кроме того, бзыбские доломиты пригодны для фибролитовых и ксилолитовых плит, термоблоков, штукатурок, а также как строительно-облицовочный камень.

Юго-Осетинская авт. обл. Крупные залежи доломитов расположены в 16—18 км от разъезда Агара Закавказской ж. д. им. Л. П. Берия вверх по р. Лопанис-Цхали (Проне). Ровная проселочная дорога от станции проходит по правому берегу реки до самого месторождения.

Толща сарматских песчаников трансгрессивно налегает на довольно мощные свиты меловых доломитов, чередующихся с известняками. Эти отложения выступают в виде обнаженных скал выше с. Абано по обоим берегам реки.

В верхней и нижней частях залежей преобладают доломиты, в средней, мощностью в 6—8 м, — известняки. Верхняя часть толщи (местами более 10 м) состоит из крупнозернистых кристаллических доломитов кремовой и розовой окраски. Непосредственно под ними лежат более или менее доломитизированные, а также довольно чистые известняки, которые эксплуатируются для обжига на известь. Под этой свитой вновь залегают мелко- и крупнозернистые доломиты различных цветов, главным образом розовые.

На левом берегу реки холмообразная возвышенность, длиной до 200 м, высотой более 40 м и шириной со стороны реки около 20 м, почти целиком сложена доломитами. Обнаженная обрывами часть правобережной возвышенности на протяжении около 1 км вдоль реки также сложена доломитами и известняками.

Видимая мощность нижнего пласта доломитов около 5 м. Общая мощность доломитовой толщи около 20—25 м. Судя по многочисленным обнажениям, видимые запасы доломитов весьма значительны.

Анализы, произведенные Грузинским отделением ВИМС, дали следующие результаты (табл. 30).

Расположение месторождения очень удобно. Транспортировка доломита до разъезда Агара (16—18 км) легко может производиться автотранспортом. В дальнейшем, возможно, явится необходимость в узкоколейной ветке, так как к разъезду Агара из этого же месторождения транспортируются для сахарного завода известняки и тут же, в 2 км, производится добыча и обработка мрамора, а дальше по ущелью, в 3 км, — разработка талька.

ТАБЛИЦА 30
Химический состав юго-осетинских доломитов (в %)

Компоненты	Образцы		
	1	2	3
Влаги	0.10	0.06	0.21
SiO ₂	0.53	—	—
TiO ₂	нет	—	—
Al ₂ O ₃	0.26	—	—
Fe ₂ O ₃	0.22	—	—
CaO	37.87	—	—
MgO	18.79	17.48	16.35
SO ₃	0.22	—	—
MnO	следы	—	—
Пот. при прок.	45.33	—	—
Сумма . . .	100.32	—	—
CO ₂	45.26	—	—

Азербайджанская ССР. В 35 км от Баку по грунтовой дороге на Шемаху и в 15 км от разъезда Гюзден Закавказской ж. д. им. Л. П. Берия, расположены мощные месторождения доломитов *Боян-Ата* и *Кутурташ*, открытые В. В. Вебером в 1927 г. В этом районе развиты, главным образом, плиоценовые отложения апшерона, акчагыла и понта, залегающие над диатомитовыми образованиями верхнего миоцена, подстилаемыми в свою очередь майкопской серией верхнего олигоцена. Месторождения приурочены, главным образом, к диатомитовым, а также спиралисовым и майкопским слоям.

Особого внимания заслуживают доломиты среди мощных (до 10 м) диатомитовых слоев. По химическому составу они отвечают сортам, имеющим применение в мартеновском процессе.

Кроме седлообразной возвышенности Боян-Ата, доломитовыми породами сложены также группа высот Кыр-даг и Кутурташ. Месторождения частью тектонически разрушены; чаще всего в обнажениях наблюдаются пачки брекчиевидных доломитов (6—10 м); лишь в районе Кыр-дага и горы Кутурташ выступают породы в ненарушенном, коренном залегании. Обычно доломиты обнажаются на возвышенных частях или покрывают вершины увалов в виде нагроможденных глыб.

Пробы, отобранные В. В. Вебером и анализированные в Ленинградской лаборатории Геолкома (Е. Н. Дороговым и В. Н. Васильевой), показали (в %):

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO
1.03—12.66	0.58—2.50	1.16—2.96	26.27—31.85
MgO	H ₂ O	Пот. при прок.	
15.41—19.23	0.34—0.76	38.55—45.93	

Контрольные анализы образцов, взятых: 4 из доломитов в диатомитовых слоях и 16 из спиралисовых отложений, показали, что 5 из них почти отвечают формуле нормальных доломитов.

Кроме Боян-Ата и Кутурташа, выходы доломитов наблюдаются во многих местах обследованного района; однако, по масштабу и удобству расположения наибольшее практическое значение имеют два названных месторождения.

В 22 км от ст. Сангачалы Закавказской ж. д. им. Л. П. Берия в местности *Рами* доломиты эксплуатируются Бакинским заводом имени Шмидта для мартеновских печей.

По анализам лаборатории Азнефти, эти доломиты содержат (в %):

SiO ₂	CaO	MgO	H ₂ O	Пот. при прок.
3.40—3.26	33.20—31.00	15.49—17.55	2.01—4.80	43.10—43.30

В отношении условий добычи доломита ВИМС отмечает, что разработку месторождений западной Грузии, Юго-Осетии и Азербайджана можно производить открытым способом без крупных затрат на вскрышу. Добыча доломита почти на всех этих месторождениях связана с попутной добычей известняка.

Крым

Среди крымских известковистых отложений процессы доломитизации отмечены в немногих местах; они приурочены к отложениям преимущественно сарматского возраста. Однако, исчерпывающих исследований в этом направлении не производилось. Сравнительно недавняя сводка Всесоюзного геологического фонда (1938 г.) упоминает лишь семь месторождений доломитизированных известняков на Керченском п-ове. Только в трех из них химический состав пород приближается к принятым для доломитов техническим нормам.

К югу от с. *Джарджавы* небольшая возвышенность, выделяющаяся среди равнины, сложена доломитизированными известняками среднего сармата. Они залегают отдельными крупными гнездами и глыбами размером 20—200 м³ среди глинистых пород. Объектом добычи являются синевато-серые очень плотные доломитизированные известняки, перемежающиеся с белыми рыхлыми известняками, не имеющими промышленного значения.

Химический состав джарджавских доломитов (в %):

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
1.91	1.4	33.4	17.29

Запасы месторождения очень невелики.

В 4 км к югу от Керчи и в 1.5 км от Солдатской слободы лежит также небольшое *Солдатское месторождение* сарматских доломитизированных рифовых известняков. Центральная и восточная части рифа отличаются наиболее сильной доломитизацией.

Опробование привело здесь к следующей химической характеристике породы (в %):

SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO
до 2.0	1.5	32.0	17.5

Более значительное месторождение отмечается той же сводкой к востоку от Керчи у хутора *Подмаячного*, в виде холмистой гряды рифовых известняков, вытянутых в широтном направлении. Ширина гряды достигает 40 м, высота 6—7 м; на крутых обнаженных склонах выступают плотные олигоновые доломитизированные известняки с прослоями более рыхлых известняков и зеленовато-бурых глин.

Химический состав доломитовых пород (в %):

SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO
1.93	1.2	44.0	17.5

Запасы этих пород — порядка 200 тыс. м³ (по категории С).

Азиатская часть СССР

Карбонатные породы Азиатской части СССР в дореволюционный период почти вовсе не изучались. Но и те уже довольно многочисленные фактические данные, которые имеются в настоящее время в части петрографической характеристики сибирских осадочных пород, все же далеко еще недостаточны для того, чтобы можно было по ним составить более или менее верное представление об азиатских месторождениях доломита, их геологическом распространении, их качественных и количественных показателях. Эта неполнота знаний отразилась на последующем обзоре.

Несомненно, что значительная часть доломитовых месторождений Сибири до сих пор остается еще вовсе не выявленной. В связи с трудностью распознавания доломитовых пород в поле, последние, вероятно, нередко именуются здесь известняками, мергелями и проч., подобно тому, как эти же породы нередко ошибочно описывались, а частью продолжают еще до сих пор описываться под несвойственными им названиями в геологической литературе, касающейся Европейской части СССР.

Работы ближайших лет могут существенно изменить наши представления о доломитовосности Сибири.

Узбекская ССР. Специальных исследований доломитовых месторождений в средне-азиатских республиках не производилось. Довольно мощные «жилы» и пласты нормального типа доломитов известны в Султан-Уиз-даге и других местах. Наилучше обследованными являются следующие месторождения, кратко охарактеризованные Н. И. Лебедевой (1937).

Значительными запасами доломитовых пород располагает известное серное месторождение *Шор-су* в Кагановичском районе Ферганской обл., в 36 км к югу от ст. Ко-

ТАБЛИЦА 31

Химический состав доломитов Шор-су (в %)

Компоненты	Доломитизированный известняк			Доломитовый мергель	
SiO ₂	3.25	2.27	2.79	8.68	20.19
Al ₂ O ₃	0.16	0.46	0.19	0.98	4.94
Fe ₂ O ₃	0.82	0.58	0.54	0.75	2.17
CaO	31.35	31.58	32.86	28.75	23.81
MgO	16.77	17.44	17.94	15.67	13.18
SO ₃	4.80	7.02	4.14	4.43	3.10
H ₂ O	1.44	0.89	0.51	1.44	1.30
CO ₂	41.65	38.10	41.31	37.88	31.17
Сумма . . .	100.24	98.34	100.28	99.58	99.86

канд Ташкентской ж. д. Именно доломитизированные известняки являются вторым сероносным горизонтом месторождения. Это — белые и беловато-серые, пористые крепкие породы, содержащие иногда линзы и включения гипса.

Химический состав их приведен в табл. 31.

Запасы незагипсованных доломитовых пород, по С. Е. Прянишникову, — до 2 млн. т, в том числе мергелистых 400

тыс. т. Добыча доломита дешева, так как он служит пустой породой при извлечении серы. По мнению Н. И. Лебедевой (1937), незагипсованные доломиты могут быть использованы для производства каустического доломита, а мергелистые — для доломитового цемента.

Мощность нормальных доломитов — 17.25 м, мергелистых — 4.7 м.

Другое месторождение лежит в 15 км от ст. *Кува-сай* (Ферганский район). Оно относится к нижнему мелу и представлено 5-метровым пластом крепкого доломита, содержащего до 20.56% MgO. Пласт прослеживается на 1 км. Условия разработки легкие.

Доломито-магнезитовое месторождение имеется у *Гаджского* серного месторождения, в песках Кызыл-кум к югу от Урта-тау, в 100—150 км от Бухары.

В Киргизской ССР юричевые, красные и серые доломитизированные известняки силура обнажаются в ущелье *Тенге-сай*, в 1.5 км от ж.-д. ст. Половинка. Химический состав их, по А. И. Чистякову (в %):

SiO ₂	CaO	MgO
0.04—1.0	32.42—34.99	17.4—19.24

Запасы очень велики (до 4 млн. т).

В Казахской ССР, изобилующей карбонатными породами, доломиты, как таковые, совершенно не исследовались. Н. И. Бубнов (1933) говорит о наличии доломитов в районе Кара-богаз-гола. Сводка Барбота де Марни (1934) упоминает лишь месторождение в Гурьевской обл. (Испульском районе), около Индерского озера, где имеется много мощных выходов ракушечников и доломитизированных известняков. Добыча их легка, природные транспортные условия очень благоприятны. А. Н. Гейслер (1932) упоминает об интересном месторождении доломитов в Темирском районе Актюбинской обл. В неопубликованной работе Н. Смирновой есть указание на горизонт доломитизированных известняков в верхнекрасноцветной свите Есильского района (Акмолинская обл.). Ни количество, ни качество этих пород не определены.

Новосибирская обл. Значительные месторождения, получившие большое значение в виду близости Кузнецкого металлургического гиганта, имеются в Горно-Шорском районе (Тельбес), в окрестностях магнетитового рудника *Темир-тау*, являющегося южным конечным пунктом Сталинской (Новокузнецкой) ветки Томской ж. д. (ст. Ахпун). Здесь в верховьях рр. Тельбеса и Учүлен, на границе между отложениями нижнего палеозоя и тельбесской (среднедевонской) формацией, залегает крупный интрузив порфировидных рудоносных адемитов. Часть прорванных адемитовой магмой кембрийских карбонатных пород была захвачена ею и сохранена в виде громадного доломитового ксенолита, расчлененного многочисленными аллитовыми, частью окремнелыми дайками той же адемитовой магмы.

К этому ксенолиту приурочено крупное месторождение *Большой Горы* в 15 км от рудника Темир-тау. Светло- и темносерые доломиты покрыты небольшими (до 4 м) наносами; на контактах с секущими дайками наблюдаются тонкие прослойки серпентина и жилки цинковой обманки; в самих дайках, масса которых составляет около 10% доломитового тела, встречается пирит.

Запасы месторождения исчисляются в 11 млн. т.

По данным Л. В. Владимирова (1938), различные части месторождения Большой Горы неравноценны. Из четырех участков месторождения более или менее сходны между собой участки I и IV, а также II и III. Доломиты II и III участков являются более огнеупорными и однородными по составу; доломиты I и IV участков Л. В. Владимиров считает непригодными для мартеновского процесса.

ТАБЛИЦА 32

Химический состав доломитов Вольшой Горы (в %)

Компоненты	I уч.	II уч.	III уч.	IV уч.
SiO ₂	1.61	1.71	1.37	2.43
Al ₂ O ₃	1.66	0.66	0.92	1.44
Fe ₂ O ₃	0.93	1.04	1.32	1.44
CaO	35.13	33.93	31.75	35.10
MgO	17.85	18.76	19.05	17.65
S	0.06	0.012	0.0435	0.0014
Пот. при прок. . . .	43.85	42.86	41.46	43.64

Химический состав — см. табл. 32.

В Горно-Шорском районе находится еще ряд значительных месторождений доломита:

1) *Верхне-Учүленское*, близ пос. Учүлен, в 3 км к западу от рудника Темир-тау и в 200 м от ж.-д. линии Новокузнецк — Ахпун. Запасы 200 тыс. т.

2) *Красный Тенеш*, в 6 км к юго-западу от Темир-тау и в 1 км от новой линии Учүлен — Таштагол, в верховье р. Красный Тенеш. Запасы значительны (свыше 5 млн. т), возможна разработка открытым карьером.

3) *Таинзинское*, на правом берегу р. Таинзы, правого притока р. Унзас, в 4 км к востоку от Шерегешевского железорудного месторождения. Запасы месторождения очень велики (свыше 80 млн. т); также возможны открытые разработки.

С химической стороны эти доломиты характеризуются данными табл. 33.

ТАБЛИЦА 33

Химический состав горно-шорских доломитов (в %)

Компоненты	Верхняя Учула		Красный Тенеш		Таинза	
	По В. Г. Орловскому	По Л. В. Владимирову (I уч.)	По В. Г. Орловскому	По Л. В. Владимирову (II уч.)	По В. Г. Орловскому	По Л. В. Владимирову (III уч.)
SiO ₂	0.19—3.44	1.11	0.30—1.42	0.37	0.30—1.72	0.80
Al ₂ O ₃	0.03—3.04	0.73	0.22—0.69	0.32	0.50—0.31	0.65
Fe ₂ O ₃	0.53—2.57	1.58	0.54—0.87	0.51	нет	—
CaO	35.34—51.48	37.23	28.45—41.31	33.93	30.52—31.27	31.12
MgO	5.80—22.52	18.13	15.23—23.89	18.93	20.55—21.46	20.96
SO ₃	0.03—0.12	0.044	0.02—0.08	0.051	до 0.40	0.04
Пот. при прок.	—	—	41.93—48.24	—	—	—

Качественная оценка месторождений была дана Л. В. Владимировым (1938). Наиболее однородными по составу являются доломиты Темир-тау, в особенности II и III участков месторождения. Доломиты горно-шорских месторождений обнаруживают чрезвычайно пестрый состав.

Наиболее огнеупорны доломиты месторождений Таинзинского и Красный Тенеш; породы VI и III участков Темир-тау спекаются легче остальных. Горно-шорские доломиты сернисты и трудно спекаются (выше 1700°). Есть данные о магнезиальности известняков по рч. Амзас. Отмечаются также доломиты в бассейне р. Мрас-су: 1) по ее притокам — рр. Унзас и Таяс и 2) в 20 км от ж.-д. трассы Томь — Мрасса — Ортон — Таптал (гора Патын). Сведения об этих месторождениях очень скудны.

Красноярский край. Доломиты широко распространены во всех горных сооружениях края: в хребте Арга, Кемчугском хребте, на восточных склонах Кузнецкого Ала-тау, в Западных и Восточных Саянах; везде они входят в состав кембро-альгоникской карбонатной формации. Исследована, однако, и то не полно, лишь незначительная часть этих огромных запасов.

Качинское месторождение лежит в 7.5 км к северо-западу от ст. Кача Красноярской ж. д., с которой соединено веткой. По данным Б. С. Митропольского (1938), район месторождения сложен толщей карбонатных пород, глинистых сланцев и песчаников, условно относимых к кембрию. Доломитами сложен как крутой правый, так и отлогий левый берег рч. Крутой Качи. Это — серые плотные, но трещиноватые породы, прослеженные по простиранию (60—70° на северо-восток) на 2 км вниз по течению Крутой Качи. Они имеют ясно выраженную первичную слоистость и разбиты трещинами отдельности по двум взаимно перпендикулярным направлениям, что дает возможность с легкостью извлекать глыбы размерами до 1.6 × 1.0 × 0.6 м. Трещины, разбивающие породу, обычно выполнены кальцитом и халцедоном.

Б. С. Митропольский выделяет по качественному признаку следующие разновидности: 1) чистые доломиты со светлой, иногда розоватой окраской, характеризующиеся мелкой, но ясной кристаллической структурой;

2) такие же светлоокрашенные доломиты с мелкими трещинками, выполненными халцедоном и кальцитом; 3) серые и темносерые доломиты с большим количеством трещин, заполненных красным халцедоном.

Химический состав качинских доломитов отличается крайним непостоянством. Содержание MgO в господствующей массе породы (215 проб) = 16.92—28.36%; 21 проба показала 15.86—16.92% MgO ; 29 проб — 9.0—15.86% и 11 проб — 0.58—9.00%. Среднее по всем пробам 17.16%. Среднее количество кремнезема, по Б. С. Митропольскому, равно 6.51%; однако, содержание его в различных пробах подвержено наибольшим колебаниям. Полуторные окислы присутствуют чаще всего в количествах от 0.24 до 1.98%, в отдельных случаях содержание их возрастает до 4.9 и даже (в одной пробе) до 6.32%. Обычное содержание извести — около 30.0%.

Опробование Л. В. Владимирова (1938) привело к следующим цифрам, характеризующим средний химический состав качинских доломитов (в %):

SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO
4.70	1.24	51.21	18.31

Спекаются эти доломиты лишь при очень высоких температурах (1600—1700°); огнеупорность же их значительно ниже, чем у доломитов Темиртау. Серия химических и термических испытаний привела Л. В. Владимирова к убеждению в непригодности качинских доломитов для мартеновских цехов. Запасы месторождения очень велики (до 50 млн. т).

Б. С. Митропольский отмечает значительную доломитизацию *Торгашинского* хребта. Доломитовые породы выступают по р. Базаихе при устье ключа Балгаш в логу Темир у дер. Фокиной Россохи, по р. Б. Слизневой ниже Фокиной Россохи, в Слизневой Россохе, на устье р. Дурной Россохи, на р. Енисее ниже Б. Слизневой и в ряде других мест.

Средний химический состав доломитов из названных обнажений показывает весьма благоприятные величины (в %):

Нераств. остаток	Al_2O_3	CaO	MgO	Пот. при прок.
до 12.17	0.44—2.19	27.50—32.86	18.82—31.36	40.42—47.36

В ближайшем соседстве с г. Красноярском находится *Быковское месторождение*, лежащее близ устья р. Быковой на правом берегу Енисея (в 14 км выше Красноярска). Месторождение, по данным Б. С. Митропольского (1938), приурочено к толще кембрийских торгошинских известняков, занимая нижний их горизонт. Доломиты изогнуты в пологую анти-

клинальную складку, осложненную мелкими сбросо-сдвигами. Головы доломитовых пластов выступают по склону увала в виде пяти ярусов.

Химический состав быковских доломитов, выведенный из анализа 10 проб, характеризуется следующими данными (табл. 34).

Доломиты могут быть использованы как металлургическое сырье, а также как строительный камень. Запасы месторождения — свыше 600 000 т, расположение чрезвычайно удобно.

ТАБЛИЦА 34

Химический состав быковских доломитов
(в %)

Компоненты	От	До	Среднее
SiO_2	0.32	1.10	0.53
Al_2O_3	0.45	0.92	0.53
Fe_2O_3	0.01	1.70	0.90
CaO	30.55	33.13	32.03
MgO	18.09	20.44	19.69
SO_3	0.08	0.55	0.20
Пот. при прок. . . .	46.00	48.00	46.33
Сумма	—	—	100.21

В Ачинском районе тот же автор отмечает линзу пепельно-серых и желто-бурых доломитов, залегающую в палеозойских известняках у с. *Покровского*, на правом берегу р. Б. Улуй, в 4 км от ст. Тарутино Красноярской ж. д. Случайные пробы дали благоприятные результаты, однако месторождение недостаточно разведано; запас его — свыше 1 млн. т.

Широко распространены, но совершенно не изучены доломитовые породы на юге края, в бассейнах рр. Тубы и Сисима (правые притоки Енисея) и в Хакасии. Среди них заслуживают внимания:

Буланкульское месторождение в Хакаской авт. обл. на южном склоне хребта Бис-таг, в 2—2.5 км к северу от озера Булан-куль в 1.5 км к северо-западу от дороги, соединяющей р. Камышту с озером, и в 25 км от ст. Уйбат.

Состав доломитов — см. табл. 35.

Запасы — до 5 млн. т. В виду удобного расположения и, повидимому, высокого качества, месторождение заслуживает детальной разведки.

Толченское месторождение, в 7 км от улуса Толчен в Усть-Абаканском районе; гора *Ала-таг*, на левом берегу р. Белого Июса, в 2 км выше улуса Щербинина (30 км на юг от известного курорта Шира), — очень чистые доломиты в выработках и окрестностях Уленьского рудника; доломитизированные известняки *Мраморной горы*, в 7 км от дер. Спасской (Бемлек); розовые доломиты горы *Тогра-тах* — по левому берегу р. Туим, в 2 км вверх по реке от улуса Верхний Туим и в 25 км от ст. Шира; линзы чистого доломита на южном берегу *Малого Утинного озера*.

Много выходов доломитовых пород и чистых доломитов известно также в районе рудника *Юлия* и ст. *Сон*.

В Западном Саяне доломиты также распространены широко. Известно много их выходов в верховьях р. *Табат*, где мощность свиты доломитизированных известняков достигает, по В. С. Митропольскому, 50 м.

Химические анализы отдельных проб дали следующие результаты (в %):

SiO ₂	CaO	MgO
1.28—11.76	27.80—32.80	18.58—18.83

Известны доломиты хорошего состава близ Кантегирского железного рудника, по рч. Кашкаренд (приток р. Б. Березовой, впадающей в Енисей); в вершине р. Теи, левого притока р. Абакана, также в бассейне р. Юнь-Джебаш, в 25 км от Абакана. Доломиты последнего месторождения очень чисты (MgCO₃ до 40.6%).

Вогаты запасами доломита также и северные части края. А. К. Мейстер, упоминая в 1899 г. о крупных месторождениях кристаллического магнезита в Удерейском районе (южная часть Енисейского золотоносного района), указывает, что вмещающие магнезит метаморфические породы кембро-силура подразделяются им на два отдела: первый сложен слюдяными и глинистыми сланцами и кварцитами, второй — доломитами с подчиненными им известняками.

Как указывает Л. М. Порохов (1934), доломиты и доломитизированные известняки играют чрезвычайно крупную роль в составе древнепалеозойской толщи Нижней Тунгуски в районе Туруханска. На составленной им карте нанесены лишь точки, где породы были опробованы и показали со-

ТАБЛИЦА 35
Химический состав буланкульских доломитов
(в %)

Компоненты	От	До	Среднее
SiO ₂	0.24	1.08	0.54
Fe ₂ O ₃	0.12	0.26	0.18
CaO	30.72	31.60	31.17
MgO	20.98	21.65	21.18
H ₂ O+	0.08	0.22	0.13
Пот. при прок. . . .	46.94	47.45	47.16

став, близкий теоретическому составу доломитов. Что касается запасов, то они колоссальны, так как доломитовые толщи измеряются сотнями метров; эксплуатация их очень проста: река врежется в толщу пород, и значительные массы материала могут быть выбраны даже без вскрытия, особенно в малую воду.

ТАБЛИЦА 36

Химический состав туруханских доломитов (в %)

Компоненты	№ точки			
	73 (3)	75/51	56	58
SiO ₂	1.17	0.48	0.24	0.18
Al ₂ O ₃	0.36	0.89	0.18	0.49
Fe ₂ O ₃	1.14	0.52	0.08	0.19
CaO	30.30	30.22	29.92	28.12
MgO	20.45	20.47	20.69	19.09
Нераств. остаток . . .	—	—	2.46	8.96
H ₂ O+	—	—	0.10	0.08
SO ₃	—	—	нет	—
Пот. при прок. . . .	46.48	47.30	46.38	43.34
Сумма	99.90	99.88	100.05	100.45

Химический состав туруханских доломитов характеризуется таб. 36.

Иркутская обл. и Бурят - Монгольская АССР отличаются мощным развитием карбонатных, в том числе и доломитовых пород. Часть их связана с протерозойскими свитами саянско-прибайкальского комплекса. Несколько лучше других, хотя и недостаточно, освещены породы голоустинской и улутавской свит, выступаю-

щих вдоль западного побережья Байкала. Неисчерпаемые запасы нередко высокосортных доломитов связаны со среднекембрийской соленосной свитой, обнажающейся в ряде пунктов верхнего Приангарья.

Много карбонатных, частью магнезиальных пород имеется также среди отложений силура: в усть-кутской свите, обнажающейся между с. Братским и Усть-Кутом (на Лене), и в кежемской свите — между ст. Камышет и Тайшет и к востоку и северо-востоку от последнего.

Ниже кратко описываются по сводке Я. Я. Яржемского (1939), а также по данным В. Ф. Федорова (1934), М. И. Бондаренко (1934), А. А. Орсова (1934, 1937) и др., в той или иной мере разведанные месторождения доломитовых пород.

Иркутская область. Заларинский район. *Бажирское месторождение*, в 3.5 км к северо-востоку от ст. Залари Восточно-Сибирской ж. д.; запас пригодного для магнезиальной извести и бута доломитового известняка свыше 1 млн. м³. Аларский аймак с рядом месторождений, из которых крупным масштабом и высокими качествами доломита выделяется *Забитуйское*, в 2 км к югу от ст. Забитуй, непосредственно у полотна (1696—1697 км); запас доломитов и доломитовых известняков свыше 1 млн. м³.

Черемховский район. *Макарьевское месторождение* чистых и известковистых среднекембрийских доломитов, пригодных для металлургии, — в 17 км к юго-востоку от ст. Черемхово; запасы свыше 4 млн. м³ по категории С₁. *Верхулайское месторождение*, в 18 км от ст. Черемхово, в 7—8 км от предыдущего, с запасом свыше 9 млн. м³ чистых и известковистых, частью мраморовидных доломитов, пригодных для обжига на известь, буттового камня, изготовления фибролита и др. Залегание удобное для открытых работ. *Гришевское месторождение*, в 9 км к юго-востоку от ст. Черемхово, с запасом около 80 тыс. м³ почти чистых доломитов. *Трошковское (Половиновское) месторождение*, в 2.5 км к северо-востоку от ст. Половина у дер. Трошки, с запасом (на небольшой, разведанной на глубину лишь 20 м площади) свыше 1.5 млн. м³ темных среднекембрийских доломитов и доломитовых известняков, пригодных для выжигания доломитовой извести, бута и щебня.

Усольский район. Месторождение *Известковый мыс*, на левом берегу р. Ангары, в 2,5—3 км от г. Усо́лья-Сиби́рского, с огромными запасами плитчатых и массивных чистых известковых доломитов среднего кембрия, пригодных для выжигания извести и строительных целей.

Иркутский район. *Гора Казачья*, на правом берегу р. Олхи, в 24 км к юго-западу от Иркутска, сложенная мощной пачкой среднекембрийских доломитов, доломитовых известняков и доломитовых мергелей, пригодных для изготовления воздушной и гидравлической извести и романского цемента. *Гора Рыжая*, между сел. Введенское и Олха — громадное месторождение мергелистых, реже чистых доломитов, лежащее вдали от регулярных путей, но в изобилии располагающее местным топливом.

Слюдянский район. Громадное месторождение пади *Малой Кадильной*, в 35 км к северо-востоку от ст. Байкал, с запасом свыше 35 млн. т известняков, доломитовых известняков и известковых доломитов. Доломитизированные (сильно окремненные) разности нередки среди громадных карбонатных залежей Слюдянских месторождений, расположенных в окрестностях ст. Слюдянки, в частности по р. Похабихе.

Многочисленные, по большей части мало исследованные, месторождения доломитов имеются среди мощных палеозойских карбонатных свит в районах: Усть-Удинском (Подволочное месторождение), Эхирит-Булагатском, Ольхонском, Жигаловском, Братском, Нижне-Илимском и др. Из них упомянем интересное месторождение порошковатого доломита («баяндайского мела», «баяндайской глины») в 1,5 км от ст. *Баяндай* в Эхирит-Булагатском районе — скопления рыхлого материала, быть может, представляющего тонкий делювий карбонатных пород. «Баяндайский мел» добывался прежде для красочных заводов Иркутска. Серые и зеленовато-лиловые, плитчатые и массивные доломиты *Видимского месторождения* в Братском районе, в 10 км от р. Ангары, разрабатывались в былые времена как флюсы для мартенов б. Николаевского завода.

Бурят-Монгольская АССР. К наиболее значительным, по данным Я. Я. Яржемского (1939), относятся *Итанцынские месторождения*, разрабатываемые многочисленными карьерами по правым притокам р. Итанцы (правый приток Селенги). Известны доломиты также в огромном *Мысовском месторождении* протерозойских мраморов, в 3—4 км к востоку от ст. Мысовой (Кабанский аймак); в районе сел. *Кырен*, в 120 км от ст. Култук (Тункинский аймак); в низовьях р. *Иро* (Селенгинский аймак); в *Ключевском месторождении*, в 20 км к востоку от устья р. Хилка (Тарбагатайский аймак) и др.

Читинская обл. Хилокский район. Очень крупное месторождение белых или сероватых доломитов расположено по рч. Верхней Цибитуй, 8—12 км к северу от дер. Енгорок. Месторождение, располагающее громадными запасами (мощность карбонатной толщи около 300 м), разрабатывалось в прежнее время на обжиг извести. Столь же мощно *Нижне-Цибитуйское месторождение* аналогичных пород, лежащее в 12—14 км от дер. Енгорок. Известны месторождения доломитов также в Сретенском районе, в 3 км от ст. Букача ж. д. им. В. М. Молотова — громадное месторождение магнезиальных известняков и доломитов с запасами в 240 млн. т (категория A_2) и около 500 млн. т по категории C_1 . Значительные месторождения доломитов известны в районе ст. Петровска-Забайкальского: *Талшинское (Грязнухинское)* в 18 км и *Балегинское* в 25 км от той же станции.

По данным А. А. Орсова (1937), заслуживает большого внимания месторождение палеозойских известняков, доломита и магнезита в северной части *Усть-Карского района*. На правом берегу р. Шилки карбонатные породы тянутся вдоль берега сплошной

полосой от устья пади Дорожная Дакмалга до водораздела между Большой и Малой Ракиндами. К востоку от Шилки породы этого типа тянутся вдоль падей Ларги и Джугидейки. Анализ трех проб показал, что породы являются частью доломитами и доломитизированными известняками, частью — магнезитами. Месторождение, по мнению А. А. Орсоева, может быть отнесено к саткинскому типу. Ближайшая ж.-д. ст. Сретенск — в 160 км вверх по р. Шилке.

В текстурном и структурном отношении породы очень разнообразны; среди них можно наблюдать: 1) массивные белые или серые, мраморовидные (частью окремненные); 2) слоистые, сахарно-белые. Эти типы чередуются довольно беспорядочно.

Дальний Восток. В Еврейской автономной обл. имеются мало пока изученные крупные месторождения доломитовых мраморов, лежащие в Мало-Хинганском рудном районе. Здесь известно несколько обширных площадей с выходами светлосерых, реже белых и розовых мраморовидных доломитов, приуроченных к мурондавской свите хинганской толщи, относимой условно к протерозою или пизжему палеозою. По неопубликованным данным В. М. Слюсаренко и Н. В. Овсянникова (1934), месторождение *Розовой* и *Белой Скалы* в окрестностях ст. Бирокан Дальневосточной ж. д. образовано плотными мелко-, средне- и крупнозернистыми доломитами, магнезиальными доломитами и доломитизированными известняками, собранными в синклинальную складку северного простирания, с падением крыльев от 60 до 80°. Мощность доломитовой толщи 400—500 м; в ряде мест свита прорывается диоритами и порфиритами, а с запада примыкает к большому гранитному массиву. В связи с этим в породах сильно развиты продукты контактно-метасоматических процессов. Доломиты нередко содержат примеси тремолита, актинолита, талька, кварца, кальцита, местами

ТАБЛИЦА 37

Химический состав (в %) и свойства бироканских доломитов

Компоненты	1	2	3	4	5
SiO ₂	1.10	2.32	1.20	4.30	1.12
TiO ₂	следы	следы	следы	следы	следы
Al ₂ O ₃	0.78	0.27	0.21	не обн.	не обн.
Fe ₂ O ₃	0.22	0.23	0.13	» »	» »
CaO	30.18	29.59	30.30	29.74	30.35
MgO	21.62	21.40	21.61	21.75	21.61
MnO	следы	следы	следы	следы	следы
Щелочи	»	»	0.15	0.04	»
SO ₃	не обн.	не обн.	0.04	0.03	не обн.
P ₂ O ₅	0.002	следы	0.004	0.03	следы
Пот. при прож.	46.49	46.57	46.59	44.60	46.86
Сумма	100.09	100.38	100.23	100.14	100.04
Удельный вес	2.87	2.87	2.87	2.88	2.88
Объемный вес	2.83	2.84	2.83	2.84	2.89
Сопротивл. сжатию, в кг/см ²	860	1200	1700	1007	693 (обр. трещиноват)

1 — белый доломит из карьера у известковых печей в 0.5 км от Белой Скалы; 2 — серый крупнокристаллический доломит оттуда же; 3 — белый и розовый доломит (среднезернистый) из Розовой Скалы; 4 — серый доломит оттуда же; 5 — белый доломит из карьера в 1.5 км от Розовой Скалы.

заклюают линзы магнезита. Часть доломитов представляет настоящие и очень красивые мраморы.

Два участка месторождения — Белая Скала и Розовая Скала — отстоят в 1 км друг от друга. Они разведаны поверхностно. Химический состав различных проб бирокапских доломитов и физико-техническая их характеристика приводятся в табл. 37.

Карбонатный показатель (1.39) соответствует чистому доломиту. Доломиты относятся к типу кремнистых, но бедных плавнями и трудно спекающихся. Однако, опыты по спеканию их с добавками бурого железняка и каолина дали прекрасные результаты. Таким образом, по отзыву ВИМС, биробиджанские доломиты представляют собой превосходный облицовочный камень и первоклассный огнеупорный материал.

Запасы месторождения значительны. Для 1933 г. они подсчитаны по Розовой Скале (считая до отметки полотна ж. д.) в 3.5 млн. м³ (по категории В); по Белой Скале в 2 млн. м³ (по категории С).

Поступило 16 . XII . 1939 г.

Е. С. Синегуб

4. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ

Задачи и методы изучения доломитов находятся в прямой зависимости от назначения, которое имеется в виду дать этому ископаемому, и, соответственно, от требований, предъявляемых к нему соответствующей потребляющей доломит отраслью промышленности.

Так, методы разведки и испытания доломита в качестве строительного камня, будь то бут или щебень или ценный облицовочный материал, приближающийся к мрамору, тождественны методам, применяемым ко всяким каменным строительным материалам и охарактеризованным в особой статье под этим названием. Равным образом в статье по цементным материалам можно найти специфические методы изучения этого вида сырья, когда имеется в виду использовать доломит как вяжущее в производстве извести.

Методы распознавания доломитов и известняков в поле. До недавнего времени было принято считать, что в полевой обстановке доломиты легко отличить от известняков по их отношению к холодной соляной кислоте; считалось, что в отличие от известняков доломиты будто бы вовсе не вскипают с холодной 10% HCl в куске. Однако, это утверждение является справедливым только по отношению к крупнокристаллическим доломитам, которые, действительно, с холодной HCl не реагируют; но подобные крупнозернистые разности встречаются среди неметаморфизованных осадочных толщ сравнительно редко. Подавляющее же большинство доломитов, как уже указывалось, имеет чрезвычайно мелкозернистое, пелитоморфное строение, а потому и вскипает с разбавленной HCl на холоду. Характер вскипания здесь все же иной, чем у известняков: последние тотчас бурно вскипают, как только приходят в соприкосновение с кислотой, пелитоморфные же доломиты в первый момент впитывают в себя каплю HCl, а затем уже выделяют пузырьки углекислого газа. Так как вскипание при этом происходит не столь бурно, как в случае реакции с кальцитом, можно ошибочно принять доломит за мергель; и, действительно, многие породы, описывавшиеся ранее под названием мергелей, после производства химического анализа оказались нормальными доломитами.

Из других способов распознавания известняков и доломитов, пригодных в полевых условиях, можно указать на реакцию Гиндена с раствором хлорного железа (о ней подробнее см. И з в е с т н ы й), а также на реакцию Войслова. Последняя заключается в следующем: порошок испытуемой породы растворяют при слабом подогревании в HCl, избегая избытка кислоты; к отфильтрованному раствору добавляется аммиак до выпадения Mg(OH)₂;

если в породе содержится менее 3% MgO , то осадка не образуется; по количеству осадка можно приблизительно ориентироваться в процентном содержании окиси магния.

Методы лабораторного исследования доломитов те же, что для известняков; в этом отношении необходимо добавить лишь следующее. Для изучения природы карбонатных пород вообще, а содержащих магний в особенности, весьма часто прибегают к *термическому анализу*, который основан на том, что различные углекислые соли щелочноземельных металлов разлагаются при разных температурах; происходящее при этом выделение углекислоты сопровождается поглощением тепла, что и запечатлевается на кривых нагревания в виде «остановок». Отдельным карбонатам свойственны остановки при следующих температурах:

кальцит	около 890—900°
доломит	» 765° и около 890—900°
магнезит	» 610°

В случае нахождения в испытуемом веществе смеси карбонатов, на кривой нагревания получают остановки, характерные для всех присутствующих компонентов (см. фиг. 1).

Второй особенностью изучения доломитов является частое применение к ним *методов окрашивания*, необходимость которых вызывается близким сходством кальцита и доломита не только в морфологическом, но и в оптическом отношении. Реакции окрашивания могут применяться к кускам породы (обычным и отполированным), но чаще всего к ним прибегают при микроскопическом исследовании петрографических шлифов, для чего последние изготавливаются открытыми, без покровного стекла. Известен ряд методов окрашивания, из которых чаще всего пользуются реакциями Лемберга и Гиджера. Первая заключается в 3—4-минутной обработке породы 10% раствором ляписа при 60—70°; после тщательной промывки породы дистиллированной водой ее погружают в раствор двуххромовокислого калия; кальцит при этом покрывается ярким красно-коричневым налетом, зерна же доломита остаются бесцветными. Метод Гиджера, отличающийся особой чувствительностью, основан на том, что как в кальците, так и в доломите фактически почти всегда присутствуют следы карбоната железа. Поэтому, если поверхность исследуемой породы смочить на холоду очень слабым раствором соляной кислоты, содержащей небольшое количество железосинеродистого калия, а затем осторожно промыть поверхность породы дистиллированной водой, то можно видеть, что зерна кальцита припимают густую синюю окраску, тогда как доломит остается без изменений.

В отношении пелитоморфных разностей доломита все подобные реакции окрашивания часто приводят к недостаточно ясным, сбивчивым результатам; это объясняется тем, что мелкозернистый доломит во многих отношениях реагирует так же, как крупнокристаллический кальцит.

Для распознавания доломита и магнезита в последние годы была предложена реакция со спиртово-щелочным раствором дифенил-карбазида (Файгль, 1933). Небольшой кусочек породы, опущенный на 5 минут в указанный горячий раствор, окрашивается в интенсивный красно-фиолетовый цвет в том случае, если порода содержит свободный карбонат магния — магнезит; если же карбонат магния входит в состав доломита, то окрашивания не наблюдается. При помощи этой реакции магний в доломите может быть открыт лишь после его прокаливании, т. е. после нарушения доломитовой связи. Окрашивание является еще вполне отчетливым, если в породе на 200 частей карбоната кальция присутствует 1 часть магнезита.

Сведения о других цветных реакциях на доломит даются в справочнике В. П. Батурина (1932).

При качественной оценке металлургических доломитов главнейшими показателями, подлежащими определению, являются: 1) выход доломита по крупности кусков при разработке месторождения, 2) химический состав средних проб, 3) температура спекания и плавления доломита, 4) физические свойства и гасимость мертвообожженного доломита.

Химический анализ может быть полным, сокращенным и ускоренным. При полном анализе определяются MgO , CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Mn_2O_4 , S , P , щелочи и потери при прокаливании. Сокращенный химический анализ дает содержание SiO_2 и MgO , а ускоренный анализ — нерастворимый остаток, CaO и MgO , определяемые титрованием. Наиболее удобные для практики методы анализа доломитов собраны в работе Э. М. Черномордик и С. В. Потапенко (1936), где описан также метод отбора и хранения проб. Стандартный метод отбора проб сырого и обожженного металлургического доломита изложен соответственно в ОСТ 10173—39 и 10174—39. Стандартный метод химического анализа доломита описан в ОСТ 3035.

При разведке месторождений данными о химическом составе доломитов нередко пользуются для предварительной оценки поведения доломита при обжиге, исходя из содержания в нем карбонатов и примесей. Соотношения компонентов иногда характеризуют следующими показателями:

отношение CaO к MgO — «карбонатный показатель»;

отношение свободной CaO к сумме $SiO_2 + R_2O_3$, которым определяется степень «известковистости» доломита.

Однако, для окончательного суждения необходимо прибегать к прямому экспериментальному определению температур спекания и плавления.

Температура спекания определяется путем обжига проб в лабораторной электрической криптоловой печи (Черномордик и Потапенко, 1936). Для этой цели берутся кусочки доломита величиной 20—25 мм или же спрессованные цилиндрики диаметром 15 мм и высотой 16—17 мм. Эти брикетки прессуются под давлением 3000 кг/см². Обжиг производится при 1460, 1560 и 1650° с 3-часовой выдержкой при данной температуре. Если же испытания доломитов производятся для определения пригодности их для обжига во вращающихся печах, то обжиг ведется при 1550, 1650 и 1750° с 20-минутной выдержкой. Определение огнеупорности производится по методу, принятому в ОСТ 4614.

После обжига образцов определяются усадка, пористость и устойчивость на гашение. Определение удельного веса, объемного веса и пористости производится по методу, применяемому при испытании огнеупорных материалов, согласно ОСТ НКТП 2163—220. До сих пор нет достаточно хороших методов для определения гасимости. Обычно испытание ведется кипячением прокаленных образцов в автоклавах при 5 или 10 атм. в течение нескольких минут. Этот метод пригоден только для кускового материала и совершенно не пригоден для порошков.

В Институте минерального сырья А. С. Базилевичем разработан следующий метод, позволяющий более точно подойти к оценке влагустойчивости обожженного доломита. Проба измельчается и делится на две фракции: 1) от 1.5 до 1 мм и 2) ниже 1 мм. Навеска в 10 г от каждой фракции помещается в эксикатор, на дно которого налита вода. По истечении 48 час. пробы взвешиваются и определяется процент привеса. Второе взвешивание производится через 96 час. и третье — через 10 суток. Привес пробы второй фракции не должен превышать привес пробы первой фракции больше чем в определенное число раз, находимое по специально разработанной диаграмме. Несовпадение фактически полученных данных с теоретическими указывает на неоднородность обожженного доломита в смысле спекаемости. На основании полученных данных доломиты классифицируются следующим образом:

1) доломиты, у которых проба первой фракции после 48 час. дает привес 5% и более, относятся к слабо обожженным;

2) доломиты, у которых проба первой фракции достигает привеса 5% за время от 48 до 96 час., относятся к среднеобожженным;

3) доломиты, у которых проба первой фракции по истечении 96 час. прибавляет в весе менее 5%, относятся к категории сильно обожженных, выдерживающих хранение более одного месяца.

5. ПРИМЕНЕНИЕ ДОЛОМИТА¹

Доломиты и доломитизированные известняки широко применяются в ряде отраслей промышленности, а также и в сельском хозяйстве для удобрения почв. Однако, основным потребителем его является черная металлургия, в которой доломит находит себе применение в качестве огнеупорного материала и, в значительно меньших количествах, как флюс в доменном процессе.

Более ограничена роль доломита в производстве вяжущих строительных материалов и в химической промышленности как исходного сырья для получения магнезиальных солей, применяемых в разнообразных производствах. В небольшом количестве доломит идет в дело в сыром виде, например в качестве строительного камня, в стекольном и керамическом производстве и т. п.

Доломит как огнеупор в металлургической промышленности. В металлургии доломит, наряду с магнезитом, применяется в качестве огнеупорного материала в сыром и обожженном виде, а также в виде доломитового кирпича и различных обожженных до спекания составных масс, состоящих из доломита, магнезита и плавней. В СССР преимущественно употребляется обожженный доломит, в значительно меньшем количестве — сырой доломит, и в стадии организации находится производство доломитового кирпича.

Основными потребителями доломита являются мартеновские печи и томасовские конверторы. В первом случае он идет на устройство и ремонт пода и откосов печи, во втором — на устройство днищ. Доломитовый кирпич применяется для футеровки печей и конверторов, заменяя собой магнезит.

Доломитовый под делается набивным или наварным. Набивной под изготавливается путем утрамбовывания слоями смеси обожженного доломита и каменноугольной смолы (10—15%). Для печей производительностью 150 т и выше под делается толщиной 900—1100 мм. Наварный под изготавливается путем постепенной наварки доломита слоями толщиной около 25 мм на магнезитовую кладку пода при полном разогреве печи. Общая толщина наварного пода 250—500 мм. Ремонт пода и откосов в горячем состоянии производится путем забрасывания в горячую печь, после выпуска металла и шлака, необходимого количества сырого или обожженного доломита.

Несмотря на то, что металлургический магнезит имеет перед обожженным доломитом ряд технологических преимуществ в виду неизменяемости на воздухе при хранении и большого срока службы магнезита, доломит, вследствие достаточных огнеупорных качеств, дешевой стоимости и большой распространенности в природе, успешно с ним конкурирует. В настоящее время в ряде стран, как, например, Германии, США, доломит почти нацело вытеснил магнезит. У нас применение доломита имеет исключительное значение, особенно на юге СССР, где передел чугуна в сталь за небольшим исключением

¹ Раздел о применении доломита дополнен А. С. Базилиевцем.

осуществляется только в основных мартеновских печах в связи с значительным содержанием серы в допечном коксе. Это же относится и к заводам центра СССР (Ново-Тульский, Ново-Липецкий), а также и к уральским заводам и Кузнецкому заводу имени тов. Сталина, хотя и работающим на сравнительно малосернистом коксе Кузнецкого бассейна, но выплавляющим чугуны, который в значительной мере идет на передел в основные мартеновские печи. Керченские фосфористые железные руды также требуют для передела чугуна в сталь осуществления или томасовского или основного мартеновского процесса.

Если учесть, что в настоящее время единственным надежным источником высококачественного магнезита является Южный Урал (Саткинское месторождение), в то время как юг и центр СССР, Урал и Сибирь владеют огромными месторождениями доломитов, то ясным станет значение, которое должно быть придано развитию доломитовой промышленности в СССР.

Норма расхода доломита в мартеновских цехах металлургических заводов сильно разнится и зависит прежде всего от того, какое количество магнезитового металлургического порошка потребляется в том или ином мартеновском цехе. Металлургический магнезитовый порошок и обожженный доломит — в широких пределах взаимозаменяемые материалы в условиях их службы в сталеплавильных печах (мартеновских и электропечах). Однако, в СССР все металлургические заводы применяют оба вида заправочных материалов. При этом на заводах юга и центра СССР обожженный доломит применяется в большей степени, чем на заводах Урала и Сибири, в связи с тем, что производство магнезитового металлургического порошка сосредоточено на заводе Магнезит, который расположен на Южном Урале в г. Сатке.

На южных заводах в мартеновских цехах расходные нормы колеблются от 3,8 до 9 кг на 1 т стали магнезитового порошка и от 18 до 68 кг обожженного доломита на 1 т стали. На заводах Урала и Сибири расходные нормы колеблются от 7,9 до 15 кг магнезитового порошка и от 8 до 32 кг доломита, в переводе на обожженный доломит.

Колебания в расходе заправочного материала зависят также от качества применяемых материалов, условий хранения их и, главным образом, от конструктивных особенностей и режима эксплуатации мартеновских печей. Значительно снижаются расходные нормы при механизированной заправке печей при помощи специальных торкретирующих машин.

Гипогнеупором¹ установлены средние нормы расхода в мартеновских печах южных заводов в 5,5 кг на 1 т стали магнезитового порошка, 35 кг на 1 т обожженного доломита и 10 кг на 1 т сырого доломита (для заправки ложных порогов). Для заводов Урала норма расхода магнезитового порошка увеличена до 8 кг, а доломита сокращена до 25 кг.

За границей, в частности в США, расходные нормы заправочных материалов ниже, чем в СССР. По анкетным данным 25 американских заводов, фактический расход обожженного доломита составлял от 19,9 до 23 кг на 1 т стали (Stahl u. Eisen, 1936, 38).

Доломит как флюс при выплавке чугуна. Введение доломита в доменную шихту практикуется в двух случаях:

1) поскольку окись магния не обладает обессеривающей способностью, но разжижает шлак, доломит применяют при малосернистых шихтах. По этой причине им пользуются некоторые заводы Урала при древесноугольной плавке;

2) при многосернистых шихтах введение некоторого количества окиси магния способствует разжижению шлака, что дает возможность работать на высокоосновном шлаке, обладающем высокой обессеривающей способностью.

¹ Гос. инспекция контроля огнеупорной промышленности.

Играет также роль чистота доломита в отношении вредных примесей, серы и фосфора. Кроме того, он применяется просто как заменитель известняка; в этом случае потребление его обуславливается, главным образом, местными условиями. На Саткинском металлургическом заводе норма расхода доломита составляет 130—150 кг на 1 т чугуна.

В США в доменном производстве доломит в качестве флюса предпочитается при выплавке ферросилиция и ферромарганца. Содержание MgO в шлаке имеет значение при использовании последнего для строительных целей. Для строительства дорог, например, предпочитают шлак, содержащий от 7 до 10% MgO . Для производства же шлакового цемента содержание MgO нежелательно.

Доломит в промышленности строительных материалов. Наравне с другими каменными строительными материалами применяется и доломит в сыром виде. Обычные сорта его находят себе применение в виде бута и щебня; кристаллические доломиты, обладающие удовлетворительными механическими свойствами и красивым внешним видом, под названием мраморов идут в качестве облицовочного материала. И в том и в другом случае применение доломитов ни в чем существенно не отличается от применения известняков, мраморов и других каменных строительных материалов (см. Строительные камни).

В обожженном виде доломиты служат сырьем для производства романского цемента, магнезальной извести, цемента Сорреля (см. Цементные материалы). Магнезальной извести, в отличие от обычной, свойственны некоторые особенности: она гасится медленнее, выделяет при гашении меньше тепла и меньше увеличивается в объеме; пластичность более высокая, вследствие чего она в состоянии связывать большее количество песка; прочность растворов магнезальной извести выше, чем у обычной. Главное применение магнезальной извести — наружная штукатурка.

В производстве цемента Сорреля и фибролита доломит, обожженный при низкой температуре, при которой $MgCO_3$ диссоциирует с образованием окиси магния, а $CaCO_3$ остается неизменным и играет роль инертного наполнителя (каустический доломит), заменяет собой дефицитный магнезит. Однако, по сравнению с магнезитом каустический доломит обладает более низкими качествами, и единственная область, в которой он нашел себе более широкое применение, — это производство фибролита. Последнее в период с 1929 по 1933 г. развивалось у нас бурными темпами, но затем, в связи с переходом основных видов нашего строительства на фундаментальные каменные материалы, приостановилось.

В последнее время Л. Л. Липшицем разработан способ получения фибролита на необоженном доломите. Фибролит затворяется на растворе сернокислого магния и подвергается термической обработке при 160—170° в течение 7—8 час. Твердение массы является результатом ряда кристаллообразований обыкновенного гипса, ангидрита, не вошедшего в реакцию сернокислого магния и, возможно, некоторых комплексных двойных солей сернокислого кальция и магния. В настоящее время приступлено к реконструкции Запорожского фибролитового завода по способу Л. Л. Липшица и намечается реконструкция Московского фибролитового завода.

Проводились опыты получения пустотелых блоков (лаборатория П. П. Будникова в Харькове) и перегородочных плит (Московский фибролитовый завод), давшие положительные результаты. Произведены удачные опыты по улучшению кислотоупорных плиток на базе необоженного доломита (инж. Запорожец, Минск). Полученные плитки пригодны для обшивки стен и потолков.

Различными авторами разработаны способы получения из доломита цемента, обладающего гидравлическими свойствами и в то же время являю-

щегося высокоогнеупорным материалом. Доломитовый цемент может служить для получения набивных футеровок, для нанесения защитных обмазок и, наконец, для получения безобжигового кирпича.

В химической промышленности доломит служит сырьем для получения солей, например белой или легкой магнезии $[4\text{MgCO}_3\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}]$, тяжелой магнезии (магнезия «уста»), которую получают новым обжигом из белой магнезии; подобно последней она отличается своей легкостью и находит применение в резиновой промышленности, а также в качестве фармацевтического препарата.

Среди термоизоляционных материалов широким распространением пользуются асбесто-магнезиальные массы в виде «ньювеля» и изготавливаемого в Союзе «совелита», в котором полностью утилизируются обе составные части доломита — MgCO_3 и CaCO_3 . Совелит имеет в изоляции одинаковый с ньювелем коэффициент теплопроводности (0.05—0.06 кал/м час °С при средней температуре 50—130°), но отличается несколько большей температуроустойчивостью; объемный вес его (250—400 кг/м³) несколько выше, чем у лучших сортов ньювеля.

В стекольном производстве доломит применяется в качестве источника магния при изготовлении стекол с повышенной химической стойкостью и повышенными механическими качествами. Кроме того, окись магния вводится в стекло при изготовлении стеклянной ваты и при механизированном способе производства.

Окись магния уменьшает коэффициент расширения стекла, позволяет снизить рабочую температуру при формовке, увеличивает прозрачность стекла. Замена окиси кальция окисью магния снижает температуру расстекловывания, примерно, на 30° на каждый процент содержания MgO и уменьшает скорость роста кристаллов.

В керамике известно применение доломита как плавня в фаянсовом и фарфоровом производствах (изоляционный фарфор, тугоплавкие глазури и пр.).

Абразивная промышленность применяет доломит в обожженном виде как тонкий абразивный материал под названием «венская известь». Венская известь применяется для окончательной полировки никеля, бронзы, меди, перламутра, целлулоида и т. п. Она отличается большей мягкостью, чем кремнезем, но тверже крокуса.

Тонкоразмолотым доломитом пользуются наряду с известняком в качестве наполнителя для некоторых красок и лаков. Для получения меловой бумаги применяют весьма тонкий мел, полученный путем добавки соды к свежезагашенной магнезиальной извести.

В резиновой промышленности доломит и доломитизированный известняк применяются для придания твердости каучуковым изделиям. Кроме того, им пользуются в качестве ускорителя при вулканизации.

В кожевенном производстве, которое для удаления шерсти пользуется обычной известью, для некоторых сортов, как, например, для марокканской кожи, предпочитают известь магнезиальную.

В производстве фунгицидов доломит может быть применен наравне с известняком для получения сухой серной извести.

Широко применяется доломит наряду с известняком в качестве наполнителя для асфальта.

Известно применение доломита для нейтрализации сернокислых сточных вод. Применяемые обычно для этой цели фильтры из известняка страдают тем недостатком, что образующийся при нейтрализации сернокислый кальций (гипс), вследствие малой растворимости, отлагается на поверхности фильтрующего материала. Доломит для этой цели применяется как в сыром, так и обожженном до 700° виде. Работы, произведенные сотрудниками ВОДГЕО С. Вознесенским и А. Евлановой, показали, что снижение затрат

на доломитную установку против меловой составляет 36% по капиталовложениям и 21% по эксплуатации, а стоимость обработки 1 м³ кислых сточных вод понижается при нейтрализации доломитом на 22% против стоимости на меловой установке.

В сельском хозяйстве доломит служит для удобрения почв. Имеется предположение воспользоваться для этой цели получаемою при обжиге металлургического доломита пылью, которая в настоящее время бесполезно загромождает заводскую территорию. В 1938 г. количество этих отходов по заводам Главогнеупора составляло, примерно, 25 тыс. т. Между тем пыль может быть использована в качестве удобрения, действующего благоприятно на урожай свеклы, зерновых и других культур. Целесообразно примешивание ее к суперфосфату в количестве 5—6%, что, улучшая физические свойства последнего, будет способствовать рассеиваемости и смешиваемости суперфосфата с другими удобрениями. Близость южных доломитовых заводов к Константиновскому суперфосфатному заводу делает вполне реальной эту проблему.

В последнее время в литературе встречались указания на использование доломита в заводском масштабе (Япония) для получения *металлического магния* и его сплавов. Однако, вряд ли такое его применение может оправдаться при условии наличия более полноценных магнийсодержащих видов сырья: магнезита или магнезиальных солей.

6. ТЕХНОЛОГИЯ И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ДОЛОМИТУ

Доломит в сыром виде применяется в ничтожном количестве, главным образом, для усреднения почв и как строительный камень. Почти все количество применяемого доломита подвергается предварительному обжигу, который поэтому и является основным видом его технологии. На втором месте в технологии доломита стоят химические процессы, связанные с выделением окиси магния из доломита.

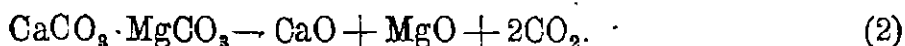
Обжиг доломита — первая и часто основная операция при переработке доломита — может производиться в трех направлениях:

1) Полуобжиг при невысокой температуре, около 700°, с целью разложения только одного углекислого магния по реакции:



Получается так называемый *каустический доломит*.

2) Обжиг при средней температуре, около 1000°, для полного, по возможности, удаления углекислоты по реакции:



Получается так называемая *нормальная магнезиальная известь*.

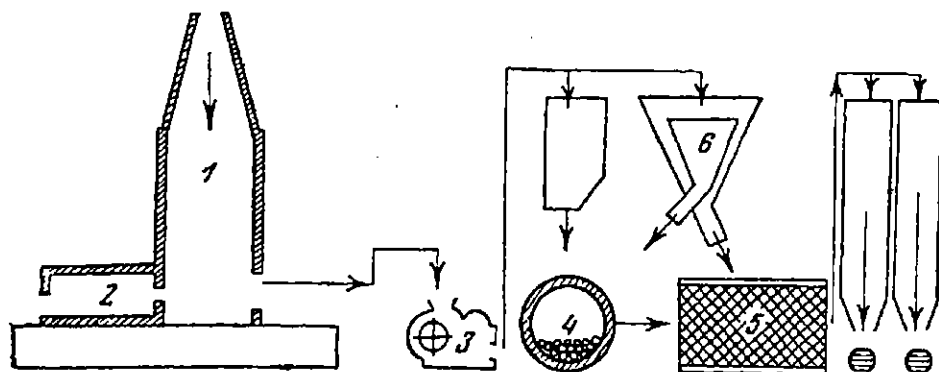
3) Обжиг при высокой температуре, около 1500—1700°, для получения спешшегося огнеупорного материала, связанный с перекристаллизацией окислов и образованием кристаллической решетки периклаза (см. Магnezит).

Получается «памертво обожженный» доломит.

Во всех трех случаях технологический процесс в общих чертах одинаков и сводится к операциям: дроблению сырья, обжигу (кускового материала в шахтных печах, мелочи — во вращающихся трубопечах), помолу обожженного материала различными, в зависимости от его назначения, помоловыми агрегатами и отсеиванию или отвеиванию (фиг. 14 и 15).

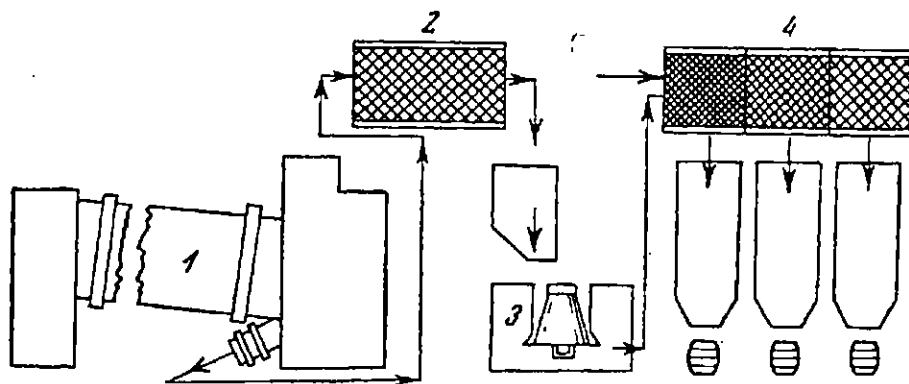
Наименее практически изучено и теоретически обосновано новое, существующее всего несколько лет *производство каустического доломита — полуобжиг*. Температура диссоциации составных частей доломита — магнезита и кальцита — может считаться установленной с большим приближением

для первого — около 750° , для второго — около 925° . Термический анализ доломитов показывает, что разложение магнезита предшествует разложению кальцита, а потому теоретически можно обжечь всякий доломит без разложения CaCO_3 . В то же время магнезитовая составляющая кривых разложений доломитов разного происхождения имеет неодинаковый характер, что указывает на необходимость индивидуального подхода к полубожи-гу доломитов отдельных месторождений. Главное требование к рабочей печи в этом случае — соблюдение точного температурного режима обжига, приблизительно в среднем около 700° . Поэтому шахтные пересыпные печи непригодны для этого процесса, и приходится пользоваться шахтными печами с выносными топками (пелтяными, угольными и даже дровяными).



Фиг. 14. Схема производства применительно к полубожи-гу доломита.

1 — шахтная печь; 2 — топка; 3 и 4 — мельницы; 5 — бурат; 6 — воздушный сепаратор.



Фиг. 15. Схема обжига мелочи.

1 — вращающаяся печь; 2 — бурат; 3 — мельница; 4 — бурат.

На фиг. 14 дана схема производства (Бубнов, 1933; Буткевич, 1932) применительно к полубожи-гу доломита. Предварительно раздробленное до нужных размеров (100—150 мм) сырье загружается в шахтную печь 1 с выносной топкой 2. Необходимой операцией при этом являются сортировка и удаление недожженного и пережженного материала. В качестве помольного устройства даны молотковая 3 и шаровая 4 мельницы. Последняя соединена или с буратом 5 или с воздушным сепаратором 6, т. е. предусмотрена возможность как отсеивания, так и отвеивания. Вместо молотковой и шаровой мельниц можно пользоваться также жерновами, бесситной трубчатой и другими мельницами.

Полный обжиг при температурах около 1000° является нередко первой операцией при более сложной переработке доломита (производство белой магнезии, каустического магнезита, совелита). Обыкновенно следующей после обжига операцией в этом случае является гашение, которое всего удобнее производить в закрытых котлах паром под давлением нескольких атмосфер. Процесс обжига и аппаратура ничем не отличаются от применяе-

мых при обжиге известняка на известь, охарактеризованных в соответствующих статьях (см. Известняк и Цементные материалы).

Наибольшее значение в технике имеет обжиг при высокой температуре. Основной задачей обжига при высокой температуре является получение так называемого мертвообожженного доломита, т. е. способного долгое время сопротивляться гашению парами воды и углекислотой атмосферного воздуха. Одним из условий получения такого доломита является обеспечение спекания доломита, что связано с необходимостью вести обжиг не только при высокой температуре, но при определенном составе доломита, так как температура спекания зависит от содержания в нем примесей. Работы С. В. Потапенко устанавливают следующее отношение

ТАБЛИЦА 38

Отношение между температурой спекания и содержанием примесей в доломите (в %)

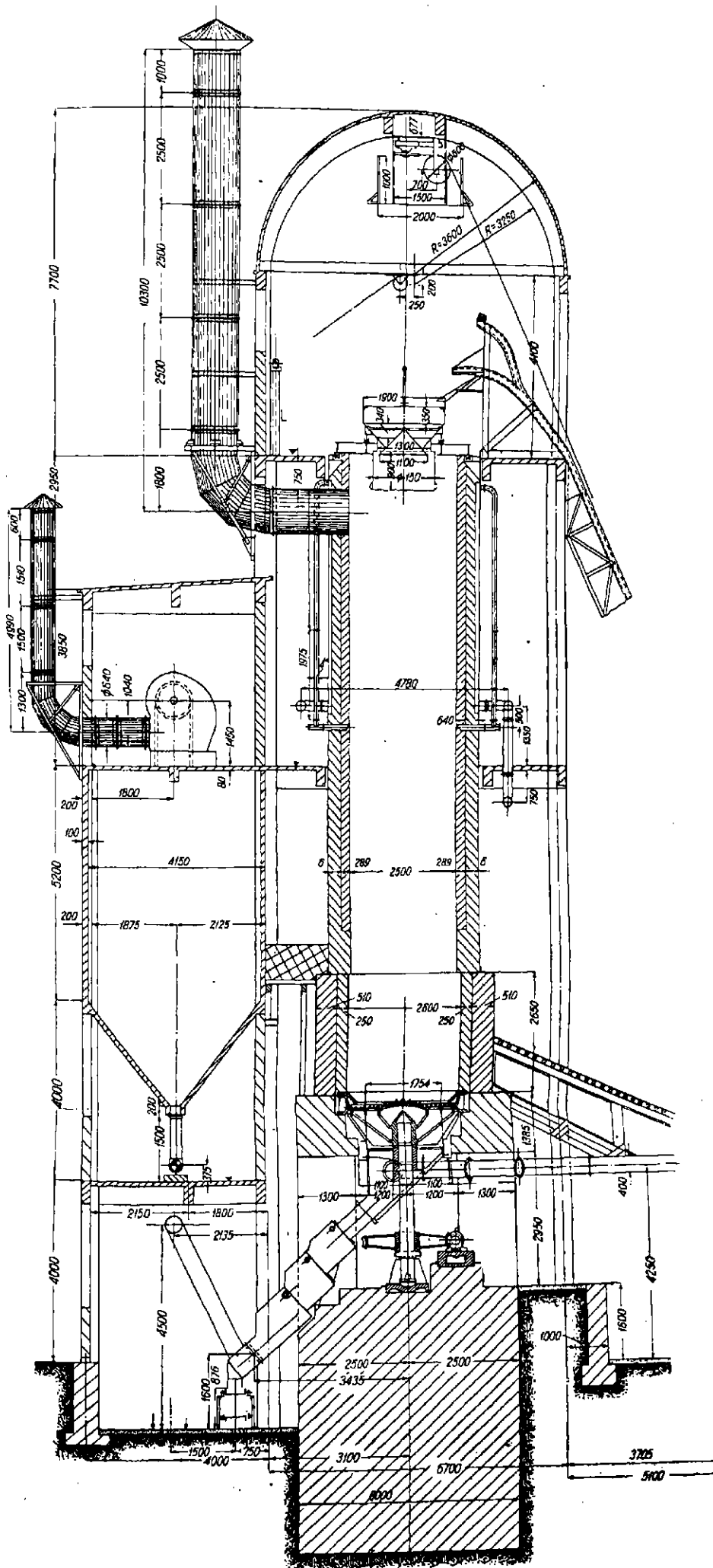
SiO_2	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Mn}_2\text{O}_4$	Температура спекания в °C
2—6	3	1460
2—3	2—3	1560
1—2	1—3	1650
1	1	1700

между температурой спекания и содержанием SiO_2 и $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Mn}_2\text{O}_4$ (табл. 38).

Таким образом, чем выше огнеупорность доломита, тем труднее он спекается. Имеющиеся в природном доломите примеси SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 и Mg_3O_4 при таком обжиге вступают в реакцию с основными компонентами, образуя силикаты, которые являются цементирующими веществами

для частиц обожженного доломита, обуславливая процесс спекания. Наличие силикатов при процессе обжига создает благоприятные условия для перекристаллизации окиси кальция и магния. Чем полнее проходит эта перекристаллизация, чем крупнее получаются кристаллы, тем выше плакоустойчивость обожженного доломита. Проведенные в последнее время работы Г. В. Куколева устанавливают связь процессов обжига доломита «намертво» с характером изменения кристаллической решетки компонентов, составляющих примеси доломитов (Куколев и Дудявский, 1939). На основе этих работ установлено, что для достижения успеха необходимо вводить в обжигаемую шихту такие компоненты (например, природные силикаты магния), которые реагировали бы с известью доломита и способствовали бы образованию периклаза при более умеренных температурах — не выше 1300° . Так как обжиг доломита обычно осуществляется за счет сгорания твердого топлива, загружаемого в печи вместе с доломитом, то компоненты золы (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) также участвуют в реакциях образования необходимых для спекания силикатов. Поэтому при расчете шихты обычно учитывают состав и количество золы топлива. Если количество примесей недостаточно для нормального спекания, то к доломиту добавляют соответствующее количество так называемых плавней (1—2%), в качестве которых берут природные силикаты магния (дуниты, серпентиниты и др.), пыль доменных печей, мартеновский шлак и пр. В настоящее время начинают вводить в практику обжиг смеси доломитов разных месторождений, исходя из расчета получения спекающейся шихты. В обычных условиях производства трудно получить намертво обожженный продукт, так как всегда остается некоторое количество углекислоты. Поэтому техническим намертво обожженным называется такой доломит, который устойчив к воздействию углекислоты и влаги атмосферы в течение 3 месяцев.

Процесс обжига доломита намертво производится в шахтных или вращающихся печах. Еще не так давно большое распространение имели вагранки, но в настоящее время они усиленно заменяются механизированными автоматическими шахтными печами, с которыми конкурируют лишь вращающиеся печи. В СССР обжиг производится, главным образом, в вагранках.



Фиг. 16. Шахтная автоматическая печь для обжига доломита.

Вагранки для обжига доломита представляют собой шахтные печи высотой до 10 м и с внутренним диаметром до 3 м. Загрузка шихты производится сверху через загрузочные окна, а выгрузка обожженного доломита — внизу через выгребные окна. Топливом обычно служит антрацит, иногда кокс или их смесь. Расход топлива — от 35 до 75% от обожженного доломита. Воздух, необходимый для сгорания топлива, подается с помощью принудительного дутья или естественной тяги. Продолжительность обжига от 1.5 до 2 суток. Производительность вагранок 15—25 т обожженного доломита в сутки. На вагранках работают у нас старый Никитовский и Ямской заводы. Все производственные процессы на этих заводах, кроме подачи сырья, производятся вручную. Футеровка вагранок в зонах охлаждения и подогрева выполнена из шамотного кирпича, а в зоне спекания набойка — из молотого обожженного доломита, смешанного с обезвоженной каменноугольной смолой. В настоящее время применяется также хромо-магнезитовый и дунитовый кирпич.

Основные недостатки вагранок этого типа следующие. В них нельзя достигнуть высоких температур и обжечь намертво трудноспекающиеся доломиты, имеющие сумму плавней ниже 6%. Производительность их мала и зависит от атмосферных условий и времени года. Механизация отсутствует.

В СССР в 1935 г. пущен в Никитовке доломитообжигательный завод, оборудованный шахтными автоматическими печами, в которых можно обжигать кусковой доломит при температуре до 1600°, в расчете на так называемый желтый доломит, добываемый на карьерах Никитовского месторождения. Для обжига более трудноспекающихся «белых» доломитов на заводе сооружены вращающиеся печи, в которых можно достичь температуры в 1700° и, кроме того, использовать мелочь, которая не может идти в шахтные печи.

Технологический процесс нового Никитовского завода заключается в следующем. Сырой доломит поступает в дробильное отделение, где подвергается вначале дроблению на дробилках Блека до величины кусков 80 мм, а затем поступает на сито системы Армса, где отделяется мелочь до 25 мм. Куски от 25 до 80 мм поступают в бункеры шахтных печей, мелочь же, которой получается около 30%, измельчается в дробилке типа «Титан» фирмы Миаг. Затем доломит идет на два цилиндрических грохота, где происходит отсев пыли до 0.5 мм. Обе фракции, размером частиц до 0.5 мм и 0.5—2.5 мм, собираются в отдельные бункеры вращающихся печей и обжигаются раздельно. Дробильное отделение оборудовано двумя дробилками «Титан» производительностью 40 т каждая.

Печное отделение состоит из четырех шахтных печей и двух вращающихся печей. Автоматические шахтные печи системы Круппа (фиг. 16) имеют цилиндрический профиль. Кожух печи сделан из котельного железа толщиной 10—12 мм; внутри печь футерована шамотным кирпичом и доломитно-смолистой массой (доломита 90% и смолы 10%). Толщина футеровки — шамотной 250 мм и доломитной 250 мм. Доломитная футеровка предохраняет шамотную футеровку от влияния высоких температур в зоне спекания и реакционного воздействия доломита при этих температурах. В последнее время применяется хромо-магнезитовый кирпич. Диаметр печи 2.5 м, высота 14 м, полезный объем 60 м³. Производительность — 70 т обожженного доломита в сутки. Доломит и кокс, или антрацит, транспортируются скипом емкостью в 0.6 м³; они автоматически загружаются слоями через воронку с колоколом («конусом»), который служит для правильного распределения сырых материалов внутри печи.

Расход топлива 25—35% от обожженного продукта. Вентиляторы высокого давления (до 1000 мм водяного столба) подают воздух снизу под

колосниковую решетку, где он, пройдя зону охлаждения, поступает в зону обжига. Воздух частично подогревается за счет охлаждения обожженного доломита. Этим достигается частичная регенерация тепла, а также повышается пирометрический эффект. Вентиляторы низкого давления (300—350 мм водяного столба) подают воздух в зону спекания; предварительно воздух проходит специальные каналы, устроенные между кожухом и футеровкой шахты, для охлаждения футеровки в зонах высоких температур.

Выгрузка обожженного доломита производится автоматически посредством вращающейся колосниковой решетки, которая может вращаться со скоростью от 0.65 до 2.5 об/час, что позволяет регулировать скорость продвижения сырых материалов в печи и этим устанавливать правильный режим обжига, в зависимости от качества сырых материалов и температуры печи. Обожженный доломит с колосниковой решетки поступает в трехкамерный плюз, а затем ленточным транспортером отправляется в дробильно-сортировочное отделение.

Вначале обожженный доломит направляется на грохот, где происходит рассев на три фракции: 1) от 0 до 2 мм; 2) от 2 до 15 мм и 3) выше 15 мм. Первая фракция — мелочь — идет как добавка в шихту вращающихся печей; вторая фракция — готовый продукт; третья фракция поступает на дробление в мельницы системы Вискостроя, где додрабатывается до стандартных размеров готового продукта.

Вращающиеся печи нового Никитовского завода представляют собой конструкцию б. Всесоюзного машино-технического синдиката (ВМТС). Диаметр печи 3 м, длина 65 м, уклон 4°. Производительность печи — 150 т в сутки. Печь вращается на роликах со скоростью в 70—80 об/сек. Футеровка печи выполнена из доломитно-смолистой массы, спрессованной при 300 атм. Питание печей доломитом происходит из бункеров. Шихта (сырой доломит, мелочь после обжига доломита, иногда и плавни) поступает в холодный конец печи, а топливо и воздух — в горячий. Топливом служит угольная, коксовая или антрацитовая пыль. Пыль вдувается воздухом под давлением 300 мм водяного столба через форсунку, которая дает возможность направлять поток топлива в желаемом направлении. Получающийся в печи доломитовый клинкер с температурой около 1000° поступает в холодильник, который имеет вид цилиндра с диаметром 2 м и длиной 20 м. В холодильнике доломит охлаждается воздухом, которым вдувается топливо во вращающуюся печь. Так как воздух при этом нагревается до 200°, то, кроме выгоды от регенерации тепла, еще получается увеличение пирометрического эффекта. Расход топлива — от 40 до 50% от обожженного продукта.

За границей практикуются три способа обжига доломита во вращающихся печах: мокрый, сухой и полусухой. По первому способу сырой доломит измельчается до 25 мм, подвергается промывке от механических примесей песка и глины и затем поступает в мельницы, где он измельчается в смеси с водой в отношении $T:Ж=3:1$. Полученный шлам поступает в коррекционный бассейн, а затем идет на обжиг. Этот способ дает однородный готовый продукт, позволяя вести обжиг шихты из легко- и трудноспекающихся доломитов и облегчая шихтовку. Но этот способ требует устройства сложного подготовительного отделения, а также влечет за собой большой расход топлива на испарение воды. В Америке этот способ применяется для обжига трудноспекающихся доломитов с добавкой плавней. Сухой способ, примененный на Никитовском заводе, описан выше. В связи с тем, что наши доломиты отличаются разнообразным химическим составом, возможно, что сухой способ придется заменить мокрым. Третий, сравнительно редко практикующийся способ заключается в том, что печь питается и шламами, и сырым доломитом.

В последнее время начинает в практику входить обжиг доломита в пылевидном состоянии в шахтных печах.

Материальный баланс обжига доломита складывается из следующих цифр: на 1 кг готового продукта требуется 2.9 кг сырого доломита, учитывая потери при дроблении 0.47 кг и потери в виде обожженной мелочи и пыли в пересчете на сырой доломит 0.52 кг. Эти потери могут частично возвращаться в производство путем брикетирования или спекания во вращающихся печах, но часть их (унос пыли в трубу печи — 4%, унос пыли в трубу после эксгаустера — 6%) является невозвратимой. Если учесть возвратимые потери, то расход сырого доломита на 1 т обожженного равен 2.029 т.

Некоторые недостатки работы шахтных печей заставляют искать новые пути обжига доломита. С этой точки зрения заслуживают внимания удачные опыты спекания доломита на аггломерационной машине Дуайт-Ллойда, произведенные А. М. Парфеновым (Механобр). Расход топлива составляет около 43—45% в пересчете на единицу готового продукта. По расчетам авторов предложения, стоимость обжига по этому методу значительно ниже стоимости обжига в шахтных печах.

Производство доломитового кирпича. Естественный доломит при обжиге на существующих установках дает продукт, который выдерживает хранение в лучшем случае 2—3 месяца. Поэтому из него можно готовить доломитовый кирпич на смоляной связке лишь при условии потребления на месте и тщательного сохранения от сырости. Это производство практикуется некоторыми металлургическими заводами. Для получения же доломитового кирпича, способного выдерживать длительное хранение и перевозку, необходим специально изготовленный клинкер. Клинкер готовят путем тонкого помола естественного доломита в смеси с различными флюсовыми добавками — трепелом, железной рудой, мартеновским шлаком и т. п. Полученную смесь обжигают во вращательных печах подобно тому, как это делается при цементном производстве. Клинкер дробится до необходимой тонкости, порошок замешивается с каменноугольной смолой (а при некоторых составах — с водой). Кирпичи изготавливаются путем прессовки на механических прессах или вручную с последующим обжигом до 1450—1650°.

Проблему получения устойчивого доломитового кирпича в СССР можно считать практически разрешенной благодаря работам Украинского института огнеупоров. По разработанному им методу производства к доломиту добавляется кремнезем в такой пропорции, чтобы связать весь кальций в $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ и $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$. Для снижения температуры реакции к шихте добавляется некоторое количество железной руды. Затем в виду того, что клинкер, содержащий $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, при охлаждении склонен рассыпаться в тонкий порошок, добавляется фосфорный ангидрид в количестве $2\frac{1}{2}\%$, который предотвращает это явление. Способ был проверен в производственных условиях.

Проектируемые по этому методу кирпичные заводы в Никитовке и в центре будут работать по следующей технологической схеме (стр. 384).

Требования, предъявляемые к металлургическим доломитам. Вопрос об износе огнеупорных материалов печи, вызываемом воздействием расплавленного шлака и металла и окисляющего пламени, для нас в настоящее время имеет огромное значение, так как играет существенную роль в деле развития стахановских методов выплавки стали. Те достижения по увеличению съема стали с 1 м² пода печи, которые мы имеем благодаря работе лучших наших стахановцев-сталеваров (М. Мазай и др.), требуют резкого увеличения стойкости огнеупорных материалов в печах.

Основные требования, которые необходимо предъявлять к качеству доломита, могут быть кратко сформулированы следующим образом: доломит

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКОГО ДОЛОМИТОВОГО КИРПИЧА



должен иметь на ряду с высокой огнеупорностью хорошую сопротивляемость разъеданию шлака.

Огнеупорность доломита, как это было указано раньше, зависит от содержания примесей: чем ниже содержание SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 и Mn_2O_4 , тем выше огнеупорность. Таким образом, следовало бы считать, что чистые доломиты являются наиболее ценным огнеупорным материалом. Однако, на практике, в связи с технологией доломита и условиями его применения, приходится устанавливать некоторый оптимум содержания примесей с тем, чтобы обеспечить надлежащее качество обожженного доломита, главным образом с точки зрения его устойчивости против гашения.

В литературе имеется ряд работ, посвященных выяснению вопросов о влиянии различных примесей в доломитах на устойчивость «намертво» обожженных доломитов. В большинстве случаев признается особая роль кремневой кислоты как стабилизатора. Холмс, Мак-Кори и Болъ, отмечая указанную выше роль кремнезема, устанавливают оптимальное его содержание в 5—7%, которое необходимо для получения устойчивого обожженного доломита. С. В. Потапенко (1931) указывает, что при содержании SiO_2 выше 6% обожженный доломит склонен к распаду при охлаждении после обжига, а доломиты, содержащие выше 10% SiO_2 , рассыпаются полностью, вследствие полиморфного превращения $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ при температуре 675° (Потапенко, 1932—2).

Находящиеся в доломитах окислы железа при обжиге образуют ферриты, обладающие сравнительно низкой температурой плавления. Глино-

зем образует при обжиге с известью различные соединения: $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$; $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$; $5\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ и др. Их стабилизирующая роль резко не отмечена, однако, для получения необходимых силикатов при обжиге считают желательным присутствие $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ около 2%.

А. С. Базилевич, исследуя вопрос о рациональном составе шихты для мертвого обжига доломитов, нашел, что для получения стабильного металлургического доломита необходимо иметь следующее содержание примесей:

$$\text{SiO}_2 = 3.2\%; \text{Al}_2\text{O}_3 = 2.3\%; \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2.3\%.$$

Для получения высокоогнеупорных изделий содержание примесей должно составлять:

$$\text{SiO}_2 = 1.0\%; \text{Fe}_2\text{O}_3 = 5.5\%; \text{Al}_2\text{O}_3 = 0.5\%.$$

Д. А. Ниренштейн (1938), исследуя вопрос стабилизации доломита, обожженного при высоких температурах, также подтвердил необходимость определенного соотношения SiO_2 , Al_2O_3 и других компонентов.

В литературе очень мало имеется данных для обоснования необходимых требований к химическому составу доломитов. Так, например, в известной работе Якобса, представляющей результат обработки анкетного опроса 86 заводов, даются самые разноречивые мнения по вопросу о химическом составе, хотя и приводятся некоторые данные для ряда практических случаев (Jacobs, 1928). Кроме содержания необходимого количества примесей, на устойчивость обожженного доломита влияет также температура обжига. Температура выше 1500° способствует получению устойчивых доломитов при меньшем количестве плавней.

При установлении у нас требований к химическому составу должны учитываться не только указанные выше соображения, но также и качество доломитов разрабатываемых в настоящее время месторождений, а также и состояние заводов по обжигу доломита. Детальное изучение этого вопроса привело к установлению следующего стандарта на доломиты по химическому составу (ОСТ 10173—39 и 10174—39), в котором для сырого доломита установлено три класса и для намертво обожженного — два (табл. 39 и 40).

ТАБЛИЦА 39

Стандарт на сырой доломит
(химический состав в %)

Компоненты	Классы		
	I	II	III
MgO не ниже	19.0	17.0	16.0
SiO ₂ не выше	5.0	6.0	7.0
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ + + Mn ₂ O ₄ не выше . .	8.0	10.0	12.0

ТАБЛИЦА 40

Стандарт на обожженный доломит
(химический состав в %)

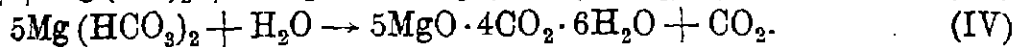
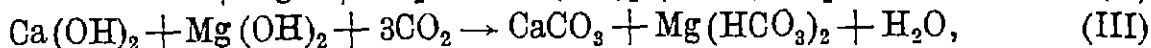
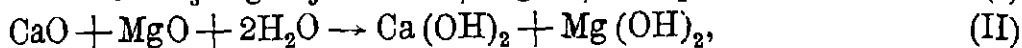
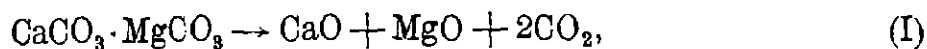
Компоненты	Классы	
	I	II
MgO не ниже	32.0	28.0
SiO ₂ не выше	9.0	12.0
Потери при пронали- вании не выше	2.0	1.5

С точки зрения получения намертво обожженного доломита класс II является наилучшим, так как он позволяет при более низких температурах получать устойчивый обожженный доломит, особенно при современном состоянии обжиговой техники на некоторых заводах. Однако, огнеупорность его ниже, чем класса I, и поэтому он менее ценен с металлургической точки зрения, так как будет менее стойким в печах. Доломиты с хорошим содержанием окиси магния (не менее 18%) и с малым содержанием примесей (до 3.5%), следовательно, обладающие высокими огнеупорными качествами, также с технологической точки зрения менее ценны, так как

доломиты этого класса плохо поддаются спеканию, а потому для получения намертво обожженного доломита требуют высоких температур (1600—1700°) или же добавления специальных плавней (дуниты, каолины, песок, трепел, нефелины и др.). К этим доломитам из крупных месторождений относятся Ново-Троицкое (Донецкий бассейн) и Агаповское (Урал).

В настоящее время, в связи с новыми исследованиями качества доломитов и реконструкцией обжигового дела, назрела необходимость в пересмотре стандарта.

Химическая переработка. Ценность доломита составляет его магнезиальная часть; при широкой распространенности и доступности доломита он является одним из основных сырьевых источников магнезиевой промышленности наряду с магнезитом и растворимыми природными солями. Правда, содержание MgO сравнительно с рядом других минералов в доломите невелико, но отделение его от других составных частей давно уже осуществлено в заводских условиях при производстве белой магнезии (метод Патинсона) по реакциям:

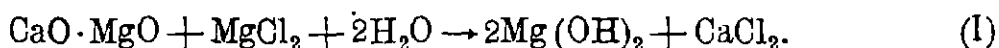


Недостаток этого способа отделения Mg от Ca представляет некоторая сложность процесса и вытекающая отсюда повышенная стоимость конечной продукции.

Лучшие результаты могут быть получены при выделении CaO из обожженного доломита способами Шейблера и Классона, приводящими к получению каустического магнезита (MgO), пригодного для цемента Сорреля.

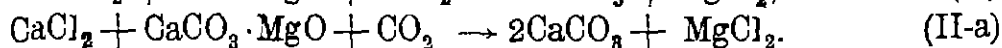
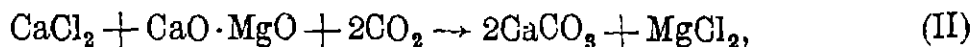
В основе первого метода лежит обработка обожженного нацело доломита ($CaO + MgO$) сахарной патокой на холоду, причем CaO переходит в раствор в виде сахарата, а MgO остается в осадке и отфильтровывается, промывается и сушится. Полученный в заводских условиях продукт содержит от 4 до 8% CaO и отличается от каустического магнезита медленным схватыванием, часто далеко выходящим за нормы стандарта (ОСТ 3035), что, впрочем, не мешает достижению нормальной прочности цемента за 7 и, в особенности, за 28 дней.

Принцип Классона заключается в том, что раствор хлористого магния при смешении с обожженным доломитом, после основательного механического перемешивания, извлекает окись кальция в виде хлористого кальция по уравнению:



В результате получается продукт с содержанием 2% CaO .

Реакция требует нацело обожженного доломита и идет лишь при большом избытке хлористого магния. Полученный раствор хлористого кальция регенерируется по реакциям:



Потери хлористого кальция или хлористого магния, если работа производится на последнем, достигают 5—6%.

Одна из модификаций способа Классона, а именно осаждение $Mg(OH)_2$ известью, представляет интерес для обработки морской воды с целью извлечения из нее магния (MgO).

Указанные способы отделения кальция от магния не дают достаточно дешевой продукции и могут иметь лишь местное значение, выдерживая конкуренцию с каустическим магнезитом, получаемым простым обжигом магнезита, лишь в случае дальних перевозок последнего.

Схема производства углекислой магниевой соли, предложенная в 60-х годах прошлого столетия Патинсоном, в своих основных чертах до настоящего времени остается классической и единственной, нашедшей широкое применение для промышленного отделения магния от кальция при переработке доломита. Основана она на различной растворимости карбонатов кальция и магния в воде, насыщенной углекислотой под давлением. С повышением давления углекислоты растворимость карбоната магния возрастает, в то время как растворимость карбоната кальция остается незначительной. Это дает возможность получать чистые растворы $Mg(HCO_3)_2$, из которых после отделения фильтрацией $CaCO_3$ выделяют кипячением основную углекислую магнезию в особо легкой форме. Этот процесс обуславливается понижением ее растворимости при нагревании, которая при 100° практически достигает нуля. При увеличении давления CO_2 растворимость углекислых солей сначала повышается быстро, затем концентрация раствора нарастает очень медленно.

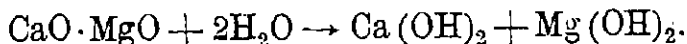
В технологическом процессе имеет большое значение устойчивость раствора бикарбонатов магния на воздухе при атмосферном давлении, так как раствор при фильтрации начинает разлагаться с выделением магниевых солей, забивающих фильтр и насос, затрудняя тем самым производство и понижая концентрацию раствора.

Для повышения устойчивости растворов и их концентрации рекомендуются различные добавки солей и механических примесей (парафин, животный уголь и др.).

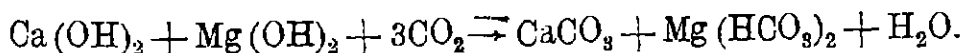
Главным недостатком этого способа отделения магния от кальция является все же очень малая растворимость в воде двууглекислой магниевой соли, которая достигает всего 2.5—2.75% от веса воды. Отсюда необходимость громоздкой аппаратуры, большой расход тепла на подогревание и кипячение всей массы воды и т. д. Все это вызвало многочисленные попытки усовершенствования способа, нашедшие отражение в богатой патентной литературе, посвященной этому вопросу. Один из последних вариантов способа Патинсона предложен в 1925 г. Морицом (Moritz).

По способу Морица (фиг. 17) доломит обжигается в шахтной печи с выносной генераторной топкой или работающей на жидком минеральном топливе.

Обожженный доломит гасится в особом непрерывно действующем аппарате:



Доломитовое молоко поступает в мешалку 1, а оттуда—в запасной бак 2 и отстойник 3. В последнем происходит отмучивание от тяжелых частиц песка и регулирование плотности доломитового молока, которая поддерживается около $7^\circ Be$. Затем молоко поступает в сборник 4, откуда перекачивается в карбонизаторы—аппараты для насыщения углекислотой 5, 5¹, 6, в которых происходит вторая реакция:



Эта реакция—экзотермическая, сопровождающаяся выделением тепла, что вызывает необходимость в охлаждающих приспособлениях во избежание понижения концентрации растворов бикарбоната магния.

При последовательном прохождении доломитового молока через вертикальные карбонизаторы 5 и 5¹ в раствор переходит около 16—17 г $MgCO_3$ на 1 л, причем для карбонизации пользуются отходящими от обжиг-

вой печи газами с содержанием CO_2 до 30%. В последнем горизонтальном карбонизаторе 6 насыщение производится при повышенном давлении 100% углекислотой. Здесь концент-

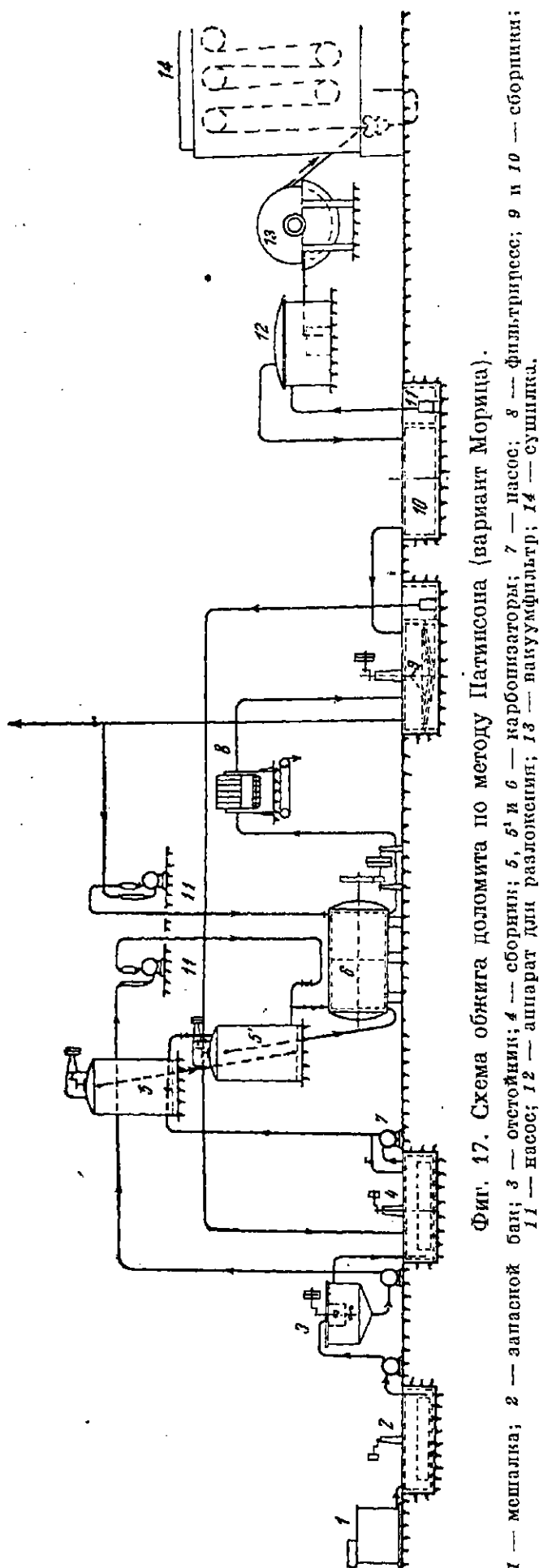
рация MgCO_3 в растворе поднимается до 25—27 г на 1 л.

Для отделения осадка CaCO_3 от раствора $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ жидкость пропускается через фильтрпресс 8, предварительно промытый водой, насыщенной CO_2 . Отфильтрованный чистый раствор поступает в сборники 9 и 10, а из них в аппарат для разложения 12, после чего выделившаяся белая магнезия отфильтровывается на вакуумфильтре 13 и сушится в сушилке 14. Разложение бикарбоната производится острым перегретым паром.

В случае изготовления термоизоляционного материала «85% магнезии» (ньювель), смешение с асбестом производится в аппарате 12.

В СССР способ Патинсона для отделения кальция от магния при переработке доломита не осуществлен, и изоляционный материал из магнезии с асбестом («85% магнезии» — у нас более принято называние «ньювель»), а также белая и жженая магнезия изготавливаются в небольших количествах из магнезита, частично из рапы. Но в СССР развивается производство из доломита¹ изоляционного материала, получившего название «совелит», в котором обе части доломита (MgCO_3 и CaCO_3) утилизируются полностью.

Производство совелита схематически изображено на фиг. 18 (Шелягина и Лукошкина, 1934). Обжиг доломита ведется в шахтной пересыпной печи. Обожженный мате-

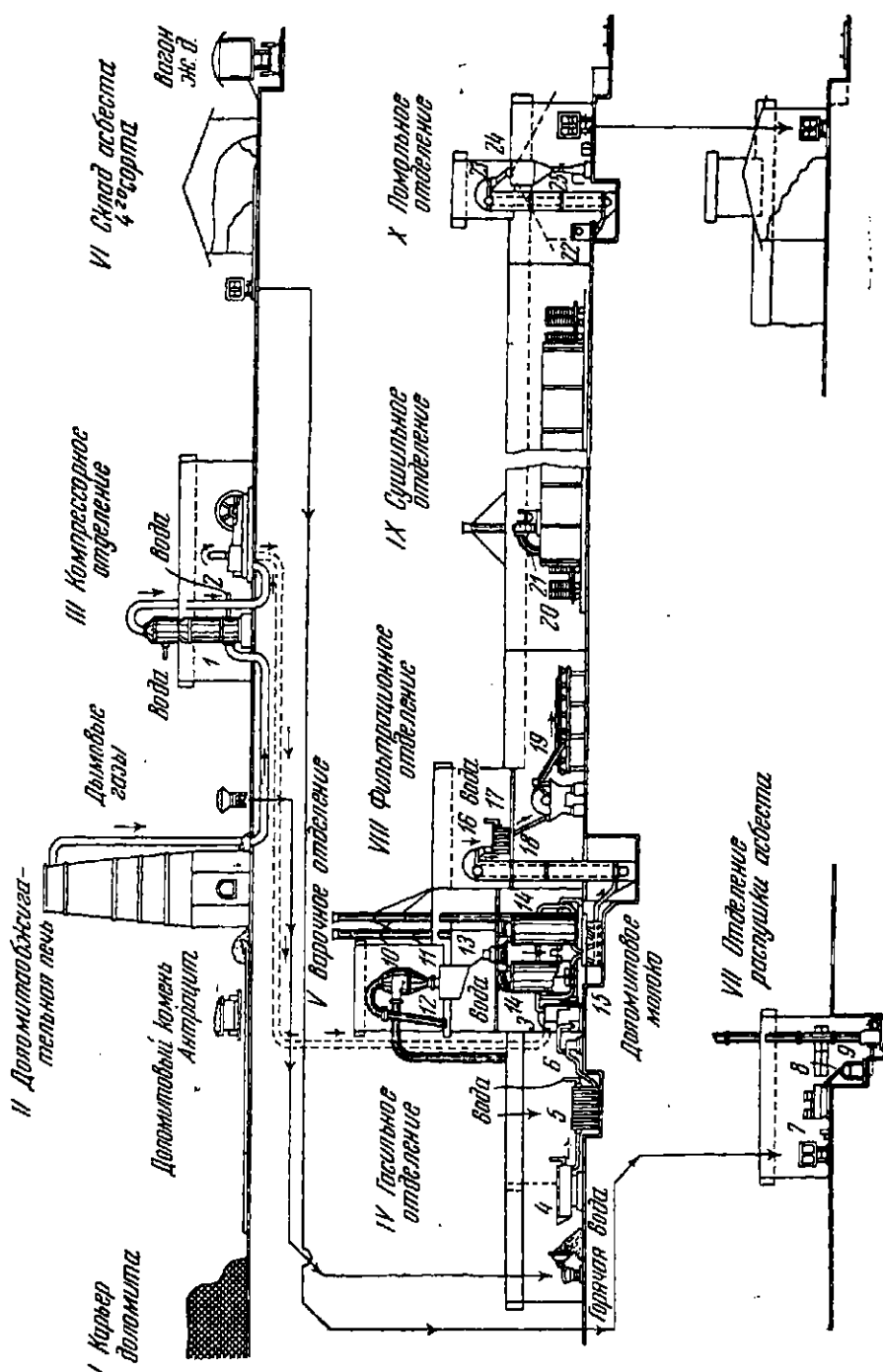


Фиг. 17. Схема обжига доломита по методу Патинсона (вариант Морица).

1 — мешалка; 2 — запасной бак; 3 — отстойник; 4 — сборник; 5, 5' — карбонизаторы; 7 — насос; 8 — фильтрпресс; 9 и 10 — сборники; 11 — насос; 12 — аппарат для разложения; 13 — вакуумфильтр; 14 — сушилка.

¹ Метод производства этого материала разработан научно-исследовательскими институтами прикладной минералогии (ИПМ), строительных материалов (ИСМ), и асбестовым.

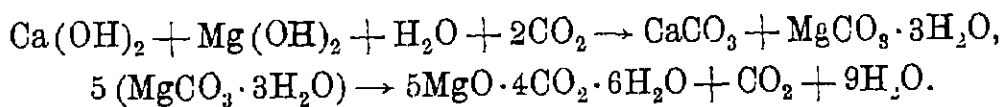
риал сортируется для удаления кусков недожженного доломита и гасится в закрытом котле паром (аппарат Мика). Далее материал передается в сборник-мешалку для получения доломитового молока постоянной концентрации около 4° Bé, а также для отделения от песка и мелочи кусков педошала. Затем доломитовое молоко поступает в реакционные баки для карбонизации (без повышенного давления). В качестве угле-



Фиг. 18. Схема производства соевлита.

1 — лопер; 2 — газопыльный насос; 3 — газосборник; 4 — аппарат Мика; 5 — шламменалка; 6 — центробежный насос; 7 — бегуны; 8 — деаэрагатор; 9 — акстауер; 10 — циклон; 11 — бункер № 1 пылевого асбеста; 12 — пылеотсительная камера; 13 — десятичные весы с ящиком; 14 — реакционный аппарат; 15 — мешалки; 16 — элеватор № 1; 17 — питающий бак с мешалкой; 18 — барабанный вакуумфильтр со вспомогательным оборудованием; 19 — розиковый транспортёр; 20 — туннельная сушилка; 21 — акстауер; 22 — молотковая мельница Клеро; 23 — элеватор № 2; 24 — бункер № 2 готового шрота; 25 — десятичные весы.

кислоты употребляются отходящие от обжиговой печи газы с содержанием до 30% CO_2 . Получение легкого, пригодного для изоляции продукта протекает в две фазы по уравнениям:



В отличие от способа Патинсона здесь не добиваются образования растворимой двууглекислой магниевой соли $Mg(HCO_3)_2$, по получают так называемые

мую нормальную трехводную углекислую соль магния ($\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) в виде хорошо наблюдаемых под микроскопом игольчатых кристаллов. Для ускорения реакции, происходящей в гетерогенной среде, пользуются катализаторами. Эта реакция протекает при температуре не выше 50° . Полученная нормальная соль $\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ при нагревании острым паром в дальнейшем разлагается, давая белую магнезию, одинаковую по легкости с полученной осаждением из растворов бикарбоната магния. В смеси же с асбестом (последний в количестве 15%) эти соли составляют термоизоляционный материал. Добавление предварительно распущенного на бегунах и дезинтеграторе асбеста производится в тех же реакционных баках после разложения нормальной магниевой соли. Приготовленная таким образом сырая масса обезвоживается на вакуум-фильтре и после сушки размалывается на молотковой мельнице, или же после реакционных аппаратов формуется в виде плит, сегментов, секций, затем поступает в сушилку и механическую обработку.

Кроме лучшего использования доломита, производство совелита сравнительно с патинсоновским значительно экономнее использует объем аппаратуры, так как концентрация суспензии $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и $\text{Mg}(\text{OH})_2$ много превышает концентрацию растворов бикарбоната магния; благодаря этому соответственно снижаются расход тепла и воды.

Та же схема целиком применима для получения «85% магнезии» при замене доломита магнезитом.

Кроме указанных способов переработки доломита, нашедших признание в промышленности, в патентной литературе приводятся еще многие другие, из которых можно отметить: отделение кальция от магния с помощью бисульфата натрия, с помощью уксусной кислоты, которая в дальнейшем регенерируется, с помощью NaCl , Al_2O_3 и Na_2CO_3 , наконец, более сложная переработка доломита с помощью MgCl_2 , CaSO_4 , $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (карналлита) для получения шенита — $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и искусственного удобрения — $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Получение окиси магния. Серьезное значение может иметь для южной металлургии получение из доломита окиси магния химическим путем. Здесь имеется мощная доломитобжигательная промышленность, отходами которой является доломитовая мелочь, представляющая слабо обожженный доломит. Одновременно поблизости имеется неисчерпаемый источник хлористого магния в виде рапы из Перекопских озер. В 1937 г. А. Алентьев произвел опыты получения окиси магния из рапы озера Старого. Рапа смешивалась с известковым молоком; полученный осадок промывался и отжимался на фильтр-прессе. Невольно напрашивается вывод, что процесс значительно выиграл бы, если бы вместо известки применяли обожженный доломит: выход окиси магния при этом почти удвоился бы.

Особенно выгодным мог бы оказаться этот метод для получения наварочного материала. Если каустический магнезит требует высокой чистоты в отношении окиси кальция, то по сравнению с обычным доломитом всякое обогащение его окисью магния является плюсом.

Требования, предъявляемые к доломиту в других отраслях. Имеющиеся данные по этому вопросу крайне скудны. Основные требования к доломиту при изготовлении совелита: содержание окиси магния не менее 19%, кремниевой кислоты — не более 20%.

При изготовлении венской известки (абразивный материал) от доломита требуется содержание MgCO_3 около 43%, SiO_2 и R_2O_3 — следы.

В случае применения доломита в стекольной промышленности содержание примесей не должно превышать 3—4% при минимальном количестве окислов железа во избежание окрашивания стекла.

7. ДОЛОМИТОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ КАПИТАЛИСТИЧЕСКИХ СТРАН

США. Данных по учету запасов доломита в США не имеется. Большинство авторов считает даже излишним, в виду широкого распространения доломита, перечислять его месторождения. Кроме того, для одних и тех же целей применяются в одинаковой мере как доломиты, так и магнезиальные известняки, вследствие чего нет возможности провести строгую грань между собственно доломитовыми и известняковыми месторождениями.

В промышленности США доломит и высокомагнезиальный известняк находят широкое и разностороннее применение, причем удельный вес потребления огнеупорной и металлургической промышленности не превалирует над прочими отраслями столь исключительно, как в СССР.

По данным Американского горного бюро, известны следующие области применения доломита и доломитизированного известняка: 1) огнеупоры, 2) технический карбонат, 3) некоторые процессы бумажного производства, 4) изготовление специальных известковых мергелей, 5) флюсы для доменной плавки, 6) производство венской извести (абразив), 7) стекольная промышленность, 8) производство углекислоты и химикалий, 9) агрикультура, 10) краски, белила и лак, 11) керамика, 12) искусственный мел, 13) резиновая промышленность, 14) дубильная промышленность, 15) фунгисиды, 16) различные мелкие виды применения.

В огнеупорной промышленности доломит и доломитизированный известняк широко применяются как заменители магнезита в основных мартемовских печах и основных бессемеровских конверторах и свинцово-рафинажных и купелляционных печах, в тиглях для плавки свинца, в конверторах для меди, медеплавильных отражательных печах и в тиглях для плавки различных металлов. Обычно применяется намертво обожженный материал: для текущего ремонта используется необожженный доломит. Удельный вес доломита в общем потреблении основных огнеупоров весьма высок. По данным ежегодника The Mineral Yearbook, доломита потребляется в среднем в 6.5 раз больше, чем магнезита, а временами это соотношение доходит до 1:10.

Американские металлургические заводы не имеют огнеупорных цехов, которые могли бы снабдить завод полностью огнеупорными материалами. Все необходимые для ремонта печей высококачественные огнеупорные материалы доставляются со стороны от специализированных заводов. Таким же путем происходит снабжение заводов мертвообожженным доломитом. В виде исключения можно указать завод Алабама Эйсли, который сам обжигает для себя и своего района доломит и известь во вращающихся печах.

Территориально доломитообжигательная промышленность расположена в восточных штатах США: Пенсильвания, Огайо, Индиана, Иллинойс, Нью-Йорк, Мэриленд, Алабама и Западная Вирджиния.

«Технический карбонат», известный также под коммерческими названиями «блок-магнезия» и «магнезия-альба», находит широкое применение в производстве изоляционных покрытий для паропроводов и котлов, для общей тепловой изоляции, а кроме того, в фармацевтике, в резиновой промышленности как ускоритель химических процессов и как составная часть в некоторых красках, лаках, типографских красках, в косметике, столовой соли, зубной пасте и т. п. В Англии и восточных штатах США технический карбонат производится в основном из доломита по методу Патинсона (табл. 42).

Одним из наиболее важных способов бумажного производства является так называемый сульфитный процесс, при котором древесина перед размо-

ТАБЛИЦА 41

Потребление сырого и обожженного доломита в металлургической промышленности США

Годы	Сырой доломит		Обожженный доломит		Всего в пересчете на обожженный, в тыс. т
	количество, в тыс. т	стоимость, в долл.	количество, в тыс. т	стоимость, в долл.	
1920	557.0	742 020	287.0	3 732 522	565.0
1921	72.0	85 786	97.6	1 113 010	133.5
1922	133.1	172 251	317.0	2 813 946	383.0
1923	187.0	249 993	324.0	3 599 116	418.0
1924	280.5	287 137	298.0	3 209 257	438.0
1925	377.0	375 315	356.0	3 730 509	545.0
1926	465.0	458 802	351.0	3 593 731	582.0
1927	394.5	424 140	340.0	3 459 803	537.0
1928	474.0	509 502	407.5	4 283 036	645.0
1929	469.0	461 444	444.0	4 261 942	677.0
1930	412.0	356 025	319.0	3 045 082	525.0
1931	243.5	183 020	221.0	1 866 971	343.0
1932	65.6	45 186	123.0	1 055 999	156.0
1933	178.0	180 160	237.5	2 064 869	326.0
1934	226.0	238 000	281.0	2 585 000	394.0
1935	291.5	265 506	413.0	3 785 814	560.0
1936	363.0	385 000	505.0	4 963 600	587.0
1937	—	—	560.0	5 217 833	—
1938	—	—	333.0	3 095 355	—

ТАБЛИЦА 42

Потребление сырого доломита для производства технического карбоната

Годы	Количество, в тыс. т	Стоимость, в долл.	Годы	Количество, в тыс. т	Стоимость, в долл.
1920	52.1	107 107	1929	76.9	129 383
1921	29.1	60 648	1930	100.5	189 219
1922	48.2	79 313	1931	73.4	122 525
1923	105.6	146 337	1932	57.1	82 822
1924	89.2	129 390	1933	76.0	99 630
1925	89.8	131 440	1934	68.1	94 000
1926	66.2	110 560	1935	87.9	153 973
1927	63.5	115 932	1936	113.5	210 000
1928	85.3	120 260			

лом предварительно обрабатывается специальной кислой жидкостью. Эта последняя представляет бисульфит кальция и магния и получается путем насыщения магниезально-известкового молока сернистым ангидридом.

Для получения технической углекислоты в США частично применяются доломиты и доломитизированные известняки. Данные о потреблении доломита в этой области имеются до 1926 г. (табл. 44). С 1926 г. это производство сконцентрировалось в руках двух фирм, которые не опубликовывают данных о потреблении.

ТАБЛИЦА 43

Потребление доломита и доломитизированного известняка для производства сульфитной пульпы в США

Годы	Количество, в тыс. т	Стоимость, в долл.	Годы	Количество, в тыс. т	Стоимость, в долл.
1920	110.5	1 347 321	1929	46.2	398 000
1921	62.6	711 345	1930	34.8	295 000
1922	63.5	650 000	1931	29.1	233 000
1923	68.0	750 000	1932	21.8	148 000
1924	63.5	625 000	1933	22.7	144 000
1925	48.1	451 000	1934	21.8	156 000
1926	47.7	482 000	1935	24.5	178 000
1927	45.4	441 000	1936	25.4	180 000
1928	41.7	359 000			

ТАБЛИЦА 44

Потребление доломита для производства углекислоты в США

Годы	Количество, в тыс. т	Стоимость, в долл.	Годы	Количество, в тыс. т	Стоимость, в долл.
1920	30.0	73 671	1924	31.4	57 105
1921	30.9	124 984	1925	17.9	36 854
1922	34.7	58 748	1926	15.0	31 424
1923	34.9	52 494			

По остальным отраслям применения, а также по общей добыче доломита статистических данных нет, так как в ряде случаев доломит добывается и потребляется совместно с известняком.

Экспорт доломита из США не имеет места. Импорт незначителен и в основном идет за счет Канады. По данным справочника The Mineral Yearbook, количество ввозимого из Канады мертвообожженного доломита выражается следующими цифрами:

ТАБЛИЦА 45

Импорт мертвообожженного доломита в США из Канады

Показатели	1931 г.	1932 г.	1933 г.	1934 г.	1935 г.	1936 г.	1937 г.	1938 г.
Количество в тоннах	5500	4640	6140	5870	6820	12640	8240	2610
Стоимость в долл.	152 795	115 808	163 081	166 912	189 814	349 678	231 084	67 340

Сведения о потреблении доломита в прочих капиталистических странах весьма скудны.

В Англии небольшие залежи доломита встречаются в Шотландии и Уэльсе. Важнейшие месторождения доломитов и доломитизированных известняков вытянуты в виде узкой полосы от Ноттингэма, через Мэнсфилд, Донкэстер, Понтфрэк и Дарлингтон до Йоркширского побережья.

Данных по учету запасов и добычи не имеется. Однако, судя по отрывочным данным, доломитовая промышленность развита широко. Так, например, за период 1918—1920 гг. в Англии было израсходовано 115 200 т сырого доломита и 371 900 т обожженного. Кроме того, в Англии производится доломитовый кирпич как на внутренний рынок, так и на экспорт.

Во **Франции** ежегодно добывается около 120 000 т доломита, главным образом на севере и в Эро, От-Мэйен и Па-де-Кале.

В **Германии** доломит для металлургической промышленности добывается в Рейнской области (Люнтенбек, Груйтен) и в Верхней Силезии (Лабанд, Границ). Доломитизированные известняки Судетской области (Ротенцехау, Вюстерердорф) находят себе применение в удобрительной промышленности, для строительных целей и как наполнитель для асфальта. В Саксонии и Тюрингии доломит разрабатывается в округах Острау и Мюгельн. Как строительный камень доломит добывается в округах Рюклинген, Нидерроденбах, а также в Южной Германии (Кейльбург, вблизи Регенсбурга).

Данных по учету запасов и добычи не имеется.

8. ДОЛОМИТОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ СССР¹

Развитие добычи и потребления доломита

В небольшом количестве доломит издавна добывался как флюс, строительный камень и для обжига на известь (например, в окрестностях Ленинграда). Однако, добыча эта не учитывалась и не может быть представлена в цифрах. Лишь после того, как доломит нашел себе применение в металлургической промышленности в качестве сырья для получения заправочного материала, производство и потребление его находят более или менее полное отражение в статистических отчетах.

Использование доломита в качестве огнеупора в металлургии началось в дореволюционной России одно временно с постройкой первых мартеновских печей, т. е. в 70—80-х годах прошлого столетия. Почин в этом деле был сделан на Урале. Данных о добыче доломита за эти годы не имеется, однако общая сумма добычи была незначительной. Об этом можно судить, например, по тому, что такой крупный металлургический завод, как Днепровский, в 1889/90 г. израсходовал всего около 2 т доломита, а в 1899/1900 г. — 14,3 т. В 1900—1901 гг. на Урале началось производство металлургического магнетита на незадолго до того открытом Саткинском месторождении. Новый огнеупор почти нацело вытеснил доломит из обихода уральских заводов; сохранилось только применение доломита для текущего ремонта мартеновских печей. В то же время на юге производство доломита росло.

Состояние добычи доломита в России незадолго перед войной (в 1911 г.) характеризуется следующими цифрами:

Рязанская губ.	1 560 т
Нижегородская губ.	4 735 »
Урал	35 923 »
Район ст. Яма (Донецкий бассейн)	34 255 »
» » Никитовка »	92 420 »

Всего 168 893 т

После революции добыча доломита в течение довольно длительного времени отставала от довоенной: так, в 1925/26 г. было добыто 132 240 т, а в 1926/27 г. — 136 420 т. В 1927/28 г. было добыто уже 185 540 т, и с этого времени добыча начинает неуклонно повышаться. Только в двух месторождениях — Никитовском и Ямском — в 1928/29 г. было добыто 207 270 т, в 1929/30 г. — 240 510 т и в 1932 г. — 294 900 т доломита.

¹ Редакционно просмотрено и дополнено Ю. В. Балбашевским.

В 1933 г. вступило в эксплуатацию Ново-Троицкое месторождение и в 1934 г. — Щелковское. На этих четырех месторождениях, разрабатываемых Главгнелупором и Главнелуподом НКЧМ, в 1937 г. было добыто уже 974.9 тыс. т доломита. Развитие добычи доломита по отдельным месторождениям и план на 1940 г. характеризуются данными табл. 46.

ТАБЛИЦА 46
Добыча доломита (в тыс. т)

Годы	Никитов- ский комбинат	Ямское рудоуправ- ление	Ново- Троицкое рудоуправ- ление	Щел- ковское рудо- управление	Итого
1932	221.1	73.8	—	—	294.9
1933	316.0	119.6	60.0	—	495.6
1934	300.8	140.6	40.5	15.0	496.9
1935	351.5	150.3	54.0	15.0	570.8
1936	571.7	178.1	148.7	21.0	919.5
1937	535.4	178.8	224.8	35.9	974.9
1938	394.0	202.5	226.5	56.0	879.0
1939	375.3	193.4	180.9	70.4	820.0
1940 (план)	700.0	225.0	350.0	120.0	1395.0

Одновременно с ростом добычи сырого доломита увеличилось производство и обожженного. Если к концу первой пятилетки в 1932 г. на предприятиях Главнелупода и Главгнелупора НКЧМ производство доломита исчислялось всего в 60 тыс. т, то к 1937 г. выпуск обожженного доломита уже достиг 186.9 тыс. т, т. е. увеличился в течение второй пятилетки больше чем в три раза. В 1942 г., в соответствии с планом третьей пятилетки, производство обожженного доломита должно достигнуть 325 тыс. т. Динамика производства доломита по отдельным заводам Главгнелупора и Главнелупода НКЧМ приведена в табл. 47.

ТАБЛИЦА 47
Производство обожженного доломита (в тыс. т)

Годы	Никитов- ский комбинат	Ямской завод	Ново- Троицкий завод	Всего
1932	34.0	26.0	—	60.0
1933	33.4	26.3	—	59.7
1934	39.6	36.9	—	76.5
1935	46.0	44.0	—	90.0
1936	89.5	59.2	—	148.7
1937	109.1	77.8	—	186.9
1938	110.8	81.1	—	191.9
1939	154.3	75.4	—	229.7
1940 (план)	190.0	85.0	50.0	325.0

Кроме того, многие металлургические заводы имеют свои доломитовые обжигательные печи, в которых обжигается доломит либо привозной, либо с собственных карьеров. Точных данных о производстве доломита на металлургических заводах нет. По подсчетам Главгнелупора НКЧМ, в 1939 г. только на металлургических заводах СССР было выпущено больше 100 тыс. т обожженного металлургического доломита.

Динамика роста капиталовложений по доломитовым предприятиям Главогнеупора и Главнеруда НКЧМ за второе пятилетие отражена в нижеследующих цифрах (в млн. руб.):

1933 г.	1934 г.	1935 г.	1936 г.	1937 г.	Всего
3.4	3.2	4.6	3.6	6.7	21.5

Сумма капиталовложений по доломиту — 21.5 млн. руб. — составляла около 7.3% от общей суммы капиталовложений по огнеупорной промышленности. Из этой суммы 21.1 млн. руб. приходилось на долю УССР и только 0.4 млн. руб. на Московскую обл. (Щелково).

В третьей пятилетке из общей суммы капиталовложений по огнеупорной промышленности в 450 млн. руб. на долю доломитовых предприятий должно прийти 46.9 млн. руб., или 10.4%. Из этой суммы на Московскую обл. должно быть отпущено 3.0 млн. руб. и на УССР — 43.9 млн. руб.

Развертывание капитального строительства должно повести к увеличению добычи сырого доломита на юге и в особенности в центре (Щелково). Кроме того, металлургическая промышленность должна получить новый высокоогнеупорный материал — доломитовый кирпич, который до сего времени на предприятиях Главогнеупора НКЧМ не производился. Для этой цели вскоре должно быть приступлено к строительству двух новых заводов: в центре и на Украине, каждый производительностью в 60 тыс. т высокоогнеупорных изделий.

Распределение сырого и обожженного доломита по отраслям промышленности, потребляющим эти материалы, приводится в табл. 48.

ТАБЛИЦА 48

Потребление сырого и металлургического обожженного доломита¹

Наименование потребителей	Сырой доломит		Металлургический обожженный доломит	
	в тыс. т	в %	в тыс. т	в %
Заводы НКЧМ по обжигу доломита . . .	385.0	57.8	—	—
Металлургические заводы НКЧМ	186.8	28.1	147.9	89.9
Заводы малой металлургии (сталеплавильные цехи машиностроительных заводов) .	69.9	10.5	16.4	10.0
Промышленность строительных материалов	3.1	0.5	—	—
Стекольная промышленность	11.8	1.8	—	—
Химическая »	3.0	0.5	—	—
Не распределено по потребителям	5.4	0.8	0.2	0.1
Всего . . .	665.0	100.0	164.5	100.0

¹ По данным отгрузки за 9 месяцев 1939 г.

Заводы НКЧМ и малой металлургии, как видно из приведенных данных, потребляют (принимая отгрузку за потребление) 96.8% всего доломита; заводы стекольной промышленности 1.8%; промышленность строительных материалов 0.5%; химическая промышленность 0.5%.

В качестве флюса при доменной плавке доломит применяют Саткинский металлургический завод (11 тыс. т в 1938 г., 15 тыс. т по плану 1939 г.),

Ашинский, Чусовской и др. Некоторые заводы Юга (Енакиевский, Дзержинский) применяют доломитизированный известняк из местных карьеров.

Производство термоизоляционного совелита на базе доломита поставлено на Новобелицком заводе и на ленинградском заводе «Красный химик». Производительность заводов — по 1500 т в год.

По стекольной промышленности имеются сведения, что доломит потребляют заводы «Красное эхо» (Ивановская обл.), Комсомольский (Баш. АССР), завод им. Калинина (г. Гусь-Хрустальный).

Географическое размещение доломитовых карьеров и заводов

Добыча и обжиг доломита в основном осуществляются предприятиями, входящими в систему Главогнеупора и Главнеруда НКЧМ. Кроме того, большая часть металлургических заводов, применяющих доломит, имеет небольшие доломитообжигательные установки, в которых обжигается доломит либо из собственных карьеров, либо привозной.

Специальные заводы по обжигу доломита расположены в Донецком бассейне. Здесь имеется три предприятия: Ямской завод (ст. Яма Северо-Донецкой ж. д.), Никитовский комбинат (ст. Никитовка) и Ново-Троицкий завод (Ольгинский район Сталинской обл.), который введен в действие в начале 1940 г. Предприятия расположены у одноименных месторождений доломита.

Добыча сырого доломита ведется также в Московской обл. (Щелково).

На Урале централизованного производства доломита нет, и обжиг доломита для своих надобностей производится отдельными металлургическими заводами.

Такое размещение доломитовых заводов обусловливается как характером сырья, так и рядом технико-экономических факторов.

1. В качестве заправочного материала в мартеновском производстве с обожженным металлургическим доломитом конкурирует магнезитовый металлургический порошок. Единственное в СССР эксплуатируемое месторождение магнезита находится на Урале (Сатка), и поэтому уральские металлургические заводы в основном пользуются магнезитом. Южные заводы, в силу значительной отдаленности от Сатки, пользуются как местным доломитом, так и привозным саткинским магнезитом.

2. На юге имеется надежная сырьевая база доломита — месторождения, расположенные в Артемовско-Славянской и Кальмиус-Торецкой котловине. Большая часть южных доломитов содержит значительное количество плавней и поэтому легко спекается. Спекшийся доломит может выдерживать хранение и транспортировку в течение 1—2 месяцев, что благоприятствует организации централизованного производства.

Иное положение на Урале. Здесь все известные эксплуатируемые месторождения сравнительно невелики по запасам. От южных доломитов они отличаются, кроме того, чрезвычайной бедностью плавнями, при обжиге спекаются плохо и выдерживают хранение лишь в течение 2—3 недель, поэтому непосредственно после обжига доломит должен идти в дело.

3. Единственным исключением из уральских месторождений доломита является Саткинское. Здесь имеются колоссальные запасы доломита, отличающиеся от прочих уральских доломитов несколько большим содержанием плавней, приближающимся к таковому для южных доломитов. Однако, эти доломиты почти совершенно не используются и при добыче магнезита идут в отвал. Доломит из отвалов в настоящее время частично используется как флюс на Саткинском и Златоустовском металлургических заводах, причем отгрузка его производится нерегулярно. Общая сумма потребления, однако, поглощает совершенно ничтожную часть годовой добычи.

Доломитовые предприятия Главогнеупора и Главируда НКЧМ

Никитовский доломитовый комбинат объединяет два завода — старый и новый, отстоящие друг от друга на 8 км.

Старый Никитовский завод расположен неподалеку от ст. Никитовка Северо-Донецкой ж. д. Оборудование завода состоит из 10 самодувных вагранок обычного типа, весьма старых и изношенных. Суточная производительность вагранки — около 12—14 т. В 1939 г. завод произвел 41 тыс. т металлургического доломита. При условии реконструкции завода (рационализация погрузки и выгрузки, устройство принудительного дутья) производительность завода может быть повышена до 55—60 тыс. т в год.

Новый Никитовский завод расположен в 3.5 км от ст. Доломит Северо-Донецкой ж. д. Завод начат постройкой в 1933 г. В 1935 г. было введено в действие отделение механизированных шахтных печей. В 1939 г. пущено отделение вращающихся печей.

В шахтном отделе нового завода имеются четыре печи с полностью механизированной, при помощи скипового подъемника, загрузкой и оборудованные специальными механическими выгрузателями. Суточная производительность одной печи в 1939 г. составила 42.5 т. В отделении вращающихся печей имеются две печи диаметром по 3 м и длиной по 65 м. Печи были пущены в эксплуатацию в середине 1939 г. Проектная мощность каждой печи составляет 150 т в сутки.

Новый Никитовский завод в 1939 г. произвел 113.4 т металлургического доломита. В 1942 г., согласно плану третьей пятилетки, выпуск продукции на всем Никитовском комбинате должен увеличиться до 190 тыс. т.

Сырьевой базой для Никитовского комбината являются карьеры, расположенные неподалеку от ст. Никитовка: Кодемо, Большая Гольма, Михайловская, Анненка, Шевченкова и Дудникова Гольмы. Для наземной добычи по Никитовскому месторождению остались сравнительно небольшие запасы. Вскрыша на участках Кодемо, Курдюмовка и Анненка, ранее производившаяся грабарями, теперь ведется при помощи экскаваторов. Пневматическое бурение имеется на Кодемо и Анненке. Подвозка на Кодемо производится автомашинами и мотовозами в копелевских вагонетках, на Анненке — мотовозами. К обоим карьерам подведены железнодорожные пути. С Курдюмовки доставка доломита на одноименную станцию железной дороги производится автомашинами.

На месторождении Большая Гольма имеются две шахты: № 1 и № 2. С 1939 г. приступлено к закладке третьей механизированной шахты с годовой производительностью в 750 тыс. т.

Добыча сырого доломита на Никитовском месторождении, доходившая в 1936 г. до 572 тыс. т, в 1939 г. уменьшилась до 375 тыс. т. Уменьшение добычи объясняется отсутствием подготовленных запасов на открытых работах и затяжкой в строительстве новой шахты «Большая Гольма». Однако, в 1940 г. добыча доломита должна составить уже 500 тыс. т и в 1942 г., в соответствии с планом третьей пятилетки, 700 тыс. т. По данным Гикогнеупора, в 1939 г. в числе отгруженного доломита 8.9% было I класса, 81.6% — II класса, 3.9% — III класса и 5.6% — некондиционного доломита.

По отдельным участкам качество отгруженного в 1939 г. доломита характеризуется в табл. 49.

Ямской завод расположен неподалеку от ст. Яма Северо-Донецкой ж. д. Завод оборудован 14 вагранками, из которых 10 были построены в 1936—1937 гг. Общая производительность около 300 т в сутки. В 1939 г. завод выпустил 75.4 тыс. т. Сырьем завод снабжается с местных карьеров: Однобоковского, Ближне-Серебрянского и Дальне-Серебрянского. Вскрышные работы на карьерах производятся при помощи двух дизельных и одного парового экскаватора. Добыча доломита частично механизирована —

ТАБЛИЦА 49

Качество доломита Никитовского месторождения (в %)

Наименование участков	I класс	II класс	III класс	Некондицион. доломит	Содержание	
					SiO ₂	MgO
Шахта № 1	90.7	5.5	0.9	2.9	3.5	19.4
» № 2	—	55.0	13.2	31.8	6.7	18.5
» Б. Гольма	15.7	64.5	6.9	12.9	4.2	18.4
Карьер Кодемо	—	93.4	3.9	2.7	3.5	13.3
» Анненка	0.2	80.4	2.3	17.1	5.4	17.8
» Шевченко						
Гольма	—	82.5	10.0	7.5	4.1	17.5

имеются пневматические молотки. Внутрикарьерный транспорт осуществляется посредством мотовозов. С погрузочной площадкой на ст. Яма карьеры связаны узкоколейкой.

Запасы доломита по пласту «а», на Влижне-Серебрянском участке были исчерпаны в 1940 г. На Дальне-Серебрянском участке заложена шахта № 1 и намечена к закладке шахта № 2, обеспеченные запасами.

Добыча доломита по Ямскому рудоуправлению в 1939 г. составила 193.3 тыс. т. В 1942 г., в соответствии с планом третьей пятилетки, добыча должна достигнуть 250 тыс. т.

По данным Гикогнеупора, в 1939 г. в числе отгруженного доломита 79.2% было сырье I класса, 19.2% — II класса и 1.6% — некондиционного материала. Среднее содержание SiO₂ составляло 3.8%, MgO — 20.3%.

В третьей пятилетке будет идти добыча с пласта «а».

Ново-Троицкий завод закончен постройкой и введен в действие в I квартале 1940 г. Завод оборудован двумя автоматическими шахтными печами того же типа, что на новом Никитовском заводе. Суточная производительность двух печей рассчитана на 150 т обожженного доломита.

На Ново-Троицком карьере добыча доломита механизирована. Вскрыша производится при помощи экскаваторов, при ручных работах имеется пневматическое бурение. До последнего времени работа Ново-Троицкого рудоуправления была затруднена из-за непригодности участков для применения большегрузных вагонов. В 1938 г. на всех основных участках, дающих 80% суточной добычи, погрузка в железнодорожные вагоны полностью механизирована путем устройства бункеров-лотков.

Добыча доломита Ново-Троицкого месторождения в 1939 г. составляла 180.9 тыс. т. В 1942 г., в соответствии с планом третьей пятилетки, добыча должна увеличиться до 350 тыс. т. В 1939 г., по данным Гикогнеупора, было отгружено 88.7% доломита I класса, 11% — II класса и 0.3% — некондиционного доломита. Среднее содержание SiO₂ — 1.9%, MgO — 19.5%.

Щелковский карьер. Для обеспечения металлургических заводов центра доломитом и во избежание дальних перевозок с юга в 1934 г. приступили к добыче доломита на Щелковском месторождении возле Москвы. На базе этого месторождения намечается строительство завода по обжигу доломита. В настоящее время доломитом из Щелковского карьера снабжается ряд металлургических заводов центральной части СССР.

Начиная с 1940 г., добыча доломита механизирована. Перевозка к железной дороге производится авто-гужевым транспортом до ст. Щелково Ярославской ж. д.

Работы до сего времени производились лишь в необходимой зоне: летом — открытыми работами и зимой — подземными. Подземные работы производятся без крепления с оставлением ножек, которые вынимаются летом.

Добыча доломита Щелковского месторождения в 1939 г. составила 70,4 тыс. т. В 1942 г., в соответствии с планом третьей пятилетки, добыча должна составить 120 тыс. т.

Сырьевая база прочих потребляющих доломит металлургических заводов

В Горьковской обл. металлургические заводы Выксунский и Кулебаковский разрабатывают соответственно Шиморское и Гремячевское месторождения.

На Урале из числа многочисленных месторождений можно назвать следующие более крупные, связанные с эксплуатирующими их заводами:

Чусовский завод — месторождение Белый Камень;

Пашийский завод — месторождения Пашийский Гребешок; Пихтовая Гора;

Востоксталь — Зыряновское и Сухореченское месторождения;

Хромпиковый завод — Войцовское месторождение.

Сырьевой базой для Магнитогорского комбината, на котором имеется 10 вагранок, служат месторождения: Уральский карьер, Лисья Гора и Янгельское.

Сырьевой базой для Кузнецкого комбината служат следующие месторождения, расположенные в Новосибирской обл.: Верхне-Учуленское, в 3 км от Темир-тау; Красно-Тешенское, в 6 км от Темир-тау; Тайнзинское.

Поступило 1. VII. 1940 г.

А. С. Базилевич

ЛИТЕРАТУРА

- А в л а с е н к о Н. Месторождения магнезитов и доломитов Красноярского края. Огнеупоры, 1937, № 7.
- А ф а н а с ь е в Г. и др. Механические и технические свойства горных пород Кузбасса. Тр. Совета по изуч. произв. сил Акад. Наук и Петр. инст. Акад. Наук, сер. Кузбасск., 1935, вып. 3.
- Б а р б о т д е М а р и А. и С а ф р о н о в В. Сырьевые ресурсы Казахстана для производства строительных материалов. Тр. Научно-иссл. инст. строит. мат. Алма-Ата — М., 1934.
- Б а т у р и н В. П. Справочное руководство по петрографии осадочных пород, ч. 1. М.—Лг., 1932, 55—58.
- Б а т у р и н В. и У с о в М. Тельбесский район Горной Шории. Междунар. XVII геол. конгр., Сиб. экск., 3.-Сиб., М.—Лг., ОНТИ, 1937.
- Б е р л и н г Н. И. и Б о г д а н о в А. А. Известняки острова Кильдына. Справ. Полевые ископаемые Ленинградской обл. и Карельской АССР, ч. 1. Лг., 1933.
- Б о г а ч е в Я. Т. Материалы по стратиграфии каменноугольных отложений бассейна Северной Двины. Изв. Ленингр. геол.-гидрогеод. тр., 1934, № 4—5.
- Б о н д а р е н к о М. Н. Строительные материалы Приангарской части Черемховского и Усальского районов. Сб. Нерудноископаемые стройматериалы Восточной Сибири. Иркутск—М.—Лг., ОГИЗ, 1934.
- Б о р и с о в И. Определение кажущегося и истинного удельного веса горных пород. Геол. на фронте индустр., 1935, № 11—12.
- Б р я н с к и й П. И. Отчет Геолого-разведочной партии по доломитам в Никитовском районе. Украин. геол.-разв. тр., 1932—1933, рукопись.
- Отчет Ямской геолого-разведочной партии по доломитам. Украин. геол.-разв. тр., 1934, рукопись.
- Б у б н о в Н. И. Стройматериалы на базе каустического доломита. Лг., 1933.
- В а р д а н я н ц П. А. Месторождение доломита на р. Емце — сырьевая база целлюлозно-бумажной промышленности Северного края. Изв. Ленингр. геол.-гидрогеод. тр., 1934, № 3.
- В а с и л ь е в В. Е. Основы ведения доменной плавки в связи с применением устойчивых шлаков. 1935.
- В а с и л ь ч е н к о Г. М., С о л о в ь е в Л. Н. и С т е п а н о в В. Я. Минеральные строительные материалы Абхазии. Тр. Совета по изуч. произв. сил. Акад. Наук, сер. Закавказ., 1940, вып. 24.
- В а х р у ш е в Г. Строительные материалы минерального происхождения Башкирской республики. Уфа, 1936.

- Виноградов С. С. Опыт номенклатуры и классификации карбонатных пород как сырья для производства вяжущих веществ. Изв. Моск. геол. тр., 1937, 4, 129—137.
- Вишняков С. Г. 1. Доломиты. Справ. Полезные ископаемые Ленинградской области и Карельской АССР, ч. 1. Лг., 1933.
- 2. Карбонатные породы и полевое исследование их пригодности для известкования почвы. 1933.
- Владимиров Л. В. Metallургическая оценка доломитов Кузнецкого района. Сталинск, 1938.
- Галака О. І. Доломити та гіпси Донбасу. Київ, 1930.
- Гарань М. ІІ. Магnezит. Мин. ресурсы Урала. Свердловск, 1934.
- Сатинское месторождение магнезита. Междунар. XVII геол. конгр., Урал. экск., южн. маршр. М.—Лг., ОНТИ, 1937.
- Гершойг Ю. Карбонатные породы среди кристаллических сланцев Криворожья. Мин. сырье, 1934, № 9.
- Горохова Е. В. Известняки Северного края и их использование. Архангельск, 1935.
- Гуткова Н. Н. Известняки и доломиты. Справ. Полезные ископаемые Ленинградской области и Карельской АССР, ч. 1. Лг., 1933.
- Даньшин Б. М. Общая геологическая карта Европейской части СССР, лист 45, восточная половина. Тр. Моск. геол. тр., 1936.
- Доброхотов М. Н. Малохинганский железорудный район. 1936.
- Добрынина М. И. Доломит. Сб. Нерудные ископаемые, т. 1. Лг., изд. Акад. Наук, 1926.
- Егорычев А. Эксплоатационные разведки в карьерах цементной промышленности. Цемент, 1939, № 4, 5.
- Иванова Е. А. Материалы к геологии северо-западной четверти 59 листа общей геологической карты Европейской части СССР. Тр. Моск. геол. тр., 1936.
- Идкин П. М. Известняки. Минеральные ресурсы Урала. Свердловск, 1934.
- Карнаухов. Производство стали. Т. 1 и 3. 1934.
- Качаравашвили Ш. Доломит. Мин. ресурсы Грузии. Тбилиси. 1933.
- Доломит. В переработке В. Гунцадзе. Мин. ресурсы Грузии. Тбилиси, 1937.
- Кинд В. и Окороков С. Классификация известково-глинисто-магнезиальных пород. Мин. сырье, 1933, № 8, 9.
- Строительные материалы, их изучение, свойства и применение. М.—Лг., 1934.
- Кротов Б. П. Доломиты и их происхождение. Тр. Казан. общ. ест., 1925, 50, вып. 6.
- Кузнецов Е. А. От ст. Кузино до г. Свердловска. Междунар. XVII геол. конгр., Сиб. экск., Урал. М.—Лг., ОНТИ, 1937.
- Куколев Г. В. и Дудявский Е. И. Процессы спекания высокоогнеупорных материалов. Сб. работ Укр. инст. огнеупоров, 1939, вып. 45.
- Курнаков Н. С. и Жемчужный С. Ф. О метаморфизации соляных рассолов. Отчеты о деят. Ком. по изуч. ест. произв. сил России. Акад. Наук, 1917, № 9, 216—218.
- Лазин И. За культурные методы работы на карьерах цементной промышленности. Цемент, 1939, № 1.
- Ларионова Е. Н. Геологическое строение правого берега Волги от устья р. Свияги до с. Шеланги. Учен. зап. Казан. гос. унив., 1934, 94, кн. 1, вып. 3.
- Лебедева Н. Доломиты. Мин. ресурсы Узбекистана. Ташкент, 1937.
- Лессинг. Материалы к вопросу восстановления основного капитала треста Магнезит. Архив Урал. гор. ком., 1925, рукопись.
- Либерман. Каустический магнезит из доломита. Строит. мат., 1931, № 4.
- Логийко П. А. Новые нормы производительности для вагранок и шахтных печей по обжигу доломита на заводах треста Нерудсталь. Мин. сырье, 1936, № 5.
- Лучицкий В. И. Полезные ископаемые Украины. М.—Лг.—Новосибирск, 1933.
- Лямина А. Н. Рентгенографическое исследование доломитов. Инст. асбеста, 1932, рукопись.
- Максимович Г. Полезные ископаемые восточной части Чечено-Ингушской АССР. Разв. недр, 1937, № 7.
- Маршеев Н. М. Материалы Еленовско-Троицкого карьероуправления. Минерально-сырьевая база Кузнецкого металлургического комбината. 1933.
- Объяснительная записка к проекту стандарта по доломитам. Всесоюз. инст. мин. сырья, 1936.
- Проект Ново-Троицкого доломитового завода. Мин. сырье, 1937, № 5.
- Митропольский Б. Доломиты. Полезные ископаемые Красноярского края. Красноярск, изд. З.-Сиб. геол. упр., 1938.
- Нейман-Пермякова О. и Пермяков В. К геологии Чердынского Урала. Зап. Мин. общ., 2 сер., 1930, 59.
- Ниренштейн Д. А. Стабилизация доломита, обожженного при высоких температурах, и проблема доломитовых огнеупорных изделий. Огнеупоры, 1938, № 10, 11.

- О корок С. и Новиков П. Получение гидравлически твердеющих огнеупорных доломитовых цементов. Цемент, 1938, № 11.
- Орсов А. А. Магнезит в Восточной Сибири. Огнеупоры, 1937, № 6.
- Петров Н. С. Новотроицкий доломит. Огнеупоры, 1937, № 2.
- Полезные ископаемые районов Новосибирской области и Алтайского края. Томск, изд. З.-Сиб. геол. упр., 1938.
- Потапенко С. В. 1. Технологическое исследование мертвообожженных доломитов. Мин. сырье, 1931, № 5/6.
— 2. Технологическое исследование мертвого обжига доломитов. Мин. сырье, 1931, № 5/6, 601.
— 1. Термическая диссоциация известняков, доломитов и магнезитов. Журн. прикл. хим., 1932, 5, № 6—7, 691.
— 2. Технический мертвый обжиг доломита. Сов. металлургия, 1932, № 8.
- Проекты Новотроицкого, Запорожского, Керченского завода и другие проектные материалы. Архив Цемпроекта, 1933.
- Пустовалов Л. В. Доломиты Тверской губ. Мин. сырье, 1927, № 12.
— Предварительный отчет о работах доломитовой партии в Зубцовском районе. М., Инст. прикл. мин., 1929, рукопись.
— Месторождение бурых железняков и сидеритов в окрестностях села Б. Череватово Ардатовского района Горьковского края. 1933, рукопись.
— Литогенетический очерк месторождений ратовкита Верхнего Поволжья. Материалы к геохимии и минералогии Подмосковного бассейна. Изд. Акад. Наук, 1937.
— Петрография осадочных пород. Ч. 1 и 2. Гостоптехиздат, 1940.
- Пустовалов Л. В., Виноградова П. С. и Покровская А. И. Краткий петрографический очерк верхнедевонских отложений и продуктов их разрушения. Тр. Союзгеоразведки, 1933, вып. 285.
- Ресурсы минеральных строительных материалов СССР. Т. 1, 1937.
- Ресурсы минеральных строительных материалов СССР. Т. 2. Крымская АССР. М.—Лг., изд. Центр. научно-иссл. инст. сооружений, 1938.
- Романов И. Обжиг доломитов в печах «Рив» системы Романова. Мин. сырье, 1931, № 5/6, 630.
- Романовский Е. Справочник научно-исследовательской тематики и литературы по строительным материалам, огнеупорам и др. М., 1934.
- Самойлов Я. В. и Пустовалов Л. В. К литологии карбонатных осадочных пород. Тр. Инст. прикл. мин. и петр., 1926, вып. 26.
- Свиридов А. И. Месторождение доломитов Белой горы. Отчет КИК. 1932.
- Свицальский Н. И. О доломитах Ленинградской губ. Вестн. Геол. ком., 1926, № 2.
- Слюсаренко Б. и Овсянников Н. Отчет о разведочных работах на магнезит на месторождении Розовая Скала на 945 км Уссурийской жел. дор. Отд. фондов Д.-Вост. геол. тр., 1934, рукопись.
- Смирнов Н. Н. Петрографические исследования в Подмосковном карбоне. Тр. Инст. мин., петр. и крист. при Моск. гос. унив., 1930, вып. 9.
— Из доклада о залежах доломита в районе Сасово Рязано-Уральской ж. д. Московской обл., 1930, рукопись.
- Спирidonova А. Сборник месторождений к карте дорожно-строительных материалов Европейской части СССР. Лг., 1936.
- Справочник по полезным ископаемым Северо-Кавказского края. Ростов/Д., изд. Сев.-Кавк. геол. тр., 1933.
- Стандарт и объяснительная записка к нему на сырой и обожженный доломит. Всесоюз. инст. мин. сырья, 1935, рукопись.
- Степанов П. и др. Геологическое описание Донецкого каменноугольного бассейна. Междунар. XVII геол. конгр., Южн. зск., Донецк. каменноуг. басс., М.—Лг., ОНТИ, 1937.
- Ступников А. и Умов А. Известняки и доломиты Чусовского месторождения Белый Камень. Урал. металлургия, 1939, № 9.
- Судиславлев К. К. Доломиты и мраморы. Справ. Полезные ископаемые Ленинградской обл. и Карельской АССР, ч. 2. Лг., 1933.
- Татаринов П. и Дворжан Е. Магнезит. Мин. сырьевая база СССР, вып. 11. М.—Лг., ЦНИГРИ, 1935.
- Татарский В. В. К вопросу о происхождении доломита. Зап. Мин. общ., 1937, 66, вып. 4, 677—683.
- Твенхофел У. Х. Учение об образовании осадков. 1938.
- Теннер Д. Карьерная геология на предприятиях цементной промышленности. Разв. недр, 1939, № 9.
- Толстихина М. М. От Перми до ст. Кузино. Междунар. XVII геол. конгр., Сиб. экск., Урал, М.—Лг., ОНТИ, 1937.
- Торопов Н. и Каценеленбоген П. Метод определения свободной окиси магния. Цемент, 1938, № 7.

- Файгль Ф. Капельный анализ. 1933, 298.
- Федоров В. Ф., Бондаренко М. Н., Орсов А. А., Гаврилов Ф. М. и Шарапов И. С. Сб. Нерудомскопые строительные материалы Восточной Сибири. Иркутск—М.—Лг., ОГИЗ, 1934.
- Фесенко Л. Месторождения общераспространенных материалов в Славянском районе. Мин. сырье, 1931, № 12.
- Фролова Н. В. Классификация глинисто- и песчано-карбонатных пород. Сов. геол., 1939, № 7, 62—71.
- Цыганков А. З. Изоляция паровых котлов. Паровозн. хоз., 1934, № 1, 26.
- Чарноцкий С. Строительные материалы Кавказа. Лг., 1924.
- Черномордик Э. М. и Потапенко С. В. Методы качественной оценки металлургических известняков и доломитов. 1936.
- Шапиро И. А. и Воронков Б. С. Сырьевая база термоизоляционных материалов. Сектор экономических исследований АНИ, 1933, рукопись.
- Шелягин В. В. и Лукошкина Л. А. Технология производства асбестовых термоизоляционных материалов. 1934.
- Шманенков И. В., Орловский В. Г. и Тагиров К. Х. Стандартизация металлургических доломитов и известняков. Тр. Всесоюз. инст. мин. сырья, 1939, вып. 148.
- Шорохов Л. Известняки, доломиты, песчаники и глины на Нижней Тунгуске. Мин. сырье, 1934, № 5.
- Яржеиский Я. Я. Карбонатные породы Восточной Сибири. Сб. Минеральные ресурсы Восточной Сибири, т. 2. Свердловск—М., изд. Вост.-Сиб. геол. упр., 1939.

- Carrabos. Symmetrie et macles de la dolomite. Dissert., 1924.
- Cayeux L. Les roches sédimentaires de France. Roches carbonates (calcaires et dolomies). Paris, 1935.
- Eckel. Cement, lime a. plaster. 1928.
- Hasmaker. Min. Resourc. U. S., 1931, I. C., Sept., 6524.
- Jacobs. Stahl u. Eisen, 1928, № 30.
- Knibbs. Lime a. magnesia. 1924.
- Rohsan a. Wittrow. Journ. Amer. Ceram. Soc., 1924, 7, 61, 207, 397.
- Steidtmann E. Origin of limestones as disclosed by stains and other methods. Bull. Geol. Soc. Amer., 1917, 28, 431—450.
- Tuyl E. M. The origin of dolomite. Iowa Geol. Surv., 1914, 25, 241.
- Tylor. Min. Resourc. U. S., 1931, I. C., February, 6406; 1931, I. C., May, 6437.
- Wasastjern. Comm. Phys. Math. Soc. Tenn., 1924, 11, 14.
- Wyckoff et Mervin. Amer. Journ. Sci., 1924, 7, 447—464.

ДРАГОЦЕННЫЕ, ПОЛУДРАГОЦЕННЫЕ И ПОДЕЛОЧНЫЕ КАМНИ

Драгоценные камни. Gems; gemstones; great gems; precious stones (англ.). Gemmes; pierres fines; pierres précieuses (франц.). Edelsteine (нем.).

Полудрагоценные камни. Gems; gemstones; minor gems; lesser gems; semi-precious stones (англ.). Gemmes; pierres de couleur; pierres semi-précieuses (франц.). Edelsteine; Halbedelsteine (нем.).

Поделочные камни. Gems; gem materials; ornamental stones (англ.). Pierres de couleur; pierres décoratives; pierres d'ornementation (франц.). Schmucksteine (нем.).

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Драгоценными камнями называют минералы, служащие (большей частью после известной обработки) для личного украшения или для тех или иных декоративно-художественных целей. Они не образуют минералогически обособленной группы: в их числе имеются представители различных, частью сравнительно редких, частью довольно обычных и распространенных минералогических видов, физические свойства которых, однако, выступают в этих избранных образцах в особо концентрированном, совершенном и эстетически облагороженном виде (Edelsteine). Понятие драгоценного камня связывается, таким образом, прежде всего и более всего с комплексом определенных зрительных впечатлений. Это — аналогично цветам среди растений — исключительно красивые, приятные для созерцания минеральные тела, отличающиеся или прекрасной окраской, или прозрачностью, поверхностным и внутренним блеском, радужной игрой, отливами цветов, иризацией, искристостью, плеохроизмом и тому подобными колористическими и оптическими особенностями, проявляющимися в различных комбинациях.

К этому основному и абсолютно обязательному условию красоты присоединяется ряд дополнительных признаков, частью составляющих существенное свойство данного минерального вида; важнейшим из этих признаков служит долговечность камня — функция твердости и химической инертности, — способность сопротивляться воздействиям внешней среды, стойко сохранять безукоризненность поверхности, окраски, блеска, не тускнея, не изменяя тона, не покрываясь царапинами.

Важным фактором ценности камня является также сравнительная редкость нахождения в природе, связанная с необычными условиями образования.

К этим основным факторам драгоценности присоединяется еще ряд условий различного значения, о которых будет сказано ниже. Приведенные выше главные типические черты — красота, долговечность, редкость — могут дать первое суммарное представление об этой своеобразной, в высшей степени пестрой группе минералов. Как показывает приводимый ниже

алфавитный перечень драгоценных камней, этим основным требованиям может так или иначе удовлетворить весьма внушительное число минералов: их обилие может привести даже к парадоксальному представлению о необычайной распространенности драгоценных камней. Но степень обладания охарактеризованными [выше] качествами чрезвычайно различна у разных камней, охватываемых общепринятым определением, и число минеральных видов, обладающих необычными физическими свойствами и тенденцией облекаться в эстетически прекрасную форму, — вообще очень невелико.

Тем не менее нельзя упускать из вида эту условность и растяжимость основной характеристики драгоценных камней, всегда служившую источником затруднений при отыскании постоянных признаков для их классификации. Пытались подразделять камни на «ограночные» и «поделочные», относя понятие о собственно драгоценном камне к первой группе. Такое деление малоубедительно, так как ряд дешевых камней (горный хрусталь и др.) идет в огранку, тогда как несравненно более дорогие опал, бирюза, лазурит обычно не граются. Еще более произвольно, а с филологической стороны крайне неловко встречающееся у русских авторов (Н. Дюкалов, 1932, и др.) деление камней на «самоцветы» и «цветники». В сущности это бесспорно равнозначные понятия. Самоцветность камня, т. е. безыскусственность, самобытность его красок и его красоты, является самым существенным атрибутом всех вообще камней описываемой группы, и такие «цветники», как лазурит, нефрит, родонит, малахит, амазонит, являются столь же бесспорными «самоцветами», как изумруд, рубин и сапфир.¹

Большую определенность при классификации драгоценных камней как будто дает их практическая рыночная ценность, приводящая к основному подразделению их на два весьма неравных разряда: собственно драгоценных и полудрагоценных (в том числе и поделочных). Но и здесь трудно установить точные демаркационные линии. Британская энциклопедия (1929) относит к числу драгоценных камней (great gems, precious stones) только алмаз, жемчуг, изумруд, рубин, сапфир. Но ряд авторитетных классификаторов вводит в эту избранную группу также шпинель, опал, хризоберилл, бирюзу, совершенно сглаживая переход от драгоценных к полудрагоценным камням.

Для практических целей представляется вполне достаточной ориентировочная классификация самоцветных камней, предложенная двумя крупнейшими специалистами современности: С. Боллом (S. Ball, 1923) и А. Е. Ферсманом (1926). Эта классификация, сохраняющая основное единство всей группы, устанавливает в ней два главных раздела — по признаку техническому и структурному. Самоцветные камни первого раздела идут в обработку (главным образом в огранку) преимущественно в виде небольших частиц, чаще всего обособленных кристаллов или их обломков; скрытокристаллические и аморфные тела (халцедон, бирюза, опал) занимают в этой группе очень незначительное место. Камни второго раздела допускают использование в более крупных монолитах, и господствующая масса их применяется не столько на личные носильные украшения, сколько на всякого

¹ Нельзя не признать крайне неудачным русский термин «драгоценные камни» в качестве господствующего, родового определения. Быть может, было бы правильным отказаться от этого устарелого термина, неестественно и насильственно суживающего многоцветное царство красивых минералов. Ни в одном языке нет равнозначного термина с таким универсальным значением, так как общие групповые определения, как английское — *gems*, французское — *gemmes*, итальянское — *gemme*, немецкое — *Edelsteine*, не заключают в себе представлений о коммерческой ценности. Не подлежит сомнению, что наиболее простым и верным обозначением, равно отвечающим как духу русского языка, так и типическим особенностям описываемых минералов, является термин «самоцветы».

рода художественные изделия, связующиеся рядом переходов с областью скульптуры и художественного зодчества. В этой группе обособленный кристалл уступает место поликристаллическим массам, самоцветный минерал часто вытесняется самоцветной узорчатой породой.

Таким образом, если отбросить не оправдываемое на наш взгляд противопоставление «самоцветов» «цветникам» и пополнить некоторые случайные пропуски, то классификация Ферсмана — Бола представится в следующем виде:

А. Драгоценные (и полудрагоценные) камни (преимущественно ограночные)

I порядка. Изумруд, рубин, алмаз, сапфир, александрит, благородная шпинель, эвклаз.

II порядка. Опал, бирюза, демантоид, топаз, циркон, красный турмалин, фенацит, аметист (густой), пироп, уваровит, альмандин, гессонит, аквамарин, берилл, сподумен (гидденит, купцит).

III порядка. 1) Кордперит, кианит, турмалин зеленый и полихромный, эпидот, варисцит.

2) Горный хрусталь, дымчатый кварц, аметист (светлый), халцедон, сердолик, агат, плазма, гелиотроп, хризопраз, празем, полуопал.

3) Солнечный камень, лунный камень, лабрадор, авантюрин, элеолит, содалит, обсидиан, сфен, данбурит, бенитонит, пренит, андалузит, ставролит, диопсид, скаполит.

4) Гематит, пирит, касситерит, рутил, золото в кварце.

Б. Поделочные камни

I порядка. Лазурит (ляпис-лазурь), нефрит, жадеит, малахит, родонит (орлец), лабрадор, амазонит, агат, содалит, глауколит, авантюрин, везувиан, горный хрусталь, дымчатый кварц, розовый кварц, кварцит (белоречит), яшма, письменный гранит.

II порядка. Серпентин (змеевик), агальматолит, стеатит, обсидиан, селенит, морская пенка, мраморный опикс, датолит, флюорит, каменная соль, графит, лазулит, смитсонит, допсит (тулит).

III порядка (частью — орнаментовочный материал). Гипс (алебастр), ангидрит, мрамор, порфир, брекчия, кварциты и др.

В. Органические вещества, относимые к драгоценным камням

Жемчуг, коралл, янтарь, гагат.

2. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА САМОЦВЕТНЫХ КАМНЕЙ

Поскольку самоцветные камни не составляют особого минералогического класса, их свойства являются в основном свойствами различных минералогических видов, изучаемыми в курсах минералогии, кристаллографии, петрографии. Некоторые из этих свойств получают, однако, в самоцветных камнях особое значение.

Кристаллическая форма свойственна огромному большинству самоцветов. Многие из них обладают способностью давать крупные, иногда гигантские кристаллы (берилл, сподумен, топаз). Однако, художественные достоинства камня — прозрачность, равномерность и красота окраски, совершенство структуры — стоят чаще всего в обратном отношении к величине кристалла. Крупные кристаллы первоклассных камней (алмаз, рубин, изумруд) являются редчайшими находками и обычно отмечаются особыми именами.

Оптические свойства. Наиболее полное и яркое выражение получил в самоцветных камнях весь комплекс оптических свойств (включая сюда и разнообразные явления окраски). Господство среди самоцветов прозрачных кристаллических тел обуславливает огромную роль, которая в зрительном их восприятии принадлежит световым эффектам.

Явления *светопреломления*, свойственные в той или иной степени всем минералам, получают особое значение для драгоценных камней; здесь наиболее яркое проявление этого свойства связано с эффектом полного внутреннего отражения, зависящего в свою очередь от величины *к р и т и ч е с к о г о у г л а*.

Критическим углом для лучей, выходящих из кристаллической среды камня в воздух, будет угол (i), при котором луч, преломленный встретившей его плоскостью, примет направление, точно совпадающее с ней, т. е. отклонится от перпендикуляра на 90° . При угле, большем чем критический, луч не выйдет из камня, отразившись внутрь от данной поверхности (Фиг. 1).

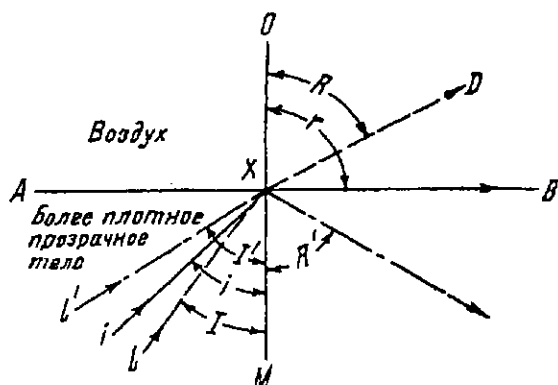
Подобно показателю преломления (n), критический угол (i) для данного камня является постоянной величиной, измеряемой отношением:

$$\sin i = \frac{\sin 90^\circ}{n} = \frac{1}{n}.$$

Следовательно, чем больше показатель преломления n , тем меньше критический угол и тем обширнее в камне область полного внутреннего отражения. Из лучей, вошедших в среду камня с малым критическим углом, лишь сравнительно небольшая часть их непосредственно выходит в воздух: остальные претерпевают полное внутреннее отражение, приводящее их к новым многократным отражениям и преломлениям при встрече с гранями кристалла. Легко представить себе, как разнообразятся эти ходы и взаимное перекрещивание лучей в граненом камне, ограниченном множеством искусственных площадей-фасеток. В некоторых камнях эта световая игра до крайности осложняется и дополняется явлениями дисперсии.

Дисперсия (светорассеяние) — наиболее эффектное проявление преломляющей способности прозрачных минералов — измеряется обычно как разность показателей преломления красной и синей частей спектра. Она свойственна самоцветам в очень различной степени, как можно видеть из следующего списка:

Андрадит (демантоид)	0.057	Корунд	0.018
Сфен (титанит)	0.050	Оливин	0.018
Алмаз	0.044	Эпидот	0.018
То же (между красным и фиолетовым лучами)	0.058	Сподумен	0.017
Циркон	0.038	Турмалин	0.016
Гроссуляр (гессонит)	0.028	Хризоберилл	0.015
Пироп	0.027	Топаз	0.014
Альмандин	0.024	Берилл	0.014
Ставролит	0.021	Кварц	0.013
Шпинель	0.020	Альбит	0.012
		Флюорит	0.006



Фиг. 1. Чертеж для характеристики показателя преломления и критического угла. (По Kraus a. Holden, 1931.)

У граненых самоцветов сильно выраженная дисперсия выражается многоцветным радужным блеском. Как видно из списка, зеленый уральский гранат-демантоид и мало известный в ювелирном мире сфен превосходят в этом отношении алмаз; иные, как, например, циркон, стоят очень близко к нему. У других, даже первоклассных камней, как изум-

руд, рубин, сапфир, дисперсионный эффект выражен очень слабо. Их привлекательность зависит от их окраски.

Окраска самоцветов, изучению которой посвящено в последнее время много интересных работ (Гольдшмидт, Кольбе, Ферсман), представляет собой чисто оптическое явление. Она связана с поглощением части спектра и, по выражению А. Е. Ферсмана (1937), «может быть сведена к серии дополнительных цветов, получаемых путем постепенного перемещения или расширения полос поглощения от фиолетовой части спектра к красной». Появление полос поглощения обусловлено атомной структурой данного вещества, асимметричностью электрических полей кристаллов, большим или меньшим беспорядком в расположении положительных и отрицательных ионов, несимметричностью и взаимным перекрытием тех электронных облаков, которые образуют атомы-узлы в решетке кристалла. Такое состояние атомной структуры в высшей степени свойственно некоторым химическим соединениям, отличающимся поэтому ярко выраженной колористической индивидуальностью. Таким соединениям присвоено название хромофоров, и именно тот или иной хромофор определяет окраску драгоценных камней. Ходячее разделение их (и вообще минералов) на идиоохроматические (с собственной окраской) и аллохроматические (с окрашивающей примесью) в сущности условно, так как во всех случаях виновником окраски является какой-нибудь хромофор, либо слагающий все вещество камня, либо распределенный в нем с большей или меньшей равномерностью; таким образом, в основе всех окрасок лежит начало идиоохроматизма. При изучении химического состава самоцветов бросается в глаза закономерная зависимость между их окраской и наличием того или иного хромофора. А. Е. Ферсман (1937) приводит несколько следующих примеров:

А. Все соединения меди (Cu^{+2}) с кислотами в присутствии воды — зеленого или синего цвета: диоптаз, малахит, азурит, бирюза, хризоколл.

Б. Соединения, содержащие закись железа (Fe^{+2}), — зеленого, зелено-желтого или зелено-бурого цвета: оливин-хризолит, нефрит, диопсид, везувиян, эпидот. Соединения окиси железа (Fe^{+3}) — красного или красно-бурого тона: спессартин, гессонит и др.

В. Минералы с хромом всегда окрашены в фиолетовый, зеленый, красный или в тот и другой цвета одновременно (рубин, пироп, александрит, уваровит, жадеит, хром-везувиян, изумруд и др.).

Г. Соединения с марганцем (Mn^{+3} и частью Mn^{+2}) — розового или красного цвета: лепидолит, родонит, спессартин и др.

Хромофор может входить существенной частью в состав самоцвета (бирюза, малахит, родонит, гематит) или присутствовать в нем в качестве тонкой примеси, изоморфной или механической. В последнем случае, как указывает Ф. В. Чухров (1936), частицы пигментирующего вещества иногда различимы под микроскопом; в других случаях они имеют субмикроскопические, коллоидно-дисперсные размеры (дилютная окраска). Эта окраска, легко исчезающая под действием радиоактивного излучения, вообще является неустойчивой (лабильной) в отличие от изоморфной (стабильной). Интересно, что в ряде минералов имеются оба типа пигмента: лабильного коллоидного и стабильного изоморфного.

Наравне с этими достаточно очевидными факторами окраски — хромофорами — имеются, как указывает А. Е. Ферсман, окраски, источник которых нам неясен, например в амазоните (цвет которого Гольдшмидт пытается отнести к присутствию Rb и Cs); неизвестны или сомнительны причины окраски берилла, сподумена, топаза, сапфира (в последнем Клемм связывает окраску с коллоидно-диспергированным ильменитом). Быть может, во многих окрасках самоцветов следует видеть оптический эффект строения самих кристаллов. Кроме только что названных камней, это можно сказать об окраске лазурита, содалита, нозеана и некоторых других.

Многочисленность и капризное непостоянство условий, вызывающих окраску самоцветов (природа и состояние хромофора, величина его частиц, степень его рассеяния в кристалле, особенности строения самого кристалла и т. п.), приводят к необыкновенному колористическому разнообразию драгоценных камней. Лишь немногие из них обладают постоянной, выдержанной в одном цвете (но меняющейся в оттенках) окраской: малахит, бирюза, лазурит и некоторые другие. Подавляющее большинство самоцветов встречается в разностях, окрашенных самым различным образом. Так, мы встречаем: корунд — красный, розовый, синий, голубой, фиолетовый, желтый, бесцветный; топаз — синий, сине-зеленый, желтый, розовый; турмалин — розовый, малиновый, лиловый, бурый, желтый, зеленый, черный, полихромный и т. п.

Окраска многих драгоценных камней изменяется (иногда очень резко) с изменением источника света. Классическим примером такого изменения служит хризоберилл-александрит, зеленый при солнечном и красный при искусственном свете. Малиновый шерл (турмалин) при вечернем свете становится буроватым, огненно-синий лазурит — почти черным, густо лиловые («бархатные») аметисты Мурзинки приобретают кроваво-красный отблеск. Все эффекты этого рода сильнейшим образом осложняются присутствием драгоценным камням в различной степени свойствами плеохроизма.

Плеохроизм свойственен кристаллическим минералам, не принадлежащим к правильной сингонии (анизотропным). Избирательная адсорбция света, обуславливающая их окраску, проявляется в анизотропных телах векториально, т. е. различно в различных направлениях; поэтому некоторые камни, рассматриваемые по направлению различных кристаллографических осей, изменяют или а) оттенки основного цвета или б) основной цвет.

Примером плеохроизма первого рода могут служить: рубин, кажущийся более густо окрашенным при рассматривании его вдоль главной оси (сверху); турмалин, обнаруживающий, напротив, более густой тон через плоскости призмы (сбоку); к этой же группе одноцветно и сильно плеохроирующих самоцветов относятся сапфир, кианит, сподумен, бенитоит; слабо плеохроичны в одном цвете азурит, аметист, везувиян, берилл, оливин, голубой топаз, дымчатый кварц, эвклаз.

К сильно плеохроирующим в двух или трех цветах относятся хризоберилл (зеленый, красный, оранжево-желтый), андалузит (бесцветный, желтый, красный или зеленый); кордиерит (желтый, синий), тулит (розовый, желтый); это же свойство в заметной степени выражено у ставролита (красный, коричневатый, желтый), желтого и розового топаза (желтый или розовый и бесцветный), сфена (красный, желтый, зеленоватый, бесцветный), гиперстена (красный, желтый, зеленый) и некоторых других.

Дополнительные особенности окраски. Интересные световые и красочные эффекты некоторых самоцветов связаны с нарушением физической однородности их вещества, с наличием механических включений. Так называемый астеризм корунда, проявляющийся в виде шестилучевой звезды на сферически отполированной поверхности, вызывается присутствием в камне тончайших трубчатых пустот, располагающихся под углом в 60° друг к другу в плоскости, перпендикулярной к длинной оси кристалла. Прелестная радужная игра опала объясняется, как показал Э. Байер (Baeyer, 1932), рефlekсами света от реликтовых пластинчатых псевдоморфоз опалового вещества по плоскостям замещенных им кристалликов кальцита. Тончайшие параллельные включения ильменита обуславливают красивые, напоминающие павлинье перо переливы цветов на кристаллах лабрадора. Наличие тонковолокнистых включений вызывает характерные отсветы в кварцево-халцедоновых псевдоморфозах по асбестовидным минералам («ношачий глаз», «тигровый глаз», «соколиный глаз»). Голубые отсветы лунного камня являются результатом отражения лучей от плоскостей

полисинтетических двойников. Мельчайшие включения гематита, слюды, пирита сообщают ряду непрозрачных камней интересную искристость (авантюрин, солнечный камень, белоречит и др.).

В непрозрачных или отчасти просвечивающих камнях, однако, на первый план выступают красота и совершенство тона и окраски, к которым присоединяются нередко интересные текстурные особенности: полосчатость, струйчатость (агат, онкс), пятнистость (агат, гелиотроп, родонит, змеевик), или сложная пестроцветная узорчатость, так роскошно проявляющаяся в мраморах и яшмах.

Из предыдущего видно, как разнообразен, изменчив и сложен комплекс колористических и световых свойств, определяющих индивидуальную прелесть данного камня. В зрительном восприятии различно выраженные свойства самоцветного камня дополняют, подчеркивают или смягчают друг друга. Особенно важно гармоническое сочетание окраски и блеска; если, по образному выражению Гаюи, различные оттенки в цвете камня можно сравнить с высотой музыкального тона, то блеск можно уподобить его тембру.

Твердость, понимаемая в данном случае как способность сопротивляться абразии, составляет очень существенное и характерное свойство драгоценных камней. Как общее правило, — это тела высокой твердости, занимающие (если не считать составляющего особенный и высший класс алмаза) четыре последних ступени моосовской шкалы: 6 — полевой шпат, 7 — кварц, 8 — топаз, 9 — корунд; классу 9 твердости отвечают только камни корундовой группы (рубин, сапфир); немногие занимают промежуточное место между 9 и 8 классами (шпинель, хризоберилл— $8\frac{1}{2}$); огромное большинство располагается между 7 и 8 классами, тяготея к низшему пределу. Твердость предопределяет долговечность камня; некоторые классификаторы пытаются именно по этому признаку наметить демаркационную линию между подлинно драгоценными (твердость выше кварца) и полудрагоценными камнями. Выбор кварца в качестве критерия не случаен в виду огромного участия мельчайших кварцевых частиц в носящейся пыли. Их абразивное действие на постоянно носимые украшения очень велико.

Необходимо отметить, что твердость не остается неизменной даже в пределах единого минералогического семейства. Гранильщики хорошо знают различие в твердости алмазов из разных месторождений. Нередко отмечаются различия в твердости октаэдрических и кубических плоскостей алмаза. Для анизотропных камней обычны векториальные различия в твердости; иногда эти различия очень велики; например, у триклинного кшанита твердость на плоскости (010) равна 7, на плоскости (001)—6—7, на плоскости (100)—4—5.

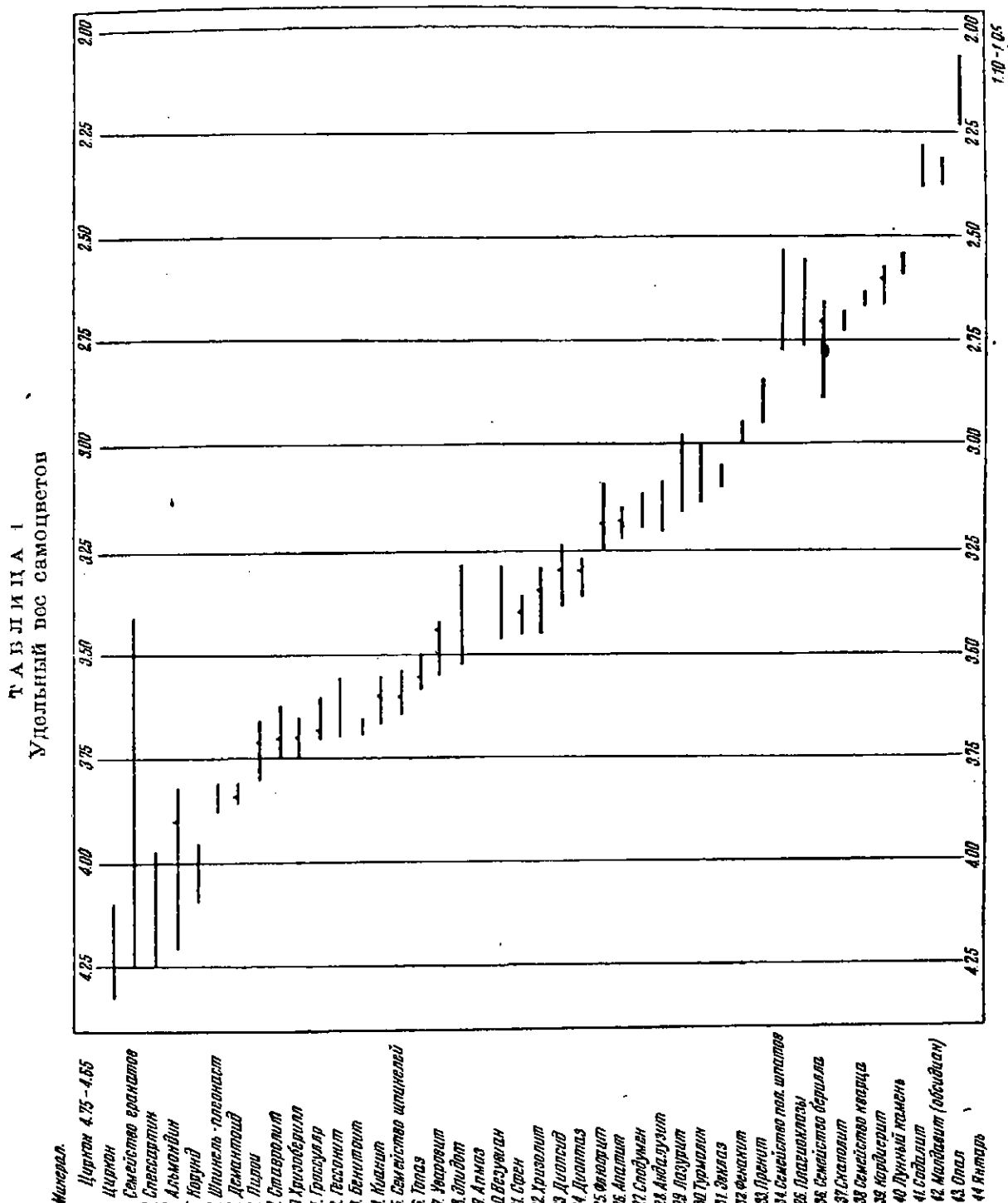
Твердость самоцветов, наряду с их химической стойкостью и сравнительно высоким удельным весом, является одним из важных факторов в их геологической судьбе, способствующим их сохранению среди разрушающихся, истираемых при переносе породообразующих минералов.

Удельный вес. Это свойство самоцветных камней варьирует в довольно широких пределах, подвергаясь значительным колебаниям даже в границах семейных групп, как свидетельствует табл. 1.

Из табл. 1 видно, что удельный вес большинства драгоценных камней выше 2.75, т. е. значительно превосходит удельный вес наиболее распространенных породообразующих минералов. Это служит решающим фактором образования крупных аллювиальных концентраций самоцветных камней.

Химический состав самоцветов, в связи с генетическим их разнообразием, также необычайно разнообразен. Немногочисленная, но наиболее ценная группа первоклассных драгоценных камней принадлежит к элементам (алмаз) или окислам (корунд, опал), алюминатам (шпинель, алек-

сандрит). Огромное большинство, в том числе первоклассный драгоценный камень изумруд, относится к сложным алюмосиликатам, нередко с участием редких элементов. Химический состав типических групп самоцветов приводится в прилагаемой к настоящему очерку табл. 9.



3. ГЕНЕЗИС И ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ САОЦВЕТНЫХ КАМНЕЙ

Среди драгоценных камней встречаются продукты самых разнообразных минералогенетических процессов. Каждая зона, каждая термодинамическая оболочка земной коры имеет среди них своих представителей. Однако, бесспорно господствующая роль в первичном генезисе самоцветов принадлежит интрузивной (в значительно меньшей степени — экстррузивной) магме.

Образование драгоценных камней происходит в различных точках магматического кругооборота, на всем пути — от затвердевания глуп-

бинных тяжелых железисто-магнезиальных комплексов до финальных, близких к поверхности пегматито-пневматолитовых и гидротермальных процессов с их многообразными воздействиями на вмещающие породы.

Ортомагматический период кристаллизации с точки зрения экономики самоцветов должен был бы считаться важнейшим, хотя количество видов, образующихся в этой ранней стадии застывания магмы, сравнительно очень невелико. В специальной статье (см. А л м а з) были рассмотрены условия выделения алмаза из тяжелых основных магм.

Парагенетически близки к нему кроваво-красный пироп (магнезиальный гранат) и желто-зеленый оливин (хризолит, перидот), также связанные с габброидными породами и их ответвлениями. Шпинель (плеонаст), образующаяся в этой же стадии в виде реакционных оболочек на оливине и анортите, лишь редко дает драгоценные разновидности. С габброидной магмой связаны иногда весьма крупные порфировидные выделения полсового шпата — лабрадора с красивой радужной игрой. Иногда кристаллы радужного плагиоклаза в процессах гравитационного обособления скапливаются в сплошные, почти мономинеральные породы, как, например, знаменитый турчинский лабрадорит (Житомирская обл.). На этом же отрезке интрузивного цикла в норитах и гиперитах выделяются крупные, с металлическим блеском вкрапления энстатита, бронзита и гиперстена, роль которых в семье самоцветов в общем случайна и невелика.

Область главной кристаллизации, наследие которой мы видим в грандиозных массивах гранитных и гранодиоритовых пород, представляется с точки зрения образования самоцветных камней мало продуктивной. Этот перерыв в магматическом круге с лихвой возмещается роскошным минералообразованием пегматитовых остатков, кристаллизующихся в теменах гранитных батолитов, а также в пустотах и трещинах вмещающих пород.

Комплекс относящихся сюда явлений, изучавшихся Боуэном, Брегером, Гольдшмидтом, Линдгреном, Маухером, Морозевичем, Ниггли, Фохтом, Хессом, Чирвинским и др., наиболее полно и глубоко анализирован и истолкован А. Е. Ферсманом в многочисленных статьях, специальной монографии и во многих разделах «Геохимии» (1932—1939). Это — лежащая в интервале 700—300° стадия застывания сложного алюмокремневого расплава, обогащенного рассеянными прежде элементами гранитной магмы, необычайно подвижного, насыщенного летучими «минерализаторами» (F, Cl, Be, B, Li, H₂O, CO₂), с различными критическими температурами; все процессы минералообразования до крайности осложняются здесь явлениями переохлаждения и пересыщения, беспрестанными, иногда скачкообразными колебаниями термодинамических условий, с выделением минералов из флюидного состояния, с образованием обширных полых пространств, удобных для свободного роста больших кристаллических групп. Не обрываясь резко, пегматито-пневматолитовая стадия доходит, в процессе медленной отдачи тепла, до критической температуры воды, до перегретых водных растворов, до чисто гидротермальных процессов.

Из многочисленных типов пегматитовых жил наиболее продуктивными в отношении самоцветов А. Е. Ферсман (1932) считает ф т о р о - б е р и л л и е в ы й п близко примыкающий к нему н а т р о - л и т и е в ы й т п п ы. Эти типы пегматитов чаще всего встречаются в связи с глубинными гранитами герцинской системы; они пока еще мало известны в молодых слабо эродированных горных областях и почти совершенно неизвестны в древних архейских глубоко размытых щитах. К этим типам относится обширная группа самоцветов кварцевой, алюмосиликатной и титаносиликатной группы, как, например, аквамарин и другие разновидности берилла, топаз, турмалин, сподумен, амазонит, сфен, горный хрусталь и др.

Чрезвычайно крупную роль в генезисе самоцветов играют некоторые пегматиты контактно-мигматического типа, являющиеся в сущности про-

дуктом скрещения нормального пегматитового остатка с боковой породой. С этими типами генетически связаны: изумруд (контакты пегматита с магнезиальными хромоносными породами), рубин, сапфир, шпинель (контакты кислой магмы с известняками и доломитами), алмаз (контакты с глинистыми породами) и многие другие.

Следующая таблица, составленная А. Е. Ферсманом (1932), дает схематическое представление о генетических областях известнейших самоцветных камней в последовательном ходе застывания пегматитового остатка.¹

ТАБЛИЦА 2

Приуроченность драгоценных камней к фазам пегматитового процесса

Эпимагматическая фаза		Пегматито-пневматолитовая фаза				Гидротермальная фаза				Контактные и мигматические пегматиты
В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И	К		
800°		600°		500°		400°		250°		
Т и п ы										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Корунд	Берилл, аквамарин	Воробьевит	(Изумруд)	Изумруд						
	Хризоберилл		Эвклаз	Хризоберилл						
	Фенакит			Корунд						
	Топаз		Топаз золотистый	Фенакит						
Циркон		Розовый и полихромный турмалин								
Гранат		Лепидолит								
	Кордиерит	Сподумен								
	Дымчатый кварц	(Розовый кварц)	Горный хрусталь							
Письменный гранит	Амазонит		Аметист							
	Лунный камень									
			Плавиновый шпат							
									Железистый адуляр	

¹ Изучение индийских и бразильских россыпей алмаза наводит некоторых исследователей на мысль о возможности образования и этого драгоценного камня в процессах пегматитового характера.

Возвращаясь несколько назад, здесь уместно подчеркнуть тесную зависимость кристаллической формы и окраски самоцветов от физико-химических условий породившей их фазы. Турмалин, выпадающий в первые стадии кристаллизации пегматита в тонких игольчатых кристаллах, в дальнейшем ходе процесса облекается в короткостолбчатые формы, позднее вновь удлиняющиеся и, наконец, в заключительную, гидротермальную фазу опять возвращающиеся к игольчатому облику. Такие же изменения кристаллического габитуса претерпевает берилл, топаз, циркон, кварц и др.

Изменение окраски иллюстрируется табл. 3 (по Ферсману, 1932), дополняющей и иллюстрирующей приведенные выше данные об источниках окраски самоцветов. Отмеченные изменения частично зависят, быть может, от химической примеси того или иного хромофора, выступающего на сцену в определенный момент; по большей же части они обусловлены изменением кристаллической решетки минерала.

В процессах жильно-гидротермального типа в изобилии образуется горный хрусталь (альпийские жилы), адуляр, дымчатый кварц, апатит, апатаз. Возможно, что с гидротермальными процессами рудного типа связаны некоторые крупнейшие месторождения малахита (Меднорудяцк). Сюда близко примыкают процессы отложения коллоидной кремнекислоты, опаловые и халцедоновые псевдоморфозы по различным минералам и горным породам, «окаменелости» и т. п. Среди продуктов термальных (частью гипергенных) изменений габброидных пород мы находим зеленый с алмазной игрой гранат-демантоид, изумрудный уваровит и ряд различной ценности поделочных камней: змеевик, тальк, морскую пенку.

Своеобразной и весьма продуктивной областью гидротермального генезиса некоторых самоцветов являются многочисленные эллиптические или сферические пустоты в излившихся породах, заполненные сплошным или полосчатым халцедоном (агатом), нередко с друзами аметиста.

Контакты магмы с вмещающими породами играют, как отмечено выше, большую роль в образовании многих красивых минералов; к этой области относятся явления разнообразного метаморфизма (термического, термодинамического, пневматолитического, гидротермального), в которых нелегко разграничить влияние того или иного фактора. В числе скарновых образований на контакте магмы с известняками мы находим: гроссуляр, гессонит, везувиян, лазурит; другие типы метаморфических процессов при паличии высоких давлений дают альмандин, кианит, андалузит, ставролит, нефрит, авантюрин, яшмы т. п.

Сравнительно с областью магматических процессов, другие источники первичного генезиса самоцветов играют скромную роль. Важнейшее место здесь принадлежит процессам химического выветривания при участии поверхностных вод; из растворов последних, обогащенных разнообразным материалом, выделяются в дальнейшем те или иные минералы. Очень тонкие и сложные процессы эти лишь сравнительно недавно стали объектом пристального изучения. Минералы, возникшие таким путем, обычно являются коллоидными или метаколлоидными, скрытокристаллическими; однако, им свойственна тенденция постепенно переходить в кристаллическое состояние. К наиболее ценным самоцветам этой группы относятся благородный опал, нередко представляющий собою замещение кальцита гелем кремнекислоты; яблочно-зеленый хризопраз, образующийся при разрушении никеленосных серпентинитов; небесно-голубая бирюза — сложный продукт выветривания полевошпатовых пород в присутствии солей меди и фосфора (из апатита или органических соединений); малахит, являющийся наиболее обычным продуктом поверхностного карбонатного окисления медных сульфидов, и некоторые другие.

Огромное экономическое значение имеют вторичные концентрации самоцветных камней. Свойственные большинству их твердость и высокий

ТАБЛИЦА 3

Именение цвета некоторых минералов в разные фазы погматитового процесса

Минералы	Эпимагматическая фаза		Пневматолитическая фаза				Гидротермальная фаза		
	В	С	D	E	F	G	H-I	K	L
	800°		600°		500°		400°	250°	100°
Берилл			желтый	зеленый	бесцветный	розовый			
Топаз			голубой	розовый	бесцветный	розовый	черный		
Турмалин			черный	розовый	зеленый	розовый	розовый		
Апатит			аслено-голубой	черно-синий	аслено-зеленый	фиолетовый	фиолетовый		
Гранат	розовый		буро-красный	(темнозеленый) бурый	темнооранжевый				
Кварц			дымчатый	серый	розовый	(белый)	прозрачный		
Флюорит					темно-зеленый	розовый	аселеный		
Слюда	черно-бурый		черный	серебристый	аселеноватый	розовый	желтоватый		
				розоватый	фиолетовый				
Полевой шпат	белый	темно-розовый	светло-розовый	(органлаз)					
	(излагно-красный микро-клаз)	красный микро-клин	(микро-клин)	желтоватый					
			аселеный (микроклин)						
Титанит	бурый				белый (альбит)	голубоватый (альбит)	аселеный желтый		

удельный вес предопределяют обильное накопление их в элювиальных, делювиальных и аллювиальных россыпях. Таким путем в долинах рек, рассекающих древние горные цепи, образовались обширные комплексные месторождения самоцветов, являющиеся главным источником их добычи. Этот тип будет подробно, на конкретных примерах, описан ниже.¹

4. ЗАГРАНИЧНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ САМОЦВЕТОВ

Несмотря на значительную в общем распространенность минералов, так или иначе принадлежащих к семье драгоценных камней, их крупные промышленные концентрации, игравшие в прошлом и продолжающие доныне играть на мировом рынке существенную роль, являются уделом немногих областей земного шара.

К таким областям (не считая СССР) могут быть отнесены:

1. Южная (частью юго-западная и западная) Африка и Мадагаскар.
2. Южная и центральная Азия [Цейлон, Индостан, Иран, Афганистан, Южный Китай, Китайский Туркестан, Бирма, Таи (Сиам), Камбоджа].
3. Некоторые области Южной Америки (Колумбия, Бразилия, Британская Гвинея, Уругвай).

Африка

С эконоомической точки зрения не только первое место, но подавляюще господствующая, совершенно исключительная роль в мировой добыче драгоценных камней принадлежит месторождениям Африканского континента. В ценностном выражении они дают свыше 90% всех обращающихся на мировом рынке богатств самоцветного камня, причем главнейшая часть их продукции представлена алмазом. Африканские месторождения алмазов подробно описаны в 1-м томе «Неметаллических ископаемых»; для сохранения целостного общего представления им дается здесь сжатая характеристика.

Огромнейшая в мире алмазопосная площадь *Южной Африки* лежит примерно между 15 и 30° восточной (от Гринича) долготы, ограничиваясь на юге Зютерландом и Бофортом и протягиваясь к северу до Катанги (Конго) и Танганьики. Эта огромная полоса захватывает, таким образом, Капскую провинцию, Оранжевую колонию, Трансвааль, Бельгийское Конго.

На границе мела и палеогена эта обширная область явилась ареной грандиозных тектонических движений, раскалывавших древний материк Гондваны и сопровождавшихся величественным вулканическим циклом. В результате мощных поднятий ультраосновной магмы громадный участок земной коры был прорван несколькими сотнями вулканических жерл, вертикальных или несколько наклонных — «трубок взрыва»; отчасти рассеянных на обширной площади, отчасти связанных в более или менее тесные группы и ряды. Трубки, образованные многократными последовательными взрывами, а также впадающие в них различной мощности дайки выполнены алмазопосной магнезиальной (серпентино-оливиновой) породой — кимберлитом и продуктами его механического и химического разрушения.

Одним из замечательнейших петрогенетических феноменов, сопровождавших эти могучие интрузивно-эруптивные процессы, явилось выделение алмазов как нормальных породообразующих минералов в кристаллизующейся основной породе. По мнению В. Вагнера, алмазы выкристаллизовались на больших глубинах и были вынесены уже после образования в каналах «трубок». Детальное кристаллографическое изучение алмазов привело А. Е. Ферсмана к выводу о частой смене физико-химических условий,

¹ Кроме цитированных работ А. Е. Ферсмана, вопросы генезиса различных самоцветов сжато, но превосходно освещены в небольшой книге Б. Я. Меренкова (1936—1).

сопровождаящих их кристаллизацию, чем, в частности, объясняется значительное разнообразие свойств и промышленных качеств южноафриканского алмаза.

Наиболее значительные группы алмазодельных диатрем сосредоточены у Кимберлея, Претории, Еггерсфонтейна, Коффионтейна, Постмасбурга.

С выветриванием коренных месторождений связаны многочисленные аллювиальные россыпи алмазов. Из них важнейшие в Южной Африке: 1) р. Вааль от Стандартона до устья; 2) междуречье Вааль—Харта в Южном Трансваале; 3) область р. Харта; 4) притоки р. Вааль (Валш, Вет, Рьет, Модбер); 5) долина р. Оранжевой.

Множество алмазных месторождений (главным образом аллювиальных) расположено на Африканском континенте вне охарактеризованной выше площади, а именно: *Побережье Малого Нэмаквалэнда*: устье р. Оранжевой, залив Александра и др.; *Юго-Западная Африка*: 400-километровая прибрежная полоса аллювиальных отложений от Анграс Юнтас до залива Коппеншен; *Бельгийское Конго*: аллювиальные месторождения в бассейне рр. Казэ и Бушимэ, кимберлитовые трубки Катанги; *Португальская Ангола* (округ Люнда) между рр. Чикат и Казэ (лучшие аллювиальные алмазы Африки); р. *Муанза* (близ Танганьики): коренные месторождения; древний и современный аллювий Золотого Берега, Сиерра Леоне, Либерии.

Сравнительно с колоссальными алмазными богатствами Африки остальные самоцветные ее ресурсы представляются очень скромными. Однако, они не лишены значения, и некоторые из африканских цветных камней играли и продолжают играть заметную роль на ювелирном и техническом рынке.

Часть камней континента генетически связана с основными породами. К ним относится кроваво-красный пироп («капский рубин»), встречающийся вместе с алмазом в кимберлитовых трубках и россыпях.

В округе *Барбертон* близ Нордкапа, а также в соседних горах Джемстауна добывается исключительной красоты, блестящей густозеленой окраски серпентин, известный на рынке под названием вердита. Другим красивым зеленым камнем Южной Африки, фигурирующим под универсальным именем «жада», является массивный хромсодержащийgrossуляр, очень напоминающий хороший нефрит. Этот прекрасный камень залегает вместе с хромитом пластами до 45 см мощности в габбро бушвельдского комплекса. Его добывают около Буффельсфонтейна и Турффонтейна в 60 км от Претории.

В *Капской провинции*, в округе Хей (Нау) близ Наупорт и Леликстад находятся лучшие месторождения хорошо известных в ювелирном мире отливающих камней — псевдоморфоз кварца по голубому асбесту-крокидолиту («тигровый глаз», «соколиный глаз»). Лучшими разностями считаются светлорозовато-желтые с более темным коричневым отливом.

Другая группа африканских камней связана с гранитными пегматитами. Здесь первое место принадлежит берилловым и в особенности изумрудным месторождениям Сомерсета в северо-восточном Трансваале, многими чертами близко напоминающим Изумрудные копи нашего Союза. Сильно напущенные одно время берилловые месторождения среди обширных пегматитовых полей Нэмаквалэнда не вполне оправдали себя. В этой же области нередки находки амазонита, розового и лилового кварца.

Заслуживают внимания значительные скопления зеленого и синего турмалина в Юго-Западной Африке в пегматитах Узакое, Пауваб, Сандамаб, Амеиб, Шампютт и др. Следует упомянуть также малахитовые месторождения Катанги (Конго) и Тауеба (Нэмаквалэнд).

Остальные виды встречающихся в Южной Африке самоцветов, как, например, винно-желтые, гвоздично-красные и синие корунды, зеленая

шпинель и агаты северного Трансвааля, а также довольно распространенные красные яшмовые брекчии Капской провинции, имеют лишь некоторое местное значение.

Мадагаскар, прозванный французскими минералогами «страною бериллов», является одной из интереснейших областей самоцветного камня. Западная часть «Великого Острова» покрыта мощной серией отложений от пермо-карбона до четвертичного периода. В средней части острова эти отложения примыкают к Высоким плато (Hauts Plateaux), спускающимся на востоке гигантскими уступами в глубины Индийского океана. Высокие плато сложены древними кристаллическими сланцами и сериями изверженных пород. Главная роль среди них принадлежит гранитам с исключительным изобилием пегматитовых жил.

А. Лакруа (Lacroix, 1935) подразделяет их на: 1) калиевые пегматиты; 2) натро-литиевые пегматиты; 3) субщелочные пегматиты; 4) глиноземистые пегматиты; 5) кварцевые жилы, связанные с пегматитами.

Наиболее распространены и продуктивны калиевые пегматиты, близкие, по видимому, ко 2-му геохимическому типу А. Е. Ферсмана. Основным их богатством является берилл, представленный всеми известными своими разновидностями, кроме изумруда. Здесь встречается прелестный густосиний аквамарин, иногда (Тонгафено) с эффектным черноватым оттенком, весьма ценным ювелирами; далее следует все оттенки зеленого — от водянистых до густых оливковых тонов. Изредка встречается здесь превосходный розовый цезиевый берилл (morganit, воробьевит), более характерный, однако, для натро-литиевых пегматитов, к которым Лакруа вообще относит группу «тяжелых» бериллов с высоким удельным весом и высокими показателями преломления; в калиевых пегматитах преобладает группа «легких», близких к обычным, типов берилла с зеленоватой или голубой окраской. Изобилием бериллов отличаются округа Анказобе, Тсаратанана, Анкаратра, Бетафо, Фьянанантзоа, Саастани, Тананарива; в последнем встречаются кристаллы до 100 кг весом.

Топаз более редок. Его бесцветные или голубоватые кристаллы достигают огромных размеров, отличаясь при этом прозрачностью и ярким блеском. Вместе с ним встречается хризоберилл-цимофан (Анказобе). В калиевых пегматитах встречаются изредка (Тсарасаотра) прозрачные и блестящие образцы скаполита, обычно не ограночного камня.

В обычных среди натро-литиевых пегматитов пустотах-занорышах (cryptes) нарастают кристаллы великолепных турмалинов; по обилию, разнообразию и красоте этих камней Мадагаскар может соперничать с наиболее известными месторождениями Урала, Калифорнии, Мэна и Цейлона. Здесь обычны безукоризненные прозрачные камни: красные, иногда с фиолетовым оттенком рубеллиты, розовые, золотисто-желтые и лимонно-желтые камни, аналогичные «цейлонским хризолитам», синие индиголиты (правда, невысокого качества) и зеленые турмалины, напоминающие бразильские. Многие из названных камней весят до 40 каратов. Часто встречаются также зонарно окрашенные и разноцветные турмалины, пригодные для обработки кабошонам.

В пегматитах Антандрокомби вместе с густокрасным турмалином встречается красивый сподумен — кунцит; в жилах Анжанбонойна, Махаритро и др. этот самоцвет добывается в превосходных сиренево-розовых ярко блестящих кристаллах, напоминающих кунциты Калифорнии (Пала); некоторые камни окрашены в соломенно-желтый или светлозеленый цвет (гидденит). В этом же типе жил встречаются красивый оранжевый ярко блестящий спессартин, адуляр, также оригинальный золотистый железистый ортоклаз и красивые разности прозрачного зеленого диопсида.

В некоторых корундовых пегматитах Лакруа отмечает наличие красных, пригодных для огранки камней: оливкового корнерупина и темно-

синего сапфирина. В субщелочных пегматитах крайнего юга (округ Бетрон) встречается оранжевый и фиолетовый циркон.

В изобилии распространены в пегматитах, а также среди рассекаемых ими кварцитов крупные и чистые кристаллы горного хрусталя. Давнишней славой пользуется массивный розовый, реже аметистовый кварц, добываемый попутно при разработке берилловых пегматитов Самирези, Саганивотру и др. Нередки также интересные разности рутиловых кварцев-волосатиков.

В многочисленных кварцевых жилах Амбатоманга и др., также связанных с пегматитами (аналогично жилам Мурзинского района), встречается светло окрашенный аметист; вместе с ним обычны друзья прозрачного и дымчатого горного хрусталя, цитрина и др. Для многих пегматитов обычен яркозеленый или голубоватый амазонит.

К особенностям мадагаскарского пегматитового поля относится сравнительно далеко зашедшее латеритное и каолиновое выветривание верхних частей жил. Это сильно облегчает добычу самоцветов в разрыхленных, частично размытых и элювиально обогащенных поверхностных зонах.

Некоторая часть самоцветов Мадагаскара связана с основными породами. В пустотах меловых базальтов р. Аналалавы, на плато Антанимены и др., а также в элювии в изобилии встречаются жеоды разнообразного халцедона, серого, красноватого, молочного, крапчатого, концентрически-ленточного (агата); блоки яблочно-зеленой плазмы и празема.

Азия

«Город драгоценных камней» на Цейлоне. Главный район добычи самоцветов лежит в окрестностях Балангоды, Ракваны и Ратнапуры, на южном склоне Адамова пика, в южной части острова. Торговым центром района служит Ратнапура, что на сингалезском языке означает «Город драгоценных камней». В глубоких пологих долинах расположены аллювиальные месторождения самоцветов. Коренными породами окрестных гор являются разнообразные архейские кристаллические сланцы, парагнейсы, лептиниты (гранулиты) и др., кое-где с пропластками белых мраморов, с секущими их жилами белых и красных пегматитов.

По данным индусского исследователя Кумарасвами, материнской породой сапфиров является сильно разрушенный ортоклазо-микропертитовый гранулит, содержащий, кроме сапфира, также гранат, зеленую шпинель и циркон; материнская порода многих цейлонских камней, по мнению Кумарасвами, еще не установлена. Повидимому, в сложном петрологическом комплексе горного района Ратнапуры проявились в высшей степени разнообразные циклы минералообразования: процессы пегматито-пневматолитового и гидротермального типа, явления десиликации, контактного и регионального метаморфизма. Продукты всех этих процессов накоплены в мощных аллювиальных выносах, огромная площадь которых еще скрыта под рисовыми полями широких речных пойм (deniyas).

Породой, заключающей самоцветы, является иллам (illam) — пласт хрящеватого, слабо окатанного щебня, покрытого слоем наносов различной мощности. По данным исследователей, этот пласт был отложен еще в древнем русле Гин-Ганги, образовавшейся из слияния Деновек-Ганги и Вей-Ганги. Перемещение рек привело к тому, что залежи аллювия с самоцветами встречаются как в современных их руслах, так и в различных участках поймы. Мощность наносов колеблется в широких пределах — от 1.5 до 12 м, а в некоторых случаях даже до 36 м. Иногда, как, например, в окрестностях Пельмадуллы, иллам образует два слоя, разделенные прослойкой глины или песка; нижний слой, как правило, богаче драгоценными камнями, что, по мнению Кумарасвами, объясняется более быстрым тече-

нием потоков, отложивших этот слой и выносивших большие количества относительно тяжелых минералов.

В составе иллама главную роль играет галька белого кварца; при работах она обычно настолько перемешивается с илистой грязью, что куча иллама кажется кучей глины.

Главным предметом добычи из цейлонских россыпей служит синий и звездчатый сапфир; вместе с ним встречаются рубин и другие разновидности корунда: бесцветный, желтый («восточный топаз»), зеленый («восточный изумруд»), фиолетовый («восточный аметист»), а также ряд других самоцветов: цимофан-хризоберилл, называемый здесь по внешнему сходству «кошачьим глазом»; бесцветный топаз, бледносиний кордиерит (иолит), идущий иногда за сапфир; различных цветов турмалин, гранаты — альмандин и превосходный гиаинтовый гессонит, бледнозеленый берилл, горный хрусталь, аметист, прекрасный синий кианит и множество разновидностей пирекона: желтый, зеленый, красный, бледнокоричневый; последний после прокаливании, благодаря сильному алмазному блеску, фигурирует под именем *Mataga diamond*.¹

Следует отметить, что побережья Цейлона, этого острова самоцветов, в особенности литторальные зоны Манарского залива, поставляют на рынок главную массу превосходного молочно-белого жемчуга, с которым лишь отчасти соперничает желтоватый жемчуг островов Барейна в Персидском заливе.

Легендарная некогда слава *Передней Индии* как страны несметных самоцветных сокровищ в новейшую эпоху потускнела. Однако, до настоящего времени не потеряли значения *Кашмирские* разработки высокосортного сапфира. Месторождения лежат в округе Занскар, в области сильного развития древних метаморфических пород, слюдястых и гранатовых гнейсов, мраморов, антофиллитовых сланцев, рассекаемых гранитными пегматитами. В последних, кроме сапфира, встречаются берилл, сподумен, зеленый турмалин, горный хрусталь, лазулит. Промышленная добыча сапфира ведется, однако, не из коренных, а из вторичных его скоплений, близ деревень Мачел и Сумжан.

Знаменитейшими алмазными месторождениями Индии были когда-то россыпи Коллура на р. Кистна, в восточном Деккане. Здесь были найдены исторические алмазы «Великий Могол» и «Коинур». Центром алмазной добычи является до нашего времени район Панна в Бундельханде, также россыпи по рр. Панар, Маханади, Брамны и др.; наиболее северная группа *копей* лежит к югу от Аллахабада и Бенареса.

Индийские алмазы залегают в палеозойских песчаниках и конгломератах, концентрируясь в рыхлых продуктах их выветривания. С открытием африканских алмазов промышленное значение индийских месторождений упало, несмотря на то, что качество индийских алмазов чрезвычайно высоко; они отличаются как необыкновенной прозрачностью, чистотой и блеском, так и наличием разновидностей с окраской — желтой, зеленой, розовой, черной.

Область мощных основных, частью миндалевидных покровов Деккана с незапамятных времен служит богатым источником красивых камней халцедоновой группы (агатов, карнеолов и др.). Много цветного халцедона доставляется в кустарные мастерские Дели, Агры и Калькутты из Раджпутаны, с п-ова Катиавар и др.

Азиатские страны, пограничные с СССР. Сообразуясь с географической последовательностью, можно упомянуть здесь же три азиатские

¹ Как курьезную деталь И. Жильсон (Gillson, 1933) отмечает значительную принадлежность к туземным самоцветам привозных синтетических камней немецкого происхождения.

соседствующие друг с другом и прославленные с древних времен области драгоценного камня: Иранский Хорасан, Афганистан и Китайский Куэнь-Лунь.

Знаменитые Хорасанские месторождения бирюзы в Иране (Мааден и др.) лежат в 50 км к северо-западу от Нишапура, на склоне горы Али-Мирза. Мелкие жилки (до 2—6 мм) и корочки небесно-голубого драгоценного камня встречаются в трахитовой брекчии на контакте трахита с известняками. Разработки бирюзы идут на глубину до 100 м.

Важнейшим месторождением Афганистана являются знаменитые с глубокой древности лазуритовые копи, лежащие среди суровых скалистых гор Северного Бадахшана, в ущелье р. Кохчи на высоте 450 м над ее уровнем. Горы состоят из черного и белого кристаллического известняка; лазурит как продукт контактного воздействия гранитной магмы залегает в известняке в форме неправильных линз и жил. Лучший бадахшанский лазурит отличается необычайной интенсивностью роскошной густосиней окраски, на фоне которой иногда красиво блестят золотистые кубики пирита; менее ценятся светлоголубые и еще менее — зеленоватые разновидности.

В Китайском Туркестане большое значение имеют многочисленные, но, несмотря на давнишнюю известность, плохо изученные нефритовые месторождения Куэнь-Луня. По данным К. Богдановича, посетившего коренные месторождения нефрита в бассейне р. Керья-дарья, гнездовые выделения этого камня залегают на контакте гранитов и авгитовых сиенитов с габброидными породами. Подобно нашим саянским месторождениям, нефрит Куэнь-Луня добывается преимущественно в выносах многочисленных горных рек, в виде валунов и галек; добыча сосредоточена, главным образом, в р. Хотана, долинах рр. Журункаш, Каракаш, Тизнаб и др.

Индокитай. Верхняя Бирма (фиг. 2). Могок — легендарно-знаменитый с древности рубиновый район — характеризуется примерно тем же минералогическим комплексом, что и описанная выше область Цейлона, однако с тем различием, что в могокской метаморфической свите крупную роль играют архейские мраморы, в которых (вероятно, за счет глиноземистых включений — примесей) образовались корунд и шпинель. В геологическом строении района большую роль играет также серия сильно метаморфизованных и дислоцированных пород докембрия: парагнейсов, гранулитов, слюдяных сланцев, пироксенитов, амфиболитов. Вся эта серия интродуцирована кислыми жильными породами (мелкозернистыми гранитами, аплитами, пегматитами). Эрозия разрушила значительную часть этих древних пород и привела к образованию мощных делювиальных и аллювиальных месторождений. Первые располагаются по склонам гор, где на поверхности разрушенных известняков толстым слоем залегают красновато-бурая глина и щебень из обломков кристаллических сланцев, пегматита, кварца и др. В этом делювии, кроме рубина, встречаются шпинель, сапфир, гранат. Особый, весьма интересный тип делювия накапливается в карстовых пустотах известняков, в глинистой коричневой массе.

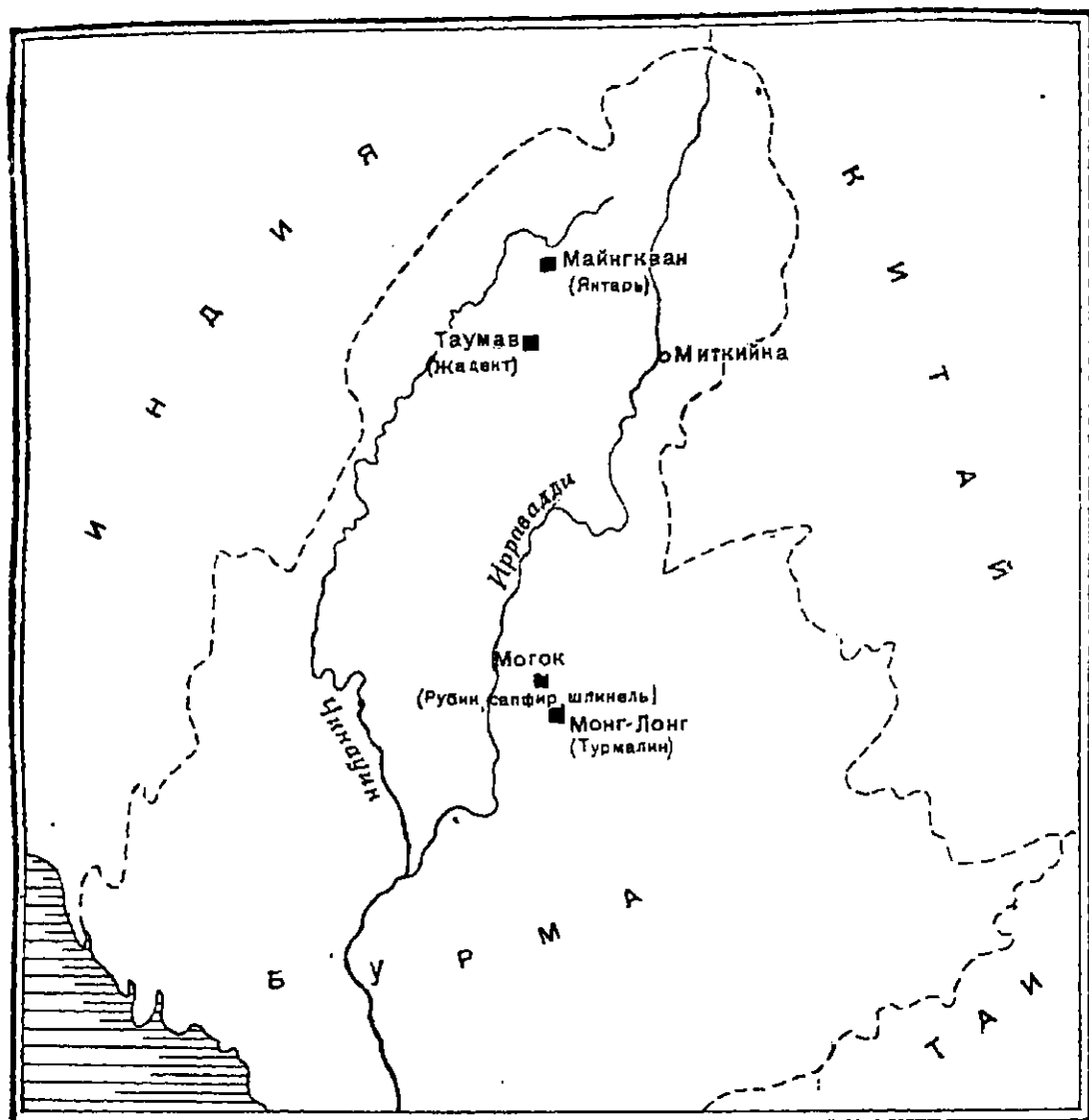
Аллювиальные россыпи располагаются по долинам рек в условиях, очень напоминающих вышеописанные цейлонские месторождения. Здесь роль, вполне аналогичную цейлонскому илламу, играет покрытый глинисто-песчанистыми наносами гравий — по местному *byon*, в котором накапливается разнообразный ассортимент камней. Конечно, лишь небольшая часть этих камней относится к драгоценным; многие представляют ценность лишь в качестве минералогических образцов.

Чхиббер (Chibber, 1934) и Коджин Броун (Coggin Brown, 1936) дают следующий перечень самоцветов, служащих здесь предметом добычи, кроме рубина:

хризолит — оливин-перидот бледнозеленого цвета добывается в Бернардино и у Могока;

хризоберилл, хотя и редко, но встречается в окрестностях Могока и Бернардино;

гранат — густокрасный альмандин обычен во всем районе;
 турмалин — рубеллит встречается близ Наунгдау, к югу от Могока;
 кордиерит — дихроит, иолит, или «водяной сапфир», известен в окрестностях Могока;
 циркон — встречается, главным образом, в окрестностях Ката;
 ляпис-лазурь — встречается в двух разностях в районе Могока: 1) индигово-синяя и 2) белая с синими пятнами; порода состоит из лазурита, гаюина,



Фиг. 2. Схематическая карта районов драгоценных камней Верхней Бирмы.

содалита, светлого пироксена, волластонита, скаполита и кальцита;
 фенакит — изредка встречается в окрестностях Могока;
 эпидот.

Россыпи Могока и Наниазейк составляют главное, но не единственное богатство Верхней Бирмы. К северо-западу от этих знаменитых районов в бассейне р. Уру близ ж.-д. ст. Могоунг (Mogoung) находятся единственные в мире месторождения великолепного изумрудно-зеленого жадеита. Генезис этого камня не вполне уяснен; по химическому составу он занимает среднее место между альбитом и нефелином и образуется, вероятнее всего, в результате десилификации альбитовых жильных аплитов на контакте с ультраосновными породами (в условиях высоких давлений). Такого мнения держится Лакруа; Грубенман считает жадеит продуктом динамометаморфизма нефелиновых сиенитов.

Значительнейшие месторождения приурочены к четырем выходам альбито-жадеитовых жил: Таумоу (Tawmaw), Миенмоу (Mienmaw), Пангмоу

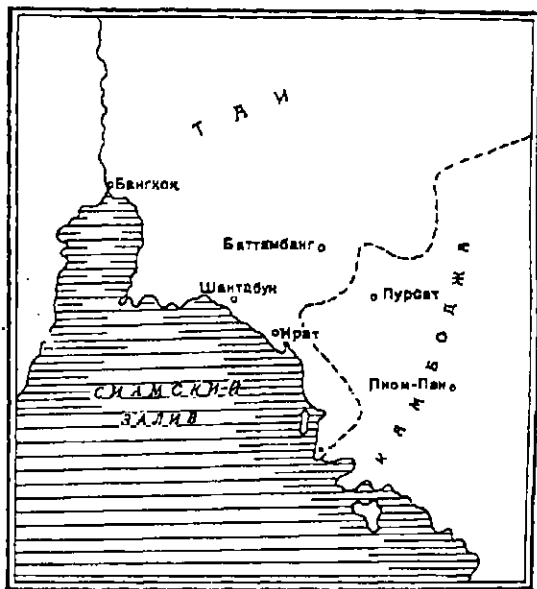
(Pangmaw), Намшаймоу (Namshamaw). Месторождение Таумоу, открытое около 60 лет назад, служит в настоящее время главным источником добычи; жадеит в основной своей массе имеет молочно-белую окраску, но в ней заключены участки наиболее ценимого ярко блестящего зеленого камня.

Кроме коренных месторождений, добыча жадеита ведется также из аллювиальных выходов, частично сцементированных в твердые конгломераты (Кэнси, Кадемоу, Хвска). Жадеитовая галька добывается в руслах и долинах рр. Уру, Им и др.

Наконец, известная роль в ассортименте бирманских цветных камней принадлежит янтарию — бирмыту, несколько более твердому сравнительно с известным балтийским янтарем, но очень красивому и отлично принимающему полировку. Янтарные месторождения находятся недалеко от жадеитовых, в районе той же ж.-д. станции Могаун близ с. Майнгкван. Они залегают в песчаниках и глинистых сланцах верхнего Эоцена, перемежающихся с прослоями известняков и конгломератов. Иногда песчаники и сланцы, обычно на глубине 8—15 м, принимают от тонкорассеянного углесто-го вещества темносиний цвет; эта окраска служит вестником крупных скоплений овальных, вытянутых, хорошо окатанных галек янтара. Цвет его очень разнообразен: светложелтый, медовый, красноватый, огненно-красный, коричневый, бурый и т. п.

Тай (Сиам) и Камбоджа (фиг. 3). Другим знаменитым районом распространения самоцветных камней на азиатском востоке издавна считается Тай. Однако, как было доказано М. Гюблером и А. Лакруа, огромное большинство самоцветов, обращающихся на рынке в качестве сиамских, на самом деле добываются на той части французской Камбоджи, которая некогда была аннексирована Тай и вновь стала (1907 г.) владением Франции. Эта область лежит в округе Фэлен (Phailin) в 80 км к юго-западу от Баттамбана; северная ее часть заходит за франко-сиамскую границу в округа Крат и Шантабун на морском побережье (деревни Наванг, Шанна, Бан-Иет). Вся добыча идет через Шантабун на Бангкок, откуда и расходуется в качестве чисто сиамского продукта.

Фэлен представляет собою обширную впадину, окаймленную с севера горными цепями Капима и Странга. По восточной границе лежат, сменяя друг друга, метаморфические породы «кристаллофиллитовой» свиты, интродуцированные габбро, гранитами и сильно смятыми пегматитовыми жилами. Продукты разрушения описанного комплекса пород накапливаются как в восточной части Фэлена, так и к западу от него. Среди самоцветов, залегающих в россыпях, главная роль принадлежит прекрасному густосинему сапфиру, нередко встречающемуся в крупных, совершенно прозрачных осколках кристаллов. Значительную ценность представляют также многочисленные разности циркона: оранжево-красный циркон — гиацинт; бесцветный, играющий алмазным блеском циркон, фигурирующий на рынке как «белый сапфир» или «сиамский алмаз» (не подлежит сомнению, что часть этих нарядных камней является продуктом прокаливания бурых цирконов); наконец, голубовато-зеленый «старлит» из окрестностей Шантабуна, также, по предположению, являющийся термически обработанным темным цир-



Фиг. 3. Схематическая карта районов драгоценных камней Тай и Камбоджи.

коном. Вместе с этими камнями встречаются гранат-альмандин, оливин и оригинальная черная шпинель (ферропикотит), непрозрачная, но отличающаяся в огранке великолепным блеском.

Кроме названных месторождений, в Камбодже, в провинции Стунг-Стренг (Бо-кеу), имеются также россыпи рубина, сапфира, шпинели, пиркона. Замечательно, что этот же ассортимент камней дают россыпи верхнего Лаоса, на сиамском берегу Меконга, в округе Бан-Хуэй-Сай. Это может дать представление об огромности и петрографическом постоянстве самоцветных месторождений Индо-Китая.

Кроме описанных высокоценных камней, местное население широко использует для украшений и амулетов своеобразный и несколько загадочный камень типа тектита (обсидиана), напоминающий черное стекло (твердость 6, удельный вес 2.44). Обломки этого камня широко распространены в аллювиальных наносах Камбоджи, Аннама, Лаоса, Тонкина. Они отличаются чрезвычайно причудливыми формами—слёзок, груш, пластинок, шариков. В виду невозможности установить какую бы то ни было связь с имеющимися в стране породами, этим камням приписывают космическое происхождение.

Перечисленный ассортимент цветных камней Камбоджи дополняется еще двумя видами поделочного камня: белым или желтым жилковатым пагодитом Тразей (Trasey), представляющим каолиноподобный продукт преобразования риолита, и бархатно-черным, отлично полирующимся гагатом, добываемым на о-ве Пу-куок у юго-западных берегов Камбоджи.

Южная Америка

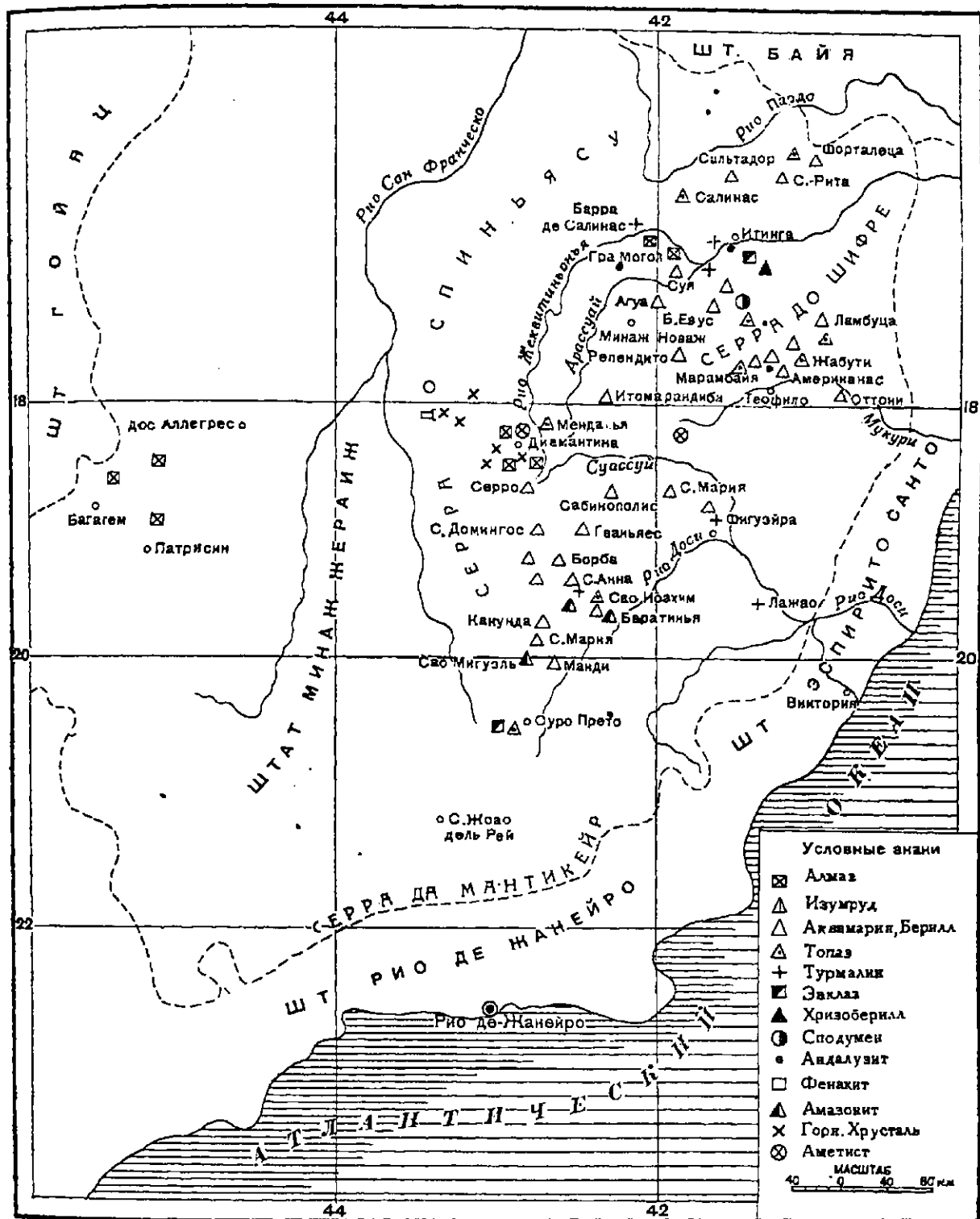
Среди месторождений южноамериканского материка первое место принадлежит знаменитым изумрудным копям Колумбии близ деревень Музо и Чивор, в 100 км к северу от Санта-Фе де Богота, в верховьях р. Минеро.

В геохимическом отношении эти замечательные месторождения изучены, к сожалению, очень плохо. Между тем в них мы, возможно, имеем один из наиболее импозантных примеров гидротермального образования берилла. Геологическая обстановка и парагенезис колумбийского изумруда в высшей степени своеобразны. Изумруд, сопровождаемый пиритом, кварцем, флюоритом, апатитом, паризитом, залегает в кальцито-доломитовых жилах, рассекающих свиту черных битуминозных известняковых сланцев («капас буэнас»). Источник карбонатов в теле изумрудных жил представляется неясным: они могли быть вынесены термальными растворами из глубин или образоваться за счет вмещающей породы. П. П. Пятницкий считает месторождения явно гидротермальными, связанными с верхними отрезками пегматитового процесса. А. Е. Ферсман (1932) на основании работ Шейбе и Пога (Rogue) склонен видеть в минеральном составе изумрудноносных жил своеобразные скопления летучих компонентов, выделенных наблюдаемыми в районе гранитными пегматитами. Он относит эти образования к особому редкому типу флюокарбонатных пегматитов.

Упомянув кратко о лазуритовых месторождениях Коквимбо в Чили, генетически вполне аналогичных бадахшанским и прибайкальским, перейдем к характеристике необычайных по разнообразию самоцветных богатств Бразилии, главным образом одного из восточных ее штатов — знаменитого Минаж Жераиш (Minas Geraes) (фиг. 4).

Эта область теснящихся друг к другу лесистых отрогов Серра до Спиньясу и Серра да Пенья отличается чрезвычайным изобилием богато минерализованных пегматитовых жил, отпрысков мощных лаврентьевских гранитов. Длительная эрозия разрушила и смыла верхние зоны пегматитов, выставив древние долины, а также поймы и русла современных рек толстым слоем обогащенного драгоценными камнями и тяжелыми металлами аллювия.

Месторождения самоцветов особенно густо сосредоточены в широкой восточной полосе штата между Рио Доси на юге и бассейном Рио Жеквитиньо-нья на севере. Крайний северо-восточный участок охватывает месторождения: Форталецы — с бесцветным и голубым топазом и сине-зеленым аквама-



Фиг. 4. Схематическая карта месторождений драгоценных камней штата Минаж Жераиж.

рином; Санта-Риты — с аквамаринном и прозрачным темносиним лазулитом; ряд месторождений зеленого, розового, полихромного турмалина (Сальтадор, Барра де Салинас и др.). Далее, оставляя к западу небольшой алмазный район Грао Могол и перейдя Рио Жеквитиньо-нья, вступаем в богатую область самоцветов, некогда имевшую своим центром Минаж Новаж (Minas Novas), в настоящее же время тяготеющую к двум центрам:

Арассуай (на реке того же имени) и Теофило Оттони. Эта область делится хребтом Серра до Шифре на две части, из которых особенного внимания заслуживает южная часть (Морамбайя) с многочисленными притоками р. Мукури. Добыча топаза, берилла, аквамарина, хризоберилла, зеленого прозрачного андалузита, турмалина, пироба, альмандина ведется по долинам рек Ламбузы, Жабути, Американас, Морамбайя, Папамелло, Фелиппе и из самой Мукури. На одной лишь Жабути работало иногда до 300 человек ежедневно. Лучшие месторождения аквамарина приурочены к россыпям Папамелло.

Геологическая структура наносов по разрезу знаменитых месторождений Лавра-Батадоль и Лавра-Папамель рисуется в следующем виде: 1) красный латерит мощностью 4—6 м; 2) бело-красный латерит — 0.3—0.5 м; 3) пласт, состоящий главным образом из обломков полевого шпата, 0.2—0.5 м; 4) пласт «Катальхо» — из кварцевого галечника с драгоценными камнями; 5) желто-красная глина. Из галечника добываются: топаз бесцветный («капли воды») и светлосиний (сапфир), аквамарин, розовый и золотистый берилл и хризоберилл, красный и зеленый турмалин, аметист, касситерит, колумбит. В месторождении Лавра-Папамель (Морамбайя) в 1910 г. была найдена огромная галька берилла весом в 110.5 кг, оцененная в 25 000 долл.

Отсюда к юго-западу, в верховьях изобилующей бериллами р. Суассуй, лежит знаменитая Диамантина с ее несколько загадочными алмазами, геpezис которых Д. Гюимарэс (Guimaraes, 1931) прямо связывает с гранитной магмой (гранулитом).¹

Здесь кварц является обычным спутником алмаза, и во всем районе в изобилии рассеяны месторождения горного хрусталя и аметиста. На юге этого интересного района лежит Серро, в окрестностях которого находятся многочисленные, частично первичные, месторождения голубого аквамарина, зелено-желтого и золотистого берилла.

Далее к югу, на пути к бассейну Рио Доси, лежат поблизости друг от друга месторождения: Сао-Иоахим, где, по утверждению Л. Мораэса (Moraes, 1933), встречается изумруд; Какунда с лучшим в штате аквамаринном; Сао-Мигуэль с амазонитовыми пегматитами, лишенными столь характерных для штата берилла и топаза, но зато дающими горный хрусталь, раух-топаз, альмандин, черный шерл и высокого качества фенацит в крупных, прозрачных короткостолбчатых кристаллах с сильным блеском, иногда с включениями зеленой слюды или тонких игол рutila. Наконец, у верховья Рио Доси расположен еще один с давних пор знаменитый район — Оуро Прето (Боа Виста, Каксамбу, Капао и др.) с мощными и своеобразными скоплениями продуктов разрушенных пегматитовых и кварцевых жил — в виде кварцевых друз, залегающих в мягкой глинистой темно окрашенной массе. Здесь господствующим камнем является превосходный топаз — желтый, розовый, красный, фиолетовый, бесцветный. Вместе с ним встречаются прозрачный и дымчатый горный хрусталь, турмалин, циркон, светлозеленый или водяно-прозрачный эвклаз, гематит.

Лежащими на западной границе штата алмазными копиями Багаем заканчивается перечень самоцветных богатств Минаж Жераиш. Соседние штаты Гойяц и Байя, при современной изученности их, значительно беднее. Однако, первому из них принадлежит значительная роль в поставке на рынки Америки и Европы горного хрусталя, главным образом дымчатого,

¹ Любопытно сопоставить с этим мнение А. Вегенера (1923) относительно общности бразильских и южноафриканских алмазных месторождений, входивших некогда (до раскалывания вегенеровской пангеи и «отплывания» Американского континента) в единую область алмавноносных кимберлитовых диатрем. Нельзя отрицать, что вообще приложение известной вегенеровской реконструкции к вопросу о распределении провинций самоцветов (Бразилия — Южная Африка — Мадагаскар — Индия — Цейлон) приводит к ряду интересных сближений.

добываемого из кварцевых жил в плотном песчанике в районе Кристаллино (между рр. Сао-Маркос и Сао-Бартоломео).

Штат Баия вносит свою долю в ассортимент бразильских драгоценных камней в виде аметиста и турмалина, добываемых в древних россыпях в юго-западной части штата (Брежинью). В последние десятилетия своеобразные аметистовые месторождения Брежинью выступили на первый план в качестве мирового поставщика дешевого аметиста. Длиннопризматический, отчасти иглоподобный аметист добывается здесь в пустотах, иногда огромных (1.5×4 м), среди толщи белых тонкозернистых кварцевых песчаников. Сферические образования аметиста (Bolas) добываются, кроме того, в сером, также песчаниковом пласте, подстилающем белые песчаники. Гальки аметиста встречаются в выносах рек.

Уругвай. Перечисленные выше самоцветные ресурсы Южной Америки следует еще дополнить исключительно богатыми агатовыми месторождениями Уругвая, непосредственно соприкасающимися с аналогичными месторождениями бразильской провинции Рио Гранде до-Суль. Это — область широкого развития миндалевидных основных пород, частью сильно разрушенных. Здесь нередки огромные халцедоновые жеоды до 7 м в поперечнике. Преобладает синевато-серый халцедон, получивший всемирную известность как прекрасный технический камень; но встречаются в изобилии и настоящие цветные агаты, оникс, сардоникс, также красный сердолик. Внутренности миндалин нередко покрыты кристаллами аметиста. Из отдельных месторождений называют притоки рр. Уругвай, Кварейн, Большой и Малый Каталан, Вольшой и Малый Кваро, округ Трес Крупес, Мета Перро и др. Уругвайский халцедон в последние десятилетия почти целиком вытеснил местное сырье в продукции знаменитых немецких камнерезных фабрик Идар-Оберштейна.

Второстепенные области распространения самоцветов за границей

Сравнительно с описанными странами — историческими поставщиками на мировой рынок самоцветного камня, — значение других, относительно богатых этим камнем, областей представляется несравненно скромнее. Из них заслуживают упоминания следующие.

Австралия. Среди самоцветных богатств этой страны первое место принадлежит превосходному опалу, коренные месторождения которого залегают в широко распространенной меловой глинисто-песчаниковой формации Квинсленда, Нового Южного Уэльса и Южной Австралии. Среди многочисленных типов и форм опала здесь нередко встречаются наиболее ценные его разновидности, как, например, светложелтый и голубой с радужной игрой опал Уайт Клифса (в округе Юнгнульгра) и знаменитый черный опал Лайтнинг Риджа (Новый Южный Уэльс). Опаловым месторождениям не уступают по своему значению обширные россыпи сапфира в районе ст. Анаки в средней части Квинсленда. Россыпи лежат вдоль речных долин в виде пласта желтой и черной глины, мощностью в несколько десятков сантиметров, с гальками базальта и кварцита; сапфир сопровождается другими разновидностями корунда, алмазом, цирконом, топазом, турмалином, гранатом, кварцем, золотом. Меньшего масштаба сапфировые россыпи известны в Новом Южном Уэльсе.

Алмазные россыпи Австралии, а также известные в ряде мест месторождения изумрудов (Вежетэйбл Крик — Новая Англия; Южная Австралия — Моунт Ремаркэйбл и др.) не играют заметной роли на мировом рынке. Весьма значительны месторождения нефрита Новой Зеландии среди ультраосновных пород западных склонов Южных Альп.

Соединенные Штаты Америки располагают несколькими районами распространения высокосортных самоцветов; наиболее продуктивны в этом

отношении западные штаты республики: Нью Мексико, Невада, Калифорния и Монтана.

В Нью Мексико среди разрушенных мондонит-порфиров и туфов округа Цериллос находятся знаменитые месторождения прекрасной бирюзы. С ними соперничают бирюзовые месторождения Невады (Крэспент Кроу Спрингс в округе Клэрк и Монте-Кристо в окрестностях Эсмеральда) и Аризоны (в округе Кошизиль). Невада располагает, кроме того, месторождениями благородного опала (Вирджин Валлей).

Месторождениями пегматитового типа среди западных штатов особенно богата Калифорния, дающая американскому, а отчасти и мировому рынку исключительные по разнообразию и красоте окраски турмалины Риверсайда и особенно Сан Диего (Меза-Гранде, Пала и др.). Натролитиевые крупнозернистые пегматиты, кроме великолепного, чаще всего красного турмалина, дают топаз, берилл, красный сподумен-кунцит («калифорнийский ирис»), розовый кварц, горный хрусталь. Кроме названных камней, Калифорния располагает еще интересными месторождениями родонита (Хаппи Кемп в окрестностях Сискиу), также в округах Плюмас и Туларе, и редчайшего бенитоита (Сан Бенито).

Крупные залежи сапфира находятся в Монтане; коренные их месторождения связаны с андезитовыми и мондонитовыми жилами округа Фергус (Його Геч и др.); богатые россыпи сапфира с кианитом, топазом, гранатом, рутилом и др. слагают террасы р. Миссури, протягиваясь на 20 км вдоль реки. Сравнительно небольшой процент обыкновенного сапфира принадлежит к драгоценным разновидностям; остальная часть крупной добычи идет для технических целей.

Среди восточных штатов обилием второстепенных самоцветов отличаются: Мэнсего берилловыми и турмалиновыми пегматитами (Стопхэм, Альбани, Маунт-Апатит и др.), Северная Каролина, дающая красивый сподумен-гидденит (Стони Пойнт в округе Александер), и др.

На европейском континенте необходимо отметить: 1) знаменитое месторождение «богемского граната» — пирона в б. Чехо-Словакии среди базальтовой брекчии южного склона Миттельгебирге (Лингорк); 2) также знаменитое месторождение превосходного хризопраза среди никелевых руд Франкенштейна в Силезии; 3) известные с глубочайшей древности яштарные россыпи Заммланда (на Баттийском побережье, между Пальмникеном и Кранцем).

5. МЕСТОРОЖДЕНИЯ САМОЦВЕТОВ В СССР

Урал и Приуралье

Если Южную Африку можно назвать страной алмазов, Мадагаскар — страной бериллов, Бирму — страной рубина, то Урал, по справедливости, пользуется мировой славой универсальной области драгоценных камней. По подсчету А. Е. Ферсмана, здесь известно до 55 видов самоцветного камня; в сущности, за очень небольшими исключениями, в уральских месторождениях представлен весь известный ювелирному миру ассортимент самоцветов со всем разнообразием их генезиса и условий нахождения.

Наибольшая часть этих необычайных богатств сосредоточена в широкой меридиональной зоне гранитных интрузий, тянущейся с перерывами по восточному склону Среднего и, отчасти, Южного Урала. Самыми северными обнажениями этих интрузий служат граниты Верхотурья; направляясь от них к югу, мы пересекаем богато минерализованные пегматитовые поля Алабашки, Мурзинки, Южаковой, Липовки, Шайтанки, непосредственно переходящие в район Монетной дачи (Адуй) и далее к юго-востоку в знаменитую область Изумрудных копей и близкие к ней Режевский и Нижне-Исетский районы. Возможно, что дальнейшие исследования позволят сомкнуть эту непрерывную

цепь с ее естественным продолжением па юге в виде Главного Ильменского хребта с его своеобразными щелочными интрузиями.

Эта мощная полоса характеризуется множеством нормальных пегматитовых жил, секущих древние изверженные и метаморфические породы, а также разнообразным комплексом контактных и мигматических образований, типичных для интрузий гранитной магмы в петрологически пеструю свиту.

Прилагаемая ниже схематическая карта, составленная А. Е. Ферсманом и в деталях несколько модернизированная нами, дает представление о площадях главного распространения самоцветов на Урале, в условиях современной — весьма еще недостаточной — его изученности.

На этой огромной меридиональной полосе можно, следуя превосходному и в сущности до сих пор единственному по цельности и полноте описанию А. Е. Ферсмана (1925), выделить несколько прославленных в прошлом и наиболее перспективных в будущем районов (фиг. 5).

Алабашско-Мурзинско-Адуйский (сокращенно — **Мурзинский**) район лежит к северу от Свердловска, охватывая площадь в 60 км длины и 40 км ширины. Его границами являются: с севера система р. Алабашки, с востока — линия Нейво-Шайтанский — Режевский заводы, с юга — бассейн р. Адуя. На западе границы района несколько распыляются, придерживаясь около $60^{\circ}30'$ — 61° вост. долг.

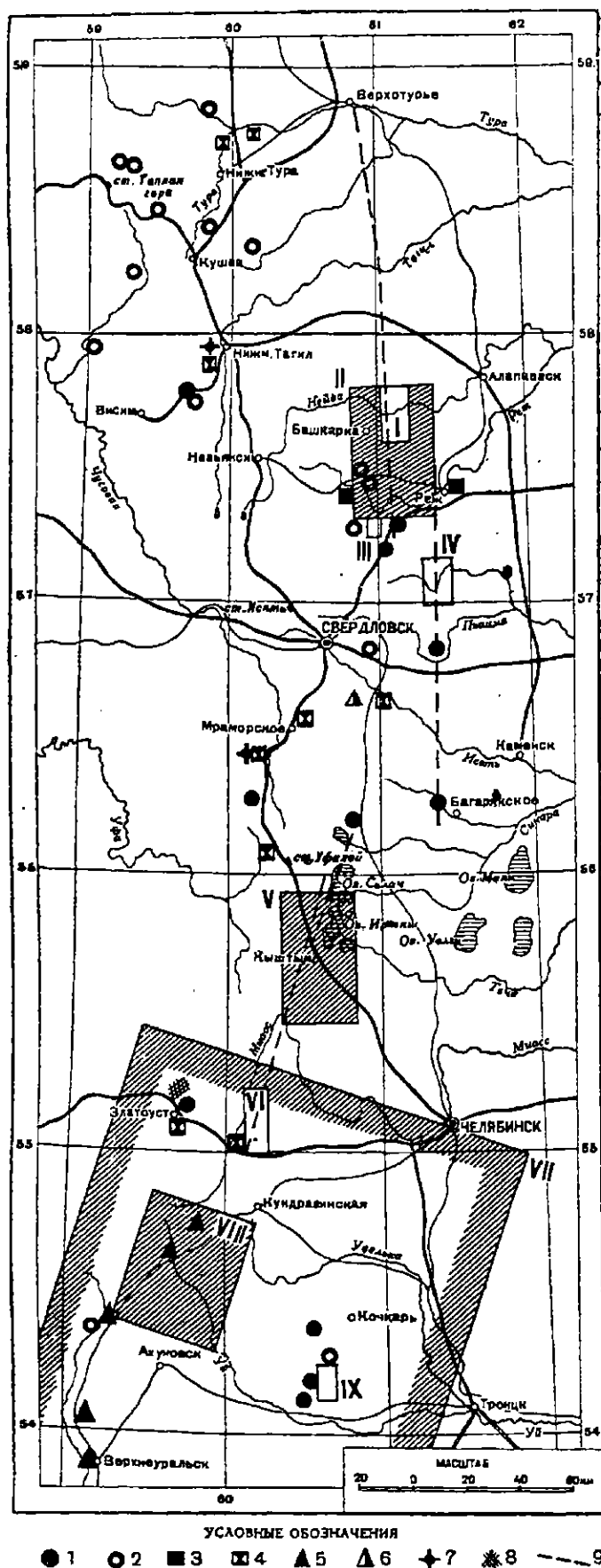
Мурзинский район до сих пор не пересечен железной дорогой, линии которой огибают его, что даст возможность попадать в него с разных сторон. А. Е. Ферсман (1925) указывает ряд маршрутов для полного объезда района. Топографически он характеризуется мягким, слабо волнистым рельефом, с равнинным ландшафтом, со значительным, однако, развитием лесов.

До сих пор этот район в геологическом отношении изучен крайне слабо: разнообразие слагающих его пород несравненно сложнее, чем оно рисуется из имеющихся геологических карт. Основную часть пространства между $60^{\circ}50'$ и $61^{\circ}20'$ составляет полоса гранитов и гранито-гнейсов, выходящая к северу и югу из его пределов и окаймленная с востока сложной свитой сильно метаморфизованных кристаллических сланцев с девонскими осадками, с одной стороны, и порфиристыми интрузиями — с другой. С запада к гранито-гнейсовому массиву примыкает полоса зеленокаменных пород, частью порфиритов, частью разнообразных основных и меланократовых почти полностью озмеевикованных пород. С ними связаны многочисленные и весьма продуктивные контактно-мигматические месторождения.

А. Е. Ферсман намечает в Мурзинском районе несколько типов жильных образований; господствующая роль среди них принадлежит нормальным пегматитам топазо-бериллового типа, богатого водой и соединениями В, F, Be, Li. Эти пегматиты обычно проходят в измятых и круто поставленных гранито-гнейсовых толщах, пересекая их по извилистым путям, но иногда превращаясь в пластовые жилы, согласные с общим залеганием вмещающих пород (фиг. 6). Простираение их обычно северо-западное (в среднем около 325°); встречаются также меридиональные и в исключительных случаях северо-восточного простираения жилы.

Вместилища самоцветов — пустоты, или «занорыши», — в этом наиболее обычном типе пегматитов Мурзинского района очень различны по размерам: от тонких трещинок до полостей-пещер, куда может войти человек. Один из занорышей Старцевой Ямы имел 5 м в длину, 2 м в высоту и 1 м в ширину; стенки полости были выстланы друзами дымчатого кварца, полевого шпата, лепидолита и сверкающими кристаллами топаза. В этом занорыше был найден гигантский кристалл темнозеленого берилла, хранящийся в музее Горного института в Ленинграде.

Другой тип пегматитовых жил района встречаем в зеленокаменных и частью карбонатных породах; в жилах этого типа наблюдаются различ



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

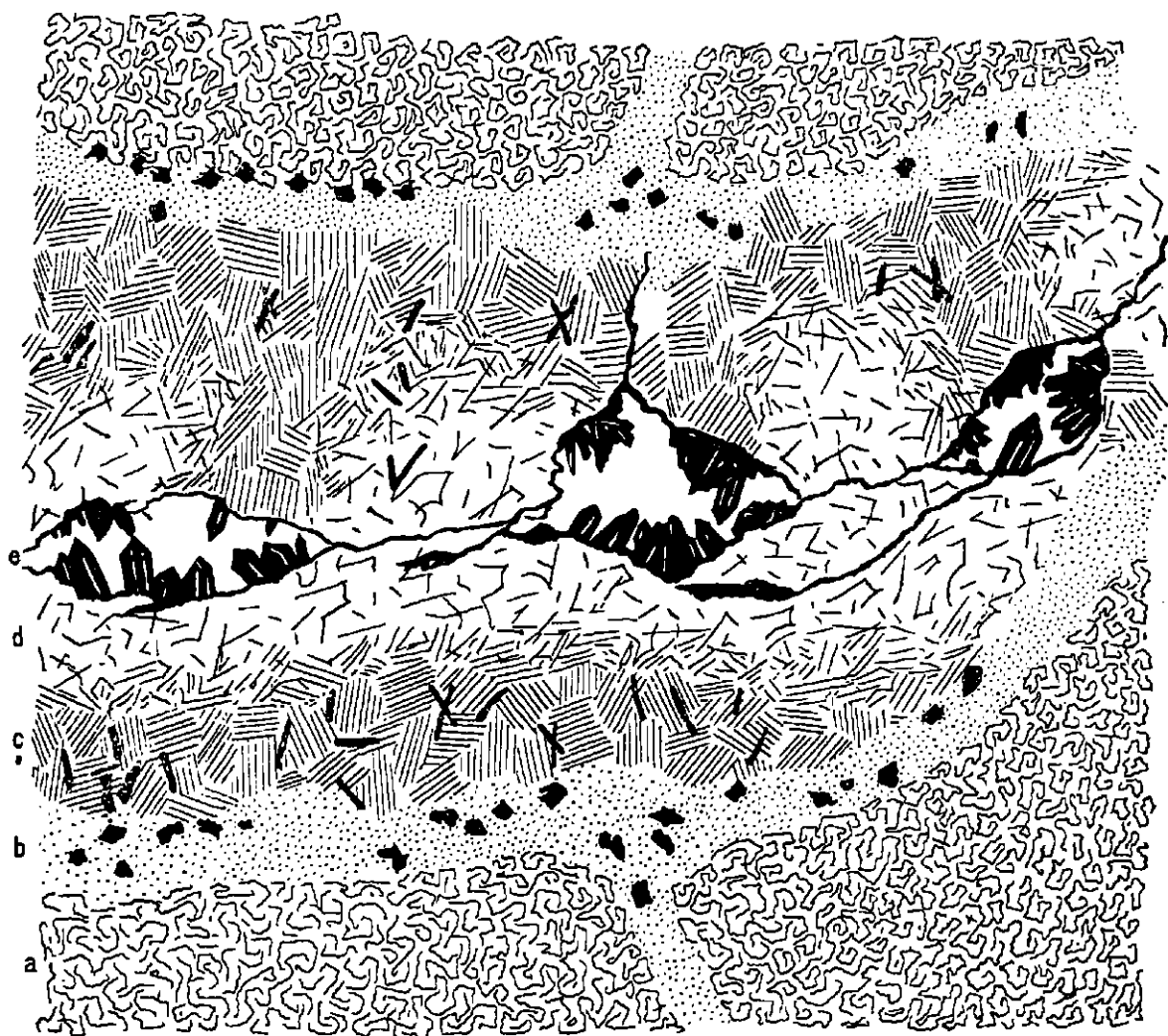
● 1 ○ 2 ■ 3 □ 4 ▲ 5 △ 6 + 7 * 8 --- 9

Фиг. 5. Схематическая карта развития самоцветов на Урале. (По А. Е. Ферсману.)

На карту нанесены границы отдельных районов распространения самоцветов: I — район собственно Мурзинки и Шайтанки; II — район перматитовых жил Среднего Урала; III — район р. Ада; IV — Изумрудные копи; V — район корундовых месторождений Кыштымского горного округа; VI — Ильменские горы; VII — район яшмовых месторождений Южного Урала; VIII — Тунгатаровский район яшм; IX — месторождения рр. Санарки и Каменки.

Условные обозначения: 1 — отдельные гранитные перматиты или пневматолиты; 2 — алмаз; 3 — порфиры, сиениты и пр. (главные месторождения); 4 — мрамор (главные месторождения); 5 — яшма; 6 — орлец (родонит); 7 — малахит; 8 — авантюрин; 9 — пунктир, намечающий связь перматитовых областей между собой.

ные процессы контактного эндоморфизма при участии большого количества пневматолитических агентов. Минеральные ассоциации здесь крайне разнообразны. Иногда жилы идут в толще змеевиков, обогащаясь черным шерлом, кордиеритом, андалузитом; иногда — при преобладании лития, бериллия, бора, фтора — наблюдаются промежуточные жилы, идущие по контакту с измененным змеевиком и несущие красный и бурый турмалин, розовый берилл-воробьевит, сиреневый лепидолит. Наименее изучены крайние члены этого типа (пегматиты Липовки) с необычайно богатой минерализацией.



Фиг. 6. Схема строения пегматитовой жилы на Мокруше. (По А. Е. Ферсману.)

a — гранит; b — аплитовая зона; c — «припас»; d — «тощак»; e — занорыш.

Одной из достопримечательностей Мурзинского района являются тесно сплетающиеся с пегматитами кварцево-аметистовые гидротермальные жилы (см. ниже).

Месторождения описываемого района (в расширенном его понимании) А. Е. Ферсман приурочивает к девяти более или менее обособленным и самостоятельным группам.

Наиболее известным, весьма продуктивным в прошлом и, вероятно, многообещающим в будущем является район р. Алабашки с деревнями Верхней и Нижней Алабашкой. На обширной задернованной и заболоченной площади по обоим берегам реки разбросано множество копей-разрезов, ям, закопшек, нередко с красноречивыми названиями: Хрустальница, Тысячница, Тяжеловесница. Господствующий тип месторождений — топазо-берилловые пегматиты в сплошном граните. К этой группе относится знаменитая Старцевская Яма; здесь же, недалеко от Старцевской, находится еще более знаменитая Новая Мокруша, сложная

жила, разрабатывавшаяся в довольно широком масштабе в течение 35 лет и давшая огромное количество ограночного и коллекционного материала. Среди самоцветов этого замечательного месторождения известны: берилл, голубой топаз, дымчатый кварц, турмалин, кордиерит, гранат.

. Северо-восточную часть района занимают многочисленные кварцево-аметистовые жилы, значение которых, однако, меркнет перед аметистовыми полями дер. Сизиковой (см. ниже).

Перспективы, связанные с Алабашской группой, несомненно значительны. Они не ограничиваются уже известными месторождениями. Пегматитовые поля, скрытые под растительным покровом, простираются на север до Салды и Верхотурья, быть может, и на восток к гранитным выходам Нейво-Шайтанского пруда и Сусаннова завода. Кроме того, помимо господствующего типа пегматитового минералообразования, А. Е. Ферсман отмечает в ряде случаев наличие контактных зон, характеризующихся своеобразными минеральными ассоциациями.

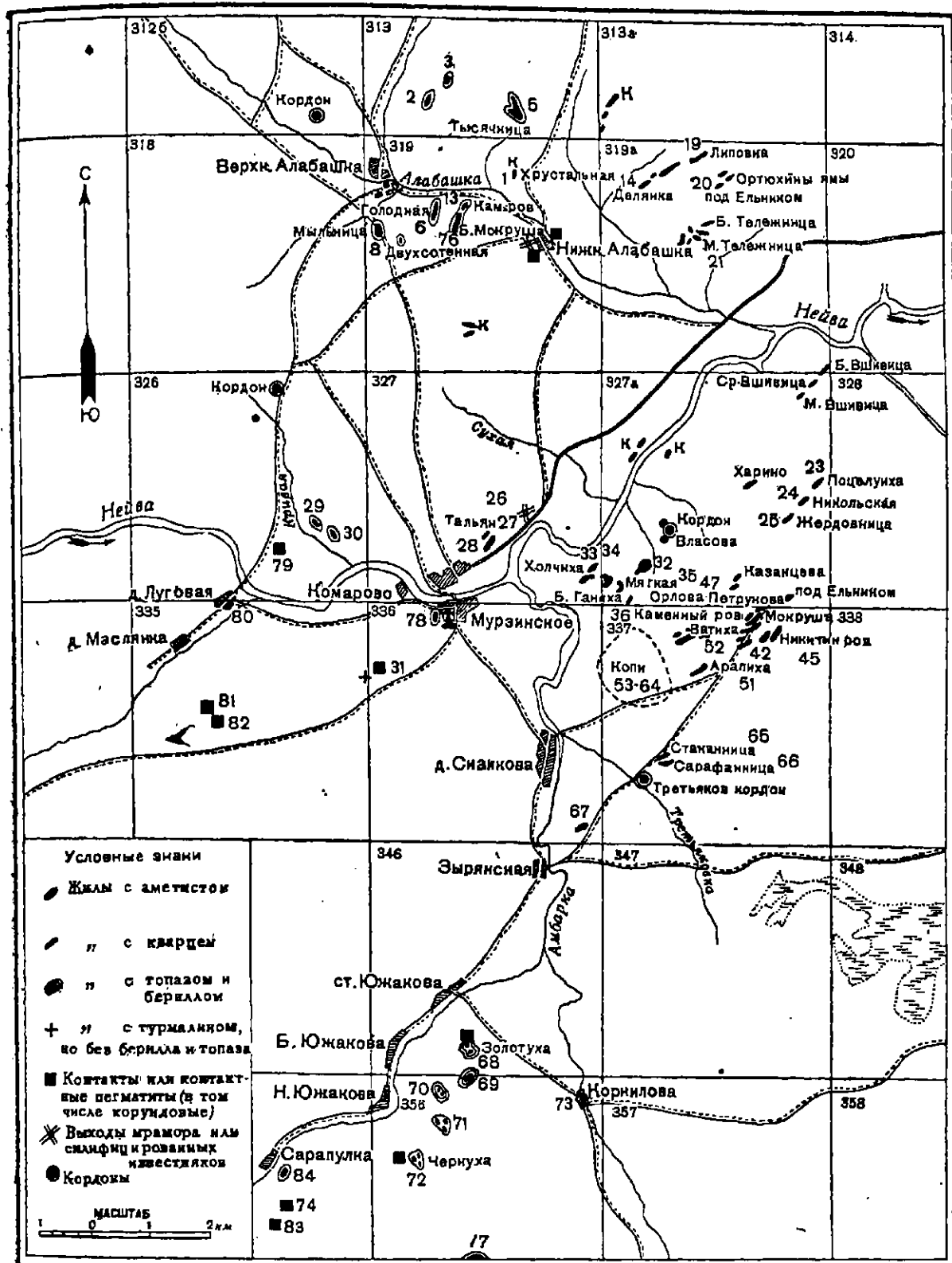
Собственно *Мурзинская группа* тяготеет непосредственно к с. Мурзинскому, отчасти также к Луговой и Маслянке (фиг. 7). С геологической и петрологической стороны эта группа сложнее предыдущей, и типы месторождений здесь разнообразнее. Пегматиты нередко проходят в основных породах; это приводит к изобилию эндо- и экзоконтактных процессов. Здесь было добыто, кроме берилла и слабо развитого топаза, много темносиних, зеленовато-синих и совершенно черных турмалинов, прозрачного кордиерита, дымчатого кварца, письменного гранита, прекрасных коллекционных штуфов. Внимание заслуживают здесь копи по р. Кривой, а также стоящие несколько особняком знаменитые аметистовые копи — Герасимовская, Слансовская, Тальян, — заброшенные, но на глубину далеко не исчерпанные; это относится в особенности к горе Тальяну с его десятью аметистовыми жилами. Именно этой копи принадлежат камни, дающие кроваво-красную игру при вечернем освещении. В промышленном отношении В. К. Зайцев (1932) считает наиболее интересной жилу № 1.

Сизиковская группа, охватывающая обширную площадь к востоку от Нейвы, представляет единственное в своем роде поле кварцево-аметистовых жил. Здесь насчитывается несколько десятков копей; на одном лишь участке знаменитой прекрасными аметистами *Ватихи*, площадью в 1.6 км², сосредоточено несколько десятков жил и копей. К высокоминерализованным копиям В. К. Зайцев, кроме Ватихи, относит Каменный Ров, Бык, Тихонику, Раздерику, Косую, Логодуку.

Район дер. *Южаковой*, старинного центра добычи и огранки самоцветов, отличается, подобно Мурзинскому, большим разнообразием. Как большинство знаменитых уральских месторождений, он изучен недостаточно, эксплуатировался беспорядочно и полухищнически. Здесь добывалось много топаза, берилла, аквамарина, золотистого кварца, прекрасного цитрина (гора Золотуха), вишнево-красного альмандина, крупнолистоватого лепидолита, черного шерла.

Невдалеке (3—3.5 км) от дер. Южаковой, у дер. *Корниловой*, лежит длинный, почти в 1 км, овраг — Корнилов лог, представляющий собою мощную россыпь разрушенного гранита. Отсюда местными крестьянами было извлечено много бесцветного и дымчатого горного хрусталя, черного и бурого шерла, красно-бурого граната; но особый интерес Корнилову Логу сообщают имевшие здесь место находки обломков и галек редких на Урале рубина и сапфира.

Следуя от дер. Южаковой на юго-запад, вступаем в район дер. Сарапулки, прогремевшей некогда как месторождение великолепных красных турмалинов (рубеллитов, «сибирских рубинов»), встречавшихся в верхних, альмазально обработанных частях пегматитов в виде крупных радиально-



Фиг. 7. Схематическая карта Алабашско-Мурзинского района.
(По Калугину и Ферсману.)

Копи: 1 — Хрустальная; 2 — Крутая речка, мыс 1; 3 — Крутая речка, мыс 2; 4 — Крутореченская; 5 — Тысячица; 6 — Голодный лог (Голодная); 7 — Тяжеловесница; 8 — Мыльница; 9 — Поскотинская; 10 — Междудорожная; 11 — Кавенница; 12 — Безымянная; 13 — Старцевская; 14 — Сидоровская 1; 15 — Сидоровская 2; 16 — Филипповская; 17 — Сидоровская 3; 18 — Никошки; 19 — Генеральская; 20 — Подсельничная; 21 — Ортынская; 22 — у Крутой речки; 23 — Поцелуиха; 24 — Ягодная; 25 — Жердовница; 26 — Герасимовская; 27 — Сланцовская; 28 — Тальян; 29 — Кривая 1; 30 — Кривая 2; 31 — Вужеников лог; 32 — Дерниха; 33 — Валок; 34 — Порог; 35 — Мягкая; 36 — Ганиха; 37 — Наумова; 38 — Федюниха; 39 — Логоуха; 40 — Тридцатирублевка; 41 — Мокруша; 42 — Ватиха; 43 — Тихановка; 44 — Косуха; 45 — Никитин ров; 46 — Спирина жила; 47 — Каменный ров; 48 — Каленая гора; 49 — Семидесятная; 50 — Сиротка; 51 — Арапиха; 52 — Светильная; 53 — Мериниха; 54 — Сторублевка; 55 — Лопатица; 56 — Деревенька; 57 — Ледянка; 58 — Бык; 59 — Нифаниха; 60 — Ерилова; 61 — Черемуха; 62 — Свистунья; 63 — Петрухина; 64 — Воронья; 65 — Стаканица; 66 — Зырянская Дерниха; 67 — Филипповка; 68 — Золотуха; 69 — Зимняк; 70 — Шегра; 71 — Богатое болото; 72 — Чернуха; 73 — Корнилов лог; 74 — рубеллитовая копь в воевине; 75 — Кайгородский Тальян; 76 — Новая Мокруша (Б. Мокруша и др.); 77 — Маюровский рудник; 78 — Мурзинка; 79 — Луговая; 80 — Луговая у Масляни; 81 — кордиеритовая яма; 82 — турмалиновая яма; 83 — корундовая копь; 84 — аквамариновая копь.

лучистых агрегатов. Знаменитые копи расположены выше дер. Сарапулки по правому берегу р. Амбарки. Подобно другому прославленному месторождению турмалина — Липовке, белые пегматиты Сарапулки залегают в змеевиках. Они богаты письменным гранитом, черным шерлом и редкими минералами (родицит). Рубеллитовые копи разрабатывались только поверхностно. Недалеко от них известны копи других камней: № 83, где отмечался синеватый корунд и был найден хромовый берилл, близкий к изумруду, и № 84 с красным и желтовато-зеленым бериллом. Известно, кроме того, месторождение красного корунда, исследованное В. С. Коптевым-Дворниковым у дер. Бызовой в 6—7 км южнее Сарапулки.

Приближаясь к югу описываемой области по большому Невьянскому тракту, встречаем с. Липовское с его заброшенными под отвалами сиреневого лепидолита копиями, заслужившими вместе с Сарапулкой мировую известность как источник малинового турмалина исключительной красоты. Как и в Сарапулке, наиболее продуктивным здесь был рыхлый злювий, покрывавший мощным слоем коренные месторождения. Последние, в виду сильного притока воды, вскрыты в достаточной степени не были. Несомненно, что месторождение, а также и ближайшие его окрестности таят в себе значительные количества самоцветов. Кроме превосходного красного турмалина, здесь известны голубоватый топаз, бесцветный и светлорозовый берилл — воробьевит, мелколистоватый и плотный лепидолит.

К югу от села известны старые копи аметиста. Геохимический тип месторождений (пегматиты в основных породах) не исключает возможности нахождения камней корундового семейства.

Характером минерализации, близким к сарапульскому и липовскому, отличаются жилы сел. Шайтанки, также овеянные легендами месторождения малинового, зеленого, черного и полихромного турмалина, розового и бесцветного воробьевита, граната, кордиерита, лепидолита. Кроме этих камней, к достопримечательностям Шайтанки относятся замечательные камни кварцевого семейства, красивые сагенинты-волосатики Епишкиной Ямы, широко известный среди камнерезов шайтанский «переливт», золотисто-слоистый халцедон, куски которого попадают на полях и пашнях к востоку и северо-востоку от сел. Шайтанки.

К востоку от села (в 1—1.5 км) наблюдается жила крупнозернистого пегматита, где, по указаниям местных искателей, встречаются красиво окрашенные желтые бериллы и бесцветный или слабожелтоватый топаз (Окуловские Ямы). Копи с бериллами отмечаются старожилами по ключу около дер. Бажиной.

Описанная богатейшая область замыкается на юге группой своеобразных россыпных месторождений в районе дер. Колташи. С давних пор в аллювиальных наносах рч. Положихи добывались небольшие (редко более 0.5 карата) гальки густосинего, синевато-красного, фиолетово-синего, изредка красного корунда. В. Воробьев, кроме корунда, в изобилии находил здесь красивый гиадинтовый гранат (гессонит). Долина речки, лежащая частью среди змеевиков метаморфических сланцев и частью среди доломитов, заслуживает исключительного внимания, особенно в связи с отмеченными здесь находками алмазов.

Адуйский район. Обширное пегматитовое поле, служащее прямым продолжением предыдущей полосы, частью лежит по течению р. Адуя, частью распространяется далее к востоку; его восточная окраина отстоит не далее 30 км от северных границ Изумрудных копей. Геохимически Адуйский район отличается своеобразными чертами: здесь господствуют бериллиевые редкоземельные ниобо-танталовые пегматиты, бедные бором, фтором, литием; они совершенно лишены топаза и почти не дают турмалина и лепидолита. Пегматиты секутся системой более молодых кварцево-аметистовых жил. Славу Адуйских копей составили в изобилии

добывавшиеся здесь прозрачные травяно-зеленые бериллы и голубоватые аквамарины, огромные щетки и друзы аметиста и дымчатого горного хрусталя и исключительной красоты графические срастания полевого шпата с кварцем (еврейский камень, письменный гранит). С технической стороны кампедобыча в Адуйском районе представляет известные трудности в виду залегания жил в сплошном и крепком граните.

Описываемый нами огромный отрезок пегматитовой зоны, лежащий к северу от Свердловска, замыкается 20-километровой полосой Изумрудных копей. Этот знаменитый район, составляющий основу самоцветных богатств нашего Союза, подробно описывается в специальных статьях (см. Берилл, Изумруд); здесь даются лишь самые существенные черты его своеобразной геологической и геохимической характеристики. Месторождения, образовавшиеся в результате взаимодействия кислой и основной магмы и являющиеся в высшей степени характерным типом гибридных, мигматических образований, приурочены, — согласно А. Е. Ферсману, — к двум полосам так называемых кристаллических сланцев, состоящих из сложной свиты перемежающихся тальковых, слюдяных, хлоритовых и актинолитовых пород с подчиненными им слюдястыми амфиболитами, кварцитами, диоритами и глинистыми сланцами.

Эти кристаллические сланцы зажаты с запада в гранитный массив; с востока они обрамляются краевыми фациями большого пироксено-дунитового массива с его образованиями габброидных и диоритовых пород на периферии. Генетически свита сланцев и гнейсовидных пород представляется как «сложная инъецированная система метаморфизованных и измененных основных пород, которые частично сохранились в виде линз пироксенито-дунита и эмеевика».

Продукты инъекции гранита представлены мощными (до 4—5 м) пегматитами, частью кварцевыми, частью десилифицированными белыми плагиоклазитами (альбититами), закономерно окруженными системой контактных и мигматических образований. Ближе всего к пегматитовому остатку лежит зона темносеребристого биотитового сланца, далее следует зона зеленого хлорито-актинолитового, еще далее — зона сизеватого или желтоватого талькового сланца (фиг. 8).

Густозеленый изумруд, обязанный своей прелестной окраской заимствованным из основной породы хрому и ванадию, тяготеет, главным образом, к оторочкам биотитового сланца. Кристаллы его обычно невелики. В белом полевошпатовом остатке бледно окрашенный изумруд (собственно берилл) образует иногда (Малышевский прииск и др.) крупные линзообразные скопления, обычно с плавиковым шпатом.

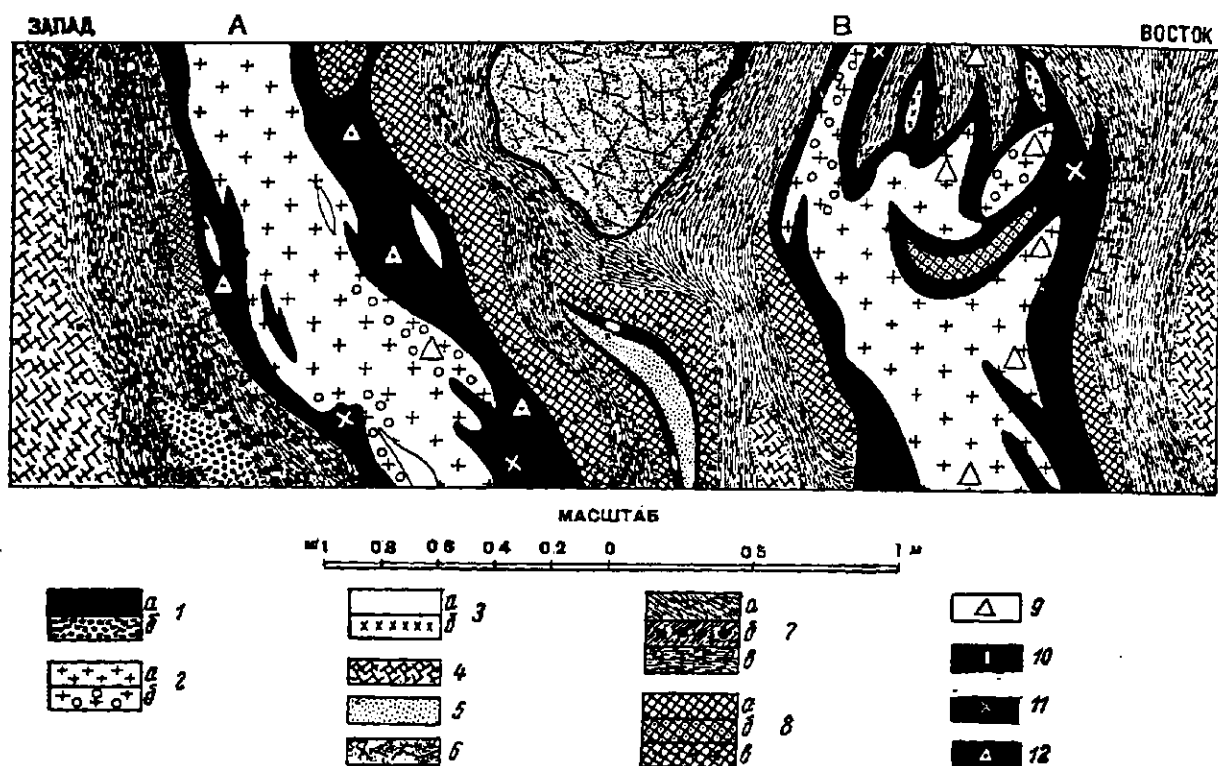
Парагенезис изумруда очень обширен. В сопровождающей его ассоциации встречаются: хризоберилл — александрит, винно-желтый и нежно-розовый фенацит, дымчатый кварц, топаз, гранат, прозрачный флюорит и еще ряд минералов.

Сложные обменные реакции, приведшие к этому комплексу, в основном истолкованы А. Е. Ферсманом. Очень много для их понимания дают исследования Н. М. Успенского (1938) и К. А. Власова (1938), обратившего внимание на важную каталитическую роль фтора при воздействии сравнительно остывшего пегматитового раствора на термически стойкие магнезиальные породы.

Обзор самоцветных ресурсов Северного и Среднего Урала не будет полным, если не упомянуть ряд месторождений, расположенных вне полосы гранитных пегматитов. Сюда относятся лежащие примерно на параллели Верхотурья, но значительно западнее его, в Бисерском районе, Крестовоздвиженский и Адольфов прииски, где на небольшой сравнительно площади в золотоносном аллювии было найдено в разное время около 200 кристаллов алмаза (см. А л м а з). Разведки последних лет привели к открытию новых

площадей алмазоносного аллювия к западу и к югу от вышеуказанного района: в окрестностях Кусье-Александровского завода, близ ст. Теплая Гора ж. д. им. Л. М. Кагановича, близ Пашийского завода, в Уткинском месторождении и др. (Аверин, 1939; Волосюк, 1940). Большое значение имеют россыпи превосходного золотисто-зеленого демантоида («хризолита») по р. Бобровке в Н.-Тагильском районе, а также стяжавшее мировую известность Меднорудяное месторождение лучшего в мире малахита.

Выделения малахита приурочены к южной части меднорудного месторождения. Экзогенное, поверхностное их происхождение представляется А. Н. Заварицкому несомненным; однако, А. Е. Ферсман, имея в виду необычайную мощность месторождения, приписывает ему гидротермальное



Фиг. 8. Разрез пегматитовой жилы Изумрудных копей. (По А. Е. Ферсману, 1929.)

1a — биотитовый «сланец» — слюдит; 1b — «звездарь» — биотит без ориентир.; 2a — пегматиты; 2b — каолинизированный пегматит; 3 — кварц: а — серый; б — железистый; 4 — «сланцы»; 5 — светлый берилл; 6 — изумруд; 7 — тальковые сланцы: а — белый; б — желтый; 8 — с биотитом; 8 — актинолитовый «сланец»: а — чистый; б — с хлоритом; 9 — с биотитом; 9 — гранодиорит, жилы диорита; 10 — жилы аплита; 11 — шерл; 12 — апатит.

происхождение (путем метасоматической переработки известняков горячими медистыми растворами). Изумителен масштаб образования малахита, не имеющий себе аналогов среди мировых месторождений этого минерала. В 1836 г. здесь, к югу от шахты Надежной, на глубине 50 м, под руслом небольшой речки Рудянки, была встречена грандиозная масса малахита, залегавшая в виде длинного неправильного тела с многочисленными отрезками в глинистом, отчасти марганцовистом буром железняке. По приблизительному подсчету, общий вес глыбы был более 50 т. Эта находка не была единственной; ежегодно при добыче медной руды попутно добывалось 30—30 т малахита. Вес наибольшего поднятого на поверхность монолита превышал 2 т.

Лишь с конца 90-х годов добыча малахита пошла на убыль; однако, месторождение не может считаться исчерпанным. По свидетельству А. Е. Ферсмана, в 1913 г., перед войной, в непосредственной близости к знаменитым меднорудяным шахтам, на земле частного владельца Треухова была обнаружена масса малахита, залегавшая на глубине 28 м, общим весом в несколько десятков тонн. Среди нее попадались куски весом до 130 кг превосходного поделочного материала.

В настоящем обзоре уральских месторождений следует упомянуть лежащую несколько в стороне обширную область распространения гипсов, тяготеющую к западным склонам Урала. Среди этих огромных площадей, некогда занятых пермским морем, некоторые группы месторождений алебаstra и селенита получили большое значение в русском камнерезном искусстве; среди них особенно значительны месторождения Кунгурского района (Покрово-Ясылское, Богомолово, Тураевка и др.), дающие крупнейший ассортимент сахарно-белых, частью просвечивающих, розовых, серых, коричневых, пятнистых разновидностей алебаstra (отчасти более твердого ангидрита), а также золотисто-желтого, красноватого, волнистого, с шелковым отливом селенита.

В районе, примыкающем к Свердловску, почти сплошная доселе полоса пегматитовых полей прерывается, несмотря на то, что мощные гранитные массивы охватывают Свердловск с востока и запада. Соответственно этому, самоцвет уступает здесь место строительному камню: граниту, диориту, порфиру, различного типа мраморам, контактирующим с гранитными интрузиями или зажатым среди них. Следуя к югу от Свердловска, можно отметить лишь несколько месторождений самоцветов различного генезиса. Среди них надо выделить Шабровское месторождение вишневого родонита (орлеца) у дер. Малое Седельниково в 24 км на юго-восток от Свердловска; Гумешевские медные рудники в 56 км к юго-западу от Свердловска, откуда в 1789 г. была добыта глыба превосходного малахита, весящая около 1.5 т и хранящаяся ныне в музее Ленинградского горного института.

Еще несколько к югу, у ст. Полдневой в своеобразных альпийских жилах среди перидотитов и диаллагитов лежит коренное месторождение высокосортного демантоида; в этом же районе имеются его россыпи (Хризолитный лог по р. Бобровке, притоку р. Чусовой).

Двигаясь далее на юг мимо высочайших вершин Уральского хребта, мы встречаем восторженно описанную когда-то проф. Вутихом «страну, исполненную авантюринов». Мелкозернистый, плотный слюдистый кварцит, энергично сопротивляющийся выветриванию, слагает здесь высокие скалистые гребни древних гор — как на собственно Уральском хребте, так и в отдельных горах — Таганая, Иремеле, Урельге и Юрме с их огромными морями осыпей, частью прикрытых почвенным покровом. Запасы авантюрина, конечно, не поддаются даже приблизительному подсчету. Вутих нашел здесь до 20 разновидностей этого красивого искристого камня — белых, красных, желтых, оранжевых; лучшие и наиболее редкие и ценные разновидности — красновато-коричневого цвета с золотистой искристостью. Монолиты «златоискра» достигают огромных размеров — до 3—4 м в поперечнике; гигантские чаши из этого камня можно видеть в ленинградских дворцах и в Эрмитаже.

После некоторого перерыва мы еще раз вступаем в великую пегматитовую полосу — в наиболее восточной части Южного Урала, в сложном комплексе изверженных и метаморфических пород, в состав которого входят знаменитые Ильменские горы. Среди господствующих здесь сиенитов, нефелиновых сиенитов (миасскитов) и гранито-гнейсов в изобилии распространены разнообразные пегматитовые жилы, типы которых, связанные в той или иной степени с характером вмещающих пород, могут быть сведены к трем естественным группам: миасскитовых, сиенитовых и нормальных гранитных пегматитов.

Район Ильменских гор пользуется давнишней славой как единственное в мире средоточие редкоземельных и радиоактивных минералов. В отношении собственно драгоценного камня наиболее интересной представляется восточная гранито-гнейсовая зона пегматитов, состоящих из кварца, черной слюды и розового микроклина. Последний, как отмечают А. Н. Заварицкий и В. И. Крыжановский (1937), находится обычно в цент-

ральной части жил и превращен иногда в амазонит. Образование самоцветов, по свидетельству тех же авторов, связано в этих пегматитах с процессом вторичной альбитизации: «к альбитизированным участкам и занорышам, усаженным гребенчатым вторичным альбитом, приурочено, главным образом, нахождение аквамарина, топаза, турмалина, фенакита; в альбитизированных участках распространен и гранат-спессартин».

Наибольшее количество самоцветов было добыто на Косой горе, гранито-гнейсовой возвышенности, лежащей на восток от Ильменского хребта. Именно здесь сосредоточена главная масса кварцевых топазо-берилловых пегматитов: так называемые Стрижевские копи с аквамаринном, зеленым бериллом, красивым голубоватым амазонитом, топазом, фенакитом, писменным грапитом; копи Блюмовская, Романовского, Прутова и др. с аквамаринном, топазом, цирконом, амазонитом и редкоземельными минералами. Особенно громкой славой пользовались в свое время ильменские голубоватые и желтые топазы необычайной чистоты и блеска. Некоторые найденные здесь камни достигали 25 кг веса. Прекрасным качеством топазов отличались копи: Блюмовская, Романовского, Стрижевские, Гасберговская, Точильная, Качевская и некоторые другие.

С точки зрения содержания самоцветов, миасскитовые и сиенитовые пегматиты несравненно беднее, в особенности первые, в которых можно отметить лишь сомнительного значения голубой содалит и отчасти циркон. В более разнообразных по составу сиенит-пегматитах встречается циркон, дающий красивые ограночные разности («гиацинт»); с роговообманковым типом этих пегматитов связаны выделения крупных кристаллов сфена; следует, наконец, упомянуть корундовый тип сиенит-пегматита, разрабатываемый для добычи корунда (технического).

Несмотря на свою старинную славу, весь этот интереснейший район плохо изучен и как источник самоцветов с давних пор заброшен. Несомненно, что он хранит в своих недрах значительные количества берилла, топаза и амазонита.

Не вполне ясно рисуется современное практическое значение также хорошо известного минералогам Каменко-Санарского золотоносного района, получившего некогда от Кокшарова название «русской Бразилии». Здесь в золотоносном аллювии (главным образом на р. Каменке) было найдено в разное время значительное количество самоцветов, среди них — разных цветов корунд, изумрудно-зеленая шпинель, очень много берилла, прекрасный фиолетово-розовый топаз, редкой красоты голубой эвклаз, хризоберилл, турмалин, кианит, алмаз. Этот комплекс в самом деле напоминает минеральные ассоциации Минаж Жерайж. Коренные месторождения, питающие россыпи, изучены совершенно недостаточно.

Обзор главнейших уральских месторождений самоцветного камня заканчиваем описанием обширной меридиональной полосы, лежащей между Миассом и Верхнеуральском. Эта, также единственная в своем роде, область характеризуется необычайным изобилием разнообразнейших сплошных и пестроцветных яшм, частью биогенных, частью изверженных, глубоко метаморфизованных пород, в большинстве случаев тесно связанных с туфогенными образованиями девона. Месторождения яшм в этой прерывистой полосе неисчислимы. Более или менее изучена лишь ничтожная их часть. Сопоставляя старую сводку А. Е. Ферсмана (1922) с более поздними изысканиями О. Нестояновой (1932), можно в этой полосе выделить следующие наиболее значительные и лучше освещенные месторождения.

Шеренбейское месторождение находится в 30 км южнее ст. Миасс на правом берегу р. Шеренбей, в 1.5 км выше впадения ее в р. Ирмель. Темно-красная с более светлыми прожилками яшма залегает среди окремненных, сильно рассланцованных туффигов в виде небольшого гребня мощностью 10—15 м, протягивающегося на юг от пос. «Возрождение».

Далее к югу, в 45 км от ст. Миасс, лежит богатый разнообразными яшмами район дер. Шарыповой (Авязовой) на правом берегу р. Уя; линзы и гнезда яшм — красных, вишневых и полосатых, — мощностью в 10—20 м и до 150—200 м по простираению, залегают среди кремнистых туффитов и плотных туфов. Обпажающиеся яшмовые моноплиты достигают размеров в $1.5 \times 1.0 \times 1.2$ м.

В высшей степени интересно обширное Мулдакаевское месторождение превосходных сине-серых, темно- и светло-голубых и серо-зеленовато-синих яшм, сложенных, главным образом, из мелких частиц кварца и актинолита. Яшмы залегают линзами различной величины среди серпентинитов. Мощность некоторых линз достигает 13 м при протяжении 70 м; кроме коренного залегания, яшма образует по склону горы Герды-Маши (по ручью Ташьян) обширную элювиальную россыпь с огромными обломками, среди которых некоторые достигали размеров $2 \times 4 \times 5.5$ м. Эта яшма, известная прежде под названиями новониколаевской и ташьянита, отличается, кроме замечательной красоты, прекрасными техническими свойствами.

В этом же примерно районе необходимо отметить известный под названием аушкульской яшмы очень красивый кремово-белый порфир с изящными черными и бурыми дендритами и звездчатыми узорами марганцовых и железных окислов. Месторождение лежит на вершине горы Аушкуль.

Следующим богатейшим яшмовым районом является площадь, тяготеющая к дер. Тунгатаровой и Старый Муйнак. Здесь сосредоточены крупнейшие в северной Башкирии запасы густокрасных, сургучных, частью с фиолетовым оттенком яшм, лежащих прерывистой полосой вдоль восточного склона Ирэндыка. Ими сложены вершины гор Ташказгана, Кызыл-таша, Сарбая; их огромные линзы залегают среди кислых эффузивных пород и окремнелых туфов, частью рассеченных кварцевыми жилами. Среди красных, богатых гематитом яшм встречаются также и полосатые. В 1.5 км к западу от дер. М. Майнаково по речке Ям-Елга лежит месторождение очень популярной в свое время (частично как материал для камней) «ямской» яшмы из широких вишневых и палевых полос с мягкими между ними переходами. Яшма залегает линзой среди порфиритов и туфов.

Далее к югу, в полосе серпентинитов, недалеко от башкирской дер. Рысаевой, на берегу озера Калкан находится месторождение широко известной зеленовато-серой калканской яшмы, представляющей окремнелый туф пироксено-плагноклазового порфирита. Яшма образует линзо- и штокообразные залежи на контакте серпентинитов и туфогенов. Обладая исключительно плотной и ровной структурой, отличной обрабатываемостью и способностью принимать зеркальную полировку, калканская яшма является исключительно ценным художественным и техническим материалом.

Не упоминая множества менее значительных залежей яшм в той же контактной полосе, отметим пользующееся заслуженной славой месторождение одной из лучших уральских яшм у дер. Наурузовой (прежнее название Кошкульда). Эта яшма с ленточной текстурой из сочно-вишневых и голубовато-зеленых полос различной ширины лежит небольшими (от 2 до 10 м мощностью) прослойками в полосе кварцевых альбитофиров и их туфов, простирающейся в северо-восточном направлении по юго-восточному склону хребта Бугасты. Кошкульдинская яшма, разрабатываемая уже около 100 лет, дала много материала для бесчисленных художественных изделий и декоративных сооружений (например, колонн Эрмитажа).

Очень мало изучен богатый яшмами район горы Магнитной, по рр. Гумбейке, Янгельке, Кызыл; о нем имеются лишь неполные и отрывочные сведения. В частности архивные данные отмечают в верховьях р. Янгельки сравнительно редкий и высоко ценимый, частично прозрачный, красный с белыми жилами «мясной агат», богатейшее месторождение которого нахо-

дится на склоне горы Юная, в 6 км к западу от дер. Юлдашевой, подле дороги в дер. Равилову.

Точно так же мало изучен следующий к югу участок великой яшмовой полосы, южнее Верхнеуральска. Подходящий с севера к г. Орску хребет Ирендык, а также обрывистые склоны правого берега р. Урала — Губерлинские горы — необычайно богаты яшмами разных тонов, цветов и узоров, с переходами иногда к просвечивающим, агатоподобным разностям — губерлинский красно-белый агат.

Однако, богатейшей на Урале, а возможно и во всем мире, яшмовой областью является район г. Орска и ближайших к нему берегов р. Ори. По колористическому разнообразию, роскоши и необычайности фантастических картинных рисунков и узоров орские яшмы могут найти себе соперников разве лишь среди наиболее прославленных цветных мраморов, несравненно уступающих им, однако, твердостью и техническими качествами. Выходы яшм известны в самом городе, стоящем на яшмовой горе, по рр. Курачанке, Ельшанке, близ пос. Хабарного, в верховьях р. Базаулыка, у дер. Мамбетова и др. Необычайно разнообразны и красивы яшмы, выходящие в 7—8 км от Орска по левому слабо холмистому берегу р. Ори, на границе Чкаловской и Актюбинской обл.

Забайкалье

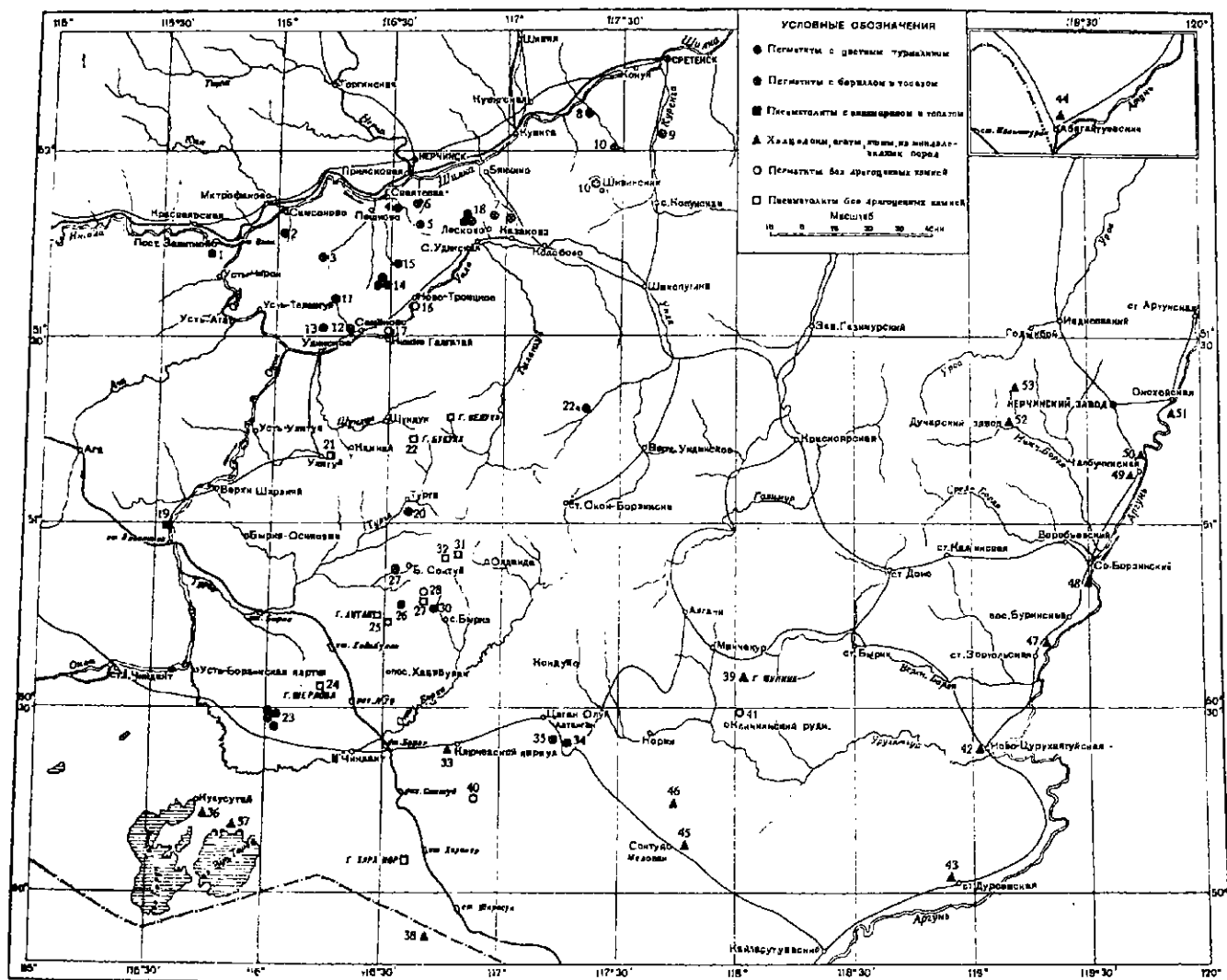
Ставя забайкальские месторождения драгоценных камней непосредственно за уральскими, мы нарушаем географическую последовательность для сохранения естественных соотношений. Эти две гигантские сокровищницы нашей страны, естественно, должны стоять рядом.

Если Урал геологически и геохимически изучен недостаточно, то Забайкалье мы знаем еще меньше; здесь едва лишь можно оконтурить, с одной стороны, огромные площади богато минерализованных кислых гранитных пегматитов, во многом напоминающих Урал, с другой стороны — в противоположность Уралу — обширные районы развития миндалевидных базальтов с обильными включениями халцедоновых жеод. Эти районы, несомненно, имеют огромное будущее; у них есть ряд важных преимуществ: их сравнительная доступность, близость к железнодорожным путям, отсутствие топких болот, столь распространенных на Урале.

Первое место (не только в Сибири, но, может быть, и во всем Союзе) принадлежит обширному Нерчинскому горному краю (фиг. 9). К сожалению, сведения о нем крайне бедны и имеют большую давность; новых исследований нет, и это налагает на все последующее описание печать известной условности.

Петрологически область характеризуется, главным образом, мощными гранитными массивами Яблонового хребта северо-западного простирания, интродуцированными в палеозойские осадочные породы и превратившими их в сплошную свиту гранито-гнейсов, слюдяных и роговиковых сланцев, роговообманково-сапировых пород, мраморов и др. Отходящие от гранитной интрузии пегматитовые и пневматолитовые апофизы прорезают как материнские массивы, так и свиты вмещающих пород. Денудация обнажила местами гранитные «гривы» могучих хребтов, и кое-где пегматитовые жилы и дайки блестящего дымчатого кварца выступают в виде столбов («Чудские свечи»).

В области развития гранитов на первый план выступает Онон-Борзинская гряда с хребтами Адун-чилон (Шерлова гора — Кукусыркен), Соктуй, Турга и хребтом Эрмана. Далее к северо-востоку следуют мало изученные Газимуро-Ононский и Борщовочный хребты. Замечательна правильность расположения этих цепей, тянувшихся параллельно Яблоновому хребту, с продольными между ними долинами, по которым текут Унда, Турга и другие реки.



Фиг. 9. Схематическая карта месторождений самоцветов в Забайкалье. (По А. Е. Ферману.)

1 — р. Завитая; 2 — г. Боец; 3 — р. Урульга; 4, 5, 6 — р. Ургучан (Санатеева); 7 — р. Борцовна; 8 — р. Курнура; 9, 10 — р. Куренга; 11 — Золотая гора; 12 — г. Тулуй; 13 — г. Душная; 14, 15 — Ийбиревские копи; 16 — дер. Конуй (амазон.); 17 — дер. Конуй (луговой камень); 18 — Кош. дер. Лесковой; 19 — Оловянный рудник; 20 — Турга; 21 — Улутуй; 22 — Буруна; 23 — р. Алентуй; 24 — Алун-тилон; 25 — Антан; 26—28 — М. и Б. Сон-тув; 29 — с. Вирка; 30 — г. Олохда; 31 — г. Авточова; 32 — Ключевской карьер; 33 — Ключевской рудник; 34 — Алтантан; 35 — р. Калая; 36—37 — г. Худу-хада; 38 — падь Наталдан; 39 — г. Мулда; 40 — Ключевской карьер; 41 — Кичинский рудник; 42 — Новый Цурухатуй; 43 — Дуровский карьер; 44 — Абагайтуйский карьер; 45—46 — Сонтув (Мелова); 47 — Зоргошский карьер; 48 — Боранский карьер; 49 — ст. Чолбучинский; 50 — Яшмовая гора; 51 — Аргунский остров; 52—53 — Дучарский завод.

За Алтанчанским хребтом лежат Тарейская и Урулюнгуйская котловины. Эта пограничная окраина со всем течением Аргуни занята мощными излияниями миндалевидных базальтов.

Адун-чилон (Кукусыркен — Шерлова гора). Западная часть хребта, *Кукусыркен*, состоит из серого или желтовато-серого средне- и крупнозернистого гранита с типичными в его составе пневматолитическими минералами — флюоритом и турмалином, с жилами пегматита и письменного гранита, и парагенезисом, во многом напоминающим аналогичные образования Мурзинки. Пегматитовые жилы сосредоточены, главным образом, к югу от бурятской моленной Цаган-Обо, в верховьях падей Нарин-Кундуй и Урту-Кундуй, среди огромных, живописных утесов с высоко возносящимися причудливыми вершинами. По данным В. Титова (1855), вместилищами самоцветов в пегматитах являются «небольшие пазухи, наполненные сидящими по сторонам их кристаллами полевого шпата, раухтопаза, черного шерла, плавикового шпата, слюды и пр., — или отдельно друг от друга, или друзами, на которых появляются кристаллы цветных камней». Пазухи, аналогично уральским занорышам, часто бывают выполнены «тальковой и слюдистой глиной, мягкой, нежной и всегда влажной».

Пегматитовые жилы вскрыты многочисленными, частью довольно глубокими яшмами, из которых когда-то шла значительная добыча самоцветов. Из 14 ям, посещенных в 1914—1917 гг. П. П. Сущинским, им отмечаются: «Частохинская» яма до 4 м глубиной, пересекающая пегматитовую жилу в 50 см мощности с крупными (3—4 см) выделениями зеленоватого микроклина, напоминающего амазонит; здесь в ноздреватой ортоклазо-альбитовой породе встречаются прозрачные кристаллы топаза; «Миллионная» яма, давшая в свое время большие количества высокосортного дымчатого кварца, сбывавшегося в Китай; «Передний Чиндагатай» — выработка из двух ям в пегматите с серым дымчатым кварцем и редким аквамаринном; «Глубокая» яма, название которой оправдывается ее значительной глубиной (свыше 30 м), в которой еще сейчас попадают мелкие кристаллы прозрачного берилла, добывавшегося здесь вместе с дымчатым кварцем; «Казенная № 9», где в прежнее время велись казенные работы по добыче тяжеловеса, берилла и дымчатого кварца; «Щеточная» яма, известная по находкам щеток горного хрусталя, сдвойникового по редко встречающемуся «японскому» закону.

Кроме берилла, топаза и больших количеств горного хрусталя, месторождения Кукусыркена изобилуют многочисленными разновидностями красивых музейных минералов и пород: черного шерла, «турмалиновых солнц», адуляра, альбита, десмина, структурного пегматита и т. п.

Шерлова гора. Среди месторождений Нерчинской Даурии Шерлова гора, в 12 км от ст. Хадабулак ж. д. им. В. М. Молотова, является крупнейшим и наиболее знаменитым. За 100 с лишним лет после начала ее разработок она дала рынку огромные массы голубого аквамарина, золотистого берилла и топаза. Бесчисленные ямы, штольни, закопѹшки, огромные и беспорядочные отвалы покрывают ее безлесные пологие отроги — Гошпееву (Обвинскую) гору, Луковую сопку, Золотой отрог, — до крайности затрудняя ее современную промышленную оценку как источника самоцветного камня. Мнения крупнейших авторитетов сходятся на том, что об истощении знаменитого месторождения говорить еще не приходится и что при правильных, научно поставленных разведках и правильной комплексной эксплуатации старые копи Шерловой горы еще могут дать много ценного материала.

С петрологической и геохимической стороны гранитные дериваты Шерловой горы, являющиеся носителями самоцветов, сильно отличаются (при общности происхождения) от нормальных гранитных пегматитов Кукусыркена; здесь мы имеем соединение пегматитовой и пневматолитовой фаз, с энер-

гичной пневматолитической переработкой материнской породы, превращенной на значительное расстояние от жилы в мелкозернистый «грейзен» из кварца, бледнозеленой слюды, топаза и плавикового шпата. Самоцветные камни — берилл, топаз, дымчатый кварц — сопровождаются здесь весьма типичной ассоциацией вольфрамита, арсенопирита, базовисмутита, оловянного камня, молибденита. Этот парагенезис в высшей степени повышает промышленное значение старых шерловгорских копей.

Крупнейшей среди них является Кусанинская, или «Миллионная», жила на Золотом отроге Шерловой горы. Зигзагообразная коленчатая выработка типа штольни до 17 м глубины, 3.5 м длины и до 2.5 м ширины пробита почти сплошь в грейзене и лишь местами пересекает обычный для Шерловой горы порфировидный желтовато-серый гранит.

Кристаллы аквамарина, согласно описаниям П. П. Сушинского (1926), О. Д. Левицкого и др., рассеяны среди дымчатого кварца, жила которого прослеживается почти по всей выработке; кварц непосредственно переходит в окружающую грейзеновую породу.

С другой стороны, аквамарин часто встречается в сплошных берилловых выделениях в грейзене, главным же образом он добывался из гнезд — полостей, наполненных бело-розовой «мякотью» из глинистого вещества, мелкочешуйчатой слюды и местами — лилового землистого флюорита. Топаз в «Миллионной» копи в общем редок.

Большого внимания заслуживает другая крупная выработка, значащаяся на старинных планах под № 15 на Гопсевой (Обвинской) сопке. По структуре и минеральным ассоциациям она близка «Миллионной», но отличается некоторыми особенностями. Здесь нередко добывались крупные (до 15 кг весом) гнезда аквамарина в виде скоплений длинных, тонких прозрачных кристаллов приятного голубого тона. По данным П. П. Сушинского, наилучшие окрашенные кристаллы, длиной до 5—7 см при толщине не более 0.5 см, заключены в голубоватой массе землистого скородита, являющегося продуктом разрушения мышьякового колчедана.

На той же сопке отмечается старинная выработка № 5, дававшая, по словам местных жителей, «белые топазы». В самом деле, П. П. Сушинскому удалось найти в этой выработке значительное количество крупных кристаллов топаза, частью бесцветных или слегка голубоватых, частью покрытых пленкой белого эмалевидного вещества («коньи зубы»). Зеленовато-голубые аквамарины в этой копи, чрезвычайно интересные своей четырехгранной ромбоидальной формой, в большинстве недостаточно прозрачны.

Множество разбросанных по всем массивам Шерловой горы выработок относятся к тому же типу и характеризуются тем же минеральным комплексом; поэтому при дальнейших разведках не исключена возможность открытия новых берилловых жил.

Борщовочный кряж. Месторождения Борщовочного (Правошилкинского) кряжа, открытые около 100 лет назад и тянувшиеся на 150 км, подверглись сравнительно с Онон-Борзинскими несколько менее энергичной, но не менее беспорядочной эксплуатации. Подобно последним, они изучены совершенно недостаточно. Их геохимический тип, которому В. И. Вернадским (1923) присвоено наименование забайкальского, отличается большим своеобразием. А. Е. Ферсман (1925) выделяет среди них две преобладающие группы пегматитовых жил:

1. Высокотемпературные топазо-берилловые жилы, отвечающие на диаграмме фазе Е 600°; они очень многочисленны, достигают мощности 5—10 м и преимущественно приурочены к центральной осевой части хребта и более глубоким частям гранитного массива. Жилы не очень богаты бериллом, но издавна славятся замечательными по величине топазами.

2. Натро-литиевые жилы, менее многочисленные, встречающиеся обыкновенно целыми пачками, мощностью до 10 м. Приурочены эти жилы, глав-

ным образом, к контактным зонам Борщовочного крыжа, особенно по западной границе. Они характерны по своим литическим минералам, касситериту, колумбиту и цветному турмалину высоких качеств. Если для жил первой группы типичны желтые и зеленые бериллы, то для вторых — розовые воробьевиты.

Область распространения борщовочных месторождений грандиозна: они тянутся, как сказано, почти сплошной 150-километровой полосой. Из известных до настоящего времени 30 месторождений многие считаются выработанными и могут приниматься в расчет лишь для геохимической характеристики области и для общего представления о связанных с ней перспективах.

Едва ли, однако, потеряло значение (несмотря на скептический отзыв П. П. Сущинского) весьма характерное для Борщовочного крыжа месторождение Ургучан («Прииск драгоценных камней» близ дер. Саватеевой па р. Шилке), откуда велась многолетняя, но научно и технически примитивная добыча превосходного розового берилла — воробьевита, лиловой литиевой слюды — лепидолита и цветного турмалина; последний, кроме малинового шерла, встречался здесь в зеленых призирующих разностях, очень красивых в обработке кабошоном.

По сообщению В. И. Крыжановского (1936—1) в Минералогический музей Академии Наук в 1935 г. поступила коллекция минералов из Саватеевского месторождения с турмалинами в разных стадиях изменения; среди них выделялся величиной и яркостью кристалл полихромного турмалина, а также кристаллы воробьевита — «лучшие и самые большие в музее».

По мнению П. П. Сущинского, заслуживает разведки хребет, составляющий правый берег пади Гремячей, впадающей в р. Шилку около 4 км ниже дер. Саватеевой.

В 14—15 км к северу от Саватеевой в крупнозернистом пегматите дер. Семеновой добывались в давние времена темноголубой и мутнозеленый аквамарин, топаз и большие количества дымчатого кварца. Такого же типа месторождения известны близ дер. Лесковой на берегу р. Змиевки, откуда, по данным В. Титова, добывались: зеленый турмалин, бесцветный топаз, бесцветный, бледнозеленый и розовый берилл и раухтопаз; здесь же в горе «Вороньей» встречались столь характерные для Борщовочного крыжа малиновый шерл и лепидолит; вместе с ними добывали топаз, аквамарин, дымчатый кварц и гранат.

Интересная группа старинных копей расположена на водоразделе между притоком р. Унды — Кибиревой и притоком Урульги — Большой Кибиревой. Сводки В. С. Реутовского (1905) и А. Е. Ферсмана (1925) отмечают здесь следующие месторождения: Черемуховая гора или Дорогой утес, где в гнездах среди письменного гранита находили бледнозеленый и голубой аквамарин и откуда добыты были знаменитые гигантские кристаллы топаза (12.4 и 10.6 кг весом); Кибирева гора — с винно-желтым и бесцветным топазом, аквамарином и дымчатым кварцем; Дармахнинский утес — с аквамарином; Обусинская гора — с желтым, бесцветным, бледнозеленым и голубым бериллом, бесцветным топазом, розовым турмалином; гора Стрелка — с топазом, дымчатым кварцем и черным шерлом; Солоночная гора — с черным, зеленым и малиновым турмалином, бесцветным бериллом и желтым топазом.

На основании недавнего осмотра Ю. М. Шейнман (1936) дает следующий список месторождений Борщовочного крыжа, тем или иным способом «прочно установленных»:

1. Конгинское — по левому берегу пади Конга.
2. Гремячинское — по пади Гремячей.
3. Нижне-Ургучанское (Саватеевское).
4. Верхне-Ургучанское.

5. Гора Воронья	— к северу и северо-востоку от долины Лесковой.
6. Борки	— там же.
7. Кибиревские ямы	} в верховьях пади Кибиревой.
8. Дорогой утес	
9. Стрелка 1-я	} в верховьях р. Семеновой.
10. Стрелка 2-я	
11. Золотая гора	
12. Душная гора	
13. Тулунская гора	

Этот краткий перечень месторождений Борщовочного края можно закончить упоминанием о находках померанцево-красного граната близ ст. Ага ж. д. им. В. М. Молотова, а также близ дер. Бянкино (близ ж.-д. станции того же имени); в последнем месторождении В. С. Реутовским (1905) отмечаются также топаз и черный шерл. Этот же автор свидетельствует о находках желтого, зеленоватого, реже синеватого топаза близ с. Шевни (Живни) на реке того же имени.

Можно оставить без упоминания множество мелких или совершенно не разведанных месторождений, связанных с гранитными пегматитами Восточной Даурии. Все они относятся примерно к одному типу.

Совершенно иной характер носят месторождения самоцветных камней среди основных излившихся пород.

Область халцедоновых самоцветов. Искключительно богатым всеми видами халцедоновых цветных камней районом, давшим в разное время много прекрасного ограночного и поделочного материала и, однако, совершенно не изученным, является площадь верхнего и среднего течения р. Аргуни и склоны ее левобережных хребтов. Это—область мощного развития миндалевидных мелафиров, образующая в пределах нашей государственной территории широкую полосу Яблонового простираия между р. Аргунью и Тарейскими озерами (Зун-Тареем и Барун-Тареем), среди четвертичных отложений, почти у границ Внешней Монголии. Искключительным изобилием цветных камней отличаются, по свидетельству В. Титова (1855), берега Тарейских озер и окружающие их безлесные увалы Кукухадака, сложенные, кроме миндалевидных пород, порфирами и многоцветными — зелеными, красными, бурыми, палевыми, ленточными — яшмами. В миндалинах основных пород встречаются «жеоды с кристаллами аметиста и горного хрусталя, бледно голубые халцедоны, кахолонги, бледно- и темнокрасные сердолики, стефаники, полуопалы молочные и с огненным отливом, агаты, ониксы, моховики розовые и зеленые, волосатики, лидийский камень и чрезвычайное множество разноцветных красных натеков, в том числе известковых».

В бассейне средней Аргуни заслуживает большого внимания все течение р. Урулюнгуя и особенно ее верхних притоков, где А. Е. Ферсман (1921) отмечает широко известные в минералогической литературе месторождения в 1 км на север от дер. Мулиной. Это — состоящая целиком из миндалевидной породы Мулина гора, в которой встречаются крупные (до 20 см в поперечнике) жеоды халцедона со щетками горного хрусталя, раухтопаза, изредка аметиста; отсюда известны также красивый гелиотроп и яшма. Выходы миндалекаменных пород констатированы около Зоргольского караула, по Верхней, Средней и Нижней Борзе.

В изобилии встречаются халцедоновые камни в районе Нерчинского завода (Яшмовая гора, рч. Чалбуча, р. Большой Зерентуй, Дучарский завод; Годымбойская гора и др.).

Кроме этого интересного района, месторождения красивых халцедоновых камней известны еще: 1) в районе Селенгинской Даурии (Гусиное озеро, Кяхта); 2) в районе верхнего бассейна Онона и около Акши; 3) Еравинское озеро в районе Улан-Удэ (искключительной красоты гальки синего халцедона, кроваво-красного сердолика и др.); 4) по р. Шилке, в 11 км

ниже Шилкинского завода. Все эти месторождения геологически не описаны; некоторые из них, как, например, Еравинское озеро, в высшей степени интересны.

Заканчивая обзор самоцветных ресурсов Забайкалья, следует еще упомянуть месторождение солнечного камня в долине р. Селенги, прорывающей массив Хамар-Дабана ниже Улан-Удэ, и крупные месторождения агальматолита в Бурят-Монгольской АССР на р. Бырхи-Шибирь, впадающей в р. Курбу. Агальматолит Бырхи-Шибиря дает много красивых разновидностей: розовых, розовато-белых, вишневых, зеленых, пестрых. Красота, легкая обрабатываемость и значительные запасы камня придают месторождению бесспорное промышленное значение.

Настоящий сжатый очерк забайкальских месторождений может дать общее представление об их богатых, но пока лишь потенциальных ресурсах. Не подлежит сомнению, что если до сих пор, при поисках ощупью и наудачу, без всякого научного руководства, здесь было добыто много прекрасного ограночного и поделочного самоцвета, то в будущем, при правильно организованной, паучно направленной разведке, такие районы, как Борщовочный кряж, Тарейские озера и многие другие, дадут несравненно больше, чем они дали до сих пор.

Алтайский край

Западный Алтай, лучше сказать, пока лишь небольшая, сравнительно лучше изученная его часть, непосредственно тяготеющая к Колыванской шлифовальной фабрике, между р. Чарышом на востоке и р. Иртышем на западе, по изобилию поделочного камня должна быть поставлена рядом со знаменитой яшмовой областью Южного Урала.

Для этой слабо освещенной в литературе части Рудного Алтая характерно, по недавней сводке Е. А. Кузнецова (1936), развитие осадочных пород среднего и верхнего девона и нижнего карбона (известняков, глинистых сланцев, конгломератов, песчаников и т. п.), переслаивающихся с многочисленными эффузивами и их туфами; все эти смятые в складки слои прорваны гранодиоритами с жильными и порфировыми фациями, сильно и разнообразно метаморфизировавшими осадочно-эффузивную свиту. На этой геологической основе создано исключительное петрографическое разнообразие пестроцветных пород, которые стяжали себе мировую известность под названием алтайских яшм. Среди них А. Е. Ферсман (1922), основываясь, главным образом, на давнишней работе Штельцнера, намечает следующие главные типы:

1) порфиры, частью кварцевые, частью фельзитовые, частично силисифицированные позднейшими гидротермальными или постмагматическими процессами;

2) метаморфические сланцы, силисифицированные, смятые и перекристаллизованные;

3) кварциты, роговики и др.

Наибольшим разнообразием красивых цветных пород отличается берег бурной горной речки Коргона (приток р. Чарыша) примерно в 160 км к востоку от Колывани. Отсюда в изобилии доставлялись на шлифовальную фабрику серо-фиолетовая, древовидная, копеечная, сургучная, бурокрасная яшма и т. п.; другие притоки Чарыша — Сентелек, Хаир-Кумин — и самый Чарыш пополняли этот ассортимент многочисленными разновидностями яшмовидных порфиров и порфиритов, частью прекрасных зеленых тонов, типа *verde antico*. Заслуживает особого упоминания исключительной красоты хаир-куминская белая дендритовая яшма, цвета слоновой кости.

Район Змеиногорска и Колыванской фабрики, уступая предыдущему

в колористической роскоши пород, характеризуется зато мощным масштабом месторождений, огромными размерами монолитов. Здесь выделяются: Ревневское месторождение красивых «зелено-волнистой» и «парчевой» яшм (50 км к югу от фабрики), собственно метаморфизованных зеленых роговиковых сланцев; об огромности глыб этого высокохудожественного материала можно судить по размерам хранящейся в Эрмитаже гигантской эллиптической вазы, сделанной из «зелено-волнистой» разности и имеющей диаметры в 5 и 3 м; Гольцовское месторождение голубовато-серой очень плотной «яшмы» (полевошпатового метаморфического сланца); Змеиногорское месторождение зеленовато-серой и «античной» яшмы (порфира); Локтевское месторождение красивого зеленовато-черного порфира и др.

Этот список может быть многократно увеличен за счет многочисленных мелких месторождений, известных по течению рр. Убы, Лосихи, Таловки, Палевой. Последняя дала свое название знаменитой сине-зеленой с розовыми пятнами Риддерской «палевой» яшме (кварциту), высоко ценимой художниками.

«Яшмы» составляют главное, но не единственное самоцветное богатство Рудного Алтая. В 30 км к югу от Колыванской фабрики и в 2—3 км от станции Белорецкой лежит месторождение «белоречита» (белорецкого кварца) — породы совершенно исключительных художественных достоинств, иногда сахарно-белого, большей же частью дающего богатейшую гамму тонов: восковых, лимонно- и янтарно-желтых, темнорозовых, сердоликово-красных, вишневых и т. п. Особенно хороши разности с живым теплым телесно-розовым тоном.

Необходимо упомянуть еще месторождения прекрасных голубовато-зеленых массивных кварцев: Акимовского, в 45 км к северу от фабрики, и Шрамовского — в окрестностях Риддерского рудника.

Интересный район самоцветов лежит на Тигирецких Белках, в верховьях рр. Белой и Ини, где, кроме известного месторождения берилла с дымчатым кварцем, молочно-опалесцирующим и розовым кварцем, встречается также замечательный по прозрачности красиво трещиноватый горный хрусталь.

В мае 1940 г. Белокурихинской партией Западно-Сибирского геологического управления были открыты бериллоносные пегматиты на водоразделе рр. Сычевки — Черновой и в средней части Сычевки, в районе курорта Белокуриха (60 км от Бийска); в трех из них обнаружено значительное количество берилла, зеленоватые кристаллы которого достигают 12 см длины; одна из жил на 50% выполнена бериллом.

Б. Н. Ерофеев и Н. К. Морозенко (1936) отмечают берилл и топаз во многих месторождениях Калбинского хребта, являющегося продолжением Рудного Алтая на юг в пределы Восточно-Казахстанской обл.; эти же исследователи констатировали в месторождении Аккезень, у западного подножья Плач-Горы, «прекрасные кристаллы розового турмалина». Вообще вся эта область высокотемпературных олово- и вольфрамоносных жил, порою с ярким проявлением пневматолитовой фазы, заслуживает самого тщательного изучения.

Восточные Саяны и Прибайкалье

Саянская часть «древнего темени» Азии изучена весьма недостаточно. Область, отмеченная наличием цветных камней, представляет собой дику горную страну, сложенную эозойскими породами — глинистыми сланцами, песчаниками, известняками, с многочисленными интрузиями гранитов.

Вместе с могучими дислокационными процессами эти интрузии многообразно переработали осадочную свиту, а также ультраосновные породы, положив начало ряду месторождений метаморфического типа. Цветные ре-

сурсы области представлены, главным образом, двумя видами: нефритом — в западной и лазуритом — в восточной части.

Нефритовые месторождения лежат, по определению А. Е. Ферсмана (1925), «в том узле долин и горных хребтов, с которых стекают Урик, Хоррок, Даялок, Оспа и текущий на юг в р. Китою ручей Сахангер. Эта область, образующая верхнее плато Саян с оголенными гольцами и альпийскими лугами, ниже покрытая густой кедровой тайгой, занята по преимуществу кристаллическими сланцами с подчиненными змеевиками и амфиболитами». Эта высокогорная часть Саян, по выражению М. Ф. Шестопалова (1938—3), еще «не затронута исследованиями». Нефритовые валуны встречались в разное время на огромной площади в выносах названных речек. Коренные их месторождения раскрыты далеко не полностью. Л. А. Ячевский обнаружил один из коренных выходов нефрита в актинолитовых породах в верховье р. Хара-Джелга. В недавнее время М. Ф. Шестопалов, исследуя ультраосновной массив Китоюских Альп, осмотрел контактовые залежи нефрита мощностью 1 м по р. Хатти-гол и Орто-гол, между серпентинитом и ксенолитами кварца.

Как поделочный камень саянский нефрит дает богатую гамму от светло- и яблочно-зеленых до темнооливковых, почти черных тонов. Изумительна его вязкость: по данным М. Ф. Шестопалова, образцы с Орто-Гола выдержали при испытании на раздавливание 9070 кг/см^2 .

Кроме нефрита, в западной части описываемой области встречаются многочисленные месторождения змеевиков, офикальцитов, конгломератов, яшм. Во многих местах констатировано наличие жил с горным хрусталем.

Эта часть Саян с необычайным развитием магнезиальных пород вообще заслуживает большого внимания. Очень интересны распространенные здесь красивые минералы «агальматолитового» типа, обилие, красота и легкая обрабатываемость которых приводили даже к предположению, что именно отсюда китайцы добывали свой излюбленный образный камень. Так, еще в 1826 г. Н. Щукиным и в 1852 г. Г. Пермикиным были даны указания на довольно мощную (35 см) жилу фиолетово-серого «агальматолита» (вероятно, брусита) в змеевике по р. Нижнему Вибою (приток Онота); Пермикин отмечал также по Сахангеру и другим притокам Китою прожилки «мармолита» (серпентина) и ряд других пород, «поражающих резкой пестротой своих бесчисленных тонов и представляющих собой прекрасную мозаику для полов и стен».

Работы 1936 г. привели М. Ф. Шестопалова (1938₁) к открытиям на водоразделе между рр. Оспой и Китою, а также в левобережном гольце Гарлык-Гол мощных (1—7—14 м) жил углеродистых перидотитов, приуроченных к гарцбургитам и образующих местами сложную сеть. Судя по паличию в жилах раздробленных осколков боковых пород, их образование носило характер катастроф, аналогично образованию южноафриканских алмазносных трубок-диатрем. В состав жил входят серпентин, оливин, пироксен, рудный минерал и аморфный углерод. Предположение о возможности нахождения в этом характерном парагенезисе алмаза подтвердилось. Правда, алмаз пока обнаружен лишь в очень мелких кристалликах. Вместе с ним констатированы хромшпинелиды и циркон.

Лазуритовые залежи расположены в восточной части области, в Прибайкальском амфитеатре, в районе, сложенном сильно измятыми кристаллическими сланцами и известняками, с прорезающими их многочисленными пегматитами и аплитами. Образование лазурита происходило на контактах гранитных алофиз с белыми мраморизованными известняками. А. Е. Ферсман (1922) группирует месторождения следующим образом: 1) в наносах и в 5 коренных месторождениях по долине р. Слюдянки; 2) по р. Талой (здесь же крупное месторождение главколита); 3) в наносах и коренных выходах

по р. Малой Быстрой; 4) в наносах р. Тулунтуй (приток Малой Быстрой); 5) по ключу Чернушке (приток Средней Тибельти).

Из всех этих месторождений только Малобыстринское было подробно исследовано Е. Д. Поляковой (1932). Оно, повидимому, очень типично. Сильно метаморфизованная полоса мраморов, мощностью от 400 до 800 м, с пропластками чиршполинов тянется в северо-западном направлении, ограничиваясь с севера диопсидовыми, с юга — биотитовыми гнейсами. Мраморы секутся многочисленными жилами гранит-пегматитов, сиенит-пегматитов, пироксено-амфиболовых пегматитов, образующих с мраморами расплывчатые контактные зоны. Лазурит, в виде гнезд и желваков чрезвычайно разнообразной формы и размеров, залегает в белой или зеленоватой мучнистой массе из слюды, кальцита и полевых шпатов. Некоторые глыбы лазурита достигают в поперечнике 1 м.

Прибайкальский лазурит отличается глубоким и спокойным синим цветом, без жгучей яркости бадахшанского камня. К недостаткам сибирского лазурита относится нередко обильная примесь белых известковых включений.

Заканчивая обзор прибайкальских ресурсов цветного камня, нельзя не упомянуть о мощных месторождениях сапропелевого угля (богхеда), связанных с обширным Иркутским угленосным бассейном. Здесь с давних пор известен как источник превосходного бархатно-черного поделочного материала, фигурирующего в промышленности под названием «гагата» (см. Г а г а т), Матаганский подрайон, — северное продолжение Заангарского района, — лежащий между рр. Идой, Ангарой и Осой. Одно из месторождений находится в 1 км от пос. Матаган, в 60 км к северо-востоку от ст. Черемхово Восточно-Сибирской ж. д. Художественные и технические качества матаганского богхеда чрезвычайно высоки, запас значителен. Другое, несравненно более мощное, Хахарейское месторождение сапропелевых углей лежит обособленным островом в Тангуйском районе, в 110 км к северо-востоку от ст. Тулун Восточно-Сибирской ж. д., близ Братского тракта. Запасы «гагата» огромны; по мягкости и вязкости он приближается к матаганскому, уступая, однако, последнему в полировке выдержанной ровностью цвета.

Остальные области СССР

Украинская ССР располагает несколькими видами превосходного поделочного и ограночного камня. Широкой известностью пользуются ее габбро-норитовые (до чистых лабрадоритов) породы, область развития которых — к западу от Киева, между Житомиром и Коростенем, — охватывает площадь около 500 км². Исключительная красота этих пород обусловлена крупными вкрапленниками иризирующего в синих, голубых, зеленоватых, красноватых, золотистых тонах плагиоклаза-лабрадора. По разнообразию и красоте украинские лабрадориты являются единственными в Европе.

Обнажения лабрадоритов на этой огромной площади выступают во многих местах из-под покрывающих их суглинков, по балкам и долинам рек. Крупнейшими месторождениями являются следующие.

Головинское месторождение темного оливкового габбро с крупными отливающими синим огнем кристаллами лабрадора, у с. Головина (Житомирской обл.) в 15 км от ст. Горбаша Юго-Западной ж. д. В районе той же станции имеется еще месторождение темного габбро-норита у с. Рудни-Воровской (12 км от Горбашей); порода отличается необычайно красивой игрой синего и золотисто-красного лабрадора. Несколько дальше (20 км) от Горбашей у с. Горбылева на р. Быстриевке лежит еще одно значительное месторождение темносинего лабрадорита.

Особого упоминания заслуживает месторождение совершенно своеобразного лабрадорита, лежащее на берегу р. Ирши в 3 км от ст. Турчинка Юго-

Западной ж. д. в с. Новом Бобрике. Художественные достоинства турчинского лабрадорита давно поставили его в ряды наших лучших экспортных камней. Это — светлосерая порода с приятным мягким фоном, на котором в пзобилии выступают яркоголубые и синие «цветы» лабрадора. Второе месторождение того же типа находится в 3 км от с. Турчинки в урочище Каменная печь. Третье, мало изученное месторождение также светлосерого лабрадорита лежит к северо-востоку от Турчинки.

Кроме перечисленных важнейших пунктов, месторождения цветных лабрадоровых пород имеются у сел. Каменного Брода, Осников, Поромовки, Горошек, Буки, а также у ст. Воронцово Городище Одесской ж. д., недалеко от Черкасс (Киевской обл.); в последнем месторождении лабрадорит с синим, частью золотым «цветком» очень красив.

Многочисленные пегматиты Украинского глубоко эродированного щита, аналогично пегматитам Карелии (и Фенноскандии), сохранились лишь в наиболее глубинных высокотемпературных своих зонах. Поэтому Украинская ССР до недавнего времени считалась, подобно Карелии, лишенной самоцветных камней пневматолитового генезиса. В начале последнего десятилетия в районе с. Писаревки (Житомирской обл.) в ледниковых россыпях были обнаружены значительные количества топазовой гальки, а вскоре затем были открыты и коренные месторождения этого самоцвета у Писаревки и Викторинки. Кристаллы топаза, характерного ромбического облика, достигают здесь значительной величины (до 2 кг) при совершенной прозрачности. Окраска их — голубоватая, желтоватая, розоватая; нередко зонарно окрашенные кристаллы. Залегают они обычно вместе с дымчатым горным хрусталем в пустотах, окруженных оторочкой мелкокристаллического пегматита, в выветрелом граните, скрытом большей частью под болотистыми равнинами.

В 1940 г. геологоразведочная партия одного из трестов Наркомата электропромышленности СССР обнаружила в Володарско-Волынском районе Житомирской обл. гигантский кристалл топаза весом в 11.6 кг; кристалл доставлен в Геологический музей Академии Наук СССР.

Среди самоцветов Украинской ССР могут в дальнейшем получить значение также очень распространенный гранат-альмандин и, может быть, берилл, находки которого пока еще немногочисленны.

Необходимо упомянуть, наконец, о находках в разных местах УССР янтаря, обрабатывавшегося некогда житомирскими кустарями.

Кавказ и Закавказье богаты поделочным камнем, но степень их исследованности очень невелика. Заслуживают внимания многочисленные выходы змеевика в Кабардино-Балкарской авт. обл. в верховьях р. Кестанты. В той же области в районе горы Отлук-Ташла, по Баксинскому ущелью И. Н. Ситковский отмечает интересное месторождение зеленого и нежнорозового горного хрусталя и граната в своеобразных актинолитово-авгито-гранатовых жилах, секущих палеозойские мраморы и сланцы. Очень интересно сообщение Е. В. Кузнецовой (1936) о находке ею синего и малинового турмалина в пегматитах Балкарии. В Карачаевской авт. области инж. Кох обнаружил среди конгломератов Даутского хребта (по левому берегу р. Кубани) месторождение сердолика и гелиотропа. Среди выносов верховий р. Кубани нередко скопления альмандина. В некоторых пунктах Карачаевской авт. обл. (по левому берегу р. Агур, в Немецкой балке) имеются красивые яшмы.

В Краснодарском крае, по данным С. П. Кривохатского (1935), местное население широко использует для выделки предметов широкого потребления змеевика, распространенные в бассейне рр. Белой и Большой Лабы. Крупнейшие выходы змеевика находятся в районе гор Беден, Тхач, по рр. Армовке, Маркомиджке и др.; площади выходов измеряются кв. километрами. В верховьях р. Бескес и по р. Хадавитой яшмы

красивых расцветок встречаются как в коренном залегании, так и в гальках красного конгломерата в речных выносах. Тот же автор отмечает мощные (до 10 м) обнажения сургучной яшмы по Большой и Малой Лабе.

В ряде мест Краснодарского края известны месторождения бархатно-черного гагата: 1) по ручью Цуцюн (приток р. Мезыб) близ Михайловского перевала; 2) по р. Адербиевке у с. Большая Щель и 3) по р. Жене (приток Мзыби).

Однако, наиболее знаменитые гагатовые месторождения лежат в *Грузинской ССР*, во многих пунктах Кутаисского района (балка Капетис-геле), близ Гелатского монастыря по р. Цхал-цители, близ сел Сацири, Дзировани, Это и др. Всюду гагат образует гнезда и прослойки в песчаниках, глинистых известняках и других отложениях различного возраста. Известны месторождения гагата также в Гомбарском хребте, в Тианетском районе и др.

Очень богата Грузия горным хрусталем, погребя которого в изобилии рассеяны по высотам Казбека среди кварцевых жил диабазовой формации, в верховьях рр. Реси-дон, Теми-дон и др., в горах Куро и Девдорака. На площади в 500 км² известно до 20 месторождений горного хрусталя, обычно слегка дымчатого. Размеры кристаллов достигают 10 см, при поперечнике 4 см. Известен горный хрусталь также в Верхней Раче и Верхней Сванетии, в кварцевых жилах, секущих сланцы Главного хребта (горы Карет, Цера, Хаскар).

Ахалцихский район славится широким распространением миндалевидных губчатых андезитов с медово-желтыми и густосиними агатами. Светлосиний агат часто встречается в порфиритах Лечхумского района близ сел Зуби и Опитары. Среди поделочных материалов Грузии необходимо упомянуть еще знаменитый окаменелый лес Годеризского перевала, где в изобилии представлены многочисленные разности цветных опало-халцедоновых псевдоморфоз по дереву.

Из ограночных самоцветов в Грузии известны пока берилл и гранат в пегматитах Дзирульского массива; пегматитовые образования молодых гранитоидов изучены недостаточно.

Вулканическое нагорье *Армении* также исследовано очень слабо. Здесь пока можно назвать три специфически армянских поделочных камня.

Обсидиан разнообразнейших цветов — черный, серебристый, красный, синеватый, пятнистый, полосчатый — в изобилии распространен среди кислых лав многочисленных вулканов. Наиболее известны месторождения вулкана Кетан-даг: 1) Ново-Николаевка в 28 км от Еревана по шоссе Ереван—Еленовка и 2) Аркел в 4 км от Закавказской ж. д. им. Л. П. Бердя. Жилоподобные выделения обсидиана сливаются иногда в сплошной пласт до 20 м мощностью. Крупные запасы обсидиана имеются также на южном склоне вулкана Гядис в 1.5 км к северо-востоку от с. Башкенд. Полосатый черно-красный обсидиан известен, кроме того, близ с. Баш-Абаран в Нор-Баязетском районе.

Из месторождений гидротермального генезиса в Армении нужно отметить превосходный арагонит-оникс Агамзалу, жемчужно-белый, молочно-белый, кремовый, узорчато-жилковатый, слоистый (нашедший эффективное применение при украшении Киевской станции Московского метро). Месторождение лежит в 30 км от Еревана близ шоссе Ереван—Камарлу.

Полупрозрачные арагониты известны также близ Делижана. Великолепный зеленоватый оникс известен около Двин; золотистый арагонит встречен в южной части республики близ с. Татев на правом берегу р. Базар-чая.

К числу поделочных камней Армении относится, наконец, крайне оригинальный цветной известковый конгломерат Джархеча, сложенный

ный из различной величины идеально округлых овальных розовых, розово-серых, темнокрасных, коричневых известковых галек, сцементированных известковым же материалом. Конгломерат образует две пластовых залежи на южном склоне Дали-дага.

Среди остальных областей и республик Европейской части Союза заслуживают внимания синеватый ангидрит Самарской Луки в Куйбышевской обл., у дер. Ширяевой, такой же ангидрит в Горьковской обл. (по р. Пьяне), белые алебастры Северной Двины (Архангельская обл.). Несравненно большее значение получает возрождение старого жемчужного промысла по рекам Кольского п-ова, Карело-Финской ССР, Архангельской обл.

Среднеазиатские республики начали энергично изучаться лишь недавно. В последние годы на их территории было сделано много интересных открытий, в частности — бериллоносных пегматитов (см. Б е р и л л). Значение этих находок с точки зрения самоцветной промышленности еще неясно; точно так же неясно с этой стороны значение многочисленных описанных А. Ф. Соседко месторождений корунда, тянувшихся огромной 700-километровой полосой от вершин Алтын-Бешик в Туркестанском хребте до палеозойских останцев Кызыл-Кумов и захватывающих территорию Узбекской ССР, Кара-Калпакской АССР и Таджикской ССР.

Из среднеазиатских месторождений, совершенно не изученных, следует упомянуть старинные копи благородной шпинели (отчасти рубина) в Шугане (Горно-Бадахшанской авт. обл.) на правом берегу р. Пянджа, в 85 км к югу от Хорога и в 40 км от Бар-Пянджа; месторождение лазурита на Памире в верховьях рр. Ладжувар-Дара, Гарм-Чашма и Куч-и Ляль.

В Казахской ССР с давних пор известно месторождение красивого, напоминающего агальматолит, разноцветного колыбташа, используемого кустарями Алма-Ата на выделку шкатулок, пепельниц, чернильных приборов и т. д. Месторождение лежит близ ст. Карачекинской по тракту Алма-Ата—Копал. Аналогичный материал был отмечен С. Ф. Глинкой в районе Каркаралинска. Геолого-петрографические описания Центрального Казахстана нередко включают в себе указания на широкое развитие ярко окрашенных радиоляриевых яшм и цветных кварцитов в эффузивных комплексах нижнего палеозоя. Н. Г. Сергиев (1939) констатирует мощное развитие сургучно-красных яшм в горах Еремень-тау, Семиз-буту, Тиес, по правобережью р. Уленты (Павлодарская обл.). Необычайное развитие частью полосатых яшм, яшмовых брекчий, а также разноцветных кварцитов — снежно-белых, розовых, красных, голубых, зеленых, — отмечается А. А. Богдановым (1939) в южной части Карагандинского угленосного бассейна по вершинам высоких гряд и гребней, сложенных верхней частью Уртынджалского палеозойского комплекса.

Есть указания на возможность получения в Казахстане до сих пор почти не известного в нашем Союзе хризопраза, обнаруженного П. Дравертом (1936) в северной части курорта Боровое (Щучинский район Акмолинской обл.), на северо-северо-западном склоне сопки Сары-адыр, в виде кусков роговика размерами до $20 \times 25 \times 35$ см, окрашенных солями никеля в различные — до весьма сочных — тона зеленого цвета. Обработанный в Омске камень показал высокую способность принимать полировку. Находка этого редкого и красивого камня в Северном Казахстане не является единственной и заслуживает серьезного внимания камнерезов.

Быть может, позволительно связывать известные перспективы также с неоднократными находками в различных пунктах Карагандинской и Павлодарской обл. неогеновых (частью олигоценовых) янтареносных глин, позволяющих Б. Л. Афанасьеву (1938) говорить о новом для Союза янтареносном районе. Л. М. Хандресс (1939) предполагает, что этот район может быть распространен из Северного Казахстана на широкие соседние площади Западной Сибири, занятые отложениями олигоцена.

6. ПОИСКИ, РАЗВЕДКИ И ДОБЫЧА САМОЦВЕТОВ

В виду большого разнообразия генезиса и условий нахождения самоцветов, все виды работ по их отысканию, разведкам и эксплуатации отличаются также большим разнообразием. В сущности почти каждое месторождение ставит индивидуальную техно-экономическую задачу, для решения которой необходимо учитывать иногда очень сложный комплекс условий (всегда с большей или меньшей долей промышленного риска).

Особые затруднения и наибольшая роль элемента случайности связаны с эксплуатацией месторождений пегматитового типа. Их капризное непостоянство со стороны форм, размеров и минерального состава до крайности затрудняет их предварительную оценку, ставит результат работ всегда в большую или меньшую зависимость от случая, придавая им в былые времена сплошь и рядом характер азартной игры. Новейшие успехи геохимии пролили много света на сложные процессы пегматитового минералообразования, наметили закономерные типы минеральных ассоциаций и внесли, таким образом, ценные руководящие идеи в поисковую и разведочную деятельность. Развитие геофизических методов разведки в сочетании с обычными приемами буровых работ также дают мощное средство для избежания бессистемных и дорогостоящих разведок прежнего типа.¹

Предварительная оценка коренного месторождения, основанная на правильном истолковании его генетического типа, является необходимой предпосылкой рациональной постановки горных работ. Последние, в зависимости от условий, могут быть открытыми или подземными. Открытые работы с наибольшей выгодой применяются: 1) в глубоко выветрелых верхних зонах пегматитовых жил (Мадагаскар, Кашмир и др.); 2) при крупных комплексных разработках драгоценных камней совместно с кварцем, полевым шпатом, слюдой; 3) при наличии густой сети мелких пегматитовых жил или пегматитовых гранитных зон (Шерлова гора, Мурзинка). Нередко вначале применяются открытые работы большого масштаба, в дальнейшем соединяющиеся с проходкой шахт, штолен и т. п. или переходящие в них целиком.

Разработка пегматитовых месторождений на самоцветы сплошь и рядом экономически облегчается огромным спросом промышленности, с одной стороны, на массивные компоненты пегматитов — полевой шпат, кварц, пегматит, с другой — на слюду и на редкие и радиоактивные элементы, техническое значение которых непрерывно возрастает.

Примером крупных, в большей или меньшей степени механизированных разработок пегматитового месторождения могут служить Изумрудные копи (см. Берилл, Изумруд). Однако, в разработке пегматитовых месторождений огромная роль до сих пор принадлежит кустарным и полукустарным методам добычи. Во всех случаях ручные работы играют очень большую роль при отборе и сортировке рыночного продукта.

Вторичные — делювиальные и аллювиальные — месторождения драгоценных камней представляют сравнительно с коренными ряд преимуществ. Они залегают большей частью в рыхлых породах; их разведка и опробование, не будучи вполне свободны от элементов случайности и риска, несут все же несравненно более систематический и надежный характер. Последние годы ознаменовались и в этой области интересными научно-

¹ Согласно краткому предварительному сообщению начальника Кондаковской геофизической партии Н. Н. Сочеванова, пегматитовые жилы, как выходящие на поверхность, так и скрытые наносами до 5 м, а возможно и более мощными, вызывают довольно четкие аномалии в виде повышенных сопротивлений (электропрофилирование) и участков повышенной радиоактивности (радиопрофилирование). В отдельных случаях удается установить различие сопротивлений между кварцевой и полевошпатовой частями жилы.

техническими достижениями; к ним относится, например, весьма успешное применение люминесцентного анализа к опробованию алмазных и циркониевых россыпей.

Интересно, что на известнейших мировых месторождениях первоклассных самоцветов (не считая алмазов) кустарные способы работ сохраняют решительное господство.

В Могоке большим распространением пользуется система примитивной гидравлической разработки. По склону холма проводится открытый карьер с узким выходом в пониженной его части. По специально вырытым для того канавам проводится из горных источников вода, пропитывающая и разрыхляющая рубиносодержащую породу и отмучивающая глинистые частицы. Песчано-гравелистый «буон» подгребается лопатами к узкому плюзу, переполачивается для отделения крупной гальки и перебирается вручную.

Д. Жильсон (J. Gillson, 1933) описал добычу камней в одном из богатейших районов Цейлона, Пельмадулле, лежащем в 20 км к юго-западу от Ратнапуры. Несколько лет назад удачная «находка» дала здесь, по данным Ф. Адамсона, на 297 000 долл. сапфиров и других драгоценных камней.

Разработка россыпей ведется небольшими шахтами с сечением 4.5×2 м. Бамбуковая крепь шахты плотно заплетается пальмовой листвой, задерживающей приток воды. Инструментами при работе служат распространенная по всему Индостану кирка-мотыга и небольшой лом для разрыхления твердого грунта. На «модернизированных» участках выемка породы и вычерпывание воды производятся с помощью лебедки 90-литровыми бочонками; возле шахты устраивается бамбуковый навес для защиты работающих от тропического солнца. В большинстве же случаев партии наемных кули работают с помощью «андыйи» — примитивного журавля, к рычагу которого прицепляют небольшие корзины, бочонки или 25-литровые жестянки из-под керосина.

Пройдя наносы и достигнув слоя драгоценного иллама, дают доступ почвенной воде, которая мало-помалу наполняет шахту. Это является как бы первой стадией промывки иллама. Через некоторое время вода вычерпывается, и начинается выемка породы с помощью тех же приспособлений.

Иногда по извлечении всего слоя иллама из шахты делают небольшие проходки в стороны, однако они редко идут далеко.

Для промывки вынутая порода стаскивается к ближайшей речке, складывается на берегу в некоторое подобие творила и замешивается с водой. Человек 12 кули входят в речку с небольшими коническими корзинками, сплетенными достаточно плотно, чтобы пропускать только мелкие частицы глины и песка. Двое рабочих становятся между берегом и творилом. Месильщик наполняет породой небольшие корзинки, которые с необычайной ловкостью и быстротой перекидываются от творила к стоящим в воде мойщикам, быстро опоражнивающим их в свои конические лотки и швыряющим корзины обратно на берег. После того как все лотки наполнены породой, начинается промывка: мойщики погружают плетеные лотки в реку и держат их так 10—15 минут. Промытая порода («намбува») вытаскивается на берег и складывается в большую корзину, где главный надсмотрщик перебирает ее руками, высматривая драгоценные камни.

Совершенно примитивными способами ведется добыча самоцветов также и в Таи. Весьма распространен обычай поисков камней после сильных ливней, сносящих продукты выветривания в пониженные места; сбор ведется по полям, оставленным под паром, вдоль тропинок и т. д. Лишь те, у кого есть средства на наем кули, организуют «предприятия», состоящие в проведении воды по деревянным плоткам к намеченному участку, на примитивные вальгерды в виде канав, перегороженных доской; здесь промывается и перебирается приносимая кули порода.

Примером крупных современных разработок аллювиального типа может

служить промывка алмазов и других самоцветов на приисках Сиерра Леоне (Западная Африка). Разработка ведется, по свидетельству И. Д. Поллетта (Pollett, 1937), следующим образом.

Площадь, предназначенная к разработке, предварительно дренируется для стока вод. Порода извлекается экскаваторами из длинных параллельных забоев и доставляется на вагонетках в бункера обогатительной фабрики. Почва забоя тщательно подчищается, так как алмазы сегрегируются в ее трещинах и углублениях.

Из бункеров порода передается ленточным конвейером на колосниковые грохоты, отделяющие крупную гальку, затем — в промывные и сортировочные барабаны. Крупная фракция перебирается вручную; мелочь идет в концентраты, где перемешивается с водой посредством особых ножей; концентрация тяжелых частей достигается при этом путем центрифугирования. Хвосты собираются в особом ковше в нижней части аппарата, тяжелая фракция — в верхней части; отсюда ее периодически снимают. Хвосты перечищаются вторично для извлечения мелких алмазов, после чего перемытая порода идет в отвал — на выработанную часть месторождения.

Концентраты классифицируются на пять фракций посредством сортировочных барабанов и отсадочных машин. В них собираются алмазы и другие камни с высоким удельным весом. Затем концентраты поступают на узкие вибрационные столы, покрытые особым жирным составом, к которым алмаз прилипает сильнее остальных минералов. Жирный состав с налипшими камнями периодически снимается со столов в небольшие барабаны и обрабатывается кипящей водой, освобождающей алмазы и другие самоцветные камни. Процесс заканчивается ручной разборкой камней.

Описанные приемы варьируют в широких пределах применительно к особенностям месторождений. Знаменитые рубиновые россыпи Могока (Бирма) разрабатывались самоликвидировавшейся недавно компанией Winta Rubies Mines с помощью мощных машин типа бутар, на которых промывалась рубиноносная порода (byon). К концу дня накопившийся в сборных ковшах тяжелый концентрат собирался в закрытые вагонетки и перебрасывался в сортировочные отделения, где вновь проходил через серию вращающихся грохотов. Материал крупнее 16 см перебирался вручную на обитых жестью сортировочных столах; самая мелкая фракция шла в отвалы, сдававшиеся местным старателям; материал средних размеров поступал на особые пульсаторы, производившие очень тщательное разделение тяжелой и легкой фракции. Первая проходила трехкратную ручную сортировку, во время которой выбирались все сколько-нибудь ценные камни.

7. ОБРАБОТКА САМОЦВЕТОВ

Обработка самоцветов — камнерезное искусство, — если не касаться стоящих особняком изделий чисто технического назначения, ставит своей целью возможно полное и эффектнее обнаружить привлекательные свойства камня, выделить из природного штуфа лучшую часть и придать ей эстетически наиболее выгодную форму.

Из совокупности камнеобрабатывающих процессов главнейшими являются: 1) распиловка (резка), 2) высверливание, 3) шлифовка, 4) полировка, 5) гравирование.

Среди разнообразнейших форм декоративной и художественно-скульптурной обработки самоцветного камня особое место принадлежит гранильному мастерству, состоящему в придании камню формы искусственного правильного многогранника с большим числом отражающих и преломляющих поверхностей.

Формы огранки достигли в настоящее время необычайного разнообразия и совершенства. Основными (чистыми) формами являются: 1) бриллианто-

вая, 2) ступенчатая, 3) огранка клиньями, 4) огранка розой, 5) обработка кабшоном. Существуют, кроме того, различные комбинации этих форм.

При *бриллиантовой форме*, выработавшейся в результате последовательного усложнения естественного октаэдра алмаза, граненый камень состоит из двух неравных частей: верха — коронки и низа — павильона (базы), причем нижняя часть по высоте превышает верхнюю примерно в два раза. Линия, ограничивающая плоскость соприкосновения верхней и нижней частей, называется рундистом (рундистой). Среди граней верхней части различают площадку, выгравиваемую параллельно плоскости рундиста обычно в виде правильного восьмиугольника, и окаймляющие ее зоны фасеток: в первой зоне располагаются восемь «звездных» треугольных граней; во второй зоне — восемь ромбических или дельтоидных; в третьей — шестнадцать треугольных фасеток. На павильоне гранятся два ряда граней: шестнадцать треугольных, прилегающих основаниями к рундисту, и восемь длинных дельтоидных, сходящихся вершинами к маленькой нижней площадке — кюласе. Таким образом, не считая верхней площадки и кюласы, камень покрывается 56 фасетками. Это — наиболее употребительная форма бриллиантовой огранки; число граней может быть, однако, и уменьшено, и значительно увеличено (до 80 и более).

Относительные размеры граней и углы их наклона к плоскости рундиста, подобранные в соответствии с преломляющей способностью камня, играют исключительно важную роль в достижении максимального оптического эффекта. Е. Краус и Е. Хольден (Kraus a. Holden, 1925), на основании специальных исследований Ринне, дают следующую таблицу элементов огранки для различных самоцветов (табл. 4).

ТАБЛИЦА 4

Элементы огранки для разных самоцветов

Минералы	Показатель преломления (<i>n</i>)	Критический угол (<i>i</i>)	Диаметр пло- щадки	Высота коронки	Высота павиль- она	Общая высота камня	Наклон главных фасеток	
			в % к большому диаметру рундиста				верх- них	ниж- них
Алмаз	2.42	24°5	56.0	19.0	40.0	59.0	41°1	38°5
Циркон	1.95	30°9	59.0	22.0	40.7	63.0	47.0	38.8
Корунд	1.77	34°5	60.0	24.0	40.9	63.0	50.2	38.9
Шпинель	1.72	35°6	60.5	24.7	41.0	65.7	51.2	39.0
Топаз	1.63	37°8	61.0	26.0	41.1	67.0	53.0	39.1

Бриллиантовая огранка сообщает камням (в особенности с высоким преломлением и сильной дисперсией света) необычайную игру и блеск; камень становится как бы концентратором и рефлектором многочисленных лучей; в этом сияющем ореоле можно, согласно В. Майеру (Maier, 1936), различать: 1) поверхностный (стеклянный) блеск, зависящий от преломления и отражения от внешних граней; 2) внутренний (металлический), вызываемый лучами, отражающимися от нижних фасеток; 3) внутренний спектральный (радужный) блеск, обусловленный дисперсией; 4) искристый блеск (искрометность), вспыхивающий при различных поворотах камня. По расчетам В. Майера, при бриллиантовой форме огранки с 32 фасетками камень отдает свыше 1000 лучей, отраженных и преломленных.

Ступенчатая (табличатая, «изумрудная») форма огранки с широкой площадкой, с длинными боковыми гранями, располагающимися парал-

лельными ступенчатыми рядами, применяется обычно для красиво окрашенных самоцветов: изумруда, аквамарина, берилла, турмалина, топаза. Верхняя площадка при этом может иметь форму квадрата, прямоугольника, ромба, равнобедренной трапеции, треугольника. По данным Крауса и Хольдена, ступенчатые формы в последнее время нередко применяются также и к огранке алмаза.

Огранка *клиньями* характеризуется прямоугольной или ромбической площадкой и трехугольными верхними и нижними гранями.

Огранка *розой* применяется лишь для небольших камней — алмаза, пироба и др. «Голландская» роза состоит из 24 трехугольных граней, расположенных в два ряда: 18 опираются на плоское 12-угольное основание; шесть верхних равнобедренно-треугольных фасеток сходятся в общей вершине. Число фасеток может быть увеличено до 36 (сложная роза, *rose gescourée*) или уменьшено до 12, 10, 8 и 6. Из соединения двух роз основанием получается «двойная роза», употребляемая для подвесок.

Обработка камня *кабошоном* состоит в придании ему выпуклой — шаровидной или овальной — формы. Такая форма идет непрозрачным, особенно отливающим камням — звездчатому сапфиру, кошачьему глазу, опалу, халцедону, бирюзе, лазуриту, лунному камню, малахиту. Кабошон может быть низким, высоким, полым (для прозрачных, но слишком густо окрашенных камней). Иногда граненые камни «кабошонируются», т. е. их граням, верхним или нижним, придается выпуклая поверхность.

Кроме описанных «чистых» форм, встречаются специальные формы огранок, из которых можно упомянуть: 1) *маркизы* — сильно вытянутые, эллипсоидные формы бриллиантовой (частью ступенчатой или клиновидной) огранки; 2) *груши*, отличающиеся от маркиз вытянутостью лишь в одном направлении; 3) *пенделоки* — очень вытянутые груши; 4) *бриолетты* — также сильно удлинённые грушевидные формы, лишенные рундиста и в наиболее утолщенной своей части приближающиеся к типу розы. Подробное описание всех этих форм можно найти в книге В. Н. Андреева (1937).

Техника гранильных и камнерезных работ представляет собой совокупность своеобразных приемов, построенных на применении особо твердых режущих и шлифующих веществ — а б р а з и в о в (см.). Для распиловки (резки) ограночных камней применяются различной величины, обычно небольшие (5—10—15 см в диаметре) дисковые пилы. Специальные быстро-режущие станки для распиливания алмаза снабжены дисками из фосфористой бронзы; в торец диска встраивается разведенная в масле алмазная пыль; диск делает 2500—3000 об/мин, причем камень, закрепленный в специальном держателе, механически надвигается на пилу. Распиловка алмаза весом в 1 карат (200 мг) требует около 8 час.

Резка других, менее твердых камней значительно легче; пилой обычно служит железный диск с насечками по торцу, натравливаемый толченым и просеянным алмазом. Меньшая твердость камней позволяет заменять алмаз карборундом; последний не встраивается в пилу, а разводится в воде и подается на обод пилы в процессе резки посредством небольшой кисточки.

Предназначенный к огранке камень готовится к ней путем опи-ливания дефективных частей; иногда подготовка заключается в осторожном окалывании камня с помощью небольшого долотца и молоточка, или в «очи-щывании» камня острозубцами. Непосредственно предшествующей огранке операцией служит «подбивка» камня на шлифовальном круге с грубо-зернистым абразивом.

Сравнительно недавно введенным способом подбивки камня, главным образом алмаза, является обработка его на быстро вращающемся шпинделе токарного станка с помощью другого алмаза, вправленного в металличе-ский держатель и играющего роль стачивающего инструмента. Таким образом камню придается форма, удобная для последующей огранки.

Огранка камней состоит из двух стадий: шлифовки и полировки. Та и другая производятся на гранильных — ручных или механизированных — станках, существенной частью которых является горизонтально расположенный диск диаметром 25—30 см и толщиной 1.5—2 см, с наносимым на его поверхность тонким слоем соответствующего абразива. Старинный опыт, освещенный в недавнее время исследованиями А. В. Шубникова (1936₂) над сущностью процессов шлифовки и полировки, предугадывает точный выбор материала диска и абразива в зависимости от природы камня и стадии его обработки. Для шлифовки и полировки алмаза, а также для шлифовки корунда применяются стальные диски и алмазная пыль. При шлифовке корунда можно пользоваться карборундом с последующей полировкой трепелом на медном диске. Для шлифовки остальных, менее твердых камней употребляются в первой стадии чугуны, в последующей — свинцовые круги с карборундом или наждаком в качестве абразива; полировка этих камней ведется на оловянных кругах с тончайшими порошками корунда, трепела или зеленого крокуса.

Процесс нанесения граней сводится к постепенной сошлифовке камня, прижимаемого к быстро вращающемуся диску под различными углами. Для этого камень укрепляется с помощью особой мастики на конце круглой палочки — держателя (кич, китшток), вставляемого в кольца так называемого квадранта (от французского — *cadran*) — важнейшей детали шлифовального станка с дуговым, размеченным делениями вырезом, дающим возможность ставить кич под заданным углом.

По нанесении одной грани кич поворачивается в кольцах квадранта на требуемую величину, а при переходе к следующей зоне граней изменяется наклон кича по дуге квадранта с соответственным отсчетом делений.

Процессы полировки в основном тождественны шлифовке, но требуют очень тонких, чистых и равнозернистых абразивных пудр, большой тщательности и внимания; несмотря на совершенное тождество шлифовальных и полировальных станков, полировку рекомендуют производить на особых станках и даже в особом помещении, чтобы избежать вредного действия случайно стлетающих при шлифовке сравнительно грубых частиц абразива.

Успешный результат огранки стоит в прямой зависимости от внимательного выбора и надлежащей подготовки камня. Перед огранкой необходимо убедиться в отсутствии у камня каких-либо пороков: трещин, «перьев», «надцветов», мутных участков, «паутины» и т. п., слишком неправильного распределения окраски. Порочные части отпиливаются. Чрезвычайно важно надлежащим образом «поставить» выбранный камень; необходимо принимать в расчет явления плеохроизма: при огранке, например, корунда площадку надо ориентировать параллельно пинаконду; для турмалина — параллельно призме; при огранке топаза — параллельно плоскости спайности. Неровно окрашенный камень (например, аметист) нужно гранить с таким расчетом, чтобы наиболее густо окрашенная часть находилась в нижней части камня, около кюлассы.

Обработка поделочного камня составляет важную область камнерезного дела, в особенности прославленную искусством русских мастеров. Сюда относится выработка из прозрачных, цветных и узорно-пестрых камней разнообразных изделий художественного, декоративного, утилитарно-бытового характера; среди этих изделий мы встречаем как мелкие обиходные вещи — пуговицы, запонки, вставки, броши, ручки для зонтов и тростей, пудреницы, портсигары, пепельницы, так и крупные декоративные изделия — вазы, чаши, колонны, и формы высокой скульптуры, и роскошные наборы художественной мозаики. Этому разнообразию изделий отвечает необычайное разнообразие технических приемов, напоминающих вышеописанные приемы огранки камней лишь в разрешении про-

стейших своих задач. В основе своей рабочие процессы остаются теми же — это резка, сверловка, шлифовка, полировка с помощью абразивных материалов. Но масштаб всех этих процессов несравненно крупнее, орудия и технические приемы несравненно разнообразнее.

Распиловка (резка) играет в работах этого рода большую роль; в соответствии с крупными подчас размерами камня орудиями резки служат не только дисковые алмазные пилы более значительного диаметра (35 см и больше), но также и одно- или многоленточные пилы, действующие тонкой металлической полосой с соответствующим абразивом. Высверливание производится простыми или трубчатыми сверлами, направляемыми алмазом или работающими при постоянной подаче абразивного порошка. Эти виды работ большей частью применяются лишь в начальной подготовительной стадии обработки. Приступая к ним, мастер должен тщательно осмотреть камень, чтобы: 1) удостовериться в отсутствии в нем пороков — трещин, раковин, пустот и 2) выбрать те направления, по которым камень должен быть раскрыт для получения наибольшего художественного эффекта.

При подготовке глыбы камня для сложных скульптурных, декоративных или художественно-утилитарных изделий мастер различным образом комбинирует резку и высверливание, стремясь получить вначале отдаленное и грубое подобие будущего изделия. После этого начинается серия сложнейших, кропотливых приемов для выработки деталей намеченной формы, для устранения лишнего материала и для заглаживания дефектов первоначальных стадий работы (запилы, зарезы и т. п.). Выработка деталей ведется с помощью обширного набора орудий, среди которых главная роль принадлежит оловянным, свинцовым или оловянно-свинцовым дискам различных профилей, форм и диаметров. Эти диски, направляемые абразивными веществами, навинчиваются на горизонтальный шпиндель станка. Для обтачивания плоских поверхностей служат диски с прямоугольным профилем, причем диск может работать как своей цилиндрической плоскостью, так и основанием. В настоящее время эти диски вытесняются карборундовыми кругами, могущими работать под разными углами.

Сферические углубления получаются с помощью выпуклых дисков (грибков), выпукло-сферические поверхности — посредством чашеобразных дисков. Диски, несущие на своей окружности желобок, служат для получения валика на изделиях; диски с выпуклостью — для получения желобка. Глубокие сферические углубления получаются путем последовательного «выбирания» камня диском (шкивом) прямоугольного сечения; по получении одного дугового вреза камень поворачивается, и диск выбирает другую дуговую выемку; в конце концов выемки сливаются в сплошное углубление; неровности и зарезы зашлифовываются «грибком». Для получения более глубокой выемки маленькой дисковой пилой делают ряд параллельных надрезов заданной глубины; пластинки камня между надрезами скалываются зубилом; неровности заглаживаются, как сказано выше.

Для обработки тел вращения служат станки токарного типа с неподвижно укрепленным абразивным инструментом.

Все эти работы лишь условно могут быть обособлены друг от друга, а также от следующей за ними шлифовки и полировки; часто смена одного процесса другим происходит путем незаметных переходов; практически все эти работы составляют единый процесс, подчиненный материалу и форме вырабатываемого изделия. От станка с диском мастер переходит к подравниванию камня на «терке», от «терки» — снова к станку с диском или горизонтальным бором. Чисто ручная работа с помощью мелких абразивных орудий — брусков, оселков и пр. — занимает большое место в обработке сложных скульптурных форм, в особенности крупного или,

наоборот, очень мелкого масштаба. Однако, новейшая техника и здесь стремится вытеснить тяжелую ручную работу применением небольших абразивных кружков, действующих от гибкого шланга.

Очень тонким и сложным типом камнерезных работ является мозаика — композиция сложных многоцветных рисунков из кусочков камней самых разнообразных форм и размеров. Этот тип работ, зародившийся в Италии, сохранил за собой название флорентийской мозаики (*pietra dura*). Техника этих работ была доведена русскими мастерами до высокого совершенства. Материалом для мозаичных работ служат пестроцветные яшмы, нефрит, лазурит, кахолонг, серпентин, малахит и др. Инструментами при мозаичных работах служат маленькая алмазная пила (5—10 см в диаметре), простые и трубчатые сверла и небольшой шлифовальный круг — карборундовый, наждачный или металлический; все эти инструменты могут заменять друг друга на шпинделе небольшого станка с ручным приводом, дающим возможность более легкой регулировки хода при этой тонкой и кропотливой работе.

Гравирование. Видная роль среди камнерезных работ принадлежит также гравированию — одному из древнейших искусств. В современном гравировании различают:

1) собственно граверное дело: а) вырезывание на гладком камне плоских рисунков, монограмм; б) инкрустации — вставки в камень кусочков другого камня; в) кристаллогравирование — вырезывание орнаментов, цветов, фигур на плоской стороне прозрачного кабошона;

2) «высокая» (рельефно-скульптурная) гравировка — выработка выпуклых камней и углубленных инталий. Излюбленным материалом для этих изящных работ были всегда полосчатые разности халцедона.

Инструментом для гравирования служит вращающийся горизонтальный резец — бор, натравливаемый алмазной пылью. Особенность гравировальной техники состоит в том, что инструмент сохраняет неизменную установку во всех стадиях работы; мастер манипулирует изделием.

Точные камни. К художественной обработке самоцветного камня примыкает обработка его для утилитарно-бытовых и технических целей. Оставив в стороне не требующий специфической технологии ассортимент крупных технических изделий (точильных брусков, лоцильных валиков из яшмы, ступок и пестиков из агата, пиррофиллитовых наконечников для горелок и т. п.), необходимо отметить совершенно обособленную по технике и специфическим целям выработку «точных камней», область применения которых необычайно широка. Точные измерительные приборы — электросчетчики, гальванометры, пирометры, психрометры, вариометры, весы, часовые механизмы — требуют обязательного применения мелких каменных деталей; сюда относятся: матрицы, подпятники, подшипники, втулки, опорные камни, призмы, подушки и пр.; особую группу образуют часовые камни: балансовые, ангренажные, накладные, палеты, эллипсы и т. п. Обладающие высокой твердостью, малой изнашиваемостью, низким коэффициентом трения с металлом, самоцветы (халцедон, кварц, топаз, шпинель, корунд природный и синтетический) являются незаменимым материалом для всех этих деталей. Тщательнейшая их отделка, ведущаяся сплошь и рядом под строгим научным наблюдением и контролируемая тонкими измерительными и оптическими приборами, доведена до высокого совершенства. С особой строгостью, с помощью чисто научных методов производится при этом выбор и, при необходимости, надлежащая кристаллографическая ориентировка камня.

Многочисленные и разнообразные станки и методы, применяемые в различных стадиях обработки точного камня, описаны в небольшой, но содержательной книге Я. Б. Сегала (1938), а также в работах А. В. Шубникова (1936_{1,2}), Б. Гродзинского (1935), Е. Е. Флинта (1933) и др.

8. ИМИТАЦИИ, ОКРАШИВАНИЕ, СИНТЕЗ САМОЦВЕТОВ

Производство искусственных драгоценных камней достигло в настоящее время обширного распространения при высоком техническом совершенстве. Здесь следует различать несколько резко обособленных групп.

Имитации в точном смысле слова, т. е. более или менее искусные подделки драгоценных камней, — от грубой стеклянной мишуры до очень сложных составов с ярким блеском, прозрачностью и прекрасной окраской. Они очень многочисленны, и рецептура их весьма разнообразна; основу их обычно составляет «бриллиантовый страз» — сильно преломляющая, высокопрозрачная стеклообразная масса, получающаяся сплавлением тонко измолотого горного хрусталя с содой (или поташом), бурой, суриком, белым мышьяком. Сильный алмазный блеск придается солями таллия. Для имитации цветных камней к составу бриллиантового страза прибавляют различные хромофоры; например, для синего цвета — соли кобальта; красного — хрома; зеленого — хрома, меди или железа; фиолетового — марганца; желтого — железа, урана, сурьмы, кадмия и т. п. Стразам придают все формы огранки, применяемые к самоцветам.¹

К этому же типу имитаций относится авантюриновое стекло (известное у русских ювелиров под курьезным названием — «собрание любви»), с красивыми блестками металлической меди. Для подделки бирюзы пользуются непрозрачным стеклом с фосфатами меди.

Янтарь, авантюрин и другие камни нередко подделываются с помощью бакелита, обладающего прозрачностью, значительным светопреломлением и легкой обрабатываемостью.

Дублеты. Ко второй группе имитаций относятся дублеты — камни, состоящие частью из настоящего самоцвета, частью же — из страза. Обычно тонкая пластинка дорогого самоцвета составляет выступающую из оправы коронку камня, база же состоит из цветного стекла; последнее иногда заменяется настоящим, но дешевым камнем, например гранатом, кварцем. Для имитации изумруда выгранивают из бледно окрашенного берилла коронку и базу; между ними (по рундисту) вклеивается слой изумрудно-зеленого стекла; такая комбинация называется *триплетом*. Иногда между коронкой и базой вырабатывается полость, выполняемая зеленой жидкостью.

Переделанные самоцветы. К этим последним типам имитаций близко примыкает обширная группа переделанных самоцветов, т. е. натуральных камней, подвергаемых различным воздействиям для изменения или улучшения их внешнего вида. Это достигается посредством: 1) подкрашивания, 2) прокаливания, 3) обработки радиоактивными лучами.

Господствующее место в этой группе принадлежит широко практикуемым способам **окрашивания** полосчатого халцедона (агата) и некоторых мелкокристаллических пород — яшмы, кварцита и др. При подкрашивании агатов с выгодой используется их неравномерная пористость, позволяющая придавать слоям различную окраску. Красящими веществами при этом обычно служат: для синего цвета — железо-цианиды; зеленого — соли никеля и хрома; красного — железный купорос. К распространеннейшим способам получения густо черного агата принадлежит длительное пропитывание бесцветного халцедона раствором сахара или меда с последующей обработкой серной кислотой. Недавно Е. А. Никифоровым (1938₂) был указан способ быстрого получения черного агата с помощью фенола

¹ Высокая камнерезная и ювелирная техника приводит иногда к необычайно замысловатым ухищрениям, вроде, например, различно окрашенных стразов с горящими внутри их крошечными электролампочками, соединенными с миниатюрной гальванической батареей.

и углеводородов различных фракций бензина. Тем же автором описаны интересные топодиффузионные методы быстрого получения красивой медовой окраски белоречита [адсорбцией $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$].

Окрашенные камни очень распространены. Некоторые фигурируют под специальными названиями. Так, яшма, окрашенная в синий цвет (под лазурит), называется *Deutsch lapis*, кварц, окрашенный в голубой цвет, — *Schweiz lapis* и т. п.

Среди способов изменения или улучшения окраски самоцветов можно упомянуть еще нанесение на желтый бриллиант тончайшего слоя скрадывающей желтизну синей краски (легко смываемой спиртом), а также монтировку прозрачных камней в оправу с подкладкой из оловянной фольги или цветной эмали.

Прокаливание является также широко практикуемым способом переделки самоцветов, связанной с воздействием на их молекулярную структуру. Общеизвестно высокое мастерство русских гранильщиков по «запеканию» мориона или дурного аметиста, превращаемых таким путем иногда в очень красивые образцы «золотистого топаза». Весьма благодарным материалом для термической обработки является циркон: под действием высокой температуры он обесцвечивается и, вследствие своей прозрачности, сильного светопреломления и светорассеяния, твердости и высокого удельного веса, служит для имитации алмаза (*Mataza diamond*, жаргон). При более слабом прокаливании он многообразно изменяет окраску. Так, по свидетельству В. Ф. Эрплера (Erpler, 1936), открывшего «тайну сямского голубого циркона», этот красивый камень получается из его природной бесцветной или буро-коричневой разности путем прокаливании ее в восстановительной атмосфере. Желтый бразильский топаз после нагревания до 500—600° и медленного охлаждения приобретает розово-малиновый цвет (исчезающий при более высокой температуре). Опыты И. Д. Курбатова показали переход при высокой температуре бутылочно-зеленого шерловгорского берилла в голубой аквамарин.

Чрезвычайно интересная, но еще недостаточно изученная область явлений связывается с действием на самоцветы лучей радия, повидимому вызывающих изменение длины волн, исходящих из молекул камня, что выражается изменением его кажущейся окраски. Желтые алмазы при этом обесцвечиваются; наоборот, длительное облучение бесцветного алмаза дает зеленое окрашивание. Интересно, что с помощью лучей радия можно восстановить первоначальную окраску дымчатого кварца и аметиста, обесцвеченных нагреванием.

Синтез драгоценных камней. От имитаций, т. е. более или менее искусных подделок, следует отличать синтетические камни, вполне или почти тождественные природным минералам по составу и физическим свойствам. Синтез самоцветов является частным применением искусственной минералогии, молодой, но быстро развивающейся науки. С точки зрения чисто научной здесь достигнуты огромные успехи, и количество полученных в лаборатории минералов доходит в настоящее время до нескольких сот. Среди них насчитывается десятка два названий драгоценных и полудрагоценных камней. В сводке А. Н. Винчелла (1933) по оптике искусственных минералов описаны: актинолит, альбит, апатит, арагонит, берилл (изумруд), гематит, гранат (гроссуляр), касситерит, корунд, лабрадор, обсидиан, оливин, ортоклаз, родонит, сподумен, халцедон, шпинель, энстатит. Э. С. Дэна (1937) упоминает еще в числе синтетических камней малахит, азурит, гиперстен, содалит, гаюин, циркон, топаз, сфен.

Однако, из перечисленных искусственных минералов только корунду и шпинели удалось до настоящего времени получить серьезное техно-экономическое значение и выступить в качестве практических конкурентов природным самоцветам.

Термическая обработка с последующей кристаллизацией глинозема (Al_2O_3), основного вещества минералов корундовой и шпинелевой групп, имеет за собой уже столетнюю давность. Годену (Gaudin) впервые удалось получить мутные до 1 карата весом кристаллы корунда, сплавлением алюминевых квасцов (1837 г.). Аналогичные опыты предпринимали затем Эльснер (в 1839 г.), Эбельмен (в 1847 г.), Добре (в 1855 г.), Фреми и Фейль (в 1839 г.), Сент-Клер Девилль и др. Переплавляя в гремучем газе рубиновый порошок, Мишо (Michaud) получил «реконструированный рубин» (rubis reconstitué), производившийся одно время в Париже в значительных количествах. Однако, крупнейшие практические успехи в этом направлении были достигнуты лишь в начале текущего века французским физиком Вернейлем (Verneil), сумевшим организовать производство корунда в промышленном масштабе. Технологический метод Вернейля является в настоящее время общепринятым. Сущность этого метода, усвоенного Московским физико-химическим институтом и лабораторией треста «Русские самоцветы», состоит в кристаллизации тончайше измельченной окиси алюминия («пудры») в пламени гремучего газа и собирании расплавленных частиц на огнеупорной шамотовой подставке («свечке»). Весь процесс ведется в специальном кристаллизационном аппарате. «Пудра», равномерно падающая из головки аппарата под ударами электрического встряхивателя-молоточка, проходит пламя горелки и попадает на шамотовую «свечу», находящуюся в центре обогревательной печи. Первые порции ее образуют небольшой конус; вершина конуса при его увеличении вступает в ту часть пламени, которая достаточна для ее плавления, и здесь образуется зародыш будущего кристалла. Этот кристалл начинает расти, все время оплавляясь под действием жара горелки ($1880-1900^\circ$) и давления кислородной струи и принимает вначале шарообразную, в дальнейшем близкую к цилиндрической форму («буль»). Иногда, однако, поперечный разрез буля обнаруживает некоторое вполне явственное приближение к гексагональной форме. При внимательном и искусном ведении процесса можно вырастить буль весом до 200 каратов и больше. Полученный буль медленно охлаждается и снимается со свечи.

Исходный материал — окись алюминия — получается путем муфельного обжига алюмо-аммиачных квасцов. Чистая окись алюминия дает при кристаллизации бесцветный корунд. Для получения красного рубина к ней прибавляют до 3% окиси хрома; для синего сапфира — 2% окиси железа и 1% окиси титана.

Синтетический корунд по основным физическим свойствам очень близок к природному самоцвету. Он обладает той же твердостью, прекрасным цветом, прозрачностью, живым ярким блеском. Если получаемые в первое время корунды легко выдавали себя наличием пузырьков, туманностей и т. п., то в настоящее время эти недостатки могут быть часто обнаружены лишь с помощью микроскопа. Показатели преломления синтетических корундов также очень близки к соответственным константам натуральных камней. Наиболее характерно для синтетических камней наличие более или менее заметных изогнутых структурных линий, отсутствующих в природном минерале.

Превосходные физические качества синтетического корунда дали основание широкому использованию его для имитации других первоклассных самоцветов. Так, прибавляя к глиноземной пудре смесь из окиси ванадия и окиси кобальта, получают зеленый корунд, фигурирующий в качестве «александрита», яркозеленый при дневном и винно-красный при искусственном свете. Видоизменяя количества и пропорции красящих добавок, можно получать всевозможные цветные разности корунда. Красящие вещества обычно вводятся не в готовую пудру, а в предназначенные для ее получения алюмо-аммиачные квасцы.

Синтетическая шпинель ($MgO \cdot Al_2O_3$) получается путем совершенно аналогичного процесса, но к глиноземистой пудре прибавляется равное количество магнезии. В шпинелевом буле, несмотря на оплавленную его поверхность, ясно видна тенденция к кубической или октаэдрической форме. По физическим свойствам синтетическая шпинель также очень близка к природной. Окраска ее видоизменяется в зависимости от введенного хромофора, что также позволяет выпускать ее на ювелирном и техническом рынке под именами различных самоцветов.

А. С. Базилевичем (1934) и С. Никогосяном (1931) были описаны интересные опыты массового получения различных типов технической (абразивной и огнеупорной) шпинели путем сплавления саткинского магнезита с казахстанским корундом, борисовским кианитом, каолином, нефелином.

Что касается промышленного получения других синтетических камней с более сложным составом, то здесь успехи значительно скромнее. Берилл был сконструирован неоднократно, однако лишь в очень небольших кристаллах. В последнее пятилетие появились многократные сообщения о синтезированном в Германии изумруде, получившем наименование «игмеральд». По данным Б. В. Андерсона (Anderson, 1935), игмеральд по свойствам значительно отличается от природного изумруда. Показатели преломления его очень низки, двупреломление, наоборот, очень велико; он обнаруживает совершенно ненормальный для изумруда плеохроизм и, кроме того, ряд структурных пороков; во всяком случае установление разницы между игмеральдом и изумрудом не составляет труда.

Что касается попыток получения искусственного алмаза (см. в 1-м томе), то здесь нельзя отметить ничего, что было бы крупным шагом вперед сравнительно с первыми опытами Муассана.

9. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ И ДИАГНОСТИКА САМОЦВЕТОВ

Исследование самоцветных камней как природных минеральных тел ведется обычными методами минералогии и петрографии и может быть выделено в самостоятельный отдел знания лишь более или менее условно. Нельзя, однако, не признать, что для такого обособления научных работ по самоцветам в специальную область — «геммологию» — имеются известные основания, так как самоцветы демонстрируют типические свойства своих минеральных семейств наиболее чистым и совершенным образом. Научная мысль все более привлекается к ним в виду непрерывно растущей суммы теоретических и утилитарных проблем, открываемых миром природных кристаллов. Над изучением их свойств — кристаллохимических, оптических, термоэлектрических, пьезо-электрических и др. — трудятся специальные лаборатории, выработавшие тонкую исследовательскую методику с обширным арсеналом сложнейших аппаратов.

Однако, задачи практической геммологии определяются в первую очередь специфическими потребностями самоцветной промышленности. С одной стороны, требуются постоянные исследования внутреннего строения камней, отыскание скрытых пороков, включений, раковин, пустот и т. п.; в этом направлении прибегают к различным способам от простой или бинокулярной лупы до микроскопии и рентгенографии. Так, еще в 1932 г. в Уральском отделении б. Института прикладной минералогии были произведены весьма удачные и многообещающие опыты исследования лучами Рентгена различных поделочных камней (родонита, яшмы, кварцита). Оказалось, что таким путем довольно легко устанавливаются неравномерная структура камня, наличие посторонних включений; с несколько большим трудом констатируется наличие внутренних трещин. Экономическое значение этого рода исследований, сберегающих много труда и материала при обработке, разумеется, очень велико.

С другой стороны, ряд специальных проблем выдвигается разнообразным и непрерывно растущим применением самоцветов в технике. Примерами таких задач могут служить: отыскание кристаллографических осей в гальках горного хрусталя (пьезо-кварца), определение одиночных, несплошникованных кристаллов, исследование поверхностной диффузии поликристаллических тел (агатов, белоречита) в целях их окрашивания и т. п. Методика этого рода исследований часто очень сложна и требует специальных знаний.

Однако, обширнейшей областью чисто «геммологических» работ является и д е н т и ф и к а ц и я самоцветов, методы быстрой и точной диагностики натуральных и искусственных камней. Нельзя не отметить, что здесь приходится иногда встречаться с большими трудностями. Бывает, как отмечает В. Т. Вакстер (Вахтер, 1938), что опытные эксперты часами бьются над сомнительным камнем, прежде чем высказать окончательное суждение. Трудность зависит большей частью от ограниченности диагностических средств, допустимых в отношении дорогого, в особенности граненого, камня; в подавляющем большинстве случаев исключен не только наиболее надежный химический анализ, связанный с полным разрушением исследуемого вещества, но и ряд других приемов, обычных для минералога и петрографа (паяльная трубка, микроскопия шлифа и т. п.).

Несмотря на указанные трудности, распознавание драгоценных камней стоит на большой высоте. Оставив в стороне индивидуальное диагностическое мастерство некоторых специалистов, основанное на опыте и специальных способностях, можно в настоящее время указать много сравнительно простых и доступных способов идентификации самоцветов. Эти способы сводятся к двум основным видам: 1) исследование общих физических свойств камня: цвета, блеска, спайности, твердости, удельного веса, кристаллической формы и 2) исследование оптических свойств. Нередко оба способа взаимно дополняют друг друга.

Цвет, говоря вообще, — наименее надежный диагностический признак; однако, иногда особенности окраски имеют решающее значение, как, например, неравномерное ее распределение в аметисте и сапфире. Дополнительные к цвету особенности камней — блеск (на спайных плоскостях и в изломе), отливы, явления плеохроизма, астеризма и т. п. — также оказывают большую помощь при определении камня.

Испытания твердости принадлежат к несравненно более надежным средствам диагностики камней, в особенности там, где дело сводится к отличию камня от стеклянной имитации. Сложнее становится задача при различении природных камней, близких по твердости; в этих случаях на помощь приходят различных систем склерометры, в которых величина давления царапающего инструмента, а также глубина царапины могут быть точно измерены.

Определение удельного веса во многих случаях является превосходным диагностическим средством. Весьма часто даже грубого определения удельного веса бывает достаточно для отличия камня от стеклянной подделки; при нарочито утяжеленном составе последней (свинцовые и другие стекла) на помощь быстро приходит дополнительная проба на твердость. Иногда с такой же легкостью различаются между собой сходные по цвету и блеску природные камни, например так называемый «топаз» (золотистый или водно-прозрачный горный хрусталь, удельный вес 2.66) от настоящего топаза — «тяжеловеса» (удельный вес 3.50). Волею точные определения необходимы для распознавания близких по удельному весу камней.

Очень удобны практически методы определения удельного веса самоцветов посредством тяжелых жидкостей. Наиболее распространенными среди них являются: ж и д к о с т ь Т у л е ($\text{HgJ}_2 + 2\text{KJ} + \text{Ag}$; удельный вес 3.17—3.19) и и о д и с т ы й м е т и л е н (CH_2J_2 ; удельный вес 3.33).

Однако, ряд специалистов настойчиво рекомендует для идентификации самоцветов по удельному весу жидкость Клеричи—смесь яблочнокислого и муравьинокислого таллия $[\text{CH}_2(\text{COOH})_2 + \text{HCOOH}]$ с удельным весом 4.067. Эта жидкость, отличающаяся исключительно высокой растворимостью в воде, позволяет быстро и легко получать растворы любой концентрации; при необходимости они выпариваются так же легко, как и разбавляются. Повышая температуру, можно довести концентрацию раствора до удельного веса 4.65. С другой стороны, как было установлено Еленой Вассар (Vassar, 1925), оптические свойства жидкости Клеричи настолько точно и закономерно отражают малейшие изменения ее удельного веса, что, измерив рефрактометром угол преломления жидкости, мы прямо получаем соответствующий ему удельный вес. Взаимосвязь между названными константами рисуется из следующей диаграммы, заимствованной из работы Пэна, Л. Франклина и Б. Андерсона (Payne, Franklin a. Anderson, 1936) (фиг. 10).

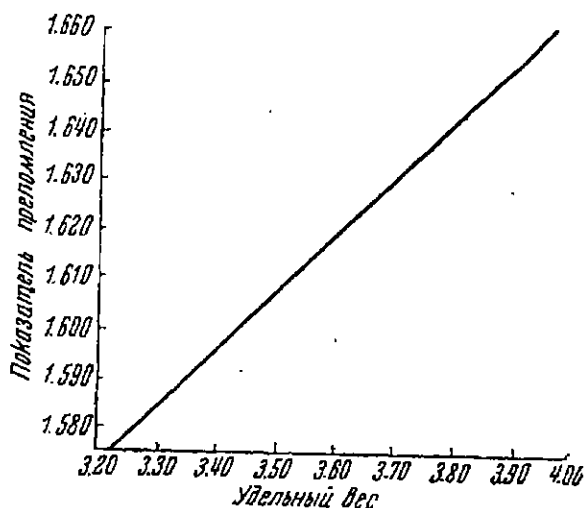
Исследуемый минерал, путем концентрации или разбавления жидкости, приводится во взвешенное состояние; после этого угол преломления раствора измеряют рефрактометром (с точностью ± 0.0002) и отыскивают на диаграмме отвечающую ему величину удельного веса (с разностью ± 0.002).

Разнообразные исследования оптических свойств камня принадлежат, несомненно, к самым верным методам диагностики. К сожалению, наиболее точные из них — определения с помощью поляризационного микроскопа — относятся к области чисто научных исследований, доступных лишь специалисту; с другой стороны, они, как указано выше, невозможны в отношении граничных камней.

Мало-помалу, однако, под давлением необходимости было выработано множество остроумно сконструированных приборов, рассчитанных на определение той или иной оптической константы минерала. Так, например, для обнаружения характерных явлений плеохроизма служит несложный **дихроскоп** — небольшой инструмент, состоящий в основном из призмы исландского шпата, закрепленной в короткой металлической трубке. Исследуемый камень помещается у источника света, и исследователь смотрит на него в трубку, следя за появлением различных цветов на двух миниатюрных квадратах. Камень надлежит рассматривать под различными углами зрения, так как свойства дихроизма улавливаются лишь при изучении минерала параллельно той или иной оптической оси. После визирования камня инструмент поворачивается на 90° ; различно окрашенные поля при этом появляются и исчезают.

Очень большие услуги в распознавании одинаково окрашенных камней, в особенности находящихся в оправе, приносят специальные приборы — **светофильтры**. Рассматриваемые через соответственно окрашенные экраны (screens), различные камни принимают различные окраски, в зависимости от их спектров поглощения, неодинаковых у ряда минералов, кажущихся невооруженному глазу одного цвета.

Недавние опыты Д. Хоуэлла (Howell, 1937) показали большие удобства спектрохимического анализа граничных камней, не поддающихся иденти-



Фиг. 10. Зависимость показателей преломления жидкости Клеричи от ее удельного веса.

ТАБЛИЦА 5

Люминесценция самоцветов

Минерал	Катодные лучи 1		Рентгеновские лучи 1		Ультрафиолетовые лучи 1	
	Окраска	Яр-кость 2	Окраска	Яр-кость 2	Окраска	Яр-кость 2
Агат	Бледнорозовая	(1) Сл.	—	—	—	—
Аурипиг	Синяя	(2) Яр.	—	—	—	—
Аквамарин	Синяя	(1) Ср.	—	—	—	—
Александрит	Кирпично-красная	(1) Яр.	—	—	Вишневая	(2) О. сл.
Алмаз	Зеленая	(7) »	Голубая	(8) О. сл.	Голубая	(1) Яр.
»	Голубая	(4) О. яр.	—	—	Фиолетовая	(2) Ср.
»	Синяя	(1) Яр.	—	—	Желто-зеленая	(1) »
»	Рябиновая	(1) »	—	—	—	—
Амазонит	Светлоголубая	Сл.	—	—	—	—
Андрадит	Рябиновая	(1) Яр.	—	—	—	—
Берилл	Голубая	(2) Ср.	Оранжево-желтая	(1) Сл.	Фиолетовая	(1) Сл.
Гессонит	Рябиновая	(2) Яр.	—	—	—	—
»	Темножелтая	(1) Ср.	—	—	—	—
Демантоид	Синяя	(1) »	Голубая	(1) Сл.	—	—
Кварц	»	(5) Ср.-сл.	—	—	—	—
»	Розовая	(4) —	—	—	—	—
»	Бледнофиолетовая	(4) —	—	—	—	—

фикации другими способами. Иногда ряд определенных констант (удельный вес, твердость, цвет, показатель преломления) может быть почти с одинаковым основанием отнесен к двум различным видам (например, гранату и шпинелю). Исследования Хоуэлла обнаружили высокую чувствительность спектроскопа к самым миниатюрным пробам граненого камня, получаемым осторожным соскабливанием одной из нижних его граней (около рундиста) алмазным, карборундовым или корундовым острием (лучше несколько притупленным). Добытого таким образом количества минерала (порядка 0.1 мг) совершенно достаточно для получения в спектре вполне отчетливых линий его главных химических компонентов, особенно в ультрафиолетовой части спектра (между волнами в 2700—3100 Å). Этим путем Хоуэллу удалось легко доказать принадлежность к шпинелю крупного граненого камня, принимаемого за шпрон. Подобным же образом были легко идентифицированы турмалин, андалузит, жадеит, нефрит, эпидот и др.

Свойства люминесценции. Новую и весьма интересную область в изучении минералов (в частности, драгоценных камней) представляют явления люминесценции. Их сущность заключается в способности минералов, поставленных на пути рентгеновских, катодных, ультрафиолетовых или «черных» (вудовских) лучей, издавать собственный свет с той или иной окраской. Много в явлениях этого рода еще представляется таинственным, и о прочных константах самоцветов в этой области говорить преждевременно. Но здесь имеются уже интересные наблюдения.

Опыты ВИС (Богословский и др., 1938) показали, что среди самоцветов некоторые не люминесцируют вовсе. К таким относятся: алмаз, аметист, бирюза, везувин, гематит, гиперстен, гроссуляр, диоптаз, касситерит, кордиерит, малахит, нефрит, пирит, шпрон, рутил, ставролит, уваровит, хризоколла, цоизит, черная шпинель. В табл. 5 сведены самоцветы, обнаружившие свойства люминесценции.

Отчетливые и постоянные вариации окраски в свечении минералов одного вида, но различных месторождений позволили В. Бакстеру, Ж. Гранту и др. выработать определенные таблицы для установления месторождений рубинов, сапфиров, шпинели, циркона, опала, топаза и других камней. Большие услуги может оказать люминесцентный анализ также в различении природных и синтетических камней. По сообщению «Chimie et Industrie», при облучении перемешанных на блюде естественных и синтетических сапфиров катодными лучами (в лаборатории стандартизации «General Electric Co») все камни через несколько секунд начали светиться. Но лишь только облучение прерывалось, естественные камни тотчас же погасали, в то время как свечение синтетических камней продолжалось еще некоторое время.

В дополнение к описанным методам научной идентификации камней можно упомянуть еще некоторые, так сказать, самодельные способы, принятые среди камнерезов и ювелиров. Последние пользуются нередко так пазываемым лихт-кугелем — стеклянным шаром, наполненным слабым раствором синего купороса и азотной кислоты. Испытуемый камень помещается между источником света и подвешенным лихт-кугелем; природные камни приобретают при этом характерные цвета и оттенки, установленные эмпирически. Так, например, александрит, рассматриваемый через лихт-кугель, сохраняет зеленый цвет при любом освещении.

М. Пылаев (1896), ссылаясь на женеваго химика Марго, рекомендует для легкой идентификации алмаза алюминиевый штифт (грифель), оставляющий ясную черту на смоченной поверхности всех без исключения камней, кроме алмаза.

Номенклатура драгоценных камней. Значение простых и верных приемов диагностики самоцветов отщепяется, между прочим, до крайности спу-

танной их номенклатурой, представляющей смесь современных минералогических, исторически традиционных и специально коммерческих, рассчитанных на определенный эффект названий. Широко практикуется присвоение дешевым самоцветам названий редких и дорогих камней, иногда с прибавлением соответствующего географического обозначения. Таким образом, красный гранат — шпрон — фигурирует под названием «кадского рубина»; ряд красных камней из группы граната, турмалина, шпшпели выступает в качестве аризонского, калифорнийского, монтанского, сибирского, бадахшанского рубина; таким же путем возникают бразильские и другие изумруды (турмалины, гидденит). Использовали туманных традиционных представлений о «Востоке» как о стране сказочных самоцветных сокровищ выражается в прибавлении к обычному названию камня эпитета «восточный»; восточный топаз, восточный изумруд, восточный аметист — различно окрашенные камни корундового семейства. Быть может, ни один камень не пользуется таким множеством заимствованных и претенциозных названий, как кварц, выступающий под именами богемского алмаза, мармарошского алмаза, рейнского алмаза, топаза, золотистого топаза и т. п.

С другой стороны, множество совершенно различных камней фигурируют под общим названием. Так, например, под «жадом» можно разумеать нефрит, жадеит, весувиан, гроссуляр, смарагдит, серпентин; точно так же названием яшмы объединяется несколько типов вулканических, осадочных и метаморфических пород.

Различные названия камней приводятся в конце статьи в специальном «Указателе драгоценных, полудрагоценных и поделочных камней» (стр. 477).

10. ЗАГРАНИЧНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ САМОЦВЕТОВ

Распределение и масштаб добычи самоцветов

До первой империалистической войны и после нее до мирового кризиса добыча драгоценных камней составляла немаловажную статью в балансе капиталистических стран, выражаясь ежегодной суммой около 85—90 млн. долл. Из этой суммы огромная часть (80 млн.) приходилась на долю алмаза, около 1.25 млн. — на долю сапфира (ограночного и технического), около 0.5 млн. — на долю изумруда, столько же — янтаря; в меньших цифрах выражалась добыча рубина (230 000), бирюзы (250 000), опала (200 000), горного хрусталя, берилла, аметиста, турмалина (примерно по 175—100 тыс.). Испытывая известные колебания, эти цифры держались, однако, приблизительно на довольно устойчивом уровне, обнаруживая в годы пресловутого «просперити» тенденцию к увеличению. Удары кризиса быстро разгромили рынок, а вслед за тем и добычу драгоценных камней; особенно жестоки были 1930 и 1931 гг., ознаменовавшиеся в странах капитализма почти полным упадком спроса на самоцветный камень, крахом и ликвидацией ряда крупных и мелких фирм.

Распределение добычи драгоценного камня по странам, вообще очень изменчивое, претерпело за эти годы особенно глубокие изменения даже в отношении добычи алмаза, отличавшейся сравнительной стабильностью. Господствующая роль поставщика алмазов осталась за Африкой. Вместе с тем с открытием богатейших россыпей Лихтенбурга (Южно-Африканский Союз), развитием добычи в Конго и в новооткрытых районах Анголы, Золотого Берега, Сиерра Леоне значение коренных месторождений алмаза стало падать, и гремевшие когда-то рудники Де-Бирс, Премьер Майн и др. перешли на консервацию. Необычайно усилилась продукция Бельгийского Конго, давшего уже в 1932 г. $\frac{2}{3}$ мировой добычи алмаза.

С технической стороны, как указывалось выше, добыча алмазов является почти единственной в самоцветной промышленности областью, где нашли применение методы современного крупного механизированного предприятия.

Сведения о добыче остальных видов самоцветного камня настолько неполны, отрывочны и изменчивы, что свести их в сколько-нибудь связную картину до крайности трудно. Здесь сказывается необычайно капризный характер самоцвета как объекта регулярной добычи, огромная роль случайности в итогах годичной операции. Дело осложняется еще крайним несовершенством методов оценки продукции. Как правильно отмечает Н. А. Дюкалов, весовое или количественное выражение продукции в данном случае не является показателем, определении же ее ценности не всегда легко. Нужно принять во внимание также хаотическую, большей частью мелкостарательскую организацию добычи самоцветов, ведущейся часто в отдаленных от культурных центров колониях и ускользающей от правильного учета. Многое, наконец, нужно отнести здесь за счет «коммерческих тайн» тех немногих крупных предприятий, которые ведут добычу наиболее ценных камней. Таким образом, в оценке масштабов и распределении добычи самоцветов возможны лишь самые общие характеристики.

Рубин и сапфир. 1931 год оказался роковым для крупного концессионного предприятия Burma Rubies Mines L-d, державшего в течение 20 с лишним лет старинные рубино-сапфировые и шпинелевые месторождения Могока. Начавшееся после мировой войны падение спроса на красный камень привело к резкой депрессии цен, и могокское предприятие, организованное по типу южноафриканских, было ликвидировано. Добыча самоцветов перешла к туземному населению, сумевшему добыть в 1933 г. 1103 карата на сумму всего лишь 44 фунта стерл.; однако, по данным Minerals Yearbook и Mineral Industry, уже в 1934 г. эта добыча поднялась до 21 622 каратов, а в 1935 г. — до 105 484 каратов на сумму 114 063 рупий (около 36 000 долл.). Попутно в этом же году было добыто 2431 карат сапфира и 6687 каратов шпинели. В 1936 г. добыча рубина достигла 155 381 карата на сумму около 35 000 долл. Сапфировые месторождения Кашмира дали в 1934 г. около 1 млн. каратов, в 1935 г. — около 800 тыс. каратов; бирманские (Ката) — всего 202 карата в 1935 г. и 172 карата в 1936 г.; месторождения Тай в 1934 г. — 480, в 1935 г. — 312 каратов.

Австралия добыла сапфира в 1936 г. на 10 000 долл., в 1937 г. — на 6000 долл.

Изумруд. Центрами добычи этого самоцвета в последние годы были по-прежнему Колумбия и Южная Африка. Колумбийское правительство в 1934 г. оставило копи Музо и перенесло работы на новое месторождение в 4,5 км от прежнего; ежегодная добыча изумрудов здесь — около 400 000 каратов, стоимостью примерно 370 000 долл. Продукция Трансваальских изумрудных месторождений: в 1936 г. на 30 000, в 1937 г. — несколько более 50 000 долл.

Из этих цифр видно, что добыча первоклассных самоцветов (в особенности рубина) все еще далека от довоенных размеров.

Прочие самоцветы. Что касается остальных самоцветов, то масштаб их добычи ориентировочно характеризуется следующими, весьма пестрыми данными.

Упадок рубиновой добычи в Бирме несколько компенсировался возрастанием добычи жадеита и прочным спросом на этот красивый камень. В 1935 г. было добыто 1265 ц, в 1936 г. — 1671 ц (на сумму около 75 000 долл.). Точно так же увеличили продукцию янтарные месторождения Мииткыйна: в 1935 г. — 18,6 ц, в 1936 г. — 32,4 ц (на сумму 1700 долл.).

Цейлонская продукция разнообразных самоцветов (Ратнапура, Матара, Канди) поднялась в 1935 г. до 625 000 долл.

Мадагаскар сохраняет свою роль поставщика больших количеств хорошего и недорогого самоцвета. В 1935 г. он экспортировал в Европу и США, кроме 20 000 каратов ограночного самоцвета, также около 100 т по-

делочного и технического камня. «Ежегодник» Бюро геологических и горных колониальных исследований (1937 г.) оценивает продукцию Мадагаскара за 1934 г. в 190 млн. фр., в 1935 г. — 888 млн. фр. и за 1936 г. — в 536 млн. фр. Из африканской добычи можно еще отметить около 4 т «тигрового глаза», экспортированного из Трансваали в 1935 г., и 507 кг турмалина на сумму 20 000 долл., добытого из новых месторождений Юго-Западной Африки.

Бразильские штаты — Минаж Жераик, отчасти Байя, — подобно Мадагаскару, дают рынку много дешевого самоцвета и, кроме того, ежегодно экспортируют большие количества горного хрусталя для технических целей: в 1935 г. — 231 т, в 1936 г. — 244 т, в 1937 г. приблизительно 250—275 т, главным образом, в Японию (около 70%), а также в Германию и Англию (по 10%) и в США (менее 5%).

В Европе можно отметить лишь довольно энергичную разработку Германией и и т а р н ы х россыпей Замланда. В 1935 г. добыто 112 т, из которых около 23 т (на сумму 60 000 долл.) экспортировано; в 1936 г. было добыто 382 т.

Обработка самоцветов

Центрами (вне СССР) являются:

1. Для алмаза: Амстердам, Париж; Идар, Палатинат, Ганау (Германия); Лондон; Женева, Бизип (Швейцария). В последнее десятилетие крупные предприятия по обработке алмаза и других самоцветов образовались в южноафриканских городах: Йоганнесбурге, Кимберлее, Претории, Кептауне.

2. Для рубина, сапфира, изумруда: Париж, Лондон, Пфорцгейм, Калькутта.

3. Для разных самоцветов: Париж, Сен-Клод, Лондон, Идар; Турнов и Габлонц (б. Чехо-Словакия).

Из пунктов обработки местных видов камня следует назвать Мешед и Нишалур в Иране (б и р ю з а); Кантон, Бейпин, Шанхай (н е ф р и т и ж а д е и т); Коломбо, Дели, Агра (камни халцедоновой группы).

Торговля самоцветными камнями

Торговля самоцветами отличается рядом совершенно специфических черт, очень полно и вышукло изображенных в книге Н. А. Дюкалова (1932). Организованного рынка для драгоценных камней не существует, несмотря на крупнейшие обороты; здесь нет ни специальной биржи, ни обычных договорных отношений.

Прежде чем попасть к ювелиру для окончательной продажи потребителю, драгоценный камень проходит «целую сеть переплетающихся между собою товаропроводящих каналов». Партии камней несколько раз пересортировываются; к камням новой добычи подбавляются старые, и это повторяется несколько раз.

Рынок подделочного камня имеет несколько иной вид. Здесь также господствуют бесчисленные «посредники», лица или фирмы. Но здесь имеется некоторое подобие торговой организации в виде ярмарок, выставок и аукционов, устраиваемых ежегодно (иногда два-три раза в год) в крупных камнерезных центрах (Идар-Оберштейн, Кантон и др.). На аукционы съезжаются владельцы камнерезных предприятий и кустари и закупают потребные им количества камня. Здесь производятся испытания сырья, вводятся новые разности камня и путем публичных торгов устанавливаются оптово-розничные цены. Аукционы широко используются для рекламы, распространения и введения в моду различных видов цветного камня.

Главным потребителем самоцветного камня являются Соединенные Штаты, ежегодный импорт которых может дать представление о масштабе мировой торговли этим своеобразным товаром. Заимствуем следующую таблицу из Mineral Industry (табл. 6).

ТАБЛИЦА 6
Ввоз драгоценных камней в США на сумму (в долларах)

Драгоценные камни	1932 г.	1933 г.	1934 г.	1935 г.	1936 г.	1937 г.
Алмазы:						
сырье	1 512 959	1 662 224	2 687 210	4 261 921	6 230 902	7 729 663
граненый	7 826 242	8 360 283	9 898 106	15 538 902	22 707 703	29 860 396
технический . . .	1 061 823	1 249 200	2 862 349	4 293 611	4 328 603	6 542 365
Жемчуг	621 994	776 141	477 018	652 219	743 738	1 104 580
Прочие драгоценные камни необработанные . . .	53 705	76 038	115 333	50 444	86 490	180 433
То же граиеные . . .	730 272	644 475	774 238	1 282 348	2 342 358	3 019 713
Имитации ¹	953 590	932 189	1 076 660	1 510 960	1 673 551	2 100 774
Всего	12 760 585	13 700 550	17 890 854	27 490 405	38 113 355	40 537 924

¹ Заслуживает внимания неуклонный и быстро прогрессирующий рост потребления имитаций.

Цены

Рыночная цена самоцветов, в особенности ограночных, определяется рядом условий, частью более или менее определенных, частью совершенно случайных. Ни один из первокласснейших самоцветов не может быть гарантирован от резкого обесценения при открытии новых его источников. Так было (правда, лишь временно) с изумрудом после наплыва этого камня из завоеванной европейцами Колумбии; с жемчугом — после появления японского «культивированного» жемчуга; с богемским пиропом — при массовом поступлении на рынок южноафриканского пирона; с турмалином, топазом, аметистом — после появления на рынке большого количества этих камней из мадагаскарских и бразильских месторождений. Та же участь постигла бы, конечно, и алмаз, и австралийский опал без своевременного искусственного сокращения выпуска этих камней на мировой рынок. Так же резко может снизиться стоимость камня при неожиданном капризе моды, как было с рубином в период 1924—1934 гг. Наоборот, почти нет пределов, до которых может подниматься подчас совершенно несуразная стоимость некоторых камней под влиянием капризов моды, высокомерного соперничества владельцев особ, тщеславия и саморекламиривания золотого мешка. Можно назвать ряд камней-временщиков, царствовавших в течение более или менее продолжительного времени: лазурит, хризопраз, «кошачий глаз», малахит.

Есть камни, ценимые, главным образом, у себя на родине (гидденит, кунцит, бенитоит — в Северной Америке, бирюза — в Иране, опал — в Австралии); есть камни, особо излюбленные тем или иным народом (нефрит, жадеит, агальматолит — в Китае; все вообще зеленые камни — на азиатском Востоке).

Кроме всех этих колебаний общего характера, следует еще иметь в виду индивидуальную оценку каждого самоцвета. Два камня равной величины,

выгравленные из одного кристалла, могут иметь совершенно различную стоимость вследствие наличия в одном из них того или иного недостатка: туманности, трещинки, надцвета, менее глубокого тона и т. п. Огромное значение для камней одного достоинства имеет разница в весе, так как цена на камень возрастает далеко не пропорционально увеличению веса. Этой диспропорции пытались придать вид точных математических формул, получивших, однако, значение лишь некоторых руководящих норм. Таково, например, явно преувеличенное правило Тавернье, относящее стоимость самоцвета к квадрату стоимости 1 карата. Несколько более естественной представляется формула Шрауфа, имеющая такой вид:

$$P = K \frac{N}{2} (N + 2),$$

где P — искомая стоимость камня, K — его цена за 1 карат, N — вес в каратах. Таким образом, камень, весящий 8 каратов, при стоимости 1 карата в 100 руб. должен быть оценен в

$$100 \cdot \frac{8}{2} (8 + 2) = 100 \cdot 40 = 4000 \text{ руб.}$$

ТАБЛИЦА 7

Цены граненых и поделочных камней (в зол. рублях)

Граненые и поделочные камни	Исключительный товар до	Перво-сортный товар до	Колебания обычного рыночного товара
Цены граненых камней (за 1 карат)			
Алмаз:			
белый	7 000	1400	500—100
голубой	13 000	—	—
розовый	17 000	1800	—
зеленый	14 000	—	—
Иаумруд	12 000	2000	250—2
Рубин	9 000	2000	1000—10
Сапфир	4 000	1000	600—2
Александрит	500	300	75—10
Аквамарин (берилл)	50	25	1—0.05
Топаз золотистый и фиолетовый	—	100	20—3
» бесцветный	—	10	5—2
Аметист	—	8	3—0.1
Турмалин красный, розовый	—	20	15—3
» зеленый полихромный	—	10	4—1
Фенацит (уральский)	—	10	10—2
Демантоид	50	20	12—1
Бирюза	60(?)	30	10—1
Опал благородный	—	100	5—1
» черный	—	100	—
» огненный	—	40	15—0.5
Цены поделочных камней (за 1 кг)			
Лазурит	—	300	200—10
Горный хрусталь	200	50	200—1
Дымчатый кварц (цитрин)	—	200	50—2
Обсидиан	—	—	10—2
Яшма	—	—	0.5—0.1
Малахит	—	25	10—2
Нефрит	—	—	10—1
Родонит	—	10	3—0.5
Лабрадор	—	—	3—0.5
Халцедон (агат)	—	150	10—1
Амазонит	—	—	3—0.5
Авантюрин	—	—	5—0.5

Это правило также приводит к преувеличенным (по в некоторых случаях и к преуменьшенным) оценкам камней. В конце копцов камни, особенно высших качеств, оцениваются совершенно индивидуально и пезакономерно. При этих условиях дать здесь твердую табличную расценку самоцветов невозможно; она должна замениться ориентировочной схемой, дающей примерные границы их стоимости. Из таких схем наиболее удачной представляется ориентировочная расценка А. Е. Ферсмана, составленная в 1924 г., по сохраняющая свое значение до настоящего времени (табл. 7).

11. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ САМОЦВЕТОВ В СССР

История нашего камнедобывающего и камнерезного дела характеризуется резкими сменами подъема и упадка, быстрого, многообещающего развития и внезапно наступающего длительного застоя. Развитие этого дела началось в значительной мере искусственно, сверху, от дворцов и для дворцов, вне прямой и тесной связи с общим экономическим и культурным развитием страны. Если Петр I и предвидел в будущем «преизрядную пользу», какую сулили отечеству далекие поиски «узорчатого камня», то уже ближайшая за ним эпоха Анны и Елизаветы, а затем — и в особенности — пышное время Екатерины дали этому делу совершенно специфическое направление, надолго определившее его судьбу. И поиски, и обработка цветного камня были подчинены единственной задаче дворцового убранства, вроде устройства сплошных лазуритовых или яшмовых покоев. После «роскошных затей» Екатерины, послуживших все же толчком к открытию многих интересных месторождений (Алтайских яшм и др.), наступил застой и дело едва не погибло в совершенном равнодушии Александра I. Но последующий период, совпавший по времени с самой мрачной эпохой николаевского царствования, оказался по счастливой случайности очень благоприятным для русского самоцвета. Это время, связанное с именами страстных любителей камня — Перовского, Казина, Пермикина — было ознаменовано открытиями первоклассных месторождений самоцветов, энергичной их обработкой и быстрым завоеванием ими славы на мировом рынке. Были открыты месторождения прибайкальской ляпис-лазури, саянского нефрита, меднорудянского малахита, ряда уральских ограночных камней, в том числе драгоценнейшего из наших самоцветов — изумруда. В этот именно период, с расширением работ Екатеринбургской, Петергофской и Колыванской фабрик, стали складываться кадры замечательных русских мастеров камнерезного дела, доведших обработку самоцветного камня до высокого совершенства: уральских камнерезов, виртуозно обрабатывавших яшму, горный хрусталь, нефрит; гранильщиков, придававших камню идеальную форму «на-глазок»; петергофских мастеров каменной художественной мозаики и колыванских камнерезов, специализировавшихся на «объемных изделиях» из гигантских яшмовых монолитов. Потенциальные возможности мощного развития камнерезной промышленности и богатство природных ресурсов проявились в этот период с исключительной яркостью. Популярность русского камня и русского мастерства распространилась по всему миру. Но и в эту эпоху, и в последующие за ней максимум энергии в поисках камней и в камнерезном искусстве попрежнему был направлен на изготовление изделий для «высочайшего двора»; лучшая фабрика — Петергофская — неизменно заваливалась личными заказами придворных. Изумрудные копи были сданы в концессию иностранной фирме за 6000 руб. (!) в год; большинство уральских и сибирских месторождений разрабатывались беспорядочно и хищнически.

Первая мировая война и вызванная ею хозяйственная разруха совершенно остановили развитие нашего самоцветного и вообще горного дела.

2 октября 1922 г. Президиум ВСНХ принял постановление об образовании треста «Русские самоцветы», в состав которого вошли Петергоф-

ская и Свердловская (б. Екатеринбургская) фабрики, а несколько позже — и Колыванская со всеми тяготеющими к ней месторождениями; праспоряжение треста были переданы также Изумрудные копи и все уральские разработки ограночных и поделочных камней. Все предприятия были в полуразрушенном состоянии, и только к 1924 г. тресту удалось восстановить работу фабрик и добычу камней на нескольких важнейших месторождениях, предоставив добычу второстепенных самоцветов старательским артелям. Вскоре, однако, под влиянием настоятельной необходимости обеспечить новую социалистическую промышленность основным минеральным сырьем «Русские самоцветы» перешли к добыче перудных ископаемых — полевого шпата, слюды, каолина, асбеста, талька, природных абразивов, гранита, мрамора и т. п. Самоцветы вновь отошли на второй план. В 1927/28 г. забота о них была поручена Отделу силикатных искусств (ОСИ) Академии художеств, ограничившемся внесением некоторых улучшений в оборудование фабрик, но не сумевшему справиться с организацией добычи и сбыта самоцветов.

В 1929 г. было организовано акционерное общество «Силикатискусство», вскоре реорганизованное в трест, принявший прежнее наименование «Русские самоцветы» и вновь поставивший целью организацию самоцветной промышленности в Союзе. Ограничившись вначале переработкой продукции, получаемой от старателей, трест начал мало-помалу налаживать собственные разработки, обратив при этом серьезное внимание на создание научно-технической основы камнедобывающего и камнеобрабатывающего дела.

В настоящее время трест «Русские самоцветы», имеющий центральное управление в Ленинграде, включает в себя: 1) опытно-производственную мастерскую (Ленинград); 2) центральную научно-исследовательскую станцию (там же); 3) Ленинградский завод по обработке камней-самоцветов; 4) Молотовский завод «агидритовых» изделий (село Вторые Ключики); 5) Свердловский гранильный завод; 6) Колыванский шлифовальный завод; 7) Печорский завод шлифовальных камней (Усть-Воя в Коми АССР); 8) Московский завод алмазных инструментов; 9) Орскую горную контору (г. Орск Чкаловской обл.).

В области камнедобычи трест до последнего времени сосредоточивался, главным образом, на поделочном камне, возобновив в довольно широком масштабе разработку великолепных орских яшм, белорецкого кварца, орледа, обсидиана, арагонита-оникса, алебаstra и др., шедших, главным образом, на предметы широкого потребления и технические изделия. Вместе с тем, как отмечалось выше, трест достиг больших успехов в производстве синтетического корунда. В технологию обработки камня было введено много современных усовершенствований.

В 1937—1939 гг. заводами треста, кроме обычной их ювелирной, художественной, галантерейной и технической продукции, был выполнен ряд работ, исключительных по масштабу и качеству, а именно: 1) мозаичная карта «Индустрия социализма» из твердых самоцветов площадью в 29 м²; к работе над картой были привлечены лучшие кадры петергофских и свердловских камнерезов и гранильщиков; экспонировавшая в 1938 г. на всемирной Парижской выставке, карта была отмечена высшей наградой (Grand Prix); в 1939 г. карта была отправлена на Нью-Йоркскую выставку; 2) модель Дворца Советов в $\frac{1}{75}$ натуральной величины, выполненная целиком из белорецкого кварца (для Нью-Йоркской выставки); 3) гербы одиннадцати союзных республик из ограночных и поделочных камней размерами 1.25 × 1.25 м (также для Нью-Йоркской выставки); 4) облицовка уральским орледом колонн на станции московского метрополитена «Площадь Маяковского».

Петергофская фабрика, не входящая в состав треста «Русские самоцветы», сосредоточилась исключительно на выработке точных камней.

Значительную работу в области добычи и художественной обработки самоцветного камня ведет Московский художественно-промышленный институт, обогативший художественную тематику и усовершенствовавший технику кустарного «ангидритового» промысла.

Первое место по развитию кустарного промысла принадлежит Молотовской обл., где обработка алебастра, селешита, кальцита и мрамора ведется рядом артелей: Кунгурской, Павловской, Горно-Ирменской, Опачевской; крупнейшей и наилучше организованной является Кунгурская, число камнерезов которой за 6 лет увеличилось в 3.5 раза, а выпуск художественной продукции — более чем в 10 раз. В Свердловской обл. наиболее значительной артелью камнерезов является, по данным Института художественной промышленности, артель «Цветные камни», увеличившая число своих членов за 6 лет в 2 раза, выпуск продукции — более чем в 3 раза. Артель обрабатывает, главным образом, яшмы и другие кварцевые материалы. Огранкой твердого камня, а также обработкой серпентинитов занята артель «Шахтер» (г. Березовский), объединившая кадры старых гранильщиков. Сравнительно молодой организацией является основанная в 1929 г. Варнуковская артель, обрабатывающая под руководством института красивые пермские гипсы Горьковской обл.

Кустарная обработка камней ведется также в Куйбышевской обл. (ангидрит Красной Глины; Ширяева и др.), Орджоникидзевском крае (гипсы Минераловодского района), Челябинской обл. (саткинский опикальцит), Чкаловской обл. (орские яшмы), Казахской ССР (колыбташ), Карело-Финской ССР (мрамор, жемчужный шпат, черный и серебристый шунгит), Туркменской ССР (гипсы окрестностей Красноводска). Также намечается организация артелей в Башкирской АССР (яшмы Учалинского района, также гипсы), Узбекской ССР (кафаринская бирюза, красивый аметистовый кварц Кара-Мазара, яшмы горы Ургута и др.), Киргизской ССР (аметистовые кварцы Нарына и др.). Институтом проектируется также расширение и техническое оснащение ряда вышеперечисленных артелей.

По данным Всесоюзного совета, развитие камнеобрабатывающего промысла последних лет характеризуется следующими показателями (табл. 8).

ТАБЛИЦА 8

Выпуск продукции камнеобрабатывающего промысла (в ценах 1932 г. — в тыс. руб.)

Характер промысла	1935 г.	1936 г.	1937 г.		1938 г.		1939 г.	
			план	выполн.	план	выполн.	план	выполн.
Обработка мягких пород	1295.3	2725.5	4190	3216.1	5009	3446.7	5050	4096.8
Обработка камней высокой твердости	567.9	584.5	700	1160.1	1502	1605.8	2050	2146.4
Всего .	1863.2	3310.0	4890	4376.2	6510	5052.5	7100	6242.2

Таким образом, несмотря на систематическую недовыработку плана, продукция камнеобрабатывающего промысла выросла за последние 5 лет в 3.5 раза. Однако, все эти несомненные успехи попрежнему являются только первыми шагами на том пути, который до сих пор рисовался лишь в виде многообещающей перспективы. Исключительные по разнообразию и качествам самоцветные богатства Урала, Забайкалья и др. продолжают лежать под спудом, и вполне естественно, что на ближайшее пятилетие

трест «Русские самоцветы» выдвигает на первый план «возрождение разведочно-добычных работ по самоцветным камням».

Эта задача ставилась в дореволюционный период много раз; частичные попытки этого рода делались, как мы видели, и в последнее время. Однако, до недавнего времени не было попыток подойти к делу разведки самоцветов (не считая изумрудов) с теми научными и техническими методами, какие прилагаются к поискам и разведкам других полезных ископаемых. Достаточно указать, что знаменитейшие районы драгоценного камня, как Мурзинско-Алабашевский район или Борцовочный край, до сих пор геологически не изучены. Старый самоцветный Урал до сих пор не имел подробной геологической карты. Между тем ни одна область не таит в себе столько неожиданностей и сюрпризов, какие несет научно организованная разведка недр. Открытие крупных топазовых и цирконовых месторождений на Украине, все больше учащающиеся находки алмазов в разных пунктах Среднего Урала могут служить примерами этого рода «неожиданностей». Вряд ли можно сомневаться, что сырьевая база нашего Союза вполне достаточна для широкого и блестящего развития промышленности самоцветных камней.

Комплексный характер большинства месторождений самоцветов на фоне гигантски развивающейся по всем направлениям горнопоисковой деятельности; быстрое культурно-экономическое освоение еще недавно почти недоступных горно-лесистых районов распространения самоцветов; всесторонний прогресс техники; появление новых многочисленных кадров специалистов; возможность вложения в дело крупнейших средств — все это открывает перед нашей самоцветной промышленностью совершенно новые перспективы.

Поступило 11.I.1940 г.

Е. С. Синегуб

УКАЗАТЕЛЬ ДРАГОЦЕННЫХ, ПОЛУДРАГОЦЕННЫХ И ПОДЕЛОЧНЫХ КАМНЕЙ И НЕКОТОРЫХ ОТНОСЯЩИХСЯ К НИМ ТЕРМИНОВ¹

- Авантюрин — кварцит с искристыми включениями слюды, гематита, пирита и т. п.
 Августит — густосиний аквамарин
 Агальматолит — плотный пирофиллит (также стеатит)
 Агат — полосчатый халцедон
 Агат — волнистый, гвоздяной, глазчатый, звездчатый, картинный, коралловый, крепостной, ландшафтный, мохковый (дендритовый), моховой, радужный, раковинный, руинный, точечный, тростниковый (коммерческие названия текстурных разновидностей агата)
 Агафит (стар.) — бирюза
 Адамант — алмаз
 Адамантин — корунд
 Адамас — алмаз
 Аделаид — рубин
 Адуляр — прозрачный калиевый полевой шпат с синеватым отливом
 Азурит
 Азурмалахит — малахит + азурит
 Аквамарин — сине-зеленая разность. Бориλλα
 Аксинит
 Алабандин — шпинель
 Алансонский алмаз — дымчатый кварц
 Алатырь (стар.) — янтарь
 Алебастр — плотный мелкозернистый белый, розовый, серый, пятнистый гипс
 Александрит — желтый при дневном, красный при искусственном свете разность хризоберилла
 Аллохроит — коричневый или красный известково-железистый гранат-андрадит
 Алмаз
 Алмазный шпат — корунд
 Аломит — синий содалит

¹ Жирным шрифтом напечатаны названия минералов, охарактеризованных в табл. 9.

Альбит — натровый полевой шпат
 Алмадин — красная, фиолетовая железо-глиноземистая разность граната
 Амазонит — зеленый, голубовато-зеленый микроклин, калиевый полевой шпат
 Амаузе — страсс
 Аметист — прозрачная фиолетовая разность кварца

Ангидрит
 «Ангидрит» — на языке ювелиров — алебастр (гипс)

Андалузит
 Аидрадит — известково-железистый гранат
 Антракс (стар.) — карбункул

Апатит
 Арабский камень — бирюза

Арагонит
 Арлекин — мерцающая разность опала
 Армянский камень (стар.) — лазурит
 Асмани — светлоголубая разность лазурита
 Атласный шпат — селенит, также волокнистый кальцит или арагонит
 Аширит — диоптаз

База — низ граненого камня
 Бакан (стар.) — родонит
 Балангус (стар.) — бледный рубин
 Балас — рубин, красная шпинель
 Баллас — негодный к огранке алмаз округлой формы
 Балэ-рубин — красная шпинель
 Барок — уродливой, неправильной формы жемчуг
 Бастард — мутная, облачная разность янтаря
 Бастит — разность серпентина, образовавшаяся из энстатита
 Беломорит — лунный камень
 Белоречит — белый, розовый, телесный, красный, желтый, серый, иногда, искристый кварцит (Алтай)
 Белый сапфир — бесцветный циркон (Таи)

Бенитоит

Берилл

Бериллоидит
 Бечета (стар.) — дешевый красный камень

Биксбит — малиново-красный берилл

Бирмит (бурмит) — бирманский янтарь

Бирюза

Благородный змеевик — офит

» опал — драгоценная, с радужной игрой разность опала

Бовенит — боуэнит

Богемский алмаз — горный хрусталь

» гранат — кроваво-красный магнезиально-глиноземный гранат — пироп

» топаз — цитрин

Богхед — матово- или бархатно-черный, плотный сапропелевый уголь

Борт — неровные зерна неограночного алмаза

Боуэнит — нефритоподобный змеевик

Бразильский изумруд — зеленый турмалин

» рубин — красивый топаз

» сапфир — синий турмалин или топаз

» хризолит — желто-зеленый турмалин

Бриллиант — 1) граненый алмаз; 2) самая сложная, многофасетная форма огранки алмаза и других самоцветов

Бристольский алмаз — горный хрусталь

Бронзит — железистая разность энстатита

Брусит

Бургиньон — французская имитация жемчуга

Бурмит (бирмит) — бирманский янтарь

Бурмитское зерно (стар.) — лучший, крупный жемчуг

Бутылочный камень — обсидиан

Бычачий глаз — лабрадор

Вареник (стар.) — красноватый аметист

Везувиян

Венерины волосы — волокнистые или игольчатые включения рутила, актинолита и других минералов в кварце

Вениса — гранат

Верде антико — пятнистый бело-зеленый серпентин, также зеленый порфир

Вердит — южноафриканский серпентин

Виллиямсит — черно-зеленый серпентин
 Вилуит — везувиан
 Водяной камень — энгидрос — разность опала
 » сапфир — кордиерит
 Волосатик — прозрачный или дымчатый кварц с включениями волокнистого рути-
 ла или других минералов
 Воробьевит — розовый цезиевый берилл
 Восковой опал — желтая разность опала
 Восточная бирюза — настоящая бирюза
 » ипима — гелиотроп
 Восточный алмаз — бесцветный
 » аметист — фиолетовый
 » гиацинт — красно-коричневый
 » изумруд — зеленый
 » топаз — желтый
 » хризолит — желто-зеленый

корунд

Гагат — бархатно-черная пластичная разность бурого угля

Галит

Гакони

Геданит — хрупкий прусский янтарь

Гелиодор — золотистый африканский берилл

Гелиотроп — зеленый, с красными пятнами халцедон

Гематит

Гемма — 1) в древности общее название драгоценных камней и изделий из них;
 2) гравированный камень

Гессонит — красно-коричневая разностьgrossуляра

Гешир — гагат

Гиацинт — красно-бурый или оранжевый циркон, также гессонит, везувиан, спес-
 сартин

Гиацинтовая шпинель — желто-красная шпинель, рубицелль

Гидденит — изумрудно-зеленая, желто-зеленая разность сподумена

Гидрофан — прозрачная в воде разность опала

Гиперстен

Гипс

Главколит — синий скаполит, также содалит

Голубой шпат — лазулит

Горный хрусталь — прозрачный кристаллический кварц

Гороховый камень — оолитовый арагонит или кальцит

Горшечный камень — тальковая или талько-хлоритовая, хорошо обрабатываемая
 порода

Гранат

Гранатовый жад — плотный grossуляр

Графит

Грен — единица веса для жемчуга ($\frac{1}{4}$ карата)

Grossуляр — зеленый или красно-коричневый известково-глиноземистый гранат

Данбурит

Датолит

Демантоид — зеленый или желто-зеленый, с сильным алмазным блеском, известко-
 во-железистый гранат-андрадит

Демидовит — хризоколл

Деревянистый опал — окаменелое дерев

Джирасоль — благородный опал, также лунный камень

Диопсид

Диоптаз

Дистен — кианит

Дихроит — кордиерит

Достокан — старое название зеленых камней

Дравит — бурый турмалин

Дублет (дуپлет) — граненый камень, склеенный: 1) из двух настоящих камней (для
 увеличения объема); 2) из двух частей, верхняя из которых состоит из дорогого
 самоцвета, а нижняя — из стекла или дешевого камня

Дымчатый горный хрусталь — дымчатый кварц

» топаз то же

Еврейский камень — структурный пегматит, письменный гранит, дающий в разрезе
 подобие еврейских письмен

Жад — 1) нефрит; 2) множество плотных минералов белого или зеленого цвета:
 серпентин, везувиан, grossуляр и др.

Жадент

Жаис (Jais) — агат

Жаргон — бесцветный (часто искусственно обожженный) циркон

Жировик-стеатит — плотный тальк.

Жемчуг

Жемчужный опал — нахолонг

Женский сапфир — бледносиний сапфир

Запона (стар.) — серьга с большим самоцветом, окруженным искрами

Звездчатый агат

» рубин

» сапфир

» топаз

камни, обладающие астеризмом, звездчатым отливом на сферической поверхности

Златоискр — авантюрин

Золотистый топаз — желтый горный хрусталь (чаще всего — полученный прокаливанием дымчатого кварца или аметиста)

Идокраз — везувиан

Изумруд — зеленая, хромосодержащая разность берилла

Индиголит — синий турмалин

Индийский авантюрин — зеленый окрашенный фукситом кварц

» топаз — желтый топаз или цитрин

Интальо — гравированный камень с углубленным рельефом

Иолит — кордиерит

Искра — граненый камень очень малых размеров (1.5—3.0 мм)

Искряк — авантюрин

Исландский агат — обсидиан

Испанский топаз — золотистый топаз

Итальянский порошок — окись олова, служащая для полировки камней

Ихтиофтальм

Ию (Ию-тши) — китайский нефрит

Кабошон — выпукло-сферическая или овальная форма обработки камня

Калаит — бирюза

Калетта — кюласса

Калифорнийский ирис — кунцит

Калифорнит — везувиан

Каллаит — калаит (бирюза)

Кальцит

Каменная соль — галит

Каменя — гравированный камень с выпуклым рельефом

Капский алмаз — желтый алмаз

» изумруд — пренит

» рубин — пироп

» хризолит — пренит

Карандашный камень — агайматолит

Карат метрический — 200.0 мг

» амстердамский — 205.7 мг

» берлинский (гамбургский) — 205.41 мг

» лейпцигский — 205.0 мг

» испанский — 205.393 мг

» Италия (Ливорно) — 215.99 мг

» Италия (Флоренция) — 197.200 мг

» Португалия (Лиссабон) — 205.75 мг

Карбонадо — черные пористые сростки алмаза

Карборунд — кремнистый углерод, получаемый сплавлением песка с углем (абразивное вещество высокой твердости)

Карбункул — старинное название яркокрасных камней (шпинель, пироп, алмадин)

Карнеол — сердолик, красный, оранжевый халцедон

Касситерит

Кафимское зерно — жемчуг второго сорта

Нахолонг — белая, желтая, фарфоровидная разность кремнекислоты, представляющая переход от опала к халцедону

Кварц

Квинсит — розовый полупопал

Кланит

Киннамоновый камень — коричневый гранат-гроссуляр

Клиновидная огранка — огранка треугольными гранями с прямоугольной или ромбической площадкой

- Колофонит — гранат-андрадит
 Колыбаш — плотная разновидность каолина, близкая агальматолиту
 Компостельский рубин (гиацинт) — разновидность кварца, окрашенная железными окислами
 Коньи зубы — кристаллы топаза с белой эмалевидной пленкой
 Копал — ископаемая смола, отчасти напоминающая янтарь
 Копьевидный колчедан — марказит
Коралл
Кордиерит
 Коричневый камень — гессонит (гранат)
 Корналин — сердолик
 Коронка — верхняя часть граненого камня (противоположная базе)
Корунд
 Кошачий глаз — 1) кварц, проросший асбестом; 2) псевдоморфоза кварца по асбестовым минералам; 3) разновидность хризоберилла с полосчатым отливом на сферической поверхности
 Кремень — нечистый халцедон (с примесью других модификаций кремнезема, Fe_2O_3 и др.)
 Крестовик — хиастолит, разновидность андалузита
 Крестовый камень — ставролит
 Кровавик — плотный гематит
 Кровавый камень — гелиотроп или гематит
 Кровяная яшма — гелиотроп
 «Крокидолит» — тигровый глаз
 Крокус — окись хрома или гематит (полировальный порошок)
 Кулибинит — серо-зеленый забайкальский обсидиан
 Кунцит — розовый сподумен
 Кюласса — нижняя горизонтальная грань обработанного бриллиантом камня, противоположная верхней площадке. Иногда сходит на-нет («пунктом»)
 Лабрадор — известково-патровый, красиво иризирующий полевой шпат
 Лазоревый камень — лазурит
Лазулит
 Лазуревый шпат — бирюза
Лазурит
 Лазурь-апатит — голубой апатит
 Лал — старое название шпинели, отчасти других красных камней
 Ласточкин хвост — двойниковый кристалл гипса
 Легкий шпат — гипс
 Лейкосапфир — бесцветный сапфир
 Лепидолит — фиолетовая литиевая слюда
 Литиевый аметист — кунцит
 » изумруд — гидденит
 Ложный рубин — флюорит
 » сапфир — кордиерит
 » топаз — горный хрусталь
 Лунный камень — иризирующий адуляр или альбит
 Лучистый колчедан — марказит
 Люмахелла, люмахель — раковистый известняк с красивыми перламутровыми отливами
 Ляпис-лазули (ляпис-лазурь) — лазурит
 Макль — хиастолит
Малахит
 Малиновый шерл — турмалин
 Марказит — обсидиан
Марказит
 «Марказит» — на языке ювелиров — ширит
 Мармолит — разновидность серпентина
 Матараский алмаз — бесцветный циркон
 Медная зелень — хризоколл, землистый малахит
 » лазурь — азурит
 » синь — азурит или хризоколл
 Медный изумруд — диоптаз
 Мексский камень — синий халцедон
 Мексиканский агат — плотная известковая накипь
 Меланит — черный гранат с сильным стеклянным блеском
 Мокисский камень — дендритовый халцедон
 Молдавит — зеленый обсидиан (тектит) космического происхождения
 Молочный опал — разновидность опала

Морганит — воробьевит
 Морион — дымчатый кварц густой темной окраски
 Мороксит — апатит
 Морская пенка — сепиолит
 Морской камень — янтарь
 Моховик — агат с моховидными включениями или серпентин с темными пятнами
 Мраморный оникс — натечный арагонит или кальцит с ленточной текстурой; белого, зеленого, красного, желтого цвета

Надцвет — оттенок цвета, чуждого основной окраске камня
 Наждак — порода, представляющая смесь корунда или шпинели с магнетитом, гематитом, пиритом, хлоритоидом и др. В дробленном виде — шлифовальный порошок

Небли — лучший индигово-синий сорт афганского лазурита

Нефрит

Нигрин — черный рутил

Ногат — оникс, полосчатый халцедон

Образный камень — агальматолит

Обсидиан — природное вулканическое стекло

Огненный опал — красная и оранжевая разновидности опала (без иризации)

Одонтолит — костяная бирюза

Окаменелое дерево — псевдоморфоза опала или халцедона по дереву

Оливин

Оловянный камень — касситерит

Оникс — агат с черными или белыми слоями

Оникс-алебастр — мраморный оникс

Опал

Орлец — родонит

Офит — светлозеленый, отчасти просвечивающий серпентин

Павильон — база, нижняя часть ограненного камня

Павлит — гиперстен

Пагодит — агальматолит

Парагон — барок, жемчуг неправильных, уродливых форм

Пегматит — 1) еврейский камень; 2) крупнокристаллическая (гигантокристаллическая) разновидность гранита (отчасти других пород)

Переливт (перелифть) — полосчатый, струйчатый уральский агат

Перидот — оливин

Перистерит — альбит с голубоватым отливом (лунный камень)

Перламутр — красиво отливающий арагонитовый слой на внутренней поверхности раковин

Персидская бирюза — лучшая бирюза

Пирит

Пироп — кроваво-красный магнезиально-глиноземистый гранат

Пирофиллит

Писсит — полуопал (Алтай)

Пистацит — эпидот

Плавик — флюорит

Плавиковый шпат — то же

Плавленный александрит

» рубин

» сапфир

» топаз

} синтетический корунд

Плазма — зеленый халцедон

Площадка — верхняя горизонтальная грань граненого камня

Плумпер — дублет, верхняя часть которого состоит из горного хрусталя, а низ — из цветного стекла

Полевой шпат

Полотно (уральск.) — площадка граненого камня

Полуопал — окрашенная, слабо иризирующая разновидность опала

Порфир — кислая излившаяся порода, иногда красиво окрашенная, состоящая из основной массы и крупных кристаллов-вкрапленников.

Почечный камень — нефрит

Празем — светлозеленый просвечивающий кварц или халцедон

Празопал — зеленый, содержащий никель опал

Пренит

Псевдоалмаз — горный хрусталь

Пурпурин — пурпурно-красная смальта

Пушкинит — эпидот

Радиолит — мраморный оникс

Ратто — арабская мера, близкая карату (175 мг)

Ратовкит — лиловый землистый флюорит

Раухтопаз — дымчатый горный хрусталь

Рейнский алмаз — горный хрусталь

Роговик — кремнь

Родохит

Роза — простейшая форма фasetной огранки с плоским основанием и треугольными гранями

Розовый кварц — массивный жильный кварц, окрашенный следами Mn в розовый цвет

Ростерит — пластинчатый и короткостолбчатый цезиевый берилл

Рубеллит — красный турмалин

Рубин — красный, красно-фиолетовый корунд

» реконструированный — рубин, полученный сплавлением рубинового же порошка

Рубин-балэ — красная шпинель

Рубиновый кошачий глаз — рубин с полосчатым отливом

Рубицелль — желто-красная шпинель

Рудный цветок — флюорит

Руманит — румынский янтарь

Рундист, рундиста — узкий ободок, разделяющий верх (коронку) и низ (базу) граненого камня и служащий для укрепления его в оправе

Рутил

Сагениит — игольчатые вроски рутила

Сагенитовый кварц — волосатик

Саппарэ — кианит

Сапфир — синий корунд

Сапфирий

«Сапфирий» — синяя разность халцедона

Сардер — бурый халцедон

Сардоникс — агат с белыми и буро-красными полосами

Сателит — серпентиновый кошачий глаз

Селенит — волокнистый гипс с лунным отливом

Семенной жемчуг — мелкий просверленный жемчуг

Сециолит

Сердолик — красный, желтый или оранжевый халцедон

Сердоликовый оникс — агат с белыми и красными полосами

«Сердцевина» — прозрачные куски каменной соли (Илецкое месторождение)

Серный колчедан — пирит

Серпентин

Сиамский алмаз — бесцветный циркон

Сиберит — фиолетово-красный турмалин

Сибирский алмаз — топаз

» рубин — сиберит

Сидерит — 1) сапфировый кварц (Зальцбург); 2) старое название серого алмаза; 3) лазурит

Симетит — сицилийский янтарь

Синий шпат — лазулит

Скамбия — 1) индийский опал; 2) кварц или агат с перламутровым отливом

Скатный жемчуг — лучший, правильно круглый жемчуг

Смальта — 1) пирит и марказит; 2) цветная стекловидная масса для мозаики

Смарагд — изумруд

Смитсонит

Смоляк — морион

Смоляной камень — обсидиан

«Собрание любви» — авантюриновое стекло

Содалит

Соколиный глаз — отливающая псевдоморфоза кварца по крокидолиту

Солнечный камень — полевой шпат с искристыми включениями

Спаржевый камень — апатит

Спессартин — марганцово-глиноземистый гранат

Сподумен

Сподумен-аметист — кунцит

Сподумен-изумруд — гидденит

Ставролит

Ставротид — ставролит

Старлит — синий (большой частью термически обработанный) циркон

Стеатит — плотный тальк

Стекланная красная голова — гематит

Стекланный камень — 1) гиалит; 2) аксинит

» кварц — горный хрусталь

» шерл — аксинит

Стефанов камень — гелиотроп

Страв — страсс

Страсс — высокопреломляющая стеклянная масса с сильным блеском, служащая для имитации самоцветов

Струганец (уральск.) — кристалл

Ступенчатая огранка — огранка с широкой четырехугольной площадкой и длинными параллельно-ступенчатыми боковыми гранями (для изумруда, аквамарина, также топаза и др.)

Сукцинит — янтарь

Сфен

Табличатая огранка — ступенчатая

Талика — старое уральское название стеатита

Тальк

Таусинный камень (от персидского тауси—павлин) — лабрадор, также отливающий сапфир

Твердый шпат — андалузит

Тектит — молдавит

Титанит — сфен

Топаз

Топазолит — демантоид

Трансваальский жад — плотныйgrossуляр

Трепел — полировальный порошок, состоящий из органогенного кремнезема

Триплет — форма имитации изумруда, состоит из трех частей: 1) верха — из дешевого камня, 2) прокладки зеленого стекла и 3) низа — из дешевого камня

Трифан — сподумей

Трифаншпат — пренит

Трихроит — кордиерит

Тулит — розово-красный цоизит

Тумпав (стар.) — топаз

Турмалин

Тяжеловес — топаз

Уваровит — хромовый, яркозеленый гранат

Укусная шпинель — красно-желтая шпинель

Уругвайский топаз — термически обработанный буро-красный кварц

Фарий (инд.) — алмаз

Фасетка — грань (искусственная)

Фашода-гранат — восточноафриканский пироп

Фенакиг

Фигурный камень — агальматолит

Фиолетовый шерл — аксинит

Флорентийская мозаика — художественная композиция из подобранных по окраске и оттенкам кусочков твердых камней

Флюорит

Фовлерит — фоулерит-родонит

Фукусит — зеленая хромовая слюда

Халцедон

Халцедон-оникс — агат с синими, серыми и белыми полосами

Хнастолит — 1) разность андалузита, дающая в поперечном сечении фигуру креста; 2) двойник ставролита крестовидной формы

Хризолит — 1) оливин; 2) на языке ювелиров — демантоид, пренит, везувиан, хризоберилл, молдавит и др.

Хризопал — празопал

Хризопраз — яблочно-зеленый никельсодержащий халцедон, или роговик

Хрупик — эвклав

Цветок (синий или золотой) — название, данное украинскими камнерезами призматическим вкрапленным лабрадора в породе

Цейлонский кошачий глаз — хризоберилл

» рубин — альмандин

» хризолит — турмалин

Цейлонский циркон — огненно-красная разновидность циркона

Целенятес (стар.) — селенит

Цереит — восково-желтый кварц
Цимофан — желтый, желто-зеленый хризоберилл с отливом; кошачий глаз
Циприн — синий везувиан
Циркон

Шамир (свр.) — корундовый или фовальный порошок
Шерл — 1) черный турмалин; 2) название, применяемое ко многим камням (турмалину, прениту, аксиниту и др.)
Шессилит — азурит
Шиллер-кварц — кошачий глаз
Шмальта — смальта
Шокшинский порфир — шоколадно-коричневый, красноватый сливной кварцит
Шпинель
Шунгит — черная блестящая разновидность самородного углерода, близкая к графиту (Карело-Финская ССР)

Эвдиалит
Эвеляз
Эвколит — эвдиалит
Электрон — янтарь
Энгидрос — содержащий воду прозрачный халцедон
Эпидот
Эссонит — гессонит

Ягут (якут) — старое название красных самоцветов
Янтарь

Японский жемчуг — искусственно выращиваемый жемчуг
Яхонт — старое название корундовых камней

- » синь (стар.) — сапфир
- » червчат (стар.) — рубин
- Яшма — 1) очень мелкозернистая, плотная, отлично полирующаяся кварцевая осадочно-метаморфическая порода; 2) техническое название многих яшмовидных пород различного генезиса
- » античная — зеленовато-серый порфир (Алтай)
- » аушкульская — кремевая с дендритами известковой породы (Урал)
- » батарейная (фортификационная) — текстурная разность тунгатаровской яшмы (Урал)
- » белая — кремово-белый (тона слоновой кости) дендритовый порфир (Алтай)
- » белоагатинская — белая с красными пятнами (Магнитогорск)
- » брекчиевидная — из разноцветных обломков
- » зеленоволнистая — разность ревневской яшмы со слоями темно- и серо-зеленого цвета (Алтай)
- » египетская — кирпично-красная и бурая нильская яшма
- » калканская — серо-голубая, очень плотная порода близ оз. Калкэн (Баш. АССР)
- » камневрайская — зеленая и зелено-желтая из окрестностей Карагайской крепости
- » копейчатая — серо- или темнофиолетовый порфир со сферолитами кварца и халцедона (Алтай)
- » коргонская — разных цветов порфиры, частью порфириты (Алтай)
- » кофейная — густой темнокоричневой окраски (Алтай)
- » кошкульдинская — из зеленых и вишнево-красных полос (Урал)
- » кровяная — гелиотроп
- » ленточная — из параллельных полос
- » локтевская — черный порфир (Алтай)
- » наурузовская — кошкульдинская (Урал)
- » новониколаевская — темнозеленовато-синяя, с белыми прожилками (ташьянит)
- » орская — лучшая в мире по разнообразию и красоте раскрасок и узора из окрестностей г. Орск
- » «палевая» — волнисто-зеленый, с красноватыми пятнами кварцит р. Палевой из окрестностей Риддерского рудника (Алтай)
- » риддерская — «палевая»
- » серо-фиолетовая — очень плотный коргонский порфир с мелкими вкраплениями кварца и полевого шпата (Алтай)
- » сургучная — 1) яркокрасная яшма с Ирндьжского хребта; 2) буро-красный коргонский порфир
- » фарфоровая — яшмовидная порода, образованная в результате подземного пожара
- » черная — локтевская (Алтай)
- » ямская — из вишневых и палевых полос (Урал)

ТАБ
 Главные свойства драгоценных,

Наименование, хим. состав, разновидности	Формы выделения (Ф. в.) Спайность (С.) Излом (И.)	Блеск (Б.). Цвет (Ц.) Плеохроизм (Пх.) Прозрачность (Пр.)	Твердость (Т.) Уд. вес (У. в.)
1	2	3	4
Азурит $2\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2$	Ф. в. — кр. моноклин. сг.; сплошные или землист. массы С. — совершенная И. — раковистый	Б. — стекл. до алмаз- ного Ц. — лазурно-синий Пх. — сильный в 1-м цвете Пр. — просвечив. до прозрачного	Т. = 3.5—4 У. в. = 3.77— — 3.89
Аксинит $\text{H}(\text{Fe}, \text{Mn})$ $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{B}$ $(\text{SiO}_4)_4$	Ф. в. — широкие кр. триклин. сг.; сплошной, лис- товатый, зем- листый С. — ясная И. — раковистый	Б. — стекл. Ц. — гвоздично-бу- рый, син., желт., желто-зеленый Пх. — сильный Пр. — прозрач. до по- лупросвечива- ющего	Т. = 6.5—7 У. в. = 3.27— — 3.29
Алмаз C	Ф. в. — октаэдрич. кр. кубич. сг., ча- сто с закругл. гранями С. — совершенная И. — раковистый	Б. — алмазный Ц. — желт., голуб., зелен.; бесцвет- ный Пр. — прозрач. в раз- личной степени	Т. = 10 У. в. = 3.5— — 3.52
Разновидности: Борт Баллас Карбонадо	Неправильные зерна Округлые зерна Сплошной, С. — нет	То же » Ц. — черный, непро- зрачный	То же » »
Ангидрит CaSO_4	Ф. в. — ромбич. сг. (встреч. редко); плотный, зер- нист., пла- стинч., волок- нистый С. — совершенная И. — неровный, за- нозистый	Б. — стекл., жемчуж- ный Ц. — белый, серый, синеват., красно- ватый	Т. = 3—3.5 У. в. = 2.9— — 2.98
Андалузит Al_2SiO_5	Ф. в. — призматич. кр. ромбич. сг.; лучистые, зер- нист. формы С. — ясная И. — неровный, ра- ковистый	Б. — стеклянный Ц. — розов., красн., фиолет., оливко- вый Пх. — иногда сильный в 2-х цветах Пр. — прозрач. до не- прозрачного	Т. = 7.5 У. в. = 3.16— — 3.21

1. Условные сокращения:

кл. — класс;
 кр. — кристалл;
 м-ние — месторождение;

обл. — область;
 о-в — остров;
 п-ов — полуостров;

ЛИЦА 9

полудрагоценных и поделочных камней 1

Средний показатель преломления n ; двупреломление (Дпр.); дисперсия (Дс.)	Происхождение	Главные месторождения		Ограночный камень (О. к.). Поделочный камень (П. к.) (По классификации Ферсмана-Болла, стр. 406). Форма обработки (Ф. о.)
		в СССР	за границей	
5	6	7		8
$n=1.77$ Дпр. = 0.11	Поверхностное, в зоне окисления медных м-ний	Алтайск. край; Свердловск. обл.	США (Аризона); Родезия; Чили	П. к. I кл.
$n=1.68$ Дпр. = 0.01	Гидротермальное, в трещ. жилах, рудных м-ниях	Кар.-Фин. ССР (Петрозаводск); Челябинск. обл. (Беркутова гора)	Франция (Дофине)	О. к. III кл. (3)
$n=2.42$ Дс. = 0.044	Магматич.; основные породы; пегматит. жилы (?)	Свердловск. обл.; Молотовская обл.	Ю. Африка; Бразилия; Индия	О. к. I кл. Ф. о. — бриллиантовая, смешанная, розой
То же » »	То же » »	То же » »	То же » Бразилия	Употребляются как абразивный материал
$n=1.59$	Химич. осадки из морской воды	Вологодск. обл. (Сухона); Куйбышевск. обл. (Жигули); Сталинск. обл. (Артемовск)	Германия [б. Польша (Величка)]	
$n=1.64$	Гл. обр. метаморфич. и контактное	Павлодарск. обл. (Семиз-Бугу)	Тироль; Испания (Андалузия)	О. к. III кл. (3)

р. — река;
р-и — район;
рудн. — рудник;

с. — светло;
сг. — сингония;
т. — темно.

Наименование, хим. состав, разновидности	Формы выделения (Ф. в.) Спайность (С.) Излом (И.)	Блеск (Б.). Цвет (Ц.) Илеохроизм (Пх.) Прозрачность (Пр.)	Твердость (Т.) Уд. вес (У. в.)
1	2	3	4
Разновидность: Хиастолит	Ф. в. — мелкие и крупные кр. с фигурой креста в поперечн. разрезе	Б. — стеклянный Ц. — серый, буроватый, красноватый; иногда бесцветный	Т. = 7.5 У. в. = 3.16— —3.21
Апатит $\text{Ca}_5(\text{Cl}, \text{F})(\text{PO}_4)_3$	Ф. в. — призматич. кр. гексагональной сг.; зернист. массы С. — несовершенная И. — раковистый	Б. — стеклянный Ц. — голуб., зелен., фиолет.; бесцветный Пр. — прозрач. до непрозрачного	Т. = 5 У. в. = 3.2
Арагонит CaCO_3	Ф. в. — игольчат., призматич. кр. ромбич. сг.; оолиты, натеки С. — нет И. — раковистый	Б. — стеклянный Ц. — белый, желтоват., зеленоватый Пр. — прозрач. до просвечивания	Т. = 3.5—4 У. в. = 2.95
Бенитоит $\text{BaTiSi}_3\text{O}_9$	Ф. в. — дитригонально-пирамидальные кр. гексагональной сг.	Б. — стеклянный Ц. — сапфирово-синий Пх. — сильный в 2-х цветах Пр. — прозрачен	Т. = 6.5 У. в. = 3.65
Берилл $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$	Ф. в. — длинные кр. гексагональной сг.; зернист., плотный С. — несовершенная И. — раковистый	Б. — стекл., иногда смолистый Ц. — бледнозеленый, грязнозеленый, желт., белый Пр. — прозрач. до непрозрачного	Т. = 7.5—8 У. в. = 2.6— —2.8
Разновидности: Золотистый берилл	То же	Ц. — золотисто-желтый	То же
Изумруд	»	Ц. — яркозеленый	»
Аквамарин	»	Ц. — сине-зеленый	»

Продолжение

Средний показатель преломле- ния (n); двупреломле- ние (Дпр.); дисперсия (Дс.)	Происхожде- ние	Главные месторождения		Ограночный ка- мень (О. к.). По- делочный камень (П. к.) (По клас- сификации Ферсмана-Болла). Форма обработки (Ф. о.)
		в СССР	за границей	
5	6	7		8
n=1.64	Гл. обр. мета- морфич. и кон- тактное	Читинск. обл. (Нерчинск. р-н)	Ю. Австралия (Хоуден)	—
n=1.63 Дпр.=0.004	Магматич., контактное, гидротермаль- ное	Иркутск. обл. (Слюдянка); Мурманск. обл. (Хибины)	Чехия (Славко- во, Циннвальд); Испания (Ху- милья)	О. к. III кл. (3)
n=1.63	Гидротермаль- ное	Узб. ССР (Шор- су); Челябинск. обл. (Шихимск. горы)	Италия (Сици- лия); Германия (Карлсбад)	П. к. II кл.
n=1.78 Дпр.=0.05	Гидротермаль- ное	—	США (Сан- Бенито, Кали- форния)	О. к. III кл. (3) Ф. о. — брилли- антовая или набо- шон
n=1.58 Дпр.=0.006	Магматич., пневматолит., гидротермаль- ное	Свердловск. обл. (Изумрудные копи, Алабашка, Мурзинка, Сарапулка)	США (Мэн, Н.-Гемпшайр)	О. к. II кл. Ф. о. — брилли- антовая ступен- чатая
То же	То же	Бурят-Монг. АССР (Шерлова гора)	США (Н.-Гемп- шайр)	О. к. II кл. Ф. о. — брилли- антовая
»	»	Свердловск. обл. (Изумрудные копи)	Колумбия (Муво); Ю. Африка; Австралия	О. к. I кл. Ф. о. — таблицей
»	»	Бурят-Монг. АССР (Шерлова гора)	Бразилия (Бре- жиньо, Байа); США (Колорадо)	О. к. — II кл. Ф. о. — брилли- антовая, сту- пенчатая

Наименование, хим. состав, равновидности	Формы выделения (Ф. в.) Спайность (С.) Излом (И.)	Блеск (Б.). Цвет (Ц.) Плеохроизм (Пх.) Прозрачность (Пр.)	Твердость (Т.) Уд. вес (У. в.)
1	2	3	4
Воробьевит (морганит) сод. до 3% Cs	Ф. в. — короткие кр. гексагональ- ной сг.	Ц. — розовый	Т. = 7.5—8 У. в. = 2.8
Бериллонит NaBePO_4	Ф. в. — короткостолб- чат. кр. моно- клин. сг. С. — совершенная	Б. — стекл., перла- мутровый Ц. — бледножелтый Пр. — прозрачен	Т. = 5.5—6 У. в. = 2.85
Бирюза $\text{CuAl}_6(\text{OH})_8(\text{PO}_4)_4$	Ф. в. — обычно скры- токристал- лич., сплош- ная; натеки, почки, короч- ки С. — нет И. — раковистый	Б. — восковой Ц. — небесно-голу- бой, зелен., яблочно-зеле- ный	Т. = 5.6 У. в. = 2.6— —2.83
Брусит $\text{Mg}(\text{OH})_2$	Ф. в. — таблич. кр. гексагон. сг.; сплошной, ли- стоватый С. — совершенная	Б. — перламутр., стекл.; восковой Ц. — белый, серый, син., зеленый	Т. = 2.5 У. в. = 2.38— —2.4
Везувиян $\text{Ca}_5\text{Al}(\text{OH}, \text{F})\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_5$	Ф. в. — призматич. и пирамидальн. кр. тетраго- нальн. сг.; сплошные, мелкозерн. массы С. — неясная И. — раковистый, неровный	Б. — стеклянный Ц. — желтоват., зе- лен., т.-зелен., бурий	Т. = 6.5 У. в. = 3.35— —3.45
Разновидности: Калифорнит	Плотный	Ц. — зеленый	То же
Циприн	То же	Ц. — синий	»
Галит NaCl	Ф. в. — кубич. кр. ку- бич. сг.; сплош- ной, зернист., плотный С. — совершенная И. — раковистый	Б. — стеклянный Ц. — белый, желто- ват., синеват., красноват.; бес- цветный Пр. — прозрачн. до просвечивания	Т. = 2.5 У. в. = 2.1

Продолжение

Средний показатель преломле- ния (n); двупреломле- ние (Дпр.); дисперсия (Дс.)	Происхожде- ние	Главные месторождения		Ограночный ка- мень (О. к.). По- делочный камень (П. к.) (По клас- сификации Ферсмана-Болла). Форма обработки (Ф. о.)
		в СССР	за границей	
5	6	7		8
n=1.58 Дпр.=0.006	Пневматолит., гидротермаль- ное	Читинск. обл. (Саватеева, Нерчинск. р-н); Свердловск. обл. (Липовка)	Мадагаскар	О. к. II кл. Ф. о. — брилли- антовая, сту- пенчатая
n=1.56 Дпр.=0.01	Пневматолити- ческое	—	США (Мэн)	О. к. II кл. (редок)
n=1.63 Дпр.=0.04	Поверхностное	Тадж. ССР (Ис- фара); Узб. ССР (Самарканд, Коканд, Ход- жент)	Иран (Нишапур); США (Ари- зона, Н. Мекси- ка, Невада)	О. к. II кл. Ф. о. — кабошон
n=1.57	Поверхностн. продукт измене- ния магнезиальн. силикатов	Свердловск. обл. (Пышма); Челябинск. обл. (Назямск., Ши- шимские горы)	США (Н.-Йорк, Тексас и др.)	П. к. II кл.
n=1.72 Дпр.=0.006	Контактное (в известняках)	Челябинск. обл. (Шимширские горы, Ахматовская, Еремеевская копи); Якут. АССР (устье р. Вилюя)	Италия (Монте- Сомма, Триент, Пьемонт); Фин- ляндия; США (м-ния много- численны)	П. к. I кл.
То же	То же	То же	США (Калифор- ния)	—
»	»	»	Норвегия (Телемаркен)	—
n=1.54	Химич. осажде- ние из водного раствора	Сталинск. обл. (Донбасс, Брян- цевская копь)	—	П. к. II кл.

Наименование, хим. состав, разновидности	Формы выделения (Ф. в.) Спайность (С.) Излом (И.)	Блеск (Б.). Цвет (Ц.) Плеохроизм (Пх.) Прозрачность (Пр.)	Твердость (Т.) Уд. вес (У. в.)
1	2	3	4
Гаюли $3(\text{Na}_2, \text{Ca})\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ $2(\text{Na}_2, \text{Ca})\text{SO}_4$	Ф. в. — кр. кубич. сл.; зерна С. — ясная И. — раковист., неровный	Б. — стекл., жирный Ц. — яркосиний, небесно-голубой, зеленоват., серый Пр. — полупрозрачн. до просвечив.	Т. = 5.5—6 У. в. = 2.4—2.5
Гематит Fe_2O_3	Ф. в. — ромбоздрич. или таблич. кр. гексагон. сл.; чешуйчат., листоватый И. — неровный, неясно раковист.	Б. — металлоидный Ц. — стально-серый, железо-черный	Т. = 5.5—6.5 У. в. = 4.9—5.3
Разновидности: Кровавик (красн. железняк)	Ф. в. — плотный, столбчат., волокнистый	Ц. — коричн.-красн., желто-черный	То же
Гиперстен	Ф. в. — призматич. кр. ромбич. сл.; плотный, листоватый С. — совершенная И. — неровный	Б. — металлич., перламутровый Ц. — коричнев., зелен., томпаков., серо-черный Пх. — ясный в 3-х цветах Пр. — непрозрачн. до просвечив.	Т. = 5—6 У. в. = 3.4—3.5
Гипс	Ф. в. — пластинчат., призматич. кр. моноклин. сл.; плотный, мелкозернистый С. — весьма совершенная И. — раковистый или волокнистый	Б. — жемчужн., полуметаллический Ц. — белый, серый, красн., желт., бурый, черный	Т. = 1.5—2 У. в. = 2.3
Разновидность: Селенит (атласн. шпат)	Ф. в. — волокнистый	—	То же
Гранат	Ф. в. — ромбо-додраэды и трапецоэдры кубич. сл.; зернист., скрытокристаллич. плотн. С. — нет И. — раковистый	Б. — см. ниже Ц. — см. ниже Пр. — прозрачн. до непрозрачного	см. ниже

Продолжение

Средний показатель преломле- ния (n); двупреломле- ние (Дпр.); дисперсия (Дс.)	Происхожде- ние	Главные месторождения		Ограночный ка- мень (О. к.). По- делочный камень (П. к.) (По клас- сификации Ферсмана-Болла). Форма обработки (Ф. о.)
		в СССР	за границей	
5	6	7		8
n = 1.50	Вулканич. в щелочн. породах	—	Италия (Монте- Сомма, Везувий)	П. к. II кл.
—	Магматич., пневматолитич., гидротермаль- ное, поверх- ностное	Днепропетровск. обл. (Кривой Рог); Сверд- ловск. обл. (Шабры, Бертева гора, Н. Тагил)	Швеция (Гелли- вара); Швейца- рия (С.-Готард); США (Верхнее озеро)	О. к. II кл. (4) Ф. о. — кабошо- ном
—	То же	То же	То же	
n = 1.70 Дпр. = 0.01	Магматич. (в основных породах)	Свердловск. обл. (Денежкин Ка- мень); Киевск. обл. (Паромовка)	Бавария (Бод- женмайс); Канада (о-в Сен-Паул)	О. к. III кл. (3)
n = 1.52	Химич. осадок озерных и мор- ских бассейнов	Молотовск. обл. (Кунгур); Архангельск. обл. (Пинега)	Тироль; Швей- цария (Ваадт); США (Н.-Йорк, Кентукки)	П. к. III кл.
То же	То же	Молотовск. обл. (Кунгур); Архангельск. обл. (Кулой)	—	—
см. ниже	см. ниже	см. ниже	см. ниже	см. ниже

Наименование, хим. состав, разновидности	Формы выделения (Ф. в.) Спайность (С.) Излом (И.)	Блеск (Б.). Цвет (Ц.) Плеохроизм (Пх.) Прозрачность (Пр.)	Твердость (Т.) Уд. вес (У. в.)
1	2	3	4
Разновидности: Пироп $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	Ф. в. — ромбо-додека- эдры и трапе- цоэдры кубич. сг. С. — нет И. — раковистый	Б. — стекл., жирный Ц. — кроваво-крас- ный	Т. = 7—7.5 У. в. = 3.5— —3.8
Альмандин $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$	То же	Б. — стекл., жирный Ц. — т.-красн., крас- но-фиолетовый	Т. = 7—7.5 У. в. = 4.1— —4.3
Демантоид $Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$	»	Б. — алмазный Ц. — изумрудно-зе- лен., желто-зе- лен., черный	Т. = 6.5—7 У. в. = 3.7— —4.1
Гессонит Гроссуляр $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$	»	Б. — стекл., жирный Ц. — коричн.-крас- ный, серо-зеле- ный	Т. = 6.5—7 У. в. = 3.4— —3.6
Уваровит $Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$	»	Б. — стеклянный Ц. — изумрудно-зе- леный	Т. = 6.5—7 У. в. = 3.4— —3.8
Графит С	Ф. в. — редко кр. гек- сагон. сг.; лис- товат., зер- нист., чешуй- чат., плотный С. — совершенная	Б. — металлич. или отсутствует Ц. — стально-серый до железно-чер- ного Пр. — непрозрачен	Т. = 1—2 У. в. = 2.09— —2.23
Данбурит $CaB_2(SiO_4)_2$	Ф. в. — призматич. кр. ромбич. сг.; плотные массы С. — очень неясная И. — неровный	Б. — стекл. до жир- ного Ц. — белый, желт., винно-желт., желто-бурый Пр. — прозрачн. до просвечив.	Т. = 7—7.25 У. в. = 2.97— —3.02
Датолит $HCaBSiO_3$	Ф. в. — короткоприз- матич. кр. мо- нокл. сг., столбчат., лу- чист., зер- нист., сплош- ной, фарфоро- видный С. — нет И. — раковист. до неровного	Б. — стекл., полусмо- листый Ц. — белый, сероват., бледнозелен., желт., красн., аметистовый Пр. — прозрачн. до просвечив.	Т. = 5—5.5 У. в. = 2.9—3

Продолжение

Средний показатель преломления (n); двупреломление (Дпр.); дисперсия (Дс.)	Происхождение	Главные месторождения		Ограночный камень (О. к.). Поделочный камень (П. к.) (По классификации Ферсмана-Болла). Форма обработки (Ф. о.)
		в СССР	за границей	
5	6	7		8
n=1.70 Дс.=0.027	Магматич. (в основных породах)	—	Ю. Африка (Трансвааль); Чехия (Меро-ница)	О. к. II кл. Ф. о. — смешан., кабошон
n=1.83 Дс.=0.024	Магматич. (в кислых породах); контактное, динамогенное	Кар.-Фин. ССР (Шуерецкое м-ние); Якут. АССР (рр. Мама, Витим)	Цейлон; Бирма; Бразилия; Мадагаскар	О. к. II кл. Ф. о. — смешан., ступенчатая
n=1.89 Дс.=0.057	Магматич. (в жилах среди основных пород)	Свердловск. обл. (Н. Тагил, р. Полдневая)	Саксония; Венгрия	О. к. II кл. Ф. о. — смешан., ступенчатая
n=1.74 Дс.=0.028	Контактное (в известняках)	Свердловск. обл. (Баженово); Якут. АССР (Вилуй)	Цейлон; Бирма; Трансвааль (Претория); США (Вермонт, Калифорния, Н.-Гемпшайр)	О. к. II кл. Ф. о. — смешан., ступенчатая П. к. I кл.
n=1.87	Магматич. (в основных породах)	Свердловск. обл. (Сарановская копь, Бисседык)	Канада (Квебек)	О. к. II кл.
—	Магматич., пневматолитич., динамогенное	Бурят-Монг. АССР (Ботогольский Голец)	Англия (Борроудаль, Кумберленд)	П. к. II кл.
n=1.63	Магматич. пегматит. жилы	—	США (Данбури, Коннектикут); Мадагаскар (Битл)	О. к. III кл. (3)
n=1.65 Дпр.=0.04	Магматич. пегматит. жилы; гидротермальное	Крым. АССР (Кара-даг); Ордж. край (Машук)	Германия (Гарц); Италия (Бавено); США (Верхнее озеро)	П. к. II кл.

Наименование, хим. состав, разновидности	Формы выделения (Ф. в.) Спайность (С.) Излом (И.)	Блеск (Б.). Цвет (Ц.) Плеохроизм (Пх.) Прозрачность (Пр.)	Твердость (Т.) Уд. вес (У. в.)
1	2	3	4
Диопсид $\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$	Ф. в. — призматич. кр. моноклин. сг.; столбчат., вер- нистый С. — ясная И. — неровн. рако- вистый	Б. — стекл. до смо- листого Ц. — желтый, бледно- зелен., т.-зеле- ный, бесцветный	Т. = 5.6 У. в. = 3.2— —3.38
Диоптаз H_2CuSiO_4	Ф. в. — призматич. кр. гексагон. сг.; вернист., сплошной	Б. — стеклянный Ц. — изумрудно-зеле- ный Пр. — прозрачн. до просвечивания	Т. = 5 У. в. = 3.28— —3.35
Жадент $\text{NaAl}(\text{SiO}_3)_2$	Ф. в. — зернист., волок- нист., листова- тый, плотный С. — неясная И. — занозистый	Б. — полустекл., пер- ламутровый Ц. — яблочн., луко- во-, изумрудно- зеленый, белый с зелен. пят- нами Пр. — просвечивает	Т. = 6.5—7 У. в. = 3.3— —3.5
Жемчуг $\text{CaCO}_3 + \text{орг. вещ.}$	Ф. в. — кругл. зерна, неправильные, ветвистой формы	Б. — жемчужный Ц. — розов., синеват., стально-серый, желт., коричн., черный	Т. = 2.5—3.5 У. в. = 2.5— —2.7
Разновидность: Перламутр	Слой на внутрен. по- верхности раковин	—	То же
Кальцит CaCO_3	Ф. в. — разнообразн. кр. гексагон. сг.; зернист., плотный С. — весьма совер- шенная И. — раковистый	Б. — стеклянный Ц. — белый, голубой, желт., красн., зеленый	Т. = 3 У. в. = 2.7
Разновидность: Исланд. шпат	—	Ц. — бесцветный	То же
Касситерит SnO_2	Ф. в. — призматич. и пирамид. кр. квадр. сг.; зер- нистый, почко- видный, плот- ный С. — несовершенная И. — неясно раков- мистый до неров- ного	Б. — алмазный, ме- таллоидный Ц. — черный, ко- ричн., красн., белый	Т. = 6—7 У. в. = 6.8

Продолжение

Средний показатель преломления (n); двуупреломление (Дпр.); дисперсия (Дс.)	Происхождение	Главные месторождения		Ограниченный камень (О. к.). Поделочный камень (П. к.) (По классификации Ферсмана-Болла). Форма обработки (Ф. о.)
		в СССР	за границей	
5	6	7		8
n = 1.68 Дпр. = 0.03	Магматическое	Свердловск. обл. (Н.-Тагил); Иркутск. обл. (Слюдянка); Читинск. обл. (Борцов. кряж)	Швеция (Сала); Италия (Пьемонт); Мадагаскар	О. к. III кл. (3)
n = 1.67	Поверхностное	Караганд. обл. (Алтын-тубе)	Франц. Конго (р. Ниари); Чили (Атакама)	О. к. III кл. (3)
n = 1.66	Магмато-динамическое	—	Сев. Бирма (Мииткина)	П. к. I кл.
—	Органогенное (секреции морских, отчасти пресноводных моллюсков)	Архангельск. обл.; Кар.-Фин. ССР	Побережье Индии, Цейлона, Персидского зал., Полинезии и др.	Причисляется к О. к. I кл.
—	—	—	—	—
n = 1.658 n = 1.485 Дпр. = 0.172	Гидротермальное	Красноярск. край (Н. Тунгуска); Тадж. ССР (Маргузор)	Исландия (Эске-фиорд); Германия (Андреасберг) и многие другие	П. к. II кл.
—	—	—	—	—
n = 2.03 Дпр. = 0.10	Пневматолитическое	Читинск. обл. (Завитая); Якут. АССР (Верхоян. р-н); Бурят-Монг. АССР (Шерловз гора)	П-ол Малакка; Англия (Корнуолл)	О. к. III кл. (4)

Наименование, хим. состав, разновидности	Формы выделения (Ф. в.) Спайность (С.) Излом (И.)	Блеск (Б.). Цвет (Ц.) Плеохроизм (Пх.) Прозрачность (Пр.)	Твердость (Т.) Уд. вес (У. в.)
1	2	3	4
Кварц SiO_2	Ф. в. — призматич. кр. гексагон. ст.; массивный, плотный С. — неясная И. — раковистый	Б. — стекл., частью жирный Ц. — см. ниже Пр. — прозрачн. до не- прозрачного	Т. = 7 У. в. = 2.65— —2.06
Разновидности: Горный хрусталь	Ф. в. — кристаллы	Ц. — водяно-прозрач- ный	То же
Дымчатый кварц	То же	Ц. — желт., коричне- вый	»
Морион	»	Ц. — коричнев. до черного	»
Аметист	»	Ц. — фиолетовый, лиловый	»
Цитрин	»	Ц. — лимонно-жел- тый	»
Розовый кварц	Ф. в. — массивный	Ц. — розовый	»
Авантюрин	То же	Ц. — желт., корич- нев. с блестками	»
Кошачий глаз	»	С полосч. отливом	»
Кианит Al_2SiO_5	Ф. в. — длинные, пло- ские кр. три- клин. ст. С. — совершенная	Б. — стеклянный Ц. — син., зелен., чер- ный, белый Пх. — сильный в 3-х цветах Пр. — прозрачн. до не- прозрачного	Т. = 5—7.25 У. в. = 3.56— —3.67

Продолжение

Средний показатель преломления (n); двупреломление (Дпр.); дисперсия (Дс.)	Происхождение	Главные месторождения		Ограночный камень (О. к.). Поделочный камень (П. к.) (По классификации Ферсмана-Болла). Форма обработки (Ф. о.)
		в СССР	за границей	
5	6	7		8
n=1.55 Дпр.=0.01	Магматич., пневматолитич., гидротермальн., поверхностное	Месторождения повсеместны		—
То же	Гидротермальн.	Свердловск. обл. (Невьянск, Березовский); Алтайск. край (Тигирек); Кавказ	Бразилия (Минаж Жераиж, Гойас, Байя); Швейцария (Тессин); Мадагаскар (Бетафо)	О. к. III кл. (2) П. к. I кл. Ф. о. — бриллиантовая Ценный технич. камень
»	Пневматолитич., гидротермальн.	Свердловск. обл. (Мурзинка, Березовский, Невьянск)	—	О. к. III кл. (2)
»	То же	—	—	—
»	Гидротермальн.	Свердловск. обл. (Мурзинка)	Бразилия; Уругвай	О. к. II кл.
»	То же	—	—	О. к. III кл. (2) Ф. о. — бриллиантовая
»	Пневматолитич.	Алтайск. край (Тигирек, гора Россыпная)	Мадагаскар; США (Ю. Дакота)	П. к. I кл.
»	Метаморфич.	Челябинск. обл. (Таганай)	Испания	О. к. II кл. Ф. о. — кабошон
»	То же	—	—	О. к. II кл. Ф. о. — кабошон
n=1.72 Дпр.=0.01	Динамометаморфическое	Челябинск. обл. (Санарка); Читинск. обл. (Нерчинск. р-н); Иркутск. обл. (Мамск. басс.)	Франция (Морбиган); Швейцария (С. Готард); США (Сев. Каролина)	О. к. III кл.

Наименование, хим. состав, разновидности	Формы выделения (Ф. в.) Спайность (С.) Излом (И.)	Блеск (Б.). Цвет (Ц.) Плеохроизм (Пх.) Прозрачность (Пр.)	Твердость (Т.) Уд. вес (У. в.)
1	2	3	4
Коралл $\text{CaCO}_3 + \text{орг. вещ.}$	Ф. в. — ветвист. формы	Ц. — бледно-розовый, розовый, крас- ный, белый, чер- ный	Т. = 3.5 У. в. = 2.6— —2.7
Кордиерит $\text{H}_2(\text{MgFe})_4\text{Al}_3\text{Si}_{10}\text{O}_{37}$	Ф. в. — призматич. кр. гексагон. ст.; сплошной С. — неясная И. — неясно рако- вистый	Б. — стекл. Ц. — светло- или т.- дымчато-синий Пх. — сильный в 2-х цветах Пр. — прозрачн. до просвечив.	Т. = 7—7.5 У. в. = 2.6— —2.66
Корунд Al_2O_3	Ф. в. — короткие кр. гексагон. ст.; верна, сплош- ные зернистые массы С. — хорошая, но прерывистая И. — неровный до раковистого	Б. — стекл., алмазн., перламутровый Ц. — см. ниже Пх. — сильный в 1-м цвете Пр. — прозрачн. до просвечив.	Т. = 9 У. в. = 3.95— —4.10
Разновидности:			
Рубин	То же	Ц. — красный, крас- ный с синим от- тенком	То же
Сапфир	»	Ц. — синий	»
Восточный топаз	»	Ц. — желтый	»
Восточный изумруд	»	Ц. — зеленый	»
Восточный аметист	»	Ц. — фиолетовый	»
Звездчатый корунд	»	С фигурой 6-лучевой звезды на сферич. по- верхности	»
Лазулит $2\text{AlPO}_4(\text{Fe, Mg})(\text{OH})_2$	Ф. в. — остропирамид. кр. монокл. ст.; сплошной, зернист., плот- ный С. — неясная И. — неровный	Б. — стеклянный Ц. — густосиний, небесно-синий	Т. = 5—6 У. в. = 3.1

Продолжение

Средний показатель преломления (n); двупреломление (Дпр.); дисперсия (Дс.)	Происхождение	Главные месторождения		Ограночный камень (О. к.). Подделочный камень (П. к.) (По классификации Ферсмана-Болла). Форма обработки (Ф. о.)
		в СССР	за границей	
5	6	7		8
—	Органогенное (отложения восьмилуч. полипов-горгонид)	—	Средиземноморское побережье Африки, Италии; Персидск. залив и др.	Причисляется к П. к. I кл.
n = 1.55 Дпр. = 0.008	Магматич., контактное	Свердловск. обл. (Мурзинка)	Бавария (Боден-майс); Финляндия (Ориярви); Цейлон; Мадагаскар	О. к. III кл.
n = 1.76 Дпр. = 0.008 Дс. = 0.018	Магматич., десилифицированные пегматиты, контакты	Павлодарск. обл. (Семиз-Бугу); Якут. АССР (Тайныт)	—	Высокосортн. абразивный материал
То же	То же	—	Сев. Бирма (Могок); Цейлон (Ратнапура); Индия (Кашмир)	О. к. I кл. Ф. о. — смешан., ступенчат., клиновидная
»	»	Свердловск. обл. (Колташи) (Корнилов лог)	Цейлон (Ратнапура); Таи; Камбоджа; США (Аризона); Австралия (Квинслэнд)	—
»	»	—	Цейлон; Индия	То же
»	»	—	То же	»
»	»	—	»	»
»	»	—	»	»
n = 1.62 Дпр. = 0.04	Магматич. (кварц. или пегматит. жилы)	Казах. ССР	Мадагаскар (Бетафо); Бразилия (Минаж Жераиш)	П. к. II кл.

Наименование, хим. состав, равновидности	Формы выделения (Ф. в.) Спайность (С.) Излом (И.)	Блеск (Б.). Цвет (Ц.) Плеохроизм (Пх.) Прозрачность (Пр.)	Твердость (Т.) Уд. вес (У. в.)
1	2	3	4
Лазурит $3\text{Na}_2\text{AlSi}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{Na}_2\text{S}_3$	Ф. в. — редко в кр. кубич. ст.; сплошные мас- сы С. — несовершенная И. — неровный	Б. — стеклянный Ц. — лазурно-индиго- во-синий, небес- но-голубой, фиолетовый Пр. — просвечивает	Т. = 5.5 У. в. = 2.38— —2.45
Малахит $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	Ф. в. — редко игольч. кр. монокл. ст.; сплошной, почковидный, сталактито- вый, землистый С. — совершенная И. — неровн., неяс- нораковистый	Б. — алмазн., шелко- вистый Ц. — яркозеленый до черно-зеленого Пр. — просвечивает	Т. = 3.5—4 У. в. = 3.9— —4.03
Марказит	Ф. в. — кр. ромбич. ст.; радиально- лучист. шаро- видный С. — несовершенная И. — неровный	Б. — металлический Ц. — бледно-бронзо- во-желтый Пр. — непрозрачный	Т. = 6—6.5 У. в. = 4.85— —4.9
Нефрит $\text{Ca}(\text{MgFe})_3\text{Si}_4\text{O}_{12}$	Ф. в. — плотный, чрез- вычайно вяз- кий С. — нет И. — занозистый	Б. — жирный Ц. — травяно-, луко- во-, темнозеле- ный, молочно-бе- лый, сероватый	Т. = 6—6.5 У. в. = 2.96— —3.31
Оливин $(\text{MgFe})_2\text{SiO}_4$ (хризолит)	Ф. в. — сплющ. приз- матич. кр. ром- бич. ст.; зерни- стый, сплош- ной плотный С. — ясная И. — раковистый	Б. — стеклянный Ц. — оливково-зеле- ный, буроватый, серовато-крас- ный Пх. — ясный в 1-м цвете Пр. — прозрачн. до просвечив.	Т. = 6.5—7 У. в. = 3.27— —3.37
Опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Ф. в. — аморфный. Скопления не- правильной формы, корки, желваки С. — нет И. — раковистый	Б. — радужный, ал- мазн., стекл., смолист., перла- мутровый Ц. — см. ниже Пр. — прозрачн. до просвечив.	Т. = 5.5— —6.5 У. в. = 2.1— —2.3
Равновидности: Благородный опал	То же	Ц. — белый, серый, желт., черн. с радужной игрой	То же

Продолжение

Средний показатель преломления (n); двупреломление (Дпр.); дисперсия (Дс.)	Происхождение	Главные месторождения		Ограночный камень (О. к.). Поделочный камень (П. к.) (По классификации Ферсмана-Болла). Форма обработки (Ф. о.)
		в СССР	за границей	
5	6	7		8
—	Контактное (в известняках)	Иркутск. обл. (Слюдянка) Тадж. ССР (Памир)	Афганистан (Бадахшан); Чили (Ноквимбо)	П. к. I кл.
n = 1.81 Дпр. = 0.26	Поверхностное (в зоне окисл. медных руд); гидротермальное	Свердловск. обл. (Меднорудянский, Гумешевский м-ние)	Бельгийское Конго (Катанга); Сев. Родезия	П. к. I кл.
n = 1.60	Гидротермальное, поверхностное	Ленинградск. обл. (Боровичи); Киргиз. ССР (Тюя-Муюн) и др.	Саксония (Фрейберг) и др.	О. к. III кл. (3)
n = 1.62	Динамометаморфическое	Бурят-Монг. АССР и Иркутск. обл. (рр. Охот, Урик, Сахангер, Хара-Желга и др.)	Китай (южн. склон Куэнь-Луна); Новая Зеландия	П. к. I кл.
n = 1.68 Дпр. = 0.04 Дс. = 0.018	Магматич., контактное, космогенное	—	О-в Сент-Джонс (Красное море)	О. к. II кл. Ф. о. — смешан., клиновидная
n = 1.44	Поствулканич., гидротермальное, поверхностное	—	—	—
То же	То же	—	Австралия (Нов. Южн. Уэльс, Квинслэнд); б. Австрия; Словения (Червевица)	О. к. II кл. Ф. о. — кабошон

Наименование, хим. состав, разновидности	Формы выделения (Ф. в.) Спайность (С.) Излом (И.)	Блеск (Б.). Цвет (Ц.) Плеохроизм (Пх.) Прозрачность (Пр.)	Твердость (Т.) Уд. вес (У. в.)
1	2	3	4
Огненный опал	Ф. в. — аморфный. Скопления не- правильной формы, корки, желваки С. — нет И. — раковистый	Ц. — гиацитто-крас- ный, янтарный, медовый	Т. = 5.5— —6.5 У. в. = 2.1— —2.3
Полуопал	То же	Ц. — разн. цвет., мут- ный	То же
Нахолонг	»	Ц. — белый, фарфоро- видный	»
Окаменелое дерево	Псевдоморфозы по дереву	Ц. — разных цветов	»
Пирит FeS_2	Ф. в. — хорошо обра- зован. кр. ку- бич. сг. С. — несовершенная И. — раковистый	Б. — металлический Ц. — латунно-желтый Пр. — непрозрачный	Т. = 6.5 У. в. = 4.95— —5.10
Пирофиллит $\text{H}_2\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_4$	Ф. в. — листоватый, пластинч. мо- ноклин. сг. С. — совершенная	Б. — перламутровый Ц. — белый, яблочно- зелен., желтый Пр. — просвечивает	Т. = 1—2 У. в. = 2.8— —2.9
Разновидность: Агальматолит	Сплошной	То же	То же
Полевой шпат	—	—	—
Разновидности: Ортоклаз KAlSi_3O_8	Ф. в. — призматич. кр. моноклин. сг.; сплошной, крупно- колю- щийся С. — совершенная И. — раковистый до неровного	Б. — стекл., перла- мутровый Ц. — белый, желт., розов.; бесцвет- ный; опалесци- рующий Пр. — прозрач. до просвечив.	Т. = 6 У. в. = 2.56
Адуляр (лунный камень)	То же	То же	То же
Микроклин KAlSi_3O_8	То же (триклин. сг.)	Ц. — розов., белый	Т. = 6—6.5 У. в. = 2.54— —2.57

Продолжение

Средний показатель преломления (n); двупреломление (Дпр.); дисперсия (Дс.)	Происхождение	Главные месторождения		Ограничный камень (О. к.). Подделочный камень (П. к.) (По классификации Ферсмана-Болла). Форма обработки (Ф. о.)
		в СССР	за границей	
5	6	7		8
n = 1.44	Поствулканич., гидротермальное, поверхностное	—	Мексика (Юрадо, Эсперанца)	Ф. о. — смешанная
То же	То же	Житомирск. обл.; Киевск. обл.	—	П. к. II кл.
»	»	Якут. АССР	—	П. к. II кл.
»	»	Груз. ССР	—	П. к. II кл.
—	Магматич., пневматолит., гидротермальное, поверхностное	Свердловск. обл. (Дегтярка); Кавказ и многие другие	Испания (Рио-Тинто) и многие другие	П. к. III кл. (4)
n = 1.58	Гидротермально-метаморфическое	Челябинск. обл. (Миасс. р-н); Бурят-Монг. АССР (Бырки-Шибирь)	—	—
То же	То же	Бурят-Монг. АССР (Бырки-Шибирь)	Китай (Фуцзян, Чжецзян)	П. к. II кл.
—	—	—	—	—
n = 1.52 Дпр. = 0.006	Магматич., пегматиты (альпийские жилы)	Свердловск. обл. (Березовский, Мурзинка); Иркутск. обл. (Слюдянка)	Швейцария (С.-Готард и др.); Италия; Эльба; Цейлон	О. к. III кл. (3) Ф. о. — кабوشон
То же	То же	То же	То же	То же
n = 1.52 Дпр. = 0.008	Пегматит. жилы	М-ния многочисленные	М-ния многочисленные	—

Наименование, хим. состав, разновидности	Формы выделения (Ф. в.) Спайность (С.) Излом (И.)	Блеск (Б.). Цвет (Ц.) Плеохроизм (Пх.) Прозрачность (Пр.)	Твердость (Т.) Уд. вес (У. в.)
1	2	3	4
Амазонит	—	Ц. — зелен., голубо- вато-зеленый	Т. = 6—6.5 У. в. = 2.54— —2.57
Плагиоклазы: $n\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 \cdot$ $m\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	—	—	—
Альбит	Ф. в. — Таблич. кр. триклин. сг.;	Б. — стекл., перла- мутровый	Т. = 6—6.5 У. в. = 2.61— —2.64
Лунный камень (перистерит)	пластинчатый С. — совершенная И. — неровный	Ц. — белый, серый, синеват., опале- сцирующий	
Олигоклаз (лунный камень, сол- нечный камень)	Ф. в. — обычно сплош- ной С. — совершенная И. — неровный	Б. — стеклянный Ц. — белый, серый, зеленоват., желт., с игрой цветов	Т. = 6—6.5 У. в. = 2.64— —2.66
Лабрадор	То же	Б. — стеклянный Ц. — серый, синий, зелен., черный с красивой яркой игрой цветов	Т. = 6—6.5 У. в. = 2.69— —2.73
Пренит $\text{H}_2\text{Ca}_2\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	Ф. в. — редко таблич. кр. ромбич. сг.; пачкооб- разн., шаров. образования, сталактиты С. — ясная И. — неровный	Б. — стекл., слабо перламутровый Ц. — яркозелен., мас- ляно-зеленый Пр. — прозрач. до просвечив.	Т. = 6—6.5 У. в. = 2.8— —2.95
Родонит MnSiO_3	Ф. в. — таблич. кр. триклин. сг.;	Б. — стеклянный Ц. — розов., мясо- красный, желто- красный	Т. = 5.5— —6.5 У. в. = 3.4— —3.68
	сплошной, плотный С. — совершенная И. — раковист. до неровного	Пр. — прозрач. до просвечив.	
Рутил TiO_2	Ф. в. — призматич. кр. квадр. сг.;	Б. — металлич. до алмазного Ц. — красно-коричн., желт., синеват., фиолетовый	Т. = 6—6.5 У. в. = 4.18— —4.25
	игольчат. включения; массивный, плотный С. — ясная И. — раковистый до неровного	Пр. — прозрач. до не- прозрачного	

Продолжение

Средний показатель преломления (n); двупреломление (Дпр.); дисперсия (Дс.)	Происхождение	Главные месторождения		Ограночный камень (О. к.). Поделочный камень (П. к.) (По классификации Ферсмана-Болла). Форма обработки (Ф. о.)
		в СССР	за границей	
5	6	7		8
Дпр. = 0.008 —	Пегматит. жилы —	Челябинск. обл. (Ильменские горы) —	США (Колорадо); Мадагаскар —	П. к. I кл. —
n = 1.53 Дпр. = 0.01	Пегматиты и гидротермальные жилы	Свердловск. обл. (Мурзинка, Алабашка); Челябинск. обл. (Ильменские горы)	Швейцария (Тичино, С.-Готард); Канада (Онтарио); Норвегия (Арендаль)	О. к. III кл. (3)*
n = 1.54 Дпр. = 0.01	Пегматит. жилы, изверж. породы	Иркутск. обл. (Слюдянка)	Швеция (Стокгольм)	О. к. III кл. (3) Ф. о. — кабшон
n = 1.56 Дпр. = 0.01	Оснoвные изверженные породы	Житомирск. обл. (Головин); Киевск. обл. (Каменный Брод)	Канада (Лабрадор), о-в С. Павла	П. к. I кл. О. к. III кл. (3)
n = 1.63 Дпр. = 0.03	Магматич. (в оснoвн. изверженных породах)	Груз. ССР (Тбилиси); Крым. АССР (Курцы)	б. Австрия (Габахт); США (Коннектикут, Верхнее озеро)	О. к. III кл. (3)
n = 1.73 Дпр. = 0.01	Метаморфическое	Свердловск. обл. (Седельниково)	США (Н.-Джерсей)	П. к. I кл.
n = 2.71	Магматич., метаморфическое	Свердловск. обл. (Изумрудные копи, Каменка, Кыштым. р-н); Павлодарск. обл. (Семиз-Бугу)	США (Сев. Каролина); Мадагаскар; Бразилия	О. к. III кл. (4)

Наименование, хим. состав, разновидности	Формы выделения (Ф. в.) Спайность (С.) Излом (И.)	Блеск (Б.). Цвет (Ц.) Плеохроизм (Пх.) Прозрачность (Пр.)	Твердость (Т.) Уд. вес (У. в.)
1	2	3	4
Сапфирин $Mg_3Al_2Si_2O_{10}$	Ф. в. — табличат. кр. моноклин. ср.; зернистый	Б. — стеклянный Ц. — бледно-темно- синий, зеленый Пр. — просвеч. до прозрачного	Т. = 7.5 У. в. = 3.49— 3.48
Сепиолит $H_4Mg_2Si_3O_{10}$ (морская пемка)	Ф. в. — плотный, гли- ноподобный, наощупь жир- ный, корки, сплошные массы	Б. — жирный Ц. — белый, серова- то-белый, жел- товат., красно- ватый Пр. — не прозрачен	Т. = 2—2.5 У. в. = 2
Сerpентин $H_4Mg_3Si_2O_9$	Ф. в. — скрытокри- сталлич., сплошной С. — ясная И. — раковист., за- нозистый	Б. — жирн., полусмо- лист., перламут- ровый Ц. — луково-, оливко- во-, травяно-зеле- ный, грязнозе- леный, пятни- стый Пр. — просвечивает	Т. = 2.5—4.0 У. в. = 2.5— 2.65
Смитсонит $ZnCO_3$	Ф. в. — плохо образов. кр. гексагон. ср.; почковид- ный, грозде- видный С. — совершенная И. — неровный	Б. — стекл. до перла- мутрового Ц. — белый, серый, зелен., синий, бурый Пр. — полупрозрач- ный	Т. = 5.5 У. в. = 4.3— 4.45
Содалит $Na_4Al_2(Al, Cl)(SiO_4)_3$	Ф. в. — додекаэдрич. кр. кубич. ср.; сплошной; концентрич. желваки С. — ясная И. — раковист. до неровного	Б. — стекл., жирный Ц. — син., лавандово- синий, серый, зеленоватый Пр. — прозрачн. до просвечив.	Т. = 5.5 У. в. = 2.2
Сподумен $LiAl(SiO_3)_2$	Ф. в. — призматич. кр. моноклин. ср.; сплошной, ко- лющийся С. — совершенная И. — неровный	Б. — стекл. до перла- мутрового Ц. — зелен., белый, серовато-белый Пр. — прозрачн. до просвечив.	Т. = 6.5—7 У. в. = 3.18— 3.20
Разновидности: Гидденит	То же	Ц. — изумр.-зеленый Пх. — в 1-м цвете	То же
Кунцит	»	Ц. — лиловый	»

Продолжение

Средний показатель преломления (n); двупреломление (Дпр.); дисперсия (Дс.)	Происхождение	Главные месторождения		Ограничный камень (О. к.). Подделочный камень (П. к.) (По классификации Ферсмана-Болла). Форма обработки (Ф. о.)
		в СССР	за границей	
5	6	7		8
n=1.70 n=0.38	Магматическое	Якут. АССР (Алдан)	Мадагаскар; Канада (Квебек)	О. к. II кл.
—	Вторичное (с магнезитом, серпентином)	Чкаловск. обл. (Башарта)	Мал. Азия (Экишера)	П. к. II кл.
n=1.50— —1.55	Магматич., гидротермальное (вторичн. по магнезиальн. силикатам)	Свердловск. обл. (Н.-Исетская дача, Кыштым. р-н); Бурят- Монг. АССР (Китой, Сахан- гер)	Саксония (Цеб- лиц); США (Пенсильвания, Коннектикут); Трансвааль (Нордкап)	П. к. II кл.
n=1.73 Дпр.=0.23	Вторичное (гидротермаль- ное, поверх- ностное)	—	Греция (Лаврион); США (Арканзас, Н.-Мексика)	П. к. III кл. (редок)
n=1.48	Магматич. (из элеолита)	Тадж. ССР (Зеравшан, Такобы-Собак); Челябинск. обл. (Ильменские горы); Мурманск. обл. (Ловозерские тундры)	Канада (Онтарио)	П. к. I кл.
n=1.66 Дпр.=0.03	Магматич. (пегматит. жилы)	Читинск. обл. (Завит. рудн.); Амурск. обл. (Бурея)	—	—
То же	То же	—	США (Сев. Каро- лина); Мадагас- кар	О. к. II кл.
»	»	—	США (Калифорния)	—

Наименование, хим. состав, разновидности	Формы выделения (Ф. в.) Спайность (С.) Излом (И.)	Блеск (Б.). Цвет (Ц.) Плеохроизм (Пх.) Прозрачность (Пр.)	Твердость (Т.) Уд. вес (У. в.)
1	2	3	4
Ставролит $H_2FeAl_4Si_2O_{12}$	Ф. в. — призматич. кр. ромбич. ст.; характерные крестообразн. двойники С. — ясная, преры- вистая И. — неясно рако- вистый	Б. — полустекл., смо- листый Ц. — т.-красно-бу- рый, гиац.- красн. до кро- ваво-красного Пх. — ясный в 3-х цве- тах Пр. — просвечивает	Т. = 7—7.5 У. в. = 3.65— —3.77
Сфен $CaTiSiO_5$ (титанит)	Ф. в. — клинообразн., сплюснутые и др. кр. моно- клин. ст.; зер- нист., плотный С. — ясная И. — несовершен- ный, ракови- стый	Б. — алмазн. смоли- стый Ц. — бурый, желт., зелен., красн., черный Пх. — ясный в 3-х цве- тах Пр. — просвечивает	Т. = 5—5.5 У. в. = 3.4— —3.56
Талье $H_2Mg_3(SiO_3)_4$	Ф. в. — редко в кр. моноклин. ст.; листоватый	Б. — перламутр. Ц. — яблочно-зеле- ный, серебристо- белый, черно- ват.-зелен., красноватый	Т. = 1—1.5 У. в. = 2.7— —2.8
Стеатит	Ф. в. — Скрытокристал- лич., плотный	—	Т. = 1—2.5
Топаз $(AlF)_2SiO_4$	Ф. в. — призматич. кр. ромбич. ст. С. — совершенная И. — неясный, рако- вистый до не- ровного	Б. — сильный стекл. Ц. — солом., вино- желт., голубо- ват., зеленоват., розовый, бес- цветный Пх. — заметн. в 3-х цветах Пр. — прозрачн. до по- лупрозрачного	Т. = 8 У. в. = 3.4— —3.6
Турмалин Сложный боро-алюмо- силикат щелочных металлов	Ф. в. — призматич., обычно трех- сторонние, до игольчатых кр. гексагон ст.; лучист., сплошной С. — слабая И. — неясно рако- вистый до не- ровного	Б. — стекл. до смо- листого Ц. — очень разнооб- разный (см. ни- же) Пх. — сильный в 1-м цвете	Т. = 7—7.5 У. в. = 2.9— —3.2

Продолжение

Средний показатель преломления (n); двупреломление (Дпр.); дисперсия (Дс.)	Происхождение	Главные месторождения		Ограничный камень (О. к.). Поделочный камень (П. к.) (По классификации Ферсмана-Болла). Форма обработки (Ф. о.)
		в СССР	за границей	
5	6	7		8
n = 1.74 Дпр. = 0.01	Динамометаморфическое	Челябинск. обл. (Таганай, Саяно-Каменная); Кар.-Фин. ССР (Беломорск)	Швейцария (Тессин); Франция (Морбиган)	О. к. III кл. (3)
n = 1.95 Дпр. = 0.13 Дс. = 0.050	Магматич. (изверж. породы, альпийские жилы)	Свердловск. обл. (Назямские горы); Челябинск. обл. (Ильменские горы); Мурманск. обл. (Хибины); Иркутск. обл. (Слюдянка)	Швейцария (С.-Готард); Тироль; Франция (Дофине)	О. к. III кл. (3)
n = 1.56	Динамометаморфич., гидротермальное	Челябинск. обл. (Сыростан); Баш. АССР (Учалинск. р-н)	—	П. к. II кл.
То же	То же	—	—	То же
n = 1.62 Дпр. = 0.01	Магматич. (пневматолитич.), пегматит. жилы	Свердловск. обл. (Мурзинка); Челябинск. обл. (Ильменские горы); Читинск. обл. (Борщов. кряж); Житомирск. обл. (Писаревка, Викторинка)	Бразилия (Минаж Жераиш)	О. к. II кл. Ф. о. — бриллиантовая, смешанная, клиновидная
n = 1.63 Дпр. = 0.02 Дс. = 0.016	Магматич. (пегматит. жилы, краевые зоны кислых изверженных пород)	М-ния многочисленные	М-ния многочисленные	—

Наименование, хим. состав, разновидности	Формы выделения (Ф. в.) Спайность (С.) Излом (И.)	Блеск (Б.). Цвет (Ц.) Плеохроизм (Пх.) Прозрачность (Пр.)	Твердость (Т.) Уд. вес (У. в.)
1	2	3	4
Разновидности: Ахроит	См. выше	Ц. — бесцветный	Т. = 7—7.5 У. в. = 2.9— —3.2
Цейлонский перидот	То же	Ц. — медово-желтый	То же
Бразильский изумруд	»	Ц. — зеленый	»
Бразильский хризолит	»	Ц. — желто-зеленый	»
Индиголит	»	Ц. — синий	»
Сиберит	»	Ц. — фиолетово-крас- ный	»
Рубеллит	»	Ц. — красный	»
Дравит	»	Ц. — бурый	»
Черный шерл	»	Ц. — черный	»
Полихроит	»	Ц. — с окраской, ме- няющейся по оси кристалла	»
Феназит Be_2SiO_4	Ф. в. — ромбоздрич. чечевицеобраз- ные кр. гекса- гон. ср. С. — ясная И. — раковистый	Б. — стеклянный Ц. — бесцветн., вин- но-желт., блед- норозовый Пр. — прозрачн. до полупрозрач- ного	Т. = 7.5—8 У. в. = 2.97—3

Продолжение

Средний показатель преломления (n); двупреломление (Дпр.); дисперсия (Дс.)	Происхождение	Главные месторождения		Ограничный камень (О. к.). Подделочный камень (П. к.) (По классификации Ферсмана-Болла). Форма обработки (Ф. о.)
		в СССР	за границей	
5	6	7		8
n = 1.63 Дпр. = 0.02 Дс. = 0.016	Магматич. (негматит. жилы, краевые зоны кислых изверженных пород)	Свердловск. обл. (Липовка, Сарапулка)	Бразилия (Минаж Жераиш); Мадагаскар; Цейлон	О. к. II кл. Ф. о. — смешан., ступенчатая, клиновидная
То же	То же	—	—	То же
»	»	Читинск. обл. (Саватеева); Свердловск. обл. (Липовка)	Бразилия (Минаж Жераиш)	»
»	»	—	То же	»
»	»	—	США (Калифорния)	»
»	»	Свердловск. обл. (Липовка, Сарапулка)	Бразилия (Минаж Жераиш)	»
»	»	Читинск. обл. (Саватеева, Нерч. р-н)	Мадагаскар; Югославия	»
»	»	Свердловск. обл. (Шайтанка)	Югославия (Краина)	»
»	»	—	Норвегия (Снарум)	»
»	»	Читинск. обл. (Саватеева); Свердловск. обл. (Липовка)	Мадагаскар; Италия (Эльба)	»
n = 1.66 Дпр. = 0.016	Магматич. (негматит. жилы)	Свердловск. обл. (Изумрудные копи); Читинск. обл.	Бразилия (Минаж Жераиш); США (Мэн)	О. к. II кл. Ф. о. — бриллиантовая, смешанная, клиновидная

Наименование, хим. состав, разновидности	Формы выделения (Ф. в.) Спайность (С.) Излом (И.)	Блеск (Б.). Цвет (Ц.) Плеохронизм (Пх.) Прозрачность (Пр.)	Твердость (Т.) Уд. вес (У. в.)
1	2	3	4
Флюорит CaF_2	Ф. в. — кубич., реже октаэдрич. кр. кубич. ст.; сплошной, плотный С. — совершенная И. — плоскорако- вистый	Б. — стеклянный Ц. — белый, желт., зелен., розов., красн., фиолет., бурий Пр. — прозрач. до просвечив.	Т. = 4 У. в. = 3.0— —3.25
Разновидность: Ратовкит	Ф. в. — плотный, зем- листый	Ц. — лиловый	То же
Халцедон SiO_2	Ф. в. — скрытокри- сталлич., плот- ный; натечные, гроздевидные, сталактитовые формы	Б. — восковой Ц. — см. ниже Пр. — просвеч. до не- прозрачного	Т. = 6.5 У. в. = 2.59— —2.64
Разновидности: Неполосчатый собств. халцедон	—	Ц. — белый	То же
Сапфирин	—	Ц. — голубой	»
Сердолик	—	Ц. — желт., красн., оранжевый	»
Сардер	—	Ц. — красно-бурий	»
Плазма	—	Ц. — с.-зелен. (окра- шен селадонитом)	»
Хризопраз	—	Ц. — яблочно-зелен. (окрашен солями никеля)	»
Гелиотроп	—	Ц. — зелен. с крас- ными пятнами	»

Продолжение

Средний показатель преломле- ния (n); двупреломле- ние (Дпр.); дисперсия (Дс.)	Пронихоиде- ние	Главные месторождения		Ограничный ка- мень (О. к.). По- делочный камень (П. к.) (По клас- сификации Ферсмана-Болла). Форма обработки (Ф. о.)
		в СССР	за границей	
5	6	7		8
$n = 1.43$ Дпр. = 0.006	Магматич. (пневматолитич. и гидротермаль- ное)	Читинск. обл. (Абагайтуй, Солонечное и др.); Казах. ССР (Ба- дам, Аурахмат); Тадж. ССР (Куликолои)	Англия (Нор- тумберлэнд); Швейцария (С.-Готард); США (Н.- Йорк, Пенсильвания)	П. к. II кл.
То же	Осадочное	Моск. обл. (Вере́йск. р-н); Калининск. обл. (Ржевский р-н)	—	—
$n = 1.58$	Гидротермаль- ное (поствулканич.), поверхностное	—	—	О. к. III кл. (2) Ф. о. — набошон П. к. I кл.
То же	То же	Читинск. обл. (Нерчинск. р-н); Бурят-Монг. АССР (Еравин. оз., Тарейские оз.); Крым. АССР (Кара-даг) и др.	Бразилия (Минаж Жераиш, Гойас); Уругвай	То же
»	»	—	—	»
»	»	—	—	»
»	»	—	—	»
»	»	—	—	»
»	»	—	Силезия (Франкенштейн)	О. к. III кл. (2)
»	»	Читинск. обл. (Мулина гора в Нерч. р-не)	—	То же

Наименование, хим. состав, разновидности	Формы выделения (Ф. в.) Спайность (С.) Излом (И.)	Блеск (Б.). Цвет (Ц.) Плеохроизм (Пх.) Прозрачность (Пр.)	Твердость (Т.) Уд. вес (У. в.)
1	2	3	4
Полосчатый агат Оникс	—	Ц. — белые и черные полосы	Т. = 6.5 У. в. = 2.59— —2.64
Сердоликовый оникс	—	Ц. — белые и красн. полосы	То же
Сардоникс	—	Ц. — белые, красн. и бурые полосы	»
Хризоберилл $\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	Ф. в. — псевдогексаго- нальные (двой- никовые) таб- лич. кр. ром- бич. сг. С. — ясная И. — неровный, ра- ковистый	Б. — стеклянный Ц. — см. ниже Пх. — сильный в 3-х цветах Пр. — прозрач. до не- прозрачного	Т. = 8.5 У. в. = 3.5— —3.84
Разновидности: Александрит	То же	Ц. — изумрудно-зе- лен.; при искус- ствен. свете — красный	То же
Цимофан (кошачий глаз)	»	Ц. — желтый с отли- вом	»
Циркон ZrSiO_4 (гиацинт)	Ф. в. — призматич., дипирами- дальн. кр. квадратн. сг. С. — несовершенная И. — раковистый	Б. — алмазный Ц. — желт., желто- зелен., буро- красн., гиацин- тово-красный	Т. = 7.5 У. в. = 4.68— —4.7
Цоизит $\text{HCa}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{13}$	Ф. в. — призматич. кр. ромбич. сг.; сплошной, столбч., плот- ный С. — весьма совер- шенная И. — неровн. до не- ясноракови- стого	Б. — стекл., перла- мутровый Ц. — серый, желто- бурый Пх. — в 2-х цветах Пр. — прозрач. до просвечив.	Т. = 6—6.5 У. в. = 3.25— —3.37

Продолжение

Средний показатель преломления (n); двупреломление (Дпр.); дисперсия (Дс.)	Происхождение	Главные месторождения		Ограбочный камень (О. к.). Поделочный камень (П. к.) (По классификации Ферсмана-Болла). Форма обработки (Ф. о.)
		в СССР	за границей	
5	6	7		8
n = 1.58	Гидротермальное (поствулканич.), поверхностное	Груз. ССР (Ахалцихе); Читинск. обл. (Нерч. р-п, Акшинский р-п)	Бразилия; Уругвай; Монголия	П. к. I кл. Ф. о. — камень, интальо, кабашон
То же	То же	—	—	—
»	»	—	—	—
n = 1.75 Дпр. = 0.01 Дс. = 0.015	Магматич. (пегматит. жилы)	—	—	—
То же	То же	Свердловск. обл. (Изумрудные копи)	Чехия (Марендорф); США (Мэн); Мадагаскар; Цейлон (Ратнапура)	О. к. I кл. Ф. о. — смешан., ступенч., клиновидн., кабашон
»	»	—	—	—
n = 1.94 Дпр. = 0.05	Магматич., пегмат. жилы	Челябинск. обл. (Ильменские горы)	Таи; Камбоджа; Цейлон; В. Бирма; США (Сев. Каролина)	О. к. II кл. Ф. о. — бриллиантовая, смешанная
n = 1.70	Гл. обр. динамометаморфическое	—	б. Австрия (Циллерталь)	—

Наименование, хим. состав, разновидности	Формы выделения (Ф. в.) Спайность (С.) Излом (И.)	Блеск (Б). Цвет (Ц.) Илеохроизм (Пх.) Прозрачность (Пр.)	Твердость (Т.) Уд. вес (У. в.)
1	2	3	4
Разновидность: Тулит ($\text{CoO} \cdot \text{Mn}$)	—	Ц. — персиково-красный	Т. = 6—6.5 У. в. = 3.25— —3.37
Шпинель $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	Ф. в. — октаэдрич. кр. кубич. ср. С. — несовершенная И. — раковистый	Б. — стеклянный Ц. — розов., красный Пр. — прозрачн. до почти непрозрач- ного	Т. = 8 У. в. = 3.5— —4.1
Эвдиалит ($\text{Na}, \text{Ca}, \text{Fe}$) $\text{Zr}(\text{OH}, \text{Cl})$ (SiO_3) ₆	Ф. в. — таблич. и ром- боэдрич. кр. квадрат. ср.; сплошной С. — неясная	Б. — стекл. до жир- ного Ц. — розов., малино- вый Пх. — сильный в 3-х цветах	Т. = 5—5.5 У. в. = 2.9— —3.0
Эвেলাз HBeAlSiO_5	Ф. в. — призматич. кр. моноклин. ср. С. — совершенная	Б. — стеклянный Ц. — бледнозелен., син.; бесцвет- ный Пх. — заметный в 1-м цвете Пр. — прозрачн. до просвечив.	Т. = 7.5 У. в. = 3.08— —3.1
Эпидот $m\text{Ca}_2(\text{AlOH})\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ $n\text{Ca}_2(\text{FeOH})\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$	Ф. в. — призматич. кр. моноклин. ср.; зернист., сплошной С. — совершенная И. — неропный	Б. — стеклянный Ц. — фиштакково-зе- лен., желто-зе- лен., зелен.- черн., желтый, красный Пх. — сильн. в 3-х цветах Пр. — прозрачн. до непрозрачного	Т. = 6—7 У. в. = 3.25— —3.5
Яптарь $\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}$	Ф. п. — аморфный; куски, напы- вы, корки	Б. — восковой, мато- вый Ц. — желт. до крас- но-бурого; ред- ко голубой, зе- леный Пр. — прозрачн. до просвечив.	Т. = 2—2.5 У. в. = 1.05— —1.09

Продолжение

Средний показатель преломле- ния (n); двуупреломле- ние (Дпр.); дисперсия (Дс.)	Происхожде- ние	Главные месторождения		Ограниченный ка- мень (О. к.). По- делочный камень (П. к.) (По клас- сификации Ферсмана-Болла). Форма обработки (Ф. о.)
		в СССР	за границей	
5	6	7		8
$n = 1.70$	См. выше	—	Норвегия (Телемаркен)	О. к. II кл.
$n = 1.72$ Дс. = 0.020	Контактное (в известняках)	Тадж. ССР (Шугнан, В. Хорог)	Бирма; Цейлон; Бразилия (Ми- наж Жерайж)	О. к. I кл. Ф. о. — смешан., ступенч., клиновидная
$n = 1.63$	Магматич. (в щелочн. изверж. породах и их пегматитах)	Мурманск. обл. (Хибины, Ловозерск. тундры)	Гренландия	П. к. II кл.
$n = 1.65$ Дпр. = 0.02	Гидротермаль- ное	Челябинск. обл. (Санарка, Каменка)	Бразилия (Ми- наж Жерайж)	О. к. I кл.
$n = 1.75$ Дпр. = 0.04 Дс. = 0.018	Гидротермаль- ное, контактное	Челябинск. обл. (Назымск. горы); Свердловск. обл. (Решеты)	б. Австрия (Зальцбург); Италия (Пьемонт)	О. к. III кл. (I)
$n = 1.54$ Дпр. = 0.014	Ископаемая смола гретичн. хвойных де- ревьев	Киевск. обл. (Киев); Житомирск. обл.; Архангельск. обл. (побе- режье Белого моря)	Вост. Пруссия; б. Польша (Балт. побе- режье)	Причисляется к П. к. I кл.

ЛИТЕРАТУРА

- А. А. Цветные и поделочные камни Северной области. Нов. север. Архангельск, 1937, 2.
- Аверин А. Алмазы из новго алмазоносного района Ср. Урала. Зап. Мин. общ., ч. I—XVIII, 1939, 3.
- Агат на острове Суисари. Горн. журн., 1935, № 7.
- Агафонова Т. Н. Обзор минералогических работ по турмалину. Сб. работ по камням-самоцветам, вып. 5. М.—Лг., 1938.
- Алешков А. Н. 1. Поиски горного хрусталя на Урале. Экспед. Акад. Наук 1933 г. Лг., изд. Акад. Наук, 1934.
- 2. Сев. Уральская кварцевая экспедиция. Отчет о деятельности Акад. Наук в 1933 г. Лг., 1934.
- Андреев В. Н. Огранка драгоценных и полудрагоценных камней. М.—Лг., 1937.
- Аргунова А. А. Цветные и поделочные камни. Сб. Полезн. ископ. З.-Сиб. края. Новосибирск, 1934.
- Аршинов В. В. и др. Каолин. Сб. Неметал. ископ. СССР, т. 4. М.—Лг., 1941.
- Афанасьев Б. Л. Янтари в Казахстане. Разв. недр, 1938, № 7.
- Баженов И. К. и Моич В. К. Топазы в Каркаралинских горах Казахстана. Тр. Томск. ун-в., сер. геол., 1937, 93.
- Базилевич А. С. Синтез шпинели. Мин. сырье, 1934, № 9.
- Беликов Б. Изверженные породы северо-восточного склона Триалетского хребта. Тр. Совета по изуч. ест.-произв. сил Акад. Наук, сер. Закавказ., 1935, вып. 15.
- Белокурихинское месторождение (берилла). Сов. геол., 1940, № 9.
- Березин Б. А. 1. Путеводитель по Ильменскому заповеднику. М.—Лг., изд. Акад. Наук, 1935.
- 2. Блюмовская копь № 50 Ильменского государственного заповедника Академии Наук. Разв. недр, 1935, № 14.
- Богданов А. А. Новые данные о геологическом строении южной и западной окраин Карагандинского бассейна. Изв. Акад. Наук, сер. геол., 1939, № 4.
- Богданович К. И. Месторождения нефрита в Куэнь-Луне. Зап. Мин. общ., сер. 2, 1892, 29.
- Богословский М., Савицкая П. и Смолкина С. Люминесцирующие минералы. Сов. геол., 1938, № 10.
- Болдырев А. А. Обогащительная фабрика Изумрудных копей Главредмета. Цвет. мет., 1939, № 4—5.
- Болдырев А. К. Тигирецкое месторождение берилла и розового кварца на Алтае. Тезисы докладов XVII Междунар. геол. конгр., М.—Лг., 1937.
- Болдырев А. К. и Луи Я. А. Разведка руд вольфрама, олова, висмута и берилла на Шерловой Горе в Забайкалье. Горн. журн., 1931, № 8—9.
- Браунс Р. Царство минералов: СПб, 1904—1906.
- Бюрхерс В., Вюст Ф. и Трептов Е. Горное дело и металлургия. Промышленность и техника, т. 5. Перевод с 9-го нем. изд. СПб., 1896, гл. о драгоцен. камнях.
- Ванюшин С. Технический агат в Закавказье. Народн. хоз. Закавказья, 1936, № 4.
- Технический агат в СССР и задачи изучения его сырьевой базы. Зап. Мин. общ., 2 сер., 1938, 67, вып. 1.
- Вахрушев Г. В. Строительные материалы минерального происхождения Башкирии. Уфа, 1936.
- Вегенер А. Происхождение материков и океанов. Пер. с III нем. изд. Берлин, 1923.
- Веденеева Н. и Грум-Грижимайло С. Спектроплеохрометр и его применение для определения дихроизма минералов. Доклады Акад. Наук, 1936, 3, № 8.
- Вернадский В. И. История минералов земной коры, т. 1, вып. 1., Лг., 1923.
- Вертушков Г. Н. Жилы альпийского типа на Урале. Тезисы докладов XVII Междунар. геол. конгр. М.—Лг., 1937.
- Вертушков Г. и Рукавишников Ф. Самоцветы и поделочные камни. Мин. ресурсы Урала. Свердловск, Уралгиз, 1934.
- Видонов В. Флотация турмалина. Журн. хим. пром., 1936, 5.
- Винецкая Е. Я. Физико-химические основы диспергирования агата при его обработке резанием или шлифованием. Журн. прикл. хим., 1939, 12, вып. 1.
- Винчелл А. Оптика и микроскопия минералов. Перевод с англ. под ред. Д. С. Белянкина. Лг., 1933.
- Витовский Б. Английский способ заправки алмазных пил. Тр. Лабор. крист. Акад. Наук, 1939, вып. 1.
- Витовский Б. и Шубников А. В. Пила-вибратор для камня. Тр. Лабор. крист. Акад. Наук, 1939, вып. 1.
- Владимиров Ф. История янтаря. Вестн. знания, 1938, № 9.

- В л а с о в К. А. 1. Каталитическая роль фтора в процессе десиликации пегматита. Тр. Ломоносов. инст. Акад. Наук, сер. геохим., 1938, вып. 9.
— 2. О теории десиликации гранитных пегматитов. Изв. Акад. Наук, сер. геол., 1938, № 2 (К вопросу о генезисе изумруда, фенакита, хризоберилла, альбита).
- В о б л и й К. Промысловое использование самоцветов УРСР. Вісті Україн. Акад. Наук, Київ, 1935, № 6—7. Лабораторитова промисловість УРСР та перспективи її розвитку в зв'язку з реконструкцією Москви та Києва. Вісти Україн. Акад. Наук, Київ, 1936, № 5—6.
- В о л о с ю к Г. К. Понски алмазов. Индустрии, 5/V 1940.
- Г а в р у с с е в и ч В. К минералогии топазовых пегматитов Украины. Доклады Акад. Наук, 1932, № 7.
- Г а е в с к и й П. Спелерий жемчуг. Кар.-Мурм. край, 1926, № 5—8.
- Г е р ш а н о в и ч П. Жемчужный промысел в Карелии. Вестн. Мурм., 1923, № 28.
- Г и м м е л ь ф а р б А. И. Алмазы и их применению в промышленности СССР. Горн. журн., 1927, № 7.
- Г и н з б у р г И. И. Цветные и драгоценные камни. Год. обз. мин. ресурсов СССР за 1926/1927 г. Лг., 1927.
- Г л и н к а С. Ф. Об агальматолите — фигурном камне из Узбекистана и Казахстана. Мин. сырье, 1926, № 2.
- Г о д л е в с к и й М. Н. Авантюрин Большого Таганая. Зап. Мин. общ., 2 сер. 1934, 63, вып. 1.
- Г о л ь д ш м и д т В. М., Б а у э р Р. и В и т т е Г. К геохимии щелочных металлов.—Сб. статей по геохимии редких элементов. Перевод с нем. и англ. М.—Лг., ГОНТИ, 1938.
- Г о р б у и о в. Агаты Ахалцхского района. Соц. хоз. Закавказья, 1935, 8—9.
- Г р и н в а л ь д И. Горная добыча янтаря. Нов. техн., 1936, 55—56.
- Г р о д з и н с к и й Б. Обработка драгоценных камней в часовой промышленности и на предприятиях точной механики. Библ. Нов. техн., М., 1935, 58.
- Г р о с с Е. О спектрографическом исследовании изумрудов. Доклады Акад. Наук, 1927, № 7.
- Г р у м - Г р ж и м а й л о С. В. Изучение оптических свойств (окраски и плеохроизма) минералов промышленного значения (рубин, сапфир) в связи с другими их физическими свойствами, химическим составом и структурой. М., Всесоюз. инст. мин. сырья, 1938, отчет № 2649.
- Г у л и ш а м б а р о в С. И. Благородные металлы и камни в мировой промышленности. СПб., 1904.
- Г у с е в Е. Н. Таблица драгоценных и полудрагоценных камней, распределенных по видам минерала, типичным окраскам, с указанием кратких сведений для огранки и перегранки их. Приложение к книге В. Н. Андреева. Огранка драгоценных и полудрагоценных камней, 1937.
- Г у т т у е в И. Охота за жемчугом. Сев. краев., 1936, 4.
- Д в а л и М. Геологические исследования на западном побережье Камчатки. Отчет о сост. и деят. Нефть. геол.-разв. инст. за 1932 г. М.—Лг.—Новосибирск, 1934.
- Д в о р щ а н Е. Агат, кварц, турмалин. Сб. Полезн. ископ. Карелии. Кар.-Мурм. край, 1935, № 5—6.
- Д з е н с - Л и т о в с к и й А. И. Недра Башкирии. Природа, 1937, № 11.
- Д и л а к т о р с к и й Н. Л. О синтезе некоторых минералов из группы шпинелей. Зап. Мин. общ., 2 сер., 1939, 68, вып. 1.
- Д р а в е р т П. Хризопраз в Карагандинской области Казахстана. Сб. к 50-летию научн. деят. В. И. Вернадского, т. 2, М., изд. Акад. Наук, 1936.
- Д ю к а л о в Н. А. Мировая торговля драгоценными и полудрагоценными камнями. М.—Лг.—Новосибирск, 1932.
- Д ю к а л о в Н. и К о г а н. Экономические предпосылки создания в СССР производства синтетического корунда. Отчет Всесоюзн. инст. мин. сырья за 1936 г.
- Е в д о к и м о в А. и Г у т т у е в И. Жемчуг в Северном крае. Сов. краевед., 1936, № 4.
- Е г о р о в В. И. Синтетические рубины и сапфиры. Мин. сырье, 1935, № 6.
- Е р о ф е е в Б. Н. и М о р о з е н к о Н. К. Вольфрамовые и оловянные месторождения Калбы и Нарыма. Сб. Большой Алтай, т. 2. М.—Лг., 1936.
- Ж е м ч у ж и н и к о в Ю. А. Петрографическая характеристика иркутских сапропелитов. Хим. твердого топлива, 1934, № 2.
- З а в а р и ц к и й А. Н. и К р ы ж а н о в с к и й В. И. Государственный Ильменский минералогический заповедник. XVII Междунар. геол. конгр., Урал. экскур., южный маршрут. Лг.—М., 1937.
- З а й ц е в В. К. Предварительный отчет о работе Мурашинской поисково-разведочной партии по драгоценным камням за летний период 1932 г. Всесоюз. геол. фонд, рукопись.
- З а л е с с к и й М. Д. Микроскопическое исследование сибирского агата. Мин. сырье, 1934, № 1, 16.

- Иванов А. С. Кристаллические модификации Al_2O_3 (рефер. сводка). Сб. работ по камням-самоцветам, вып. 4, 1938.
- Иванов Л. Л. К минералогии топазовых месторождений Волыни. Изв. Акад. Наук, отд. мат.-ест. наук, 1933, № 3.
- Ильменский государственный заповедник им. В. И. Ленина. Сб. статей под ред. проф. В. И. Крыжановского. Челябинск, 1940.
- Исламов И. И. и Толмачев Ю. М. Об окраске корундов. Доклады Акад. Наук, нов. сер., 1936, 1, № 1 (Библиография).
- Казанцев В. В. Опыты применения рентгеновских лучей в камнеобрабатывающей промышленности. Мин. сырье, 1934, № 2.
- Кальменев. Отчет Орской разведочной партии. Тр. Гормарк. Бюро по месторождениям орской яшмы. Всесоюз. геол. фонд, рукопись.
- Капустин Н. П. Зависимость окраски амазонита от содержания в нем рубидия. Изв. Акад. Наук, сер. геол., 1939, № 3.
- Клопов В. Выписка из записки о работе по исследованию минеральных богатств Карельской авт. обл. Всесоюз. геол. фонд, рукопись.
- Ковалев Г. А. Рентгенографические исследования мелкой фракции шерловогорской глины, вмещающей аквамарина. Зап. Мин. общ., 1934, 63, вып. 2.
- Козорезов П. и Филимонов И. Строительные и абразивные материалы Северо-Кавказского края. Сб. Природные богатства Сев.-Кавк. края. М.—Пятигорск., Сев.-Кавк. гос. краев. изд., 1935.
- Колотушкин А. Г. Определение показателей преломлений кристаллов иммерсионным методом под лупой. Сов. геол., 1938, № 7.
- Кондратьев В. Геофизические методы поисков пегматитов. Изв. Ленингр. геол.-гидрогеодез. тр., 1935, вып. 1 (6).
- Костылева Е. Е. 1. О причине колебания удельного веса у цирконов. Тр. Ломоносов. инст. Акад. Наук, сер. мин., 1936, вып. 7.
— 2. Цирконосиликаты. Минер. Союза, сер. А, вып. 6, М.—Лг., изд. Акад. Наук, 1936.
- Кривохатский С. Дадим сырье для местной промышленности. Геол. на фронте индустр., 1934, № 10.
- Кричевский Д. О прикладном искусстве. Звезда, 1937, № 5.
- Крупнейший кристалл топаза. Изв. Советов депутатов трудящихся СССР, 17/VII 1940.
- Крыжановский В. И. 1. Последние поступления в минералогический музей, Тр. Ломоносов. инст. Акад. Наук. Новые находки. М., 1936.
— 2. Аквамарин. Сб. Неметал. ископ. СССР, т. 1, М.—Лг., 1936.
— 3. Аметист. Сб. Неметал. ископ. СССР, т. 1, М.—Лг., 1936.
— 4. Топазы. Наука и жизнь, 1936, № 3.
- Кудрявцева В. М., Ожигин Г. С. и Гастинг Н. Л. Катодо-люминесцентный анализ минералов в полевых условиях. Вестн. 3. Сиб. геол. упр., 1940, № 2.
- Кузнецов С. Геологический очерк северно-восточных склонов Триалетского хребта. Тр. Совета по изуч. произв. сил Акад. Наук, сер. Закавказ., 1935, вып. 15.
- Кузнецова Е. В. Схема классификации докембрийских гранитных пегматитов Горной Балкарии. Зап. Мин. общ., 1936, 65, вып. 2.
- Кумпан Л. Новое месторождение аметистов в Донбассе. Вестн. геол., 1926, № 7.
- Куплетский Б. М. Коренное нефритовое месторождение на р. Хара-Желге. Доклады Акад. Наук, 1926, 115—118.
- Курбатов С. М. и Солодовникова Л. Месторождение шпинели, корунда и титаномагнетита в Хакасской области Западно-Сибирского края. Тр. Ломоносов. инст. Акад. Наук, 1935, вып. 5.
- Либрович Л. С. Основные черты геологической истории Кизило-Уртазымского района (о генезисе южно-уральских яшм). Зап. Мин. общ., 2 сер., 1933, 62, вып. 1.
- Лидgren В. Минеральные месторождения. Вып. 3. Перевод с англ. М.—Лг., 1935.
- Ложкин В. Установка для массового отбора из шлихов цирконов, алмазов и рубинов. Сов. геол., 1939, № 10—11.
- Ломакин Г. А. и Лидин Г. В. Алмазная резка синтетического корунда. Сб. работ по камням-самоцветам, вып. 4. М.—Лг., 1938.
- Лучицкий В. И. Полезные ископаемые Украины. М.—Лг.—Новосибирск, 1933.
- Лучицкий В. И. и Кузнецов Е. А. Петрографические провинции СССР. М., 1936.
- Лямина А. Н. Ориентировка монокристалльной гальки кварца на электрические оси. Мин. сырье, 1928, № 11—12.
- Макаров В. К. Цветной камень в собрании Эрмитажа. Лг., 1938.
- Малахов А. Е. и Наделяев К. И. Генетические особенности месторождений орских пестроцветных яшм. Тр. и мат. Свердлов. горн. инст., 1940, вып. 6.

- Мельников М. Ильменские минеральные копи. Горн. журн., 1882, № 4.
- Обработка цветных камней в Екатеринбургe, современное состояние промысла и его будущее. Горн. журн., 1885, № 2.
- Происхождение пильменита и топазов. Горн. журн., 1922, № 4.
- Мерепков Б. Я. 1. Драгоценные, технические и поделочные камни. М., 1936.
- 2. Алмаз. Сб. Неметал. ископ. СССР, т. 1, Лг.—М., 1936.
- Мерепков Б. Я., Ракитин А. М. и Шубников А. В. Агат. Сб. Неметал. ископ. СССР, т. 1, Лг.—М., 1936.
- Мереплевдер Н. С. Драгоценные камни и их применение в качестве подшипников. Точная индустрия, 1936, № 8—9.
- Мишарев Д. Т. Поиск, разведки и опробование слюдяных месторождений. Сб. Слюда СССР. Лг., 1937.
- Молчанов Н. А. Очерки по геологии Сибири. Восточный Саян. Лг., изд. Акад. наук, 1934.
- Мушкин В. С. Свойства пнезо-кварцевых пластинок. Мин. сырье, 1930, № 6.
- Н. Г. Добыча яштары в Германии. Мин. сырье, 1930, № 5.
- Неймайр М. История земли. Перевод с 2 нем. издания, т. 2 (гл. о драгоценных камнях). СПб., 1896, 759—776.
- Некрасов Н. Н. Проблема экспорта самоцветов и цветных камней. Мин. сырье, 1930, № 3.
- Нестянова О. Отчет Зауральской яшмовой партии за 1932 г. Всесоюз. геол. фонд, рукопись.
- Никифоров Е. А. К теории резания камней. Сб. работ по камням-самоцветам, вып. 1. М., 1937.
- 1. Поверхностная диффузия на поликристаллах и процессы окрашивания минералов. Сб. работ по камням-самоцветам, вып. 4. М.—Лг., 1938.
- 2. Сублимации окисл алюминия и изготовление шихты для синтеза рубина. Сб. работ по камням-самоцветам, вып. 4., М.—Лг., 1938.
- Никогосян С. Синтез шпинели. Мин. сырье, 1931, № 7.
- Никогосян С. и Дилакторский Н. Опыт получения шпинели и форстеритсодержащих огнеупоров. Мин. сырье, 1932, № 2, 3, 4.
- Новое месторождение турмалина на Урале. Соц. наука и техн. Ташкент, 1935, № 10.
- Ново-Сибирская областная плановая комиссия. Полезные ископаемые районов Новосибирской области и Алтайского края., изд. 3.-Сиб. геол. упр. Томск, 1938.
- Обручев С. В. Халцедон и гранатовые пески в Чаунской губе. Бюлл. Аркт. инст., Лг., 1936, № 8—9.
- Оренбургский (Чкаловский) Облплан. Полезные ископаемые Оренбургской (Чкаловской) обл. Оренбург (Чкалов), 1938.
- О советском жемчуге. Правда, 16/VII 1939.
- Остроумов. Список месторождений яшм на Урале с кратким их описанием 1927 г. Всесоюз. геол. фонд, рукопись.
- Остроумова. Берилл на Шерловой горе в Забайкалье. Тр. 4. Всесоюз. геол. конфер. по цвет. мет., М.—Лг., 1932, вып. 5.
- Оттен Ф. Ф. Угли Бурят-Монгольской АССР. Проблемы Бурят-Монгольской АССР. Тр. I Конфер. по изуч. произв. сил Бурят-Монг. АССР, М., изд. Акад. Наук, 1935.
- Оттен Ф. Ф. и Деев Ю. П. Иркутский угленосный бассейн. Сб. Мин. топливо, т. 1. Иркутск, изд. Вост.-Сиб. геол. упр., 1937.
- Пилипенко П. П. Минералогия Западного Алтая. Томск, 1915.
- Изучение минералов в катодных лучах. Тр. Моск. геол.-разв. инст., 1937, 8.
- Полякова Е. Д. Лазуриды Южного Прибайкалья. Тр. Всесоюз. геол.-разв. объедин., 1932, вып. 244.
- Попов В. А. Самоцветы Урала. Свердловск, 1937.
- Порватов Б. М. 1. Цветные и поделочные камни. Год. обз. мин. ресурсов СССР за 1925/26 г. Лг., 1926.
- 2. Разработка самоцветов и использование минерального сырья. Мин. сырье, 1926, № 2.
- Пыляев М. И. Драгоценные камни, их свойства, местонахождение и употребление. СПб., 1896.
- Пятницкий П. П. Изумруды, их местонахождение и происхождение. М., Гос. научно-техн. горно-геол. нефт. изд., 1934.
- Радугин К. Геология юго-западной окраины Енисейского края. Мат. по геол. Краснояр. края, Томск, 1937, вып. 2.
- Реутовский В. С. Полезные ископаемые Сибири. СПб., 1905.
- Руднев Д. Резьба по камню. Правда, 1940, 15/II, № 45 (8091).
- Саухат И. Г. Драгоценные камни и самоцветы Урала. Хоз. Урала, 1925, № 4.
- Святский И. Драгоценные камни. СПб., 1902.
- Сергиев Н. Г. О некоторых закономерностях развития вулканических явлений в Центральном Казахстане. Изв. Акад. Наук, сер. геол., 1939, № 4.

- Сердюченко Д. П. Альмандины из некоторых месторождений Сев. Кавказа и Украины. Зап. Мин. общ., 1933, 62, вып. 1.
- Сигал Я. Б. Производство точных технических камней. М.—Лг., 1938.
- Синегуб Е. С. Гранильное дело. Больш. техн. энцикл., 2 изд., т. 4. М., 1938.
- Камнерезное дело. Больш. техн. энцикл., 2 изд., т. 9., М., 1939.
- Берилл. Сб. Неметал. ископ. СССР, т. 2. Изд. Акад. Наук (печатается).
- Малахит и азурит. Минералы СССР. Изд. Акад. Наук (печатается).
- Смирнов С. С. Кочкарское месторождение розовых и золотистых топазов на Южном Урале. Зап. Мин. общ., 2 сер., 1925, 54, вып. 1.
- Соседко А. Ф. Корундово-наждачные месторождения Средней Азии. Сб. Мин. богатства Ср. Азии Таджики-Памир. экспед., Лг., 1935.
- Справочник по полезным ископаемым. Ростов н/Д, изд. Упр. Уполнаркомтяжпрома на Сев. Кавказе и Сев.-Кавк. геол.-разв. тр., 1933.
- Сушинский П. П. Очерк месторождений цветных камней Юго-восточного Забайкалья. М., 1925.
- Аквамарин с Шерловой горы в Забайкальской обл. Изв. Донск. политехн. инст. Новочеркасск, 1926.
- Сыромятников Ф. В. О создании в СССР промышленного производства синтетического благородного корунда (рубина и сапфира). Новые отрасли промышленности неметаллов. Тр. Инст. мин. сырья, 1939, вып. 146.
- Титов В. Заметка о месторождениях цветных камней и соляных озерах Нерчинского края. Горн. журн., 1855, 2.
- Трептов Е. Янтарь (практическое руководство к розыску и добыче). М., 1907.
- Трофимов В. С. Коренные алмазоносные породы — иные, чем кимберлиты. Сов. геол., 1939, 9, № 4—5.
- Канадский тип коренных месторождений алмаза и перспективы его обнаружения на территории СССР. Разв. недр., 1939, № 7.
- Современные представления о генезисе алмаза. Сов. геол., 1940, № 4.
- Успенский Н. М. Материалы для познания генезиса месторождения изумрудов Монетной дачи на Урале. Зап. Ленингр. горн. инст., 1938, 11, вып. 1.
- Ушаков А. Драгоценные камни в промышленном и минералогическом отношении. СПб., 1862.
- Федорцев В. Геология и полезные ископаемые Яно-Индибирского водораздела. Геол. и полезн. ископ. Севера СССР. Тр. I геол.-разв. конфер. Главсевморпути, 1935, 2.
- Фельдман Г. Редкая находка берилла на Украине. Инж. раб., 1928, № 8.
- Фелькерзам А. 1. Янтарь в искусстве. Старые годы, 1912, № 11, 12.
- 2. Кораллы и его применение в искусстве. Старые годы, 1912, № 2.
- Горный хрусталь и его применение в искусстве. Старые годы, 1915, № 12.
- 1. Халцедон и его применение в искусстве. Старые годы, 1916, № 3.
- 2. Авантюрин и его применение в искусстве. Старые годы, 1916, № 3.
- Ферсман А. Е. Самоцветы России, Пг., 1921.
- Драгоценные и цветные камни России, т. 1. Пг., 1922 (обширная литература по месторождениям драгоценных камней до 1919 г.).
- Драгоценные и цветные камни СССР, т. 2 — месторождения. 1925.
- 1. О природе окраски изумрудов. Доклады Акад. Наук, 1926, 24.
- 2. Драгоценные и цветные камни. Сб. Нерудные ископаемые, т. 1.
- Изд. Ком. по изуч. ест. произв. сил Акад. Наук, 1926.
- Пегматиты, их научное и практическое значение, т. 1. Изд. Акад. Наук, 1932.
- Цвета минералов. М.—Лг., 1937.
- Геохимия, т. 1—4, 1932—1939.
- Успехи изучения пегматитов гранитной магмы за последние 10 лет. Изд. Акад. Наук, сер. геол., 1939, № 2.
- Ферсман А. Е. и Влодавцев Н. И. Петергофская грапильная фабрика. Пг., 1922.
- Ферсман А. Е. и Шубников А. В. Задачи в области обработки драгоценного камня. Новые приемы обработки камня. М., 1924.
- Филатов К. С. Бериллий. Сб. Полезн. ископ. Сиб. края, т. 1. Новосибирск, 1934.
- Флинт Е. Е. Кварц (технология пиззо-кварца). Сб. к X-летию работы Инст. прикл. мин. М.—Лг. — Новосибирск, 1933.
- Фомичев И. А. Горная литература. Указатель главных статей на русском языке за 1900—1929 гг. (гл. Драгоценные и полудрагоценные камни). Томск, 1930.
- Хандросс Л. М. 1. Янтарь в СССР. Природа, 1937, № 8.
- 2. Янтарь на Севере. Сов. Арктика, 1937, № 9.
- Чухров Ф. В. Коллоиды в земной коре. М., 1936.
- Шаскольская М. Новый метод искусственного получения изумрудов. Природа, 1935, № 11.
- Шафраиовский И. И. Цирконы Вишневых гор. Зап. Мин. общ., 2 сер., 1933, 62, вып. 1.

- Шахов Ф. Н. Происхождение белоречитов Алтая. Тр. Научной конференции по изучению и освоению производительных сил Сибири, т. 2. Томск, 1940.
- Шейман Ю. М. Геологический очерк района нижнего течения рр. Онона и Ингоды (месторождения Борцовочного кряжа). М.—Лг., 1936.
- Шелонов Н. Алмазы на Урале. Вестн. Гл. геол.-разв. упр., 1930, 5, № 5/6.
- Шестоналов М. Ф. 1. Ультрасиноватый массив Кинтойских Альп. Сб. работ по камням-самородкам, вып. 4. М.—Лг., 1938.
- 2. Новые месторождения нефрита в Восточном Саяне. Сб. работ по камням-самородкам, вып. 5. М.—Лг., 1938.
- 3. Находка алмазов и алмазоносных пород в СССР. Там же.
- Штегман В. Забытое, но прекрасное искусство (резьба по камню). Сов. искусство, 1940, № 36/706.
- Шубников А. В. 1. Новый «квадрант» для огранки драгоценных камней. Тр. Ломоносов. инст. Акад. Наук, 1936, вып. 8.
- 2. К вопросу о сущности процесса шлифовки и полировки твердых тел. Тр. Ломоносов. инст. Акад. Наук, 1936, вып. 8.
- Прибор для точного определения оптической оси в кварце. Тр. Лабор. крист. Акад. Наук, 1939, вып. 1.
- Юдин Г. Л., Хабаров А. В., Лукинцкий П. Н. Месторождение ляпис-лавури на Памире. Тр. Памир. экспед. 1930 г. Лг., 1932, вып. 2.
- Aitkens J. Topaz. USA. Dep. Commer. Inform. Circ. 6502, 1931.
- Tourmaline. USA. Dep. Commer. Inform. Circ. 6539, 1931.
- Feldspar gems. USA. Dep. Commer. Inform. Circ. 6533, 1931.
- Garnet (gem stones). USA. Dep. Commer. Inform. Circ. 6518, 1931.
- Rubies and sapphires. USA. Dep. Commer. Inform. Circ. 6471, 1931.
- Quartz gem stones. USA. Dep. Commer. Inform. Circ. 6561, 1932.
- Aloisi Pioro. Le gemme. Trattato sulle pietre preziose. Firenze, 1932.
- Anderson B. W. Igmerald, the german synthetic emerald. Gemmologist, 1935, May.
- Andrée K. Der Bernstein u. seine Bedeutung in Natur und Gesteinswissenschaften. Kunstgewerbe Technik, Industrie u. Handel. Königsberg, 1937.
- Arcey N. A. Precious quartz. Rocks Min., 1938, 13, № 1.
- A travers la Hollande (Об огранке алмазов). Le tour du Monde, 1912, № 49, 584—585.
- Bail S. H. The geology and geographic occurrence of precious stones. Econ. Geol., 1922. (Русск. перевод — Горн. журн., 1923, № 7—8).
- Historical notes of gem mining. Econ. Geol., 1931, 26, 681—738.
- A historical study of precious stones valuation and prices. Econ. Geol., 1935, 30, Sept.—Oct.
- Gem stones. USA. Bureau of Mines Minerals Yearbook. Washington, 1937.
- Gem stones. USA. Bureau of Mines Minerals Yearbook. Washington, 1938.
- Barclay G. C. Gem sources of the South Atlantic States. Gems and Gemmology, 1939, № 1—2.
- Barthoux J. Notes minéralogiques sur l'Afganistan. Bull. Soc. Min., 1933, 56, № 6—7—8.
- Bauer M. Edelsteinkunde. 3 Auflage, vollkommen neu bearbeitet von Pr. Schlossmacher. Leipzig, 1932.
- Edelsteinkunde (3 Auflage) Verlag von Willibald Keller. Leipzig, 1936.
- Baxter W. T. Jewelry, gem cutting and metallcraft. H. Y. London, 1938.
- Bayer E. Die Optik der Edelopale. Zs. Kryst., 1932, 81, 183—218.
- Bestimmung von Edelsteinen mit einfachen Mitteln. Dtsch. Goldschm. Ztg., 1937, 40, 206.
- Bragg W. H. The physical properties of crystals in relation to their structure. Gemmologist, 1937, May.
- Brauns K. Die physikalische Bestimmung der Edelsteine. Dtsch. Goldschm. Ztg., 1935, № 42.
- Burbage E. J. a. Thorold G. J. Gemmological research, its scope and possibilities. Gemmologist, 1937, October.
- Bureau d'études géologiques et minières coloniales. Annuaire. Paris, 1937.
- Chhibbor H. L. The mineral resources of Burma. London, 1934.
- Chudoba K. Durch Sonnenlicht verfärbbare Zirkone (Hyazinthe). Dtsch. Goldschm. Ztg., 1935, 38, 303—304.
- Specific gravity chart. Gemmologist, 1936, June.
- Clerici. Preparazione de liquidi per la separazione dei minerali. Atti R. Acad. Lincei, Roma, 1907, 16, 187—195.
- Coggin Brown J. India's mineral wealth. Bombay, Calcutta, Madras, 1936.
- Cohn J. Das Färben der Ahate. Dtsch. Goldschm. Ztg., 1925, Mai.

- Crauford W. C. a. Johnson F. Turquoise deposits of Courtland, Arizona. *Econ. Geol.*, 1937, **32**, № 4.
- Dake H. C. Fleener F., Wilson B. Quartz family minerals, N. Y.
- Deribéré M. Les applications pratiques de la luminescence (fluorescence, phosphorescence, lumière noire). Paris (Dunod), 1938.
- Dutens M. Des pierres précieuses et des pierres fines. Avec les moyens de les connaître et de les évaluer. Florence, 1776.
- Edelsteine. Der grosse Brockhaus. B. 5. Leipzig, 1930.
- English G. S. The scientific valuation of minerals. *Amer. Min.* 1927, **12**, May.
- Eppler W. F. Das Geheimniss des Zircons. *Dtsch. Goldschm. Ztg.*, 1936, **39**, 531—534.
- Espig H. Der synthetische Smaragd. *Zs. Kryst.*, 1935, **92**, 387—391.
- Freyberg B. Die Bodenschätze des Staates Minas Geraes, Brasilien. Stuttgart, 1934.
- Gardner E. L. How to sell rubies. *Gemmologist*, 1936, July. *Gem. Encyclopedia Britannica*, 40 ed, v. 10, London, 1929.
- Gems and their wearers. *Gemmologist*, 1936, August.
- Gillson J. L. A. Day in a Ceylon gem field. *Amer. Min.*, 1933, № 7.
- Grant J. Testing gems by ultra-violet rays. *Gemmologist*, 1935, October.
- Guimaraes D. Contribução a geologia do estado de Minas Geraes. *Serv. geol. Min. Brasil, Bol.* № 55. Rio de Janeiro, 1931.
- Halford-Watkins J. F. 1. Sapphires and rubies in Burma. *Gemmologist*, 1936, January.
- 2. Topaz. *Gemmologist*, 1936, February — July.
- Harstad A. J. The Montana agate. *Rocks Min.*, 1938, **13**, № 11.
- Holstein O. Gems in ultra-violet light. *Gemmologist*, 1935, May.
- 1. Identifying the Emerald. *Gemmologist*, 1936, January.
- 2. Real and synthetic emerald. *Gemmologist*, 1936, Decembre.
- Howard J. H. The working of semiprecious stones. *Rocks Min.*, 1931, 1.
- Handbook for the Amateur — Lapidary Greenville (USA), 1935.
- Howell D. H. Identification of certain gem-stone materials by their emission spectra. *Amer. Min.*, 1937, № 6.
- Hyatt Verrill A. Minerals, metals and gems. Boston, 1939.
- Imperial Institute. The Mineral Industry of the British Empire and Foreign Countries. Gem Stones. London, 1933.
- Jahns R. H. Clerici solution for gravity determination. *Amer. Min.*, 1939, **24**, № 2.
- Juergens H. P. Gems, classification according to color. Chicago, 1939 (Ред.: Gems and Gemmology, 1939, № 2).
- Kotler A. F. Gems of old Bohemia. *Gemmologist*, 1935, September.
- Kraus E. H. a. Holden E. F. Gems and gem mater., 1925, № 7.
- Kraus E. H. a. Slawson C. B. An explanation of diamond cutting in terms of atomic structure. *Amer. Min.*, 1939, № 3.
- 2. Gems and gem materials. 3d edition. N. Y., 1939.
- 3. Variation of hardness on the diamond. *Amer. Min.* 1939, № 11.
- Krauss F. Synthetische Edelsteine. Berlin, 1929.
- Kunz G. F. Precious stones. *Min. Metallur.*, 1930, № 11.
- Engraving of gems. *The Encyclopedia Americana*, v. 12. N. Y. Chicago, 1932.
- Lacroix A. Gemmes malgaches. Communication faite à l'Académie de Sciences coloniales. Paris, 1926.
- Les pierres précieuses, semi-précieuses ou d'ornementation. Bureau d'Etudes Géologiques et minières coloniales. Les ressources minérales de la France d'outremer. L. 3. Paris, 1935.
- Lavrov S. E. Precious and semiprecious stones of Russia. *Econ. Geol.*, 1931, **26**, 432—436.
- Lefranc J. Pierres précieuses. Larousse, de l'industrie et des arts et métiers. (999—1007). Paris, 1935.
- L'examen des saphires naturels et artificiels aux rayons X. *Chim. Industr.*, 1929, **22**, № 3.
- Louis H. Mineral deposits. Division IV. Gems. London, 1934.
- McKinley W. C. American gem caboshons. An illustrated handbook of domestic semi-precious stones cut unfaceted, Chicago, 1939.
- Maier W. Brillanz geschliffener Edelsteine. *Neues Jb. Min. Abt. A.* 1936, B.—B. 71, 458—491.
- Mannucci U. Le pietre preziose. 2 ed. Milano, 1929.
- Memorial of G. F. Kunz. *Amer. Min.*, 1933, № 3 (перечень работ Ж. Ф. Кунца).
- Merill G. P. Handbook of gems and precious stones. U. S. A. Nat. Museum., 1922. Bull. 118.
- Moraes L. Beryllium minerals in Brasil. *Econ. Geol.*, 28, 1933, № 3.
- L.Geologia economica do norte de Minas Geraes. Rio de Janeiro, 1937.

- Orcel J. L'éclat des minéraux et la mesure de leurs pouvoirs réflecteurs. Archives du Muséum d'histoire naturelle. Paris, 1935.
- Pabst A. Minerals of California. Sacramento, 1938.
- Palache C. H. The largest crystal. Amer. Min., 1932, 17, № 7.
- Patton L. T. A holder for a diamond saw. Econ. Geol., 1934, 29, № 7.
- Payne C. J. The table-spectrometer and the measurement of refractive indices. Gemmologist, 1937, April.
- Payne C. J., Franklin L. a. Anderson B. W. The use of Clerici solution for density determination. Gemmologist, 1936, June.
- Plant for production of beryl-emeralds at Somerset mine. S. Afric. Min. Eng. Journ., 1929, pt. 1, 40, 621—622.
- Pogue S. E. The turquoise history, mineralogy, geology, ethnology, archeology and technology. Mem. Acad. Sci., Washington, 1915, № 3.
- Pollett J. D. The diamond deposits of Sierra Leone. Bull. Imp. Inst., London, 1937, 35, № 3 (333).
- Precious stones found in S. Africa. The Diamond News Kimberley, 1939, № 7.
- Rau W. Edelsteinkunde für Mineralogen, Juweliere und Steinhändler. Leipzig, 1907.
- Records of the Geological Survey of India, Delhi, 1937, 72, p. 3.
- Rösch S. Brillanzwirkung des geschliffenen Diamantes. Dtsch. Goldschm. Ztg., 1926, № 9.
- Schaller W. Industrial uses of precious stones. Min. Res. USA. Geol. Surv., 1918.
- Schlossmacher K. (bearbeitet von). Praxis der Edelsteinbestimmung. Neuerode im Eulengebirge, 1937.
- Schwab H. Idar-Oberstein, the jown of precious stones. Gemmologist, 1936, August.
- Semi-precious and ornamental stones in South Africa. Afric. Ming. Engng. Journ., 1937 January, № 2293.
- Smith G. F. H. Gemstones and their distinctive characters. London, 1919.
- Smith H. L. The economic laws of art production. London, 1925.
- Special opal number. Rocks a. Minerals, 1933, № 1.
- Spencer L. J. A key to precious stones. London and Glasgow, 1936.
- Stone at New-York Worlds Fair. Stone, 1939, № 7.
- Stutzer O. u. Eppler W. F. Die Lagerstätten der Edelsteine und Schmucksteine. Berlin, 1935.
- The Mineral Industry during 1937, v. 46, N. Y. London, 1938.
- Turnbull G. Seven kinds of lustre. Gemmologist, 1937, August.
- Van Nostrands. Scientific Encyclopedia. N. Y., 1938.
- Vassar Helen E. Clerici solution for mineral separation by gravity. Amer. Min., 1925, 10, 123.
- Verleye L. Les pierres précieuses et les perles. Caractères, valeur, emploi, synthèse, imitation. 3. ed. rev. Paris.
- Wade Fr. Gem polish. Rocks. a Min., 1936, 11.
- Willemse A. De Edelsteen. Kerkrade, 1935.
- Wollaston T. C. Opal. The gem of the never-never, London, 1924.
- Weinstein M. Precious and semiprecious stones. London, 1930.
- Unit of weight in Gemmology. Gemmologist, 1936, January.
- Whitlock H. P. 1. Jade, amber and ivory. N. Y., 1934.
- 2. Jade and the antique use of gems. N. Y., 1934.
- The story of the gems. A popular handbook. N. Y., 1936.
- Wild G. O. Practicum der Edelsteinkunde. Stuttgart, Frankfurt, 1936.

ДЮМОРТЬЕРИТ

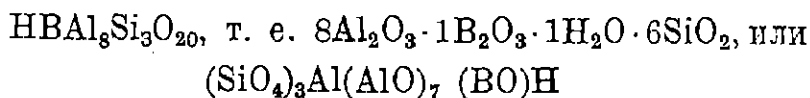
Dumortierite (англ.). Dumortiérite (франц.). Dumortierit (нем.)

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

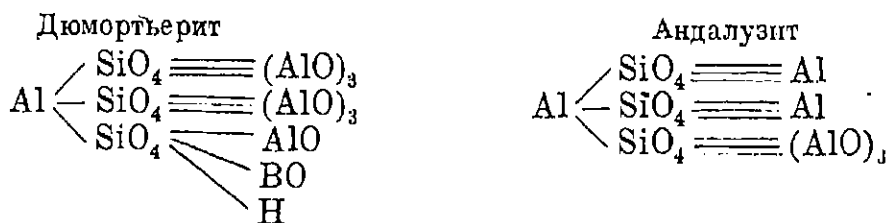
Минерал, названный так в честь известного французского палеонтолога Е. Dumortier, был открыт и описан в 1881 г. Ф. Гонаром (F. Gonnard). Начало же промышленного применения его относится к 1925 г., когда было обнаружено значительное месторождение этого минерала близ ж.-д. ст. Ореана (Oreana) в штате Невада (США).

Первоначальный химический состав дюмортьерита был определен А. Дамуром (A. Damour) как $4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$. Но вскоре различными исследователями было констатировано наличие в минерале B_2O_3 и H_2O . На основании произведенных анализов В. Форд (Ford, 1902 и 1903) пришел к выводу, что дюмортьерит представляет основной ортосиликат состава $(\text{AlO})_{16}\text{Al}_4(\text{SiO}_4)_7$, или иначе — $[\text{AlO}]_{16}\text{Al}_2\text{B}_2(\text{SiO}_4)_7$. Исходя из того, что содержание B_2O_3 и H_2O в произведенных анализах обнаруживает некоторые колебания, Форд высказал предположение, что окись бора и гидроксил в дюмортьерите изоморфно замещают глинозем.

Несколько позже В. Шеллер (Schaller, 1905 и 1906), основываясь на особо тщательно произведенных анализах, вывел заключение, что содержание B_2O_3 и H_2O в дюмортьерите является постоянным, а наблюдающиеся колебания состава объясняются неточностью анализов или же загрязненностью анализируемого ранее материала посторонними примесями. На этом основании Шеллер выражает химический состав дюмортьерита формулой



при теоретическом содержании (в %): Al_2O_3 —64.5; SiO_2 — 28.6; B_2O_3 —5.5 и H_2O — 1.4. Относя его к ортосиликатам, Шеллер параллелизует дюмортьерит с андалузитом и дает для него следующую структурную формулу:



Произведенные за последнее время химические анализы (например, Walker, 1922; Chatterjee, 1931 и др.) все же показывают некоторые колебания химического состава дюмортьерита в следующих пределах (в %): SiO_2 28.0—30.6; Al_2O_3 63.2—64.5; B_2O_3 5.0—6.1; H_2O 1.3—1.7. Это дает повод А. Лакруа и Е. Грамону (Lacroix et Gramont, 1921) считать более близким к истине представление Форда.

Кроме четырех главных окислов, в дюмортьерите различных месторожде-

ний констатировано содержание (в %): Fe_2O_3 0.23—1.08; Ti_2O_3 от следов до 1.49; MnO от следов до 0.11; MgO до 0.77.

Исходя из состава $\text{HBAI}_8\text{Si}_3\text{O}_{20}$, дюмортьерит имеет молекулярный вес 634, молекулярный объем 192.

Кристаллы дюмортьерита относятся к ромбической сингонии и близки к гексагональным. Достаточно хорошо индивидуализированные кристаллы встречаются крайне редко. Они имеют длиннопризматический и столбчатый, реже — короткопризматический габитус, достигая в длину 50 мм при толщине от 1 до 10 мм. На кристаллах чаще всего присутствуют грани пояса третьей оси [001]: пинакоидов (100) и (010) и призм (320), (120), (110) и (210). Более редко встречаются призмы пояса второй оси [010]: (102) и (203).

Наиболее характерны для кристаллов дюмортьерита призматическо-волокнистые формы без кристаллических граней: игольчатые, волокнистые и до волосовидных. Толщина таких кристаллов обычно не превышает 25—30 μ и часто понижается до 1 μ и менее при длине до 1 — 1.5 мм. Иногда эти кристаллы встречаются в форме спутанноволокнистых, войлоковидных масс, но обычно они образуют метло- и веерообразные, радиальнолучистые агрегаты, которые для дюмортьерита вообще наиболее характерны. Иногда наблюдаются полные сферолиты, состоящие из радиально расходящихся из центра волокон дюмортьерита, местами замещенного мусковитом. Более редко такие волокна образуют параллельно-жилковатые, асбестовидные агрегаты.

Иногда наблюдаются кристаллы дюмортьерита, закономерно сросшиеся с кристаллами турмалина в параллельном положении или же вдоль одной общей вертикальной оси. В некоторых месторождениях, подвергшихся сильным динамическим воздействиям, кристаллы дюмортьерита бывают изогнуты и даже переломаны.

В хорошо индивидуализированных, более крупных кристаллах дюмортьерита довольно часто наблюдаются двойники прорастания (тройники) по (110), аналогичные тройникам, встречающимся в кристаллах кордиерита и арагонита.

Спайность по первому пинакоиду (100) — совершенная, по призмам (110) и (210) — несовершенная. Часто наблюдается отдельность по третьему пинакоиду (001).

Твердость 7; удельный вес 3.30.

Цвет дюмортьерита весьма разнообразен и ярок. В большинстве случаев минерал окрашен в различные оттенки густого синего (кобальтово-, ультрамариново-, зеленовато-синего), реже — зеленого (синевато-зеленого, фиштакково-зеленого) цвета. Но для дюмортьерита некоторых месторождений весьма характерной является красивая яркорозовая или красная окраска различных тонов (винно-красная, кроваво-красная), равно как промежуточные между красными и синими оттенками (фиолетовые, лавандовые и др.).¹ Иногда встречается дюмортьерит коричневого, темносерого и до черного цвета.

Влск у дюмортьерита слабый, стеклянный; иногда наблюдается шелковистый отлив.

В тонких кристаллах минерал просвечивает; отдельные волокна совершенно прозрачны. Плоскость оптических осей NgNp параллельна второму пинакоиду (010); ось Np параллельна третьей кристаллографической оси

¹ Причину красной окраски дюмортьерита Шеллер (Schaller, 1905 и 1906) предполагает в присутствии Ti_2O_3 в количестве до 1.5% замещающей Al_2O_3 в минерале. Синий дюмортьерит, по его определению, окиси титана совершенно не содержит. А. Пэк (Pek, 1926) считает, что в том случае, когда титан присутствует в дюмортьерите в форме Ti_2O_3 и замещает частично Al_2O_3 , минерал имеет синюю окраску; при замещении TiO_2 части SiO_2 минерал будет иметь яркорозовый цвет. В то же время Пэк не исключает возможности присутствия марганца или других могущих обусловить окраску элементов.

[001], почему знак удлинения кристаллов (—). $N_g = 1.686—1.692$; $N_m = 1.684—1.687$; $N_p = 1.659—1.678$. Лишь в одном случае (Fischer, 1936) указываются более низкие значения для показателей преломления: $N_g = 1.665$; $N_p = 1.643$.

$N_g - N_p = 0.010—0.027$; $N_g - N_m = 0.001—0.007$; $N_m - N_p = 0.008—0.025$. (—) $2V = 20—40^\circ$ (и до 52°).

Дисперсия резкая — от $\rho < \nu$ до $\rho > \nu$.

Дюмортьерит обладает резко выраженным и характерным плеохроизмом со схемой абсорбции $N_p > N_m = N_g$, обратной очень сходному с ним турмалину. Лишь у очень тонких волокон плеохроизм отсутствует. В зависимости от цвета у кристаллов дюмортьерита в шлифе по N_p наблюдается густая синяя, зеленая или красная окраска различных оттенков. По N_m минерал бесцветен или окрашен в очень светлые тона; по N_g — совершенно бесцветен.

Иногда в кристаллах дюмортьерита наблюдаются пузырьки и включения жидкости и длинные трубкообразные полости, ориентированные параллельно третьей кристаллографической оси. Встречаются также включения мелких кристаллов рутила.

Дюмортьерит довольно часто подвергается метасоматическому замещению мусковитом (серицитом), пирофиллитом и, реже, каолинитом, причем иногда наблюдаются полные псевдоморфозы слюды по кристаллам дюмортьерита.

В пламени паяльной трубки дюмортьерит не плавится, но становится белым. С нитратом кобальта при накаливании приобретает синюю окраску. В тонкоизмельченном состоянии в смеси с бисульфатом калия и флюоридом кальция в пламени дает на мгновение зеленую окраску от присутствия борной кислоты (реакция получается с трудом.) В перле фосфорной соли медленно растворяется с образованием синевато-белого стекла. Минерал нерастворим в кислотах (даже в плавиковой). Диэлектрическая постоянная — 17.

2. ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ГЕНЕЗИС

Присутствие в составе дюмортьерита бора, весьма характерный парагенезис и геологическая обстановка, в которой встречаются его месторождения, с определенностью говорят о пневматолитическом (гипотермальном) происхождении этого минерала (подобно турмалину, с которым дюмортьерит всегда встречается совместно). Вследствие этого дюмортьерит встречается исключительно в двух типах месторождений, в подавляющем большинстве случаев явно тесно связанных своим образованием с постмагматической деятельностью гранитной магмы, именно: 1) в гранитных пегматитах и 2) в пневматолитовых (гипотермальных) месторождениях.

Гранитные пегматиты, содержащие дюмортьерит, залегают среди различных гнейсов и кристаллических сланцев или же в серпентинитах. Кроме обычных для пегматитов минералов — ортоклаза, микроклина, кислого плагиоклаза и серого кварца, — в качестве постоянных спутников дюмортьерита присутствуют турмалин и мусковит. Довольно обычны также гранат, кордиерит, силлиманит, андалузит, кианит, корунд, биотит, топаз, берилл, апатит, монацит и циркон. Иногда указываются хризоберилл, ксенотим, ильменит, магнетит, гематит, зеленая шпинель, призматин, графит и хлорит. Обычно синего цвета дюмортьерит в форме отдельных кристаллов или радиальных их сростков присутствует в небольшом количестве в осевых частях пегматитовых жил, вращаясь в полевые шпаты, кварц и мусковит. Несколько более богаты дюмортьеритом пегматиты, залегающие среди парагнейсов с повышенным содержанием глинозема (альмандиновых, кордиеритовых, силлиманитовых и др.) или же среди серпентинитов. В этих случаях пегматиты обогащены кордиеритом, силлиманитом, андалузитом и кианитом, в кристаллах которых особенно охотно развивается дюмортьерит. Кордье-

рит при этом иногда в значительной степени бывает превращен в пирит. Иногда осевые части жил превращены в дюмортьеритовый грейзен, содержащий, кроме кварца и дюмортьерита, мусковит, топаз и небольшое количество магнетита и гематита.

Финлей (Finlay, 1907) рассматривает дюмортьерит в качестве первичной пирогенетической составной части пегматита. Аналогично, повидимому, и А. Е. Ферсман (1939) склонен считать дюмортьерит первичным продуктом кристаллизации остаточного пегматитового расплава, относя время его кристаллизации к геофазам В и С или к началу геофазы D (т. е. ко времени образования письменного гранита) своей шкалы пегматитового процесса. При этом обогащение глиноземом дюмортьеритсодержащих пегматитов А. Е. Ферсман объясняет ассимиляцией боковых пород или же процессом десиликации пегматитового остатка, приведших к образованию небольшого избытка глинозема в последнем.

Нам представляется более близким к истине метасоматическое происхождение дюмортьерита в пегматитах, причем время его образования следует отнести к самому концу пневматолитового этапа (геофазы F—G Ферсмана).

Пневматолитовые месторождения дюмортьерита характеризуются довольно значительным разнообразием. Их можно разделить на два подтипа: 1) жильные и 2) метасоматические; во многих месторождениях эти подтипы встречаются совместно.

Жильные месторождения представляют различной, но преимущественно небольшой (порядка нескольких десятков сантиметров) мощности жилы кварца с дюмортьеритом. Местами они образуют типичные штокверки в форме густой сети маломощных жил. В некоторых месторождениях в жилах, кроме кварца и дюмортьерита, присутствуют андалузит, силлиманит, кианит, мусковит, пирофиллит, турмалин, топаз и акцессорные магнетит, ильменит (?), гематит, титанит, лейкоксен, рутил, апатит, циркон и пирит.

Залегают кварцево-дюмортьеритовые жилы среди гранита, кварцитов и кварцитизированных кислых эффузивов (вторичных кварцитов), а также в кианитовых, силлиманитовых и андалузитовых породах. Эти породы около жил часто бывают обогащены дюмортьеритом и его спутниками (турмалином, топазом и др.). В некоторых месторождениях сами кварцевые жилы дюмортьерита не содержат, а в кварцевой жильной массе присутствуют или кристаллы кианита и рутила (Аризона, США), или же касситерит и турмалин (Калифорния, США). Но в то же время около жил во вмещающих кианито-андалузито-силлиманитовых породах или цвиттерах дюмортьерит присутствует в изобилии. В некоторых месторождениях (особенно среди вторичных кварцитов) обогащенные дюмортьеритом кварциты залегают в форме неправильных ветвящихся линзообразных тел и постепенно переходят в кварциты, не содержащие дюмортьерита. Такие тела, повидимому, были образованы вдоль трещин или зон разломов в первичных эффузивах.

Иногда волокнистые и игольчатые кристаллы дюмортьерита, сопровождаемого силлиманитом, встречаются в кристаллах кордиерита кордиеритовых гнейсов. Около игл дюмортьерита в кордиерите наблюдаются полихроичные ореолы. В этих же гнейсах отмечается присутствие циркона и ксенотима.

Образование и концентрация дюмортьерита в околожильных вмещающих породах или даже вне какой-либо связи с жилами в метаморфизованных и метаморфических породах указывает на то, что дюмортьерит кристаллизовался в них путем метасоматоза первичных пород при воздействии на них пневматолитовых (гипотермальных) растворов. При этом пневматолитический метаморфизм приводил сначала к возникновению других богатых глиноземом минералов — андалузита, кианита, силлиманита и кордиерита, путем метасоматоза которых чаще всего и образовывался дюмортьерит.

В промышленном отношении, вследствие бедности дюмортьеритом, содержащим его пегматиты как источник для получения этого минерала интереса не представляют; в то же время некоторые из месторождений таких пегматитов (например, Мурзинского района на Урале) дали большое количество драгоценных камней (топаза, берилла, турмалина и др.).

Аналогично и подавляющее большинство пневматолитовых месторождений также является непромышленным. Лишь в тех, сравнительно редких, случаях, когда дюмортьерит сконцентрирован настолько, что образует значительных размеров скопления богатых им или почти мономинеральных пород, такие месторождения разрабатываются в промышленном масштабе. В настоящее время известно лишь два таких месторождения: близ ж.-д. ст. Ореана (Oreana, США) и в области Эронго (Erongo, Южная Африка). Кроме того, несколько описываемых ниже иностранных месторождений представляются весьма интересными в теоретическом отношении.

3. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗА ГРАНИЦЕЙ

Месторождения штата Невада (США) представляют большой интерес как по весьма своеобразной геологической обстановке, в которой они находятся, и по чрезвычайному разнообразию форм проявления дюмортьерита, так и в качестве единственной в мире значительной его концентрации. Они расположены в горной цепи Гумбольдта в округе Рочестер западной части штата Невада.

По А. Кнопфу (Knopf, 1924), район месторождений сложен мощной серией эффузивных пород триаса, представленной в нижней части толщью фельзитовых трахитов и кератофиров мощностью около 3000 м, выше которых залегают риолиты мощностью 300 м. На риолитах лежит толща триасовых же известняков мощностью около 600 м. В конце юрского периода эти серии пород были дислоцированы с образованием широкой антиклинальной складки. Складкообразование сопровождалось интрузией гранитной магмы, давшей массивы аплитовидного гранита и дайки гранит-порфира среди эффузивов. Непосредственно вслед за этим начался период активной постмагматической пневматолитовой и гидротермальной деятельности, приведшей к образованию месторождений трех типов: 1) дюмортьерита, 2) золотых руд с турмалином и 3) первичных серебряных руд с турмалинизированным кварцем, переходящих в первичные серебряные руды без турмалина.

Постепенных переходов между месторождениями этих трех типов не наблюдается, что указывает на наличие перерывов в постмагматической деятельности. В то же время несомненно, что формирование месторождений всех трех типов следовало одно за другим при постепенно повышавшихся температурах в последовательности их перечисления.

Значительная распространенность дюмортьерита в районе была первоначально констатирована Кнопфом на юго-западном склоне горы Линкольна на площади около 230 000 м². Слагающие эту площадь трахиты подверглись интенсивному раздроблению и воздействию пневматолитовых растворов, приведших к образованию густой сети многочисленных кварцево-дюмортьеритовых прожилков и преобразованию самих трахитов во вторичные кварциты.

Дюмортьерит имеет здесь преимущественно яркорозовую и лавандовую окраску; дюмортьерит синего цвета встречается крайне редко.

Дюмортьеритово-кварцевые прожилки имеют мощность от нескольких миллиметров до 15 см. Наиболее тонкие прожилки состоят, главным образом, из розового дюмортьерита с небольшим количеством кварца и, иногда, бурого турмалина. Более мощные прожилки содержат больше кварца, окрашенного местами в красивый розовый цвет благодаря многочисленным прорастающим его волокнам яркорозового дюмортьерита.

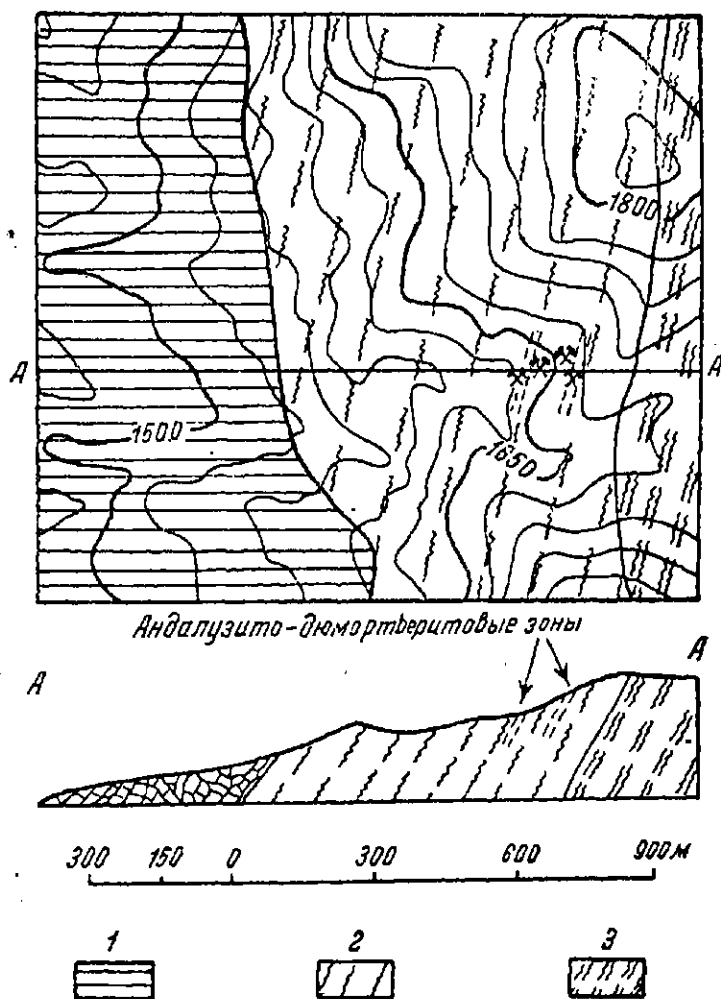
Вторичные кварциты, вмещающие дюмортьеритовые прожилки, состоят из кварца, андалузита, дюмортьерита и серпичита, находящихся в различных количественных соотношениях. Первичная эффузивная структура кварцитами утрачена. Кварц является главным минералом этих пород; он образует тонкозернистую мозаику, среди которой присутствует довольно много крупных (до 2 см в длину) идиоморфных или округлых кристаллов андалузита. Дюмортьерит присутствует в форме радиальных агрегатов игольчатых или волокнистых кристаллов, выделяющихся в породе в форме пятен красного, кирпичного и лавандового цвета.

Хирши (Hirshi, 1927) отмечает наличие сланцеватости в дюмортьеритовых кварцитах и присутствие в них богатых серпичитом прожилков. Кристаллы андалузита замещены кварцем, серпичитом и дюмортьеритом, на основании чего Хирши считает андалузит первым по времени образования минералом при метаморфизме эффузивов во вторичные кварциты. Он отмечает еще наличие в месторождении синевато-зеленого кварца, окраска которого обусловлена большим количеством тонких иголок турмалина, прорастающих кварц. Красный дюмортьерит образует войлокообразные скопления, тогда как синий встречается лишь в жилах. Отмечается также повсеместное распространение циркона в породах.

Месторождение горы Линкольна лишено промышленного значения, хотя Кнопф указывал на возможность использования розового кварца в качестве красивого поделочного камня (Schaller, 1919).

В 1925 г. в том же районе, в 8 км к востоку от ж.-д. ст. Ореана и к северо-западу от горы Линкольна было открыто месторождение богатых дюмортьеритовых пород, которое с тех пор до настоящего времени разрабатывается фирмой Чэмпин Силлиманит (Champion Sillimanite, Inc.).

По П. Кэрр и П. Джепней (Kerr a. Jenney, 1935), непосредственные окрестности месторождения сложены толщей метаморфизованных и сильно сланцеватых риолитовых и трахитовых туфов триасового возраста, падающих на запад под углом $45-65^\circ$ (фиг. 1). На расстоянии около 0.5 км к западу от месторождения залегают вышележащие, также триасового возраста, сильно дислоцированные известняки, отделенные от туфовой толщи сбросом. В 6 км к северу от месторождения находятся большие массивы сильно альбитизированных и обогащенных вторичным кварцем кварцевого монцонита



Фиг. 1. Схематическая геологическая карта Humboldt Queen Canyon, Humboldt Range, Nevada, показывающая положение дюмортьеритового рудника. (По Р. F. Kerr a. P. Jenney.)

1 — известняк; 2 — риолитовый туф; 3 — трахитовый туф.

и гранит-порфира, интродуцировавших в эффузивную толщу. В гранит-порфире встречаются альбито-кварцевые жилы. Апофизы этих интрузивов подходят к месторождению на расстояние 1.5 км. Впедрение глубинных изверженных пород сопровождалось раздроблением, растрескиванием и изменением туфовых серий, приведшими к образованию за счет последних кварцево-серицитовых сланцев с линзообразными скоплениями андалузита и дюмортьерита. В пределах месторождения линзы андалузитово-дюмортьеритовых пород пересечены более молодой дайкой диабаза.

По Джонсу (Jones, 1928), месторождение представляет две параллельные зоны минерализации в турмалинсодержащих кварцево-серицитовых сланцах, от которых они отделяются резко ограниченными серицитовыми зонами. Западная зона представлена массивным кварцем с ничтожным содержанием дюмортьерита; она непрерывно прослеживается на протяжении свыше 100 м по простиранию (северо-восточное 20°) при мощности 15 м и падении на запад под углом 55° . Восточная зона находится в 180 м к востоку от предыдущей; она имеет простирание северо-восточное 15° при западном падении под углом 50° . Мощность второй зоны 22.5 м. В северной и южной частях восточная зона сложена массивным кварцем, пересекаемым многочисленными прожилками и жилами кварца и дюмортьерита. В средней части зоны кварцево-серицитовые сланцы содержат значительное количество крупных гнезд и линз почти чистой дюмортьеритовой породы. Одна из выработанных линз имела веретенообразную форму длиной 11.5 м, высотой 4.5 м и шириной 2.1 м. Ее длинная ось имела падение на север под углом 35° . Наиболее крупная линза превышала в длину 75 м при мощности в 4.2 м. От линз дюмортьеритовой породы во вмещающие породы ответвляются прожилки дюмортьерита.

Дюмортьерит является главным промышленным минералом месторождения. С ним тесно ассоциируют значительные количества андалузита. Кроме того, по Кэrr и Дженней (Kerr and Jenney, 1935), в месторождении встречаются кварц, альбит, серицит и изредка титанит, рутил, лейкоксен, циркон, магнетит, пирит, лимонит, турмалин, биотит и карбонат. Дюмортьерит присутствует в трех генерациях: 1) в крупных идиоморфных синих кристаллах, 2) в ла-

Фиг. 2. Зарисовки шлифов дюмортьеритовых пород Oreana, Nevada. (По P. F. Kerr and P. Jenney.)

а — кристаллы синего дюмортьерита, окружающие и замещающие остатки зерен более раннего андалузита и замещаемые массивным дюмортьеритом; б — жила волокнистого дюмортьерита, замещающего андалузит.

вандово-синих или розовых массах и 3) в жилках волокон или в отдельных волокнистых кристаллах розового цвета. Большая часть промышленной руды относится к дюмортьериту второй генерации. Остатки кристаллов синего дюмортьерита первой генерации часто встречаются среди массы дюмортьерита второй генерации. На фиг. 2а показаны взаимоотношения обеих генераций: тонкие синие кристаллы дюмортьерита первой генерации окаймляют и проникают в остатки зерен андалузита, вместе с которым они являются остаточными по отношению ко всей вмещающей их основной массе дюмортьерита второй генерации. Розовые жилки волокнистого дюмортьерита, варьирующие по размеру от тончайших до 5 см мощности, секут дюмортьерит и андалузит двух первых генераций, метасоматически их замещая (фиг. 2б). Кроме того, волокнистый розовый дюмортьерит третьей генерации

часто встречается вместе с кварцем, причем иглы его так равномерно распределяются в последнем, что кварц приобретает розовую окраску. Андалузит постоянно присутствует во вмещающих месторождение кварцево-серицитовых сланцах, но особенно значительной концентрации достигает в пределах месторождения, где линзы дюмортьерита ранее были сложены им нацело.

Согласно А. Пэку (Peck, 1926), массивная дюмортьеритовая порода залежей слегка рассланцована и легко ломается на тонкие плитки. Цвет ее варьирует от светло- и темнорозового через сиреневый и лавандовый до синевого.

Порода очень мелкозерниста и состоит преимущественно из мелких призматических игл дюмортьерита, весьма тесно взаимопрорастающих с чешуйками мусковита (серицита). Постоянными спутниками являются андалузит и кварц, присутствующие в количествах не свыше 5% каждый. Столь же постоянны рутил, в мелких зернах равномерно рассеянный среди всей массы породы. Дюмортьеритовая порода, по Пэку, имеет следующий химический и минералогический состав (в %):

Оксиды	Минералогический состав
SiO ₂	Дюмортьерита
Al ₂ O ₃	Мусковита
TiO ₂	Избыток SiO ₂
B ₂ O ₃	(частью кварц)
Прочее	Прочее
100	100

Сопровождающие дюмортьеритовые месторождения золото- и серебро-содержащие жилы залегают также среди триасовых риолитов и трахитов. Кварцевые жилы с самородным золотом немногочисленны и не имеют промышленного значения. Главными промышленными месторождениями района являются серебросодержащие кварцевые жилы.

Рассматривая генезис всех трех типов месторождений района (дюмортьерита, золота и серебра) в целом, А. Кнопф (Knopf, 1924) отмечает, что они были образованы горячими магматическими растворами, причем первыми были образованы наиболее высокотемпературные андалузитово-дюмортьеритовые месторождения. Вслед за ними были отложены турмалиново-золотые руды, образование которых происходило при 400—600°, и еще позже — турмалиново-серебряные руды.

Хирши (Hirshi, 1927) рассматривает месторождения округа Рочестер в качестве примера «контактового метаморфизма с различными, по времени разобщенными, пневматолито-гидротермальными фазами превращения в чисто вулканических массах».

Касаясь лишь генезиса дюмортьеритового месторождения близ ст. Ореана, Джонс (Jones, 1928) считает, что чечевицеобразные массы дюмортьерита были образованы путем метасоматического замещения ранее образовавшихся линз андалузита. Концентрация обоих минералов им связывается с постмагматической деятельностью, сопровождавшей интрузию глубинных изверженных пород. П. Кэпп и П. Дженней (Kerr а. Jenney, 1935) выделяют две стадии формирования месторождения. Первая, пневматолитическая, стадия сопровождалась образованием кварца и альбита во вмещающих месторождение сильно деформированных породах, вслед за чем происходили образование и местная концентрация андалузита. В эту же стадию кристаллизовались рутил, циркон, титанит, турмалин, биотит, магнетит и пирит. Следующая, гидротермальная стадия характеризуется интенсивным метасоматическим замещением ранее образовавшихся скоплений андалузита дюмортьеритом совместно с небольшими количествами серицита и кварца. Богатство глиноземом андалузитово-дюмортьеритовых линз названные авторы

объясняют первоначальным высокоглиноземистым составом туфовых прослоев. Запасы дюмортьерита в месторождении неизвестны.

Относительно второго промышленного месторождения дюмортьерита в области Эронго в Южной Африке Зильберштейн (Silberstein, 1933) сообщает лишь, что оно представляет довольно значительное по размерам линзообразное тело. Добываемые глыбы дюмортьеритовой породы достигают веса 1 т. Она имеет преимущественно чистую темпосиню окраску с белыми пятнами; реже встречаются участки бледносинего, красноватого и фиолетового цвета.

Месторождение на о-ве Мадагаскаре находится на западном краю центрального нагорья. По А. Лакруа (Lacroix, 1926), район его сложен кварцитами, перемежающимися с кристаллическими известняками и слюдяными сланцами, интродуцированными гранитом. Последний сопровождается жилами пегматита и кварца. Среди кварцитов встречаются разности, содержащие мелкие игольчатые кристаллы дюмортьерита и акцессорные гематит, рутил и циркон. При увеличении содержания дюмортьерита, сопровождающимся появлением небольших количеств биотита и мусковита, кварциты переходят в сланцеватые мономинеральные дюмортьеритовые породы пематобластовой структуры. В таких дюмортьерититах местами встречаются мелкие гнезда мусковита, содержащего иглы синего, почти черного дюмортьерита. Розово-фиолетовый дюмортьерит местами сопровождается бесцветным кианитом и лазулитом. Голубой или синий лазулит вместе с кварцем встречается также в миндалинах и полосках грапобластовой структуры.

Среди этих пород встречаются пластовые или секущие жилы кварца, содержащие или дюмортьерит или лазулит. Дюмортьерит в жилах присутствует в форме волокнистых, параллельно-жилковатых или радиальных агрегатов с длиной игол до 2 см. Наиболее тонкие кристаллы имеют розовую окраску, тогда как более крупные — синего цвета. Единственным спутником дюмортьерита является пластинчатый гематит. Породы района несут следы динамического воздействия: кристаллы дюмортьерита изогнуты, зерна кварца и лазулита — раздавлены и раздроблены. В отношении генезиса Лакруа отмечает, что содержащие дюмортьерит и лазулит кварциты не являются простым продуктом перекристаллизации кремнистых осадков, но также подверглись изменению в результате пневматолитического воздействия агентов, связанных с близлежащим гранитом.

Месторождение близ Кварцсайта (Quartzsite) находится в Юме (Yuma County) в штате Аризона (США). Оно залегает среди крутопадающих кварцево-серицитовых сланцев, входящих в состав риолитов и хлоритовых сланцев докембрия, и представляет кварцевую жилу с рутилом и кианитом мощностью 0.1 м; в залысках жилы находятся две зоны мощностью 0.2 и 9.0 м, состоящие преимущественно из кианита, андалузита, силлиманита, дюмортьерита и пирофиллита. По Е. Вильсону (Wilson, 1929), своим образованием месторождение обязано воздействию на сланцы горячих пегматитовых эмапаций гранитной магмы, богатых Si, Al и содержащих B, Fe и Ti.

Минерализация происходила при температурах ниже 575° в следующей последовательности: жильный кварц; кианит и андалузит; силлиманит; рутил, гематит и магнетит; дюмортьерит; поздний кварц и пирофиллит.

Месторождение в окрестностях оловянного рудника Кэджелео (Cajaleo) в Калифорнии, по Ф. Мак-Мерфи (Mac Murphy, 1930), представляет многочисленные оловосодержащие турмалиново-кварцевые жилы в гранодиорите. Последний около или вблизи от жил превращен в цвиттер, состоящий из кварца с турмалином, цирконом, апатитом, корундом (?), мусковитом, серицитом и касситеритом или рутилом. Кварц часто розового цвета от переполняющих его волокон дюмортьерита и содержит также обильные включения апатита и чешуек первичного биотита.

4. МЕСТОРОЖДЕНИЯ СССР

Промышленные месторождения дюмортьерита в СССР до сих пор неизвестны, но значительные скопления этого минерала констатированы за последние годы во вторичных кварцитах северо-восточного Казахстана и района Ташкента в Средней Азии. Установлено присутствие дюмортьерита и во вторичных кварцитах Закавказья.

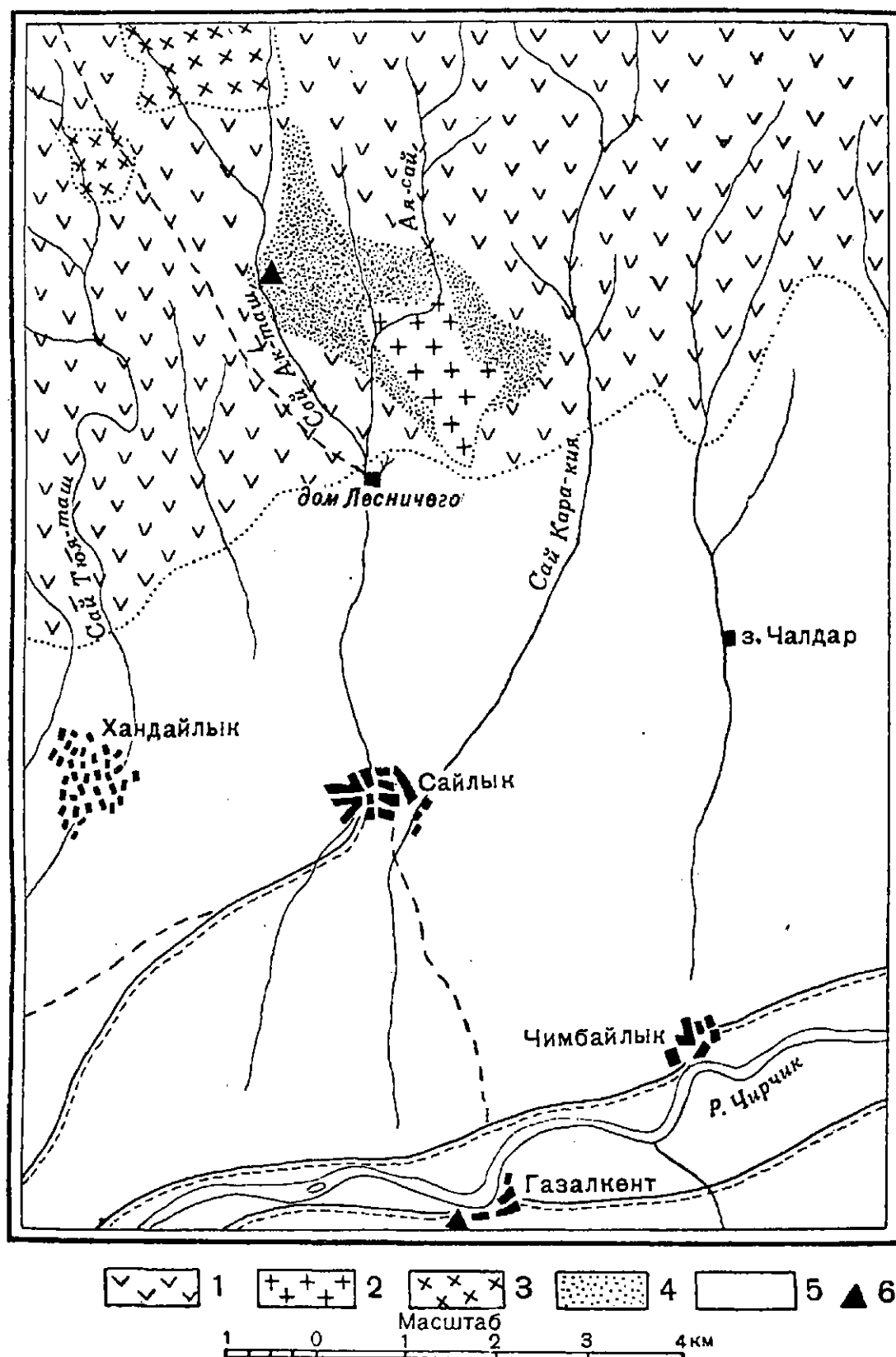
По К. И. Озерову (1933) и Н. И. Наковшину (1938), содержащие дюмортьерит вторичные кварциты перечисленных районов в подавляющем большинстве случаев представляют кислые и средние по составу эффузивные породы, сильно метаморфизованные пневматолитическими и гидротермальными растворами, сопровождавшими интрузию гранитной магмы. Большинство массивов вторичных кварцитов образует контактовые ореолы около интрузивов гранитоидов, вследствие чего приуроченные к ним месторождения относятся к контактово-метасоматическому типу. В зависимости от условий образования, присутствующие во вторичных кварцитах минералы делятся на три группы: 1) пневматолитовые — серый кварц, андалузит, корунд, гематит, ильменит, рутил, мусковит, топаз, турмалин, дюмортьерит, лазулит, цуннит и аугелит; 2) гидротермальные — белый кварц, диаспор, пирофиллит, каолинит (дикиит), серицит, хлорит, пирит, алунит и барит; 3) поверхностного выветривания — каолинит (аноксит), ярозит и лимонит. При этом большинство из перечисленных минералов местами концентрируется в форме значительных залежей мономинеральных пород, часть которых имеет промышленное значение и разрабатывается. С этой точки зрения многочисленные массивы вторичных кварцитов СССР представляют значительный интерес и в отношении возможности открытия в них промышленных скоплений дюмортьерита.

В настоящее время известны следующие месторождения дюмортьерита во вторичных кварцитах.

Казахская ССР

Южно-Казахстанская обл. Акташское месторождение диаспора, агальматолита, алунита, дюмортьерита и других неметаллических ископаемых находится в 70 км к северо-востоку от г. Ташкента на территории Бостандыкского района Южно-Казахстанской обл. Оно расположено на южном склоне хребта Каржап-тау в 15 км от ст. Барраж Чирчикской ж.-д. ветки, с которой месторождение связано проселочной дорогой.

По С. Е. Пряпишникову (1937), район месторождения сложен нижней частью эффузивно-осадочной толщи $C_2(?)$, представленной серией кварцевых порфиров, фельзитов и их туфов общей мощностью около 1000 м. В пределах хребта Каржап-тау эта толща пород дислоцирована варисийским орогенезом в широкую антиклинальную складку северо-восточного простирания $40-60^\circ$ с углами надения крыльев $10-25^\circ$. Одновременно с орогенезом эффузивная толща была интродуцирована гранитной магмой, образовавшей несколько массивов гранита и кварцевого сиенит-порфира (фиг. 3). Гранитный массив, с которым генетически связано месторождение, имеет площадь около 4 км². Он сложен биотитовым или мусковитовым гранитом, в котором около кварцево-турмалиновых жил присутствует также турмалин. В периферических частях массива гранит аплитовиден и местами в результате автометаморфизма превращен во вторичные кварциты, состоящие из кварца, серицита, вторичного биотита и небольшого количества турмалина и андалузита. Эффузивные породы на контакте с гранитом также метаморфизованы во вторичные кварциты, образующие около гранитного массива контактовый ореол шириной до 300 м. По минералогическому составу эти экзоконтактовые вторичные кварциты совершенно аналогичны предыдущим. Более богато минерализованы вторичные кварциты западной части их мас-



Фиг. 3. Схематическая геологическая карта района Акташского месторождения. (По С. Е. Прянишникову, М. Э. Поярковой, М. Н. Слюсаревой и Н. Д. Морозовой, 1937)

1 — кварцевые и фельзитовые порфиры и их туфы; 2 — граниты; 3 — кварцевые сленит-порфиры; 4 — вторичные кварциты; 5 — четвертичные отложения; 6 — Акташское месторождение.

сива, где они образуют полосу широтного направления длиной около 1.3 км при ширине свыше 400 м. Эти кварциты состоят из переменных количеств кварца, серицита (парагонита), пирофиллита, каолинита, алунита и диаспора, в которых местами присутствуют корунд, джумортьерит, андалузит и

турмалин. В подчиненных количествах встречаются пирит, гидросматит, железный блеск, рутил, ильменит, циркон, топаз, халцедон, барит, ярозит, биотит, амфибол, медная зелень и кальцит.

В западной части массива вторичных кварцитов выделяются две несколько различные по характеру минерализации зоны: северная и южная.

Северная зона шириной около 100 м сложена преимущественно каолинизованными и пиррофиллитовыми (агальматолитовыми) кварцитами, среди которых встречаются залежки чистого агальматолита и участки, обогащенные диаспором и алунитом.

Южная зона шириной 100—120 м сложена агальматолитовыми и преобладающими серицитовыми кварцитами, среди которых встречаются залежки агальматолита и участки, обогащенные корундом, андалузитом и дюмортьеритом.

В обеих зонах рудные тела вытянуты в широтном направлении и имеют крутое, близкое к вертикальному падение.

Агальматолит (по местному «колыб-таш») образует залежки мощностью 0.5—10 м при длине до 50 м. Он представляет плотную и очень мягкую породу, легко режущуюся ножом. Цвет ее варьирует от чисто белого через серый до зеленого. По минералогическому составу агальматолит принадлежит к двум разновидностям: каолинитовой и пиррофиллитовой. В чистых разновидностях агальматолит состоит на 80—100% из каолинита или пиррофиллита. В каолинитовом агальматолите в незначительных количествах присутствуют диаспор, пиррофиллит, кварц; изредка встречаются ильменит, рутил, циркон, халцедон, алунит и топаз. В пиррофиллитовом агальматолите встречаются кварц, серицит, диаспор, корунд, дюмортьерит и турмалин. К периферии залежек агальматолит, обогащенный кварцем, переходит в агальматолитовый кварцит.

Дюмортьеритсодержащий агальматолит представляет пятнистую породу с переменным количеством пятнистых участков густого синего цвета диаметром до 1 мм. Эти участки образованы скоплениями игольчатых и лучистых сростков кристаллов дюмортьерита.

По С. Ф. Глиппке и П. К. Тополюницкому (1927 и 1929), наиболее богатый дюмортьеритовый агальматолит удельного веса 2.97 имеет следующий химический состав (в %): SiO_2 —38.32; Al_2O_3 —50.64; Ti_2O_3 —0.72; летучие — 6.72.

Диаспоровые породы образуют несколько залежек мощностью до 30 м. Они имеют белую, серую и желтоватую окраску и состоят из диаспора, каолинита, пиррофиллита, кварца и небольшого количества пирита и гидроокислов железа. Содержание диаспора колеблется в довольно широких пределах, достигая 30—50 и до 95%. В соответствии с этим и содержание Al_2O_3 в породах колеблется в пределах 30—80% при содержании Fe_2O_3 до 1—3.5%.

Алунитовые породы представлены алунитовыми кварцитами, состоящими из алунита и кварца с небольшим количеством каолинита, диаспора, гидроокислов железа и рутила. Это белые, якорозовые или красновато-бурые породы, образующие залежки мощностью от 5 до 30 м и длиной до 130 м. Содержание алунита в них в среднем составляет 30—60%, местами повышаясь до 95—97%. Соответственно этому содержание Al_2O_3 колеблется в пределах 12.5—36.5% и SO_3 13.0—37.5%.

Серицитовые кварциты южной зоны на значительной площади содержат одновременно корунд (до 40—50%), андалузит (не более 15—20%) и дюмортьерит (15—20% и редко более). Последний образует скопления густого темносинего цвета размером 1—1.5 мм, образующие редкую вкрапленность. Он встречается в форме радиальнолучистых, веерообразных и сноповидных агрегатов, игольчатых и волокнистых кристаллов, но чаще образует спутанноволокнистую войлокоподобную массу.

Химический анализ одного образца удельного веса 2.67 дал следующие результаты (в %):

SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ +CaO+MgO	K ₂ O+Na ₂ O	Пот. при прок.	H ₂ O ⁻	Сумма
79.09	16.21	0.21	следы	0.20	3.92	0.13	99.76

Запасы различных типов сырья в месторождении оценивались на 1/I 1938 г. следующими цифрами (по категориям в тыс. т):

	В	C ₁	C ₂
Агальматолит каолининовый . . .	55	701	—
Агальматолит пиррофиллитовый . .	—	168	—
Алунит (в руде)	—	2000	—
Диаспор (в руде)	—	730	—
Серицитовый кварцит с корундом, андалузитом и дюрмюртеритом. .	—	—	990

Месторождение находится в стадии разведки. За последние годы производилась пробная добыча агальматолита и диаспоровых пород. Месторождение представляет особый интерес в связи с крупным строительством вблизи от него Чирчикского химического комбината (Корвацкий, 1935).

Карагандинская обл. За последние 5 лет в пределах Казахских степей открыто пять месторождений дюрмюртерита: Бес-Чеку, Курпетай, Нуртай, Уч-Кагыл и Ак-Шоко. По неопубликованным материалам Н. П. Петрова, первые три месторождения характеризуются следующими данными (Озеров, 1935 и 1936).

Месторождение Бес-Чеку находится в 150 км к юго-востоку от Каркаралинска. Оно представляет массив богатых андалузитом (см. А н д а л у з и т) вторичных кварцитов, находящихся в центральной части г. Бес-Чеку. В прилегающей к нему с северо-запада долине на площади около 3 км² встречена обильная россыпь обломков дюрмюртеритовых пород. Последние характеризуются густой синей окраской и состоят из кварца и дюрмюртерита. Содержание дюрмюртерита достигает 60%. Величина россыпи указывает на вероятное нахождение здесь образовавшего ее крупного коренного месторождения. Здесь же паходятся крупные залежи чисто алунитовых пород.

В месторождении Курпетай, находящемся в 150 км к юго-западу от Каркаралинска (см. А н д а л у з и т), встречены в высыпках дюрмюртеритовые породы с содержанием дюрмюртерита до 70%.

Месторождение Нуртай находится в 160 км к юго-западу от Каркаралинска и в 40 км к югу от водораздела озера Валхалп и р. Иртыш. Месторождение приурочено к массиву вторичных кварцитов, образовавшихся путем контактового метаморфизма эффузивных порфиров под воздействием соседнего гранитного батолита. В осыпях встречены обломки дюрмюртеритовой породы, содержащей значительные количества радиальных сростков синего дюрмюртерита и зерен андалузита среди серицита. Судя по высокому объемному весу породы, варьирующему от 2.9 до 3.0, она относится к высокосортным разновидностям.

Химический анализ одного случайного образца дал следующие результаты (в %):

SiO ₂	49.74	Na ₂ O	0.54
TiO ₂	0.97	B ₂ O ₃	0.51
Al ₂ O ₃	36.68	P ₂ O ₅	0.18
Fe ₂ O ₃	1.22	SO ₃	0.05
FeO	0.29	H ₂ O ⁺	4.74
CaO	0.52	H ₂ O ⁻	0.46
MgO	1.64		
K ₂ O	2.75		
		Сумма . . .	100.29

Месторождение Уч-Кагыл расположено в 120 км к западу от г. Караганды и в 12 км к югу от р. Нуры. По неопубликованным материалам Н. А. Быхо-

вер и А. С. Великого, оно приурочено к западной части большого массива вторичных кварцитов, образующих мощную зону контактового изменения девонских эффузивных порфиров и порфиритов около интрузии обширного батолита шарнирного гранита. Месторождение представляет три линзообразные тела дюмортьеритовых вторичных кварцитов, залегающих среди турмалиново-серицитовых кварцитов в 400 м от контакта с гранитом. Линзы имеют меридиональное простирание и достигают размеров в длину 60 м и в ширину до 25—30 м. Дюмортьерит присутствует в кварцитах в форме пятнистых скоплений густого синего цвета размером от 1—2 мм до 5—10 см. Эти скопления образованы спонгиозными, веерообразными, радиальнолучистыми или спутанноволокнистыми агрегатами игольчатых кристаллов дюмортьерита среди кварцево-серицовой основной массы. Спутниками его являются: андалузит (в количестве до 50—60%), мусковит, турмалин, диаспор и лимонит; в ничтожных количествах встречаются топаз, рутил, циркон, иприт и гематит. Среднее содержание дюмортьерита в кварцитах колеблется от 2—3 до 10%, но в одной из залежей на глубине 2 м от поверхности оно возрастает до 40—45%.

Месторождение Ан-Шоко находится в северо-западном Прибалхашье, в 28 км к северо-западу от Коунрада и в 20 км от ст. Кок-Бомбак ж.-д. линии Караганда—Бертыс (Балхаш). По К. И. Асташенко (1938), оно представляет массив вторичных кварцитов, образующих широкую контактовую зону около находящегося восточнее гранитного массива. Дюмортьерит встречен в нескольких пунктах в юго-восточной части массива, где он входит в состав андалузитово-дюмортьеритовых кварцитов вместе с мусковитом и серицитом. Содержание дюмортьерита колеблется от 50 до 71%, андалузита 5—10%.

По неопубликованным данным В. С. Малявкина, дюмортьеритовые кварциты образуют неправильные, ветвящиеся жиллообразные тела мощностью 0.10—0.20 м и длиной 0.5—2.0 м среди серицитовых кварцитов. Обнаруженная севернее россыпь богатых корундовых пород, как показала разведка 1938 г., оказалась непромышленной.

Армянская ССР

Месторождение горы Ляльвар в районе Аллавердского медеплавильного завода в ССР Армении открыто в 1935 г. В. Г. Грушевым (Грушевой и Озеров, 1935). Дюмортьерит здесь встречен в форме редких и мелких скоплений голубого цвета в сильно окварцованном интрузивном гранит-порфире третичного возраста, слагающем значительные площади на восточном склоне горы Ляльвар. Вместе с дюмортьеритом в кварцитах встречаются также довольно редкие и мелкие зерна андалузита. Месторождение на дюмортьерит совершенно не исследовано.

5. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ

Вследствие характерной яркой окраски и резко выраженных кристаллографических форм и плеохроизма дюмортьерит весьма легко идентифицируется в прозрачных петрографических шлифах, исследуемых обычными методами. В шлифах, согласно Гровсу (Growes, 1928), дюмортьерит может быть принят за турмалин, глаукофан, лепидолит, андалузит или силлиманит. Так же, как и для андалузита, при полевых исследованиях дюмортьеритовых пород и особенно для предварительного суждения об их качестве может иметь некоторое значение определение их удельного или объемного веса, подкрепляемое резко выделяющимся в породах ярким цветом дюмортьерита.

Химический анализ дюмортьеритовых пород представляет трудную

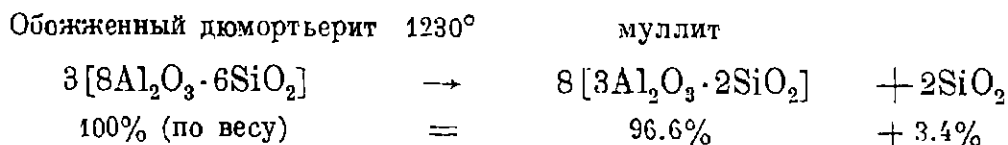
операцию, но в общем по своей методике сходен с анализом андалузита (см. А н д а л у з и т). Большое количество Al_2O_3 затрудняет его точное определение. Особенно затруднительно определение B_2O_3 , ведущееся обычно способом Верри (Wherry) (Глинка и Топольницкий, 1929).

Вследствие тесного генетического родства с андалузитом, за счет которого дюмортьерит чаще всего образуется, методика геологоразведочных работ и опробования дюмортьеритовых пород сходна с таковыми для андалузита. Яркая, резко бросающаяся в глаза, чаще всего густая синяя окраска дюмортьерита оказывает значительную услугу при поисках этого ископаемого.

6. ПРИМЕНЕНИЕ ДЮМОРТЬЕРИТА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Дюмортьерит находит себе применение в качестве высокоогнеупорного материала или же как цветной поделочный камень.

Применение дюмортьерита в керамике совершенно аналогично андалузиту, вместе с которым в США он потребляется фирмой Чэмпин Порселэн Ко (Champion Porcelain Co) в производстве изоляторов запальных автосвечей и фарфора для химической лабораторной посуды. В основе промышленного использования и технологии переработки дюмортьерита паходятся условия равновесия физико-химической системы $Al_2O_3-SiO_2$ (см. А н д а л у з и т). При обжиге дюмортьерит диссоциирует на смесь муллита и SiO_2 , причем, вследствие близости химического состава дюмортьерита (после потери при обжиге B_2O_3 и H_2O) к составу муллита, обожженная дюмортьеритовая порода содержит ничтожное количество свободного SiO_2 (около 3%), почему является чрезвычайно огнеупорной:



Вследствие присутствия в дюмортьерите B_2O_3 и H_2O , он обладает наиболее низкой, по сравнению с другими аналогичными алюмосиликатами, температурой муллитизации — несколько ниже 1230°, что значительно расширяет пределы обжига масс. Увеличение объема и соответственное уменьшение удельного веса дюмортьерита при обжиге чрезвычайно незначительны, почему в производстве он применяется в сыром виде без предварительного обжига. Дюмортьеритовая масса после обжига изменяет свой первоначальный цвет на чисто белый с тусклым фарфоровидным блеском. Конусы, изготовленные из дюмортьерита, при 1800° отчасти оплаковались, но не обнаружили признаков деформации и даже сохранили острыми свои ребра. Одновременно с большой устойчивостью в отношении плавления продукты диссоциации дюмортьерита чрезвычайно устойчивы и по отношению к изменению микроструктуры. Продолжительный обжиг и повышение температуры сказываются лишь в незначительном увеличении размеров первоначально образовавшихся мелких и тонких кристаллов муллита. Эти данные и многочисленные испытания показывают, что дюмортьерит не только пригоден для производства весьма высокосортных фарфоров, но представляет чрезвычайно ценный материал для изготовления различных типов нейтральных высокоогнеупорных и других керамических масс (Реск, 1926 и 1933), по своим свойствам не только сходных с андалузитовыми, но даже, повидимому, и несколько их превышающих (см. А н д а л у з и т).

Дюмортьеритовые породы африканского месторождения применяются в качестве красивого и прочного поделочного камня для изготовления ожерелий и других украшений и поделок (Silberstein, 1933).

7. ДОВЫЧА, ОБОГАЩЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ

В месторождении Ореана — единственном разрабатываемом в настоящее время — дюмортьерит добывается многочисленными мелкими карьерами или штольнями. Порода тут же в забое подвергается ручной сортировке. За 6 лет, по Ф. Риддлу (Riddle, 1932), добыто и вывезено свыше 2500 т дюмортьеритовой породы.

При производстве высокосортного фарфора в Детройте дюмортьеритовая порода перерабатывается тем же методом, что и андалузит.

8. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В СССР

Дюмортьерит в СССР до настоящего времени промышленно не используется, несмотря на обладающие предпосылки (см. А н д а л у з и т). При создании в СССР собственной промышленности нейтральных высокоогнеупоров на базе андалузита и киапита несомненно должно быть учтено технологическое превосходство дюмортьерита и наличие как уже известных его месторождений, так и перспектив для открытия новых. Особою серьезного внимания заслуживают многочисленные массивы вторичных кварцитов Казахских степей, Средней Азии, Северного Кавказа и Закавказья, где при специально поставленных поисках несомненно будет открыто еще не одно новое месторождение андалузита и дюмортьерита.

Поступило 1.XII.1939

К. Н. Озеров

ЛИТЕРАТУРА

- А с т а ш е н к о К. И. Новый массив корундово-дюмортьеритовых пород в Центральном Казахстане. Разв. недр, 1938, № 5—6.
- Г л и н к а С. Ф. О дюмортьерите близ деревни Сайлык. Мин. сырье, 1927, № 3, 189—191.
- Г л и н к а С. Ф. и Т о п о л ь н и ц к и й П. К. Горные породы с содержанием дюмортьерита из урочища Сайлык в Туркестане. Мин. сырье, 1929, № 4, 452—462.
- Г р у ш е в о й В. Г. и О з е р о в К. Н. Новые месторождения андалузита и дюмортьерита в Армении. Разв. недр, 1935, № 16, 20—22.
- К о р в а ц к и й В. А. Промышленное значение комплекса Акташского месторождения. Соц. наука и техн., 1935, № 7, 13—17.
- Н а к о в н и к Н. Вторичные кварциты и связь их с другими метаморфизованными породами. Сов. геол., 1938, № 11, 42—54.
- О з е р о в К. Н. К генезису месторождения корунда и андалузита Семиз-Бугу и вмещающих его вторичных кварцитов. Пробл. сов. геол., 1933, 2, № 8, 123—153.
- Андалузиты и дюмортьериты Казахстана. Огнеупоры, 1935, № 8, 628—634.
- Высокоогнеупоры Казахской степи (андалузит и дюмортьерит) и другие неметаллические полезные ископаемые вторичных кварцитов. Сб. Караганда, Тр. Казах. базы Акад. Наук СССР, 1936, вып. 3, 69—104.
- П р я н и ш и н о в С. Агальматолит, алунит, диаспор, андалузит и другие полезные ископаемые Акташского месторождения. Разв. недр, 1937, № 22, 11—17.
- Ф е р с м а н А. Е. Пегматиты, их научное и практическое значение. Т. 1. Гранитные пегматиты. Тр. Совета по изуч. произв. сил Акад. Наук, сер. полез. ископ., 1931, вып. 1.
- Геохимические и минералогические методы [поисков полезных ископаемых. М.—Лг., изд. Акад. Наук, 1939.
- B o w e n N. a. W y k o f f R. Thermal dissociation of dumortierite (abstract). Journ. Amer. Ceram. Soc., 1929, 12, 200—201.
- C h a t t e r j e e S. On certain rocks bearing kyanite and sillimanite in the Bhandara District, C. P. Rec. Geol. Surv. India, 1931, 65, p. 2, 285—305.
- F i n l a y G. On an occurrence of corundum and dumortierite in pegmatite in Colorado. Journ. Geol., 1907, 15, № 5, 479—484.
- F i s c h e r G. Ein neues Vorkommen von Dumortierit im Eulengebirge (Schlesien). Zbl. Min., 1936, Abt. A, № 4, 123—124.

- Ford W. On the chemical composition of dumortierite. Amer. Journ. Sci., 1902, 14, № 84, 426—430.
- Ueber die chemische Zusammensetzung des Dumortierit. Zs. Kryst., 1903, 37, H. 5, 417—421.
- Groves A. The identification of dumortierite as grains; dumortierite in Cornish granite. Min. Mag., 1928, 21, № 121.
- Hirschi H. Dumortierit-andalusitgesteine des Rochester Districts (Nevada). Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1927, 7, H. 1, 45—53.
- Jones J. The geology of the deposit of dumortierite in Humboldt Queen Canyon, Pershing county, Nevada; petrography; origin of the deposit (Mackay School of Mines Staff, Bull. on Dumortierite). Univ. Nev. Bull., 1928, 22, № 2, 1—47.
- Kerr P. a. Jenney P. The dumortierite-andalusite mineralization at Oreana, Nevada. Econ. Geol., 1935, 20, № 3, 287—300.
- Knopf A. Geology and ore deposits of the Rochester district, Nevada. U. S. Geol. Surv., 1924, Bull. 762.
- Lacroix A. Dumortierite de l'Equateur. Bull. Soc. Fr. Min., 1911, 34, 57—60.
- Les schistes cristallins à dumortierite et lazulite de Madagascar. C. R. Acad. Sci., 1926, 183, 405—408.
- Lacroix A. et Gramont E. Sur la recherche spectrale du bore et sur sa présence dans quelques silico-aluminates naturels. Bull. Soc. Fr. Min., 1921, 44, 67—77.
- Mac Murphy F. Dumortierite in Riverside County, California. Amer. Min., 1930, 15, № 2, 79—80.
- Peck A. Dumortierite as a commercial mineral. Amer. Min., 1926, 11, № 4, 96—101 (реф.: Мин. сырье, 1927, № 5—6, 412—413).
- The behaviour of unstable or monotropic forms in the system alumina-silica a. related systems. Journ. Amer. Ceram. Soc., 1933, 10, № 1, 68—75.
- Riddle F. Mining a. treatment of the sillimanite group of minerals a. their use in ceramic products. Trans. Amer. Inst. Min. Met. Eng., 1932, 102, 131—154.
- Schaller W. Dumortierite. Amer. Journ. Sci., (4), 1905, 19, № 111, 211—224.
- Ueber Dumortierit. Zs. Kryst., 1906, 41, 19—47.
- Gems and precious stones. Min. Resours. U. S., 1916, p. 2, 887—889, 1919.
- Silberstein G. Ein blauer Südwestafrikanischer Schmuckstein. Zs. prakt. Geol., 1933, 41, H. 3, 53.
- Walker T. Dumortierite from Ashby Township, Addington County, Ontario. Univ. Toronto, Studies, Geol. Ser., 1922, № 14, 80—83.
- Wilson E. An occurrence of dumortierite near Quartzsite, Arizona. Amer. Min., 1929, 14, № 10, 373—381.

ЖАДЕИТ

Jadeite (англ.). Jadeite (франц.). Jadeite (нем.)

Разновидности: Хромо-жадеит. Chromojadeite (англ. и франц.).
Chromojadeit (нем.)

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Жадеит — минерал авгитовой группы пироксенов, теоретического состава $\text{NaAlSi}_3\text{O}_6$, которому отвечает содержание SiO_2 59.40%, Al_2O_3 25.25%, Na_2O 15.35%.

Свое название жадеит получил в 1863 г. от А. Дамура (A. Damour) в отличие от другого минерала — нефрита, очень похожего на него по физическим свойствам, но резко отличного по химическому составу.

Кристаллы жадеита исключительно редки. Микроскопическое исследование показывает, что жадеит относится к моноклинной сингонии:

$$a : b : c = 1.103 : 1 : 0.613; \beta = 72^\circ 44' 5''$$

По Винчелл (Winchell N. H. а. Winchell A. N, 1927), между жадеитом и диопсидом как крайними членами существует изоморфная группа промежуточных минералов с постепенно меняющимися оптическими свойствами.

На плоскости (110) у жадеита наблюдается отчетливая спайность по (001) и (100) под углом 87° . Плоскость оптических осей параллельна (010). Оптически положителен. Угол погасания $30-35^\circ$. Угол $2V = +70-71^\circ 56'$.

Дисперсия оптических осей — $\rho < \nu$. Показатели преломления по Вашингтону (Washington, 1922): $N_g = 1.667$; $N_m = 1.659$; $N_p = 1.655$; $N_g - N_p = 0.012$; по Лакруа (Lacroix, 1930): $N_g - N_p = 0.027$.

Жадеит встречается обычно в виде мелкокристаллических, плотных и вязких жадеитовых горных пород с занозистым изломом.

В зависимости от минералогического состава и условий залегания в научной терминологии существуют следующие названия жадеитсодержащих горных пород.

Жадеит, или жадеитовая порода (Bauer, 1896) состоит из кристаллов жадеита, плагиоклазов и нефелина с преобладанием то одной, то другой составной части.

Жадеитит (Mrazec, 1898) состоит из натриевого пироксена, близкого к жадеиту, представляет собой переход к хлоромеланитам и эклогитам, иногда содержит немного полевого шпата.

Жадеитовый пироксенит (Berwerth, 1890) состоит только из одного жадеита. Жадеитовый эклогит (Rosenbusch, 1923) относится к своеобразной группе эклогитов, образующих линзы в жадеитах и хлоромеланитовых породах Альп; составляющий их пироксен близок к жадеиту; в качестве примесей присутствуют гранат, белая слюда, кварц, эпидот, хлорит, альбит и иногда кальцит.

В последнее время Лакруа (Lacroix, 1930) ввел следующую терминологию для жадеитовых пород: жадеитовые жадеититы, ам-

фибровые жадеиты, альбитовые жадеиты и нефелиновые жадеиты.

В иностранной литературе распространен термин «jade» — жад (производное слово от жадеит), которым большинство исследователей (Hall, 1924, и др.) называют различные по минералогическому составу, но близкие по физическим свойствам к жадеиту вязкие плотные породы яблочно-зеленых оттенков — графатовые, везувиано-гранатовые, серпентинитовые и др., используемые в качестве поделочного камня как заменители собственно жадеита или нефрита. Некоторые исследователи (Dana, 1920; Winchell N. H. a. Winchell A. N., 1927; Petar, 1936 и др.) термину «jade» придают более широкое значение, включая в указанную выше группу пород также жадеит и нефрит.

Изредка (Doelter, 1914) попадает в иностранной литературе обобщающий термин «нефритоиды», введенный еще Е. Фелленбергом (Fellenberg, 1865) для жадеитовых и нефритовых пород.

В русской литературе термин «жадеит» применяется для названия жадеитовых пород мономинерального состава или с небольшой примесью альбита, амфибола, нефелина и других второстепенных компонентов. В дальнейшем мы сохраняем в тексте именно этот смысл термина «жадеит», поскольку он вполне отвечает тому типу жадеитовых пород, который представляет, собственно, промышленный интерес.

Химический состав жадеита непостоянный и тесно связан с его минералогическим составом.

Кроме кремнекислоты, глинозема и окиси натрия, в химический состав жадеита в качестве примесей входят CaO , MgO , FeO , Fe_2O_3 , K_2O , Cr_2O_3 , MnO , TiO_2 и P_2O_5 .

В табл. 1 приведены химические анализы жадеита из различных его месторождений.

ТАБЛИЦА 1
Химический состав жадеита (в %)

Компоненты	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
SiO_2	59.40	59.84	58.18	58.64	58.46	57.48	51.10	57.90
Al_2O_3	25.25	24.48	21.40	23.50	24.21	21.81	27.55	19.40
Fe_2O_3	—	—	0.29	0.21	0.48	0.12	0.23	1.37
FeO	—	1.20	2.53	0.85	0.76	1.59	1.28	0.06
MnO	—	—	0.08	—	0.03	0.05	0.08	—
MgO	—	0.81	2.65	1.45	0.39	3.21	1.10	2.82
CaO	—	1.42	3.82	1.88	1.74	2.08	2.32	0.75
Na_2O	15.35	11.66	9.95	11.93	12.71	12.35	12.86	13.20
K_2O	—	0.35	0.16	0.55	0.35	0.25	1.22	0.40
TiO_2	—	—	—	—	—	—	—	0.23
P_2O_5	—	—	—	—	—	—	0.04	—
H_2O^+	—	0.17	0.50	0.86	0.69	0.55	1.49	0.60
H_2O^-	—	0.11	0.19	0.36	0.11	0.22	0.45	0.05
Cr_2O_3	—	—	—	—	—	—	—	3.75
Сумма . . .	100.0	100.04	99.75	100.23	99.93	99.71	99.72	100.53
д. вес	—	3.276	3.348	2.685	—	—	3.284	3.343

I — теоретический состав жадеита; II — жадеитит с длинными белыми иголочками жадеита, Tawmaw; III — жадеитит яблочно-зеленого цвета, Sietaung; IV — жадеитит с альбитом, Kadon; V — жадеит в виде длинных игл белого цвета; VI — жадеит белого цвета с зелеными пятнами, Dwingyi; VII — жадеит, содержащий в себе нефелин, Tawmaw; VIII — хромо-жадеит. Анализ М. У. Orsel.

В кислотах (HCl) жадеит растворяется крайне медленно.

Цвет жадеита непостоянный, что обусловлено наличием в нем примесей; кристаллы-волокна жадеита — совершенно бесцветны; в массе же он бывает окрашен в различные оттенки зеленого цвета: беловато-зеленый, яблочно-зеленый до изумрудно-зеленого. Встречаются иногда разности, окрашенные в белый, светлоголубой, фиолетовый, красный, коричневый и черный цвета.

Жадеит темнотемнозеленого до черного цвета, содержащий полуторные окислы железа и не отвечающий точно указанной выше химической формуле, называется х л о р о м е л а н и т (Dana, 1920); относится к группе жадеит-акмита (Winchell N. H. а. Winchell A. N., 1927).

Твердость жадеита по шкале Мооса 6—7; удельный вес 3.3—3.5; температура плавления 1000—1060°.

Вязкость жадеита весьма высокая и характеризуется цифрами, приведенными в табл. 2.

Т А Б Л И Ц А 2

Характеристика вязкости жадеита (среднее из двух испытаний)

Направление удара	Число ударов	Энергия последнего удара, в г/см	Суммарная энергия всех ударов, (в г/см)
Параллельно сланцеватости	107.5	107 500	5 842 000
Перпендикулярно сланцеватости	115.5	115 500	6 848 000

Эти цифры были получены Л. У. Паж (Bishop, 1906), который кубики из жадеита размером в 1.25 см по длине ребер подверг испытанию при помощи падающего груза весом 1 кг; груз последовательно поднимался на 1, 2, 3 см и т. д. до разрушения испытываемого образца.

Сопротивление раздавливанию для лучших образцов жадеита, по данным Ира Гарвей Вульсон (Ira Harvey Woolson) (Doelter, 1914), равно около 6512 кг/см², что в 3—5 раз выше прочности гранита.

Коэффициент упругости также высок и колеблется в пределах 210 032—3 306 168 кг/см², превышая иногда упругость стали.

2. ГЕНЕЗИС И ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

У. Грубенман (Grubenmann, 1910) относит жадеит (жадеититы) к кристаллическим сланцам глубинной зоны (катазона) и помещает их в своей классификации в шестую группу (жадеитовые породы).

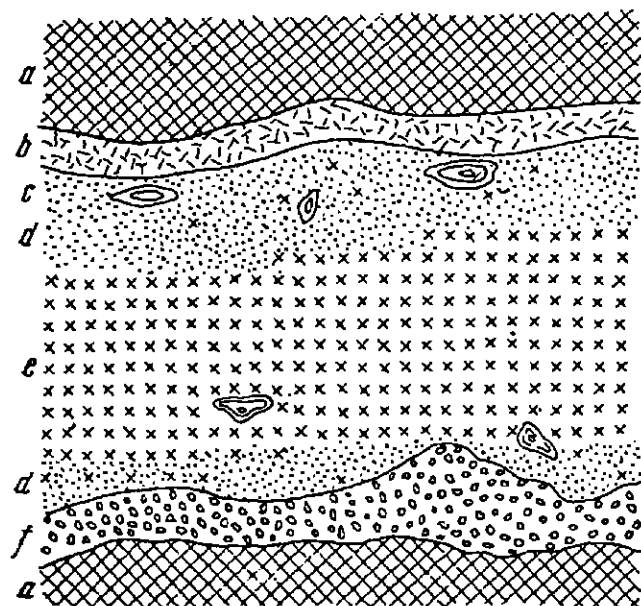
На основании изучения химического состава жадеита Грубенман вместе с Розенбушем (Rosenbusch, 1910, 1923) считают возможным объяснить образование его как конечного продукта изменения нефелиновых сиенитов через нефелиновые гнейсы в кристаллические (жадеитовые) сланцы.

В последние годы детальные исследования Лакруа и Чхиббера (Lacroix, 1930; Chhibber, 1934₂) крупнейших в мире месторождений жадеита в Бирме показали, что жадеитовые породы — не кристаллические сланцы, а магматические породы, образовавшиеся в результате десиликации гранитных даек, инъецировавших ультраосновные породы (серпентиниты).

Многочисленные коренные месторождения жадеита Бирмы приурочены к серпентинизированному перидотиту и представлены в виде жиллообразных и штокообразных залежей жадеито-альбитовых пород. При инъекции жадеито-альбитовых пород в серпентинит на контакте между ними возникает

реакционная оторочка (фиг. 1), выраженная в виде расслапцованных прослоев хлоритовых и роговообманковых (актинолитовых) пород. Эти жадеито-альбитовые породы А. Блэк (Bleesck, 1907) рассматривает как дайки эруптивного характера, интродуцировавшие в амфиболит. Амфиболиты же, развитые по контакту этих жил с перидотитами, он относит к расслапцованным габбро, тесно связанным с перидотитами.

Вследствие содержания в жадеито-альбитовых породах хрома он считает, что они являются производными ультраосновной магмы и первоначально носили характер нефелию-аплитовых жил, как крайних членов дифференциации. В дальнейшем, под влиянием интрузии гранитной магмы, сопровождающейся высоким давлением, нефелию-аплитовые породы были превращены в жадеито-альбитовые породы.



Фиг. 1. Геологический разрез жадеито-альбитовой жилы месторождения Таумоу в Верхней Бирме:

а — серпентин; б — тонко расслапцованная хлоритовая порода зеленого цвета; в — альбитовая порода со сланцеватыми включениями из актинолита с хлоритом; д — смешанная зона, сложенная из альбита и жадеита с включениями актинолита-хлоритовой породы; е — белый жадеит; ф — актинолитовый сланец.

Лакруа (Lacroix, 1930), возражая А. Блэку (Bleesck, 1907), указывает, что амфиболиты являются не расслапцованными габбро, а продуктом эндоморфного изменения боковых стенок (перидотитов) при условии десиляции инфицировавших жильных пород.

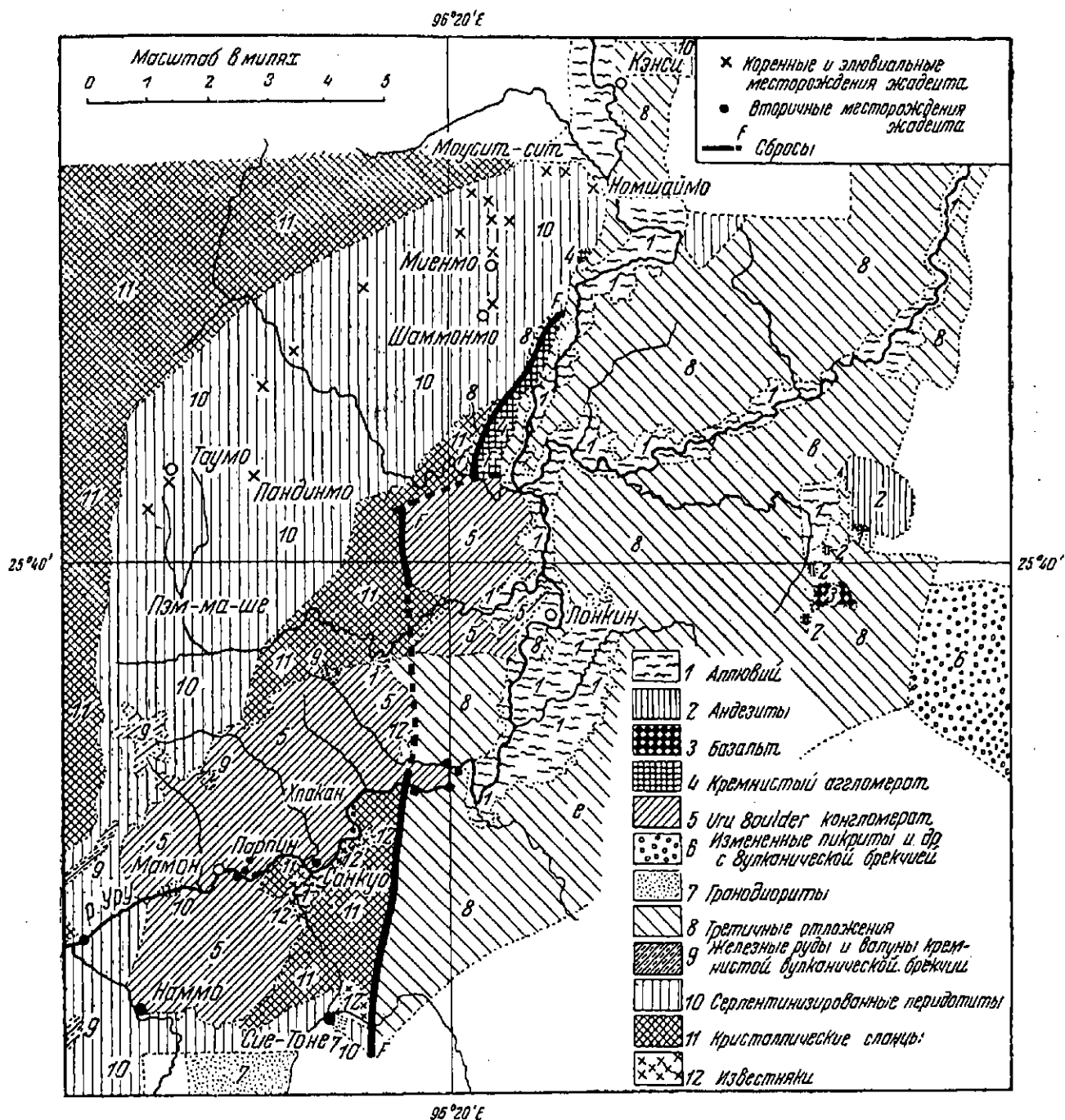
Доказательством этого, по его мнению, служит химический состав амфиболита характеризующегося высоким содержанием натрия и магния и низким содержанием калия, извести и алюминия.

Аплиты при инъекции в ультраосновные породы претерпели десиляцию с последующим выносом кремнекислоты и превращением альбита в жадеит. Вынесенная в контактовую зону кремнекислота пошла на реакцию превращения ортосиликатов в метасиликаты — амфиболы, богатые щелочами и бедные известью.

Обычным продуктом десиляции альбитовой молекулы считается нефелин, жадеит же между этими минералами занимает промежуточное положение и вообще является редким образованием. В связи с этим обстоятельством Чхиббер (Chhibber, 1934₂) считает, что реакция превращения альбита в жадеит происходила, очевидно, в особых условиях при наличии высокого давления, при которых нефелин становился неустойчивым.

Распределение жадеита и альбита в жадеито-альбитовых породах неравномерное; в одних жилах жадеит тесно переплетается с альбитом, в других, в виде линзообразных выделений, залегает в чистой альбитовой массе; такое распределение объясняется Чхиббером гравитационной дифференциацией, которая, однако, в некоторых случаях была сильно стеснена, вследствие большой вязкости десицированной магмы.

В. Н. Лодочников (1936, стр. 161, 328), возражая против десиляционной теории происхождения жадеитов Бирмы и приближаясь к точке зрения А. Блэка (Bleesck, 1907), считает (см. § 278), что «альбититы, плумазиты (жадеиты, см. § 243 в его же работе) и их разнообразнейшие оторочки являются гидротермальными образованиями широкого температур-



Фиг. 2. Геологическая карта района жадеитовых месторождений Бирмы.
(По Чхиберру.)

ного размаха, связанные генетически с теми гипербазитами и серпентинитами, в которых эти образования находятся».

Месторождения жадеита по условиям залегания делятся на следующие основные типы:

1. Первичные (коренные) жилы и линзы;
2. Вторичные (россыпи): а) элювиальные, б) древние россыпи жадеитовых валунов и галек в конгломератах, в) современные россыпи жадеитовых валунов и галек в руслах рек.

3. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖАДЕИТА ЗА ГРАНИЦЕЙ

Азия

Северная Бирма. Крупнейшие в мире месторождения жадеита находятся в Северной Бирме в пределах округа Минткхинна (Myitkyina), в бассейне верхнего течения р. Уру (фиг. 2).

Согласно данным Блека и Чхиббера (Bleek, 1907; Chhibber, 1934), в геологическом строении района участвуют как изверженные, так и осадочные породы различного возраста. В восточной части района располагается огромный гранитный батолит, сопровождающийся аплитами и пегматитами. В контакте с гранитом развиты здесь каменноугольные известняки превращены в рубиноносные мраморы, давшие в дальнейшем при выветривании их известные аллювиальные рубиновые россыпи Непиазейк.

В западной части района выступает массив серпентинизированного перидотита, протягивающийся в северо-восточном направлении. Этот массив (см. фиг. 2) инфильтруют кристаллические сланцы, которые, судя по минералогическому составу, образовались, очевидно, как за счет осадочных пород (кварцевые, кварцитовые), так и за счет изверженных (хлоритовые, актинолит-доизитовые). В восточной части собственно жадеитоносного участка широко развиты мощные третичные отложения, представленные песчаниками, глинами и конгломератами, среди которых известны выходы базальтов и андезитов в виде островков.

Наиболее молодыми осадочными породами являются конгломераты Uru boulder conglomerate и современные аллювиальные отложения.

Жадеитоносными породами являются нижнетретичные жадеито-альбитовые породы, верхнемеловые серпентинизированные перидотиты, третичные осадочные породы, плейстоценовые Uru boulder conglomerate и, наконец, речные отложения (аллювий).

В зависимости от условий залегания жадеита многочисленные и многообразные месторождения его классифицируются Чхиббером следующим образом:

1. Дайки и интрузивные залежи;
2. Элювиальные месторождения (Detrital boulder workings);
3. Скопления жадеитовых желваков в третичных конгломератах;
4. Скопления жадеитовых желваков в конгломератах Uru boulder conglomerate;
5. Россыпи жадеита в русле р. Уру.

Дайки и интрузивные залежи (коренные месторождения). Основными коренными месторождениями являются четыре жадеито-альбитовые дайки Таумоу (Tawmaw), Миенмоу (Mienmaw), Пангмоу (Pangmaw) и Намшаймоу (Namshamaw), из которых каждая в отдельности разрабатывается многочисленными шахтами, дудками и карьерами.

Крупнейшим месторождением является дайка Таумоу, расположенная в 105 км от ж.-д. ст. Могоунг (Mogoung), около дер. Таумоу и приуроченная к серпентинитовому массиву, протягивающемуся в северо-восточном направлении в виде полосы мощностью около 7—8 км (см. фиг. 2). Жадеито-аплитовая жила залегает в серпентините; простирание меридиональное; падение

60° к востоку; мощность чистого жадеита 1.5—2 м. Жила выработана на протяжении 600 м открытыми работами до глубины 50 м.

К северо-востоку от Таумоу, в пределах серпентинитового массива, расположен еще ряд разрабатываемых даек: Миенмоу, протяжением в 2.4 км с севера на юг, Пангмоу протяжением 1.1 км по направлению на северо-запад и Намшаймоу с простираанием на западо-северо-запад.

Элювиальные месторождения жадеита немногочисленны и разрабатывались лишь только в двух пунктах: Пандинмоу (Pan Din Maw) и Пэм-ма-ше (Paim-ma-shait). Месторождения представляют собой скопления крупных глыб жадеита неправильной формы, погруженных в песчано-глинистую массу красного цвета. Разработки элювиальных месторождений жадеита носят характер небольших открытых карьеров, глубина которых редко превышает 2 м.

Третичные конгломераты, содержащие жадеитовые валуны и гальки. Как видно на карте (фиг. 2), третичные породы в виде мощного покрова занимают пространство в несколько десятков квадратных километров. Многочисленные разработки жадеита в третичных конгломератах расположены в окрестностях Кэнси (Kansi), Лонкин (Lonkin), Хвека (Hwehka), Кадонья (Kadonyat), Макапэн (Makaripin) и Моукалон (Mawkalon); количество разработок достигает нескольких тысяч.

В окрестностях Хвека мощность жадеитового конгломерата колеблется в пределах от 1 до 15 м; покрыт он конгломератами и песчаниками третичного (миоцен) возраста. В состав жадеитового конгломерата входят гальки и обломки кварца, роговооб-

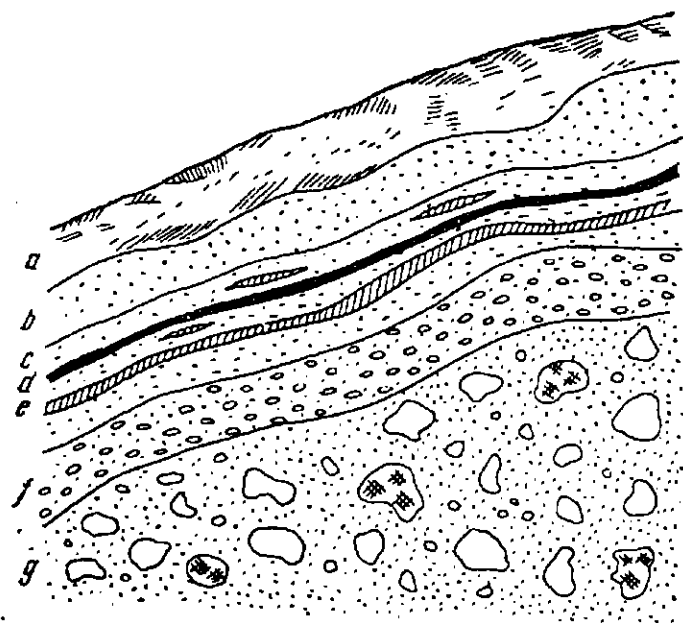
манкового габбро, пироксенита, серпентинита и жадеита; кроме того, он содержит иногда отдельные глыбы жадеита, величина которых достигает 1 м³.

Геологический разрез месторождения жадеитового конгломерата Хвека изображен на фиг. 3.

В некоторых месторождениях жадеитовый конгломерат представлен не в виде одного пласта, а в виде нескольких пропластков, заключенных в песчаниках и глинах.

Жадеитовый Uru boulder конгломерат наиболее широко развит в окрестностях местечка Мамон (Mamon), которое славилось в свое время добычей жадеита высокого качества. Отсюда конгломераты тянутся к северу и северо-востоку (фиг. 2) полосой средней шириной 3.2 км. Мощность конгломерата достигает местами 300 м.

В состав конгломерата входят гальки и обломки кристаллических сланцев, гранодиорита, диорита, жадеита, а также лимонита, гематита и хромита. Лучший по качеству жадеит встречается в золотоносном песке, залегающем в основании конгломератов.



Фиг. 3. Геологический разрез месторождения жадеитового конгломерата Хвека (Hwehka). (По Блеку.)

a — гумус; b — темный голубовато-зеленый песчаник; c — песчаник с пропластками угля; d — пласт угля мощностью 2 см; e — углисто-глинистые пропластки; f — конгломератовидный песчаник; g — жадеитовый конгломерат (жадеитовые гальки отмечены клетчатой штриховкой).

Особенно интересным районом является район разработок Сиетонг (Sietaung), расположенный возле слияния рр. Наммоу (Namtau) и Хвека. Здесь, еще во времена бирманских князей, происходила добыча драгоценных кампей. В настоящее время количество заброшенных работ доходит до 1000. Мощность Uru boulder конгломерата для этого района колеблется от 0.45 до 1.8 м.

Аллювиальные россыпи р. Уру представляют собой скопления жадеитовых галек непосредственно в русле р. Уру под водой. В связи со сравнительно редкими находками жадеита, а также тяжелыми работами в воде, значение этих месторождений ничтожно, и добыча из них жадеита носит случайный характер.

Восточный Туркестан. По данным М. Бауэра (Bauer, 1932), месторождения жадеита в Восточном Туркестане находятся в районе Гульбашепа в долине р. Каракаш. Кроме того, в этом же районе известны находки жадеита в долине р. Тунга, левого притока р. Раскем-дарьи. Коренные месторождения жадеита, весьма вероятно, подчинены месторождениям нефрита.

У В. Н. Подочникова (1936, § 351) имеется указание (по данным Hellmut de Terra, относящимся к 1932 г.), что известный как жад или нефрит минерал из Кош-таш-хана оказался, по Фишеру (Fischer), благородным серпентином, образовавшимся в контакте доломита с гранитами.

Америка

Коренных месторождений жадеита в Америке еще не обнаружено, однако полагают, что они возможны в пределах Южной Мексики. Эти предположения основаны на том, что в Мексике, а также Центральной и Южной Америке были найдены в большом количестве доисторические изделия из жадеита. Среди таких изделий особенно типичными являются звенящие при ударе пластиночки и длинные тонкие палочки, которые служили, вероятно, музыкальными инструментами.

Европа

В Европе также еще не обнаружены промышленные месторождения жадеита, хотя отдельные выходы его встречены среди соссюритового габбро на о-ве Сира в Греции и отдельные гальки его известны из наносов в Швейцарии и Пьемонтских Альпах, на Нейенбургском озере и у Лозанны на Женевском озере.

Недавно в Югославии (Южная Сербия) в горной области, к востоку от Aljagica исследованием Tuc'an Fran (1936) был обнаружен среди слагающих район кристаллических сланцев, гнейсов и слюдястых сланцев эрратический валун жадеитита, с поперечным сечением в полметра.

Жадеитит весьма твердый и вязкий; окрашен в зеленоватый цвет; структура мелкокристаллическая. В минералогический состав его входят: жадеит, клиноцоизит, эпидот, углистые вещества с незначительной примесью титанита, полевого шпата, биотита, кварца, циркона и амфибола.

Средний показатель преломления $N=1.666$; $Ng-Np=0.0242$.

Химический состав (в %):

SiO ₂	52.32	CaO	14.02
TiO ₂	1.62	Na ₂ O	4.66
Al ₂ O ₃	14.83	K ₂ O	0.17
Fe ₂ O ₃	0.93	H ₂ O ⁺	1.44
FeO	5.28	H ₂ O ⁻	0.14
MnO	0.06		
MgO	4.42		
		Сумма	99.89

Несмотря на то, что до сих пор промышленные месторождения жадеита в Европе не обнаружены, отмечаются многочисленные находки до-

исторических изделий из него и особенно плоских топоров. Такие топоры были найдены в западной Швейцарии, в Германии, Франции, Бельгии, Италии и других странах. В Греции, Малой Азии и Египте также известны многочисленные жадеитовые предметы (скарабей и др.).

4. МЕСТОРОЖДЕНИЯ СССР

Месторождения жадеита в СССР пока неизвестны. Имеется лишь единственное указание Л. А. Ячевского, что изученные им под микроскопом белые выделения среди онгетских нефритов оказались агрегатами авгитового минерала (жадеита?).

5. ДОБЫЧА ЖАДЕИТА В БИРМЕ

Коренные месторождения жадеита разрабатываются при помощи подземных работ и открытых карьеров. Горные работы производятся только в течение трех месяцев в году, начиная с марта и кончая маем; в остальное время года работы сводятся почти к нулю вследствие наступления периодических дождей. Глубина разработок доходит до 50 м. Добыча блоков жадеита производится двумя способами: пожогами и взрывными работами.

Месторождения конгломератов разрабатываются преимущественно при помощи открытых карьеров, однако, при подходящих условиях рельефа применяются и подземные разработки (штольни). Открытые карьеры обычно не механизированы, и добыча в них производится вручную.

Предварительными разведками разработки жадеитовых месторождений не сопровождаются, и выбор места работ производится на-глаз опытными рабочими.

6. ТИПЫ СЫРЬЯ. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ. ПРИМЕНЕНИЕ. ОБРАБОТКА

Бирманский жадеит, добытый из многочисленных месторождений, обладает весьма непостоянным качеством как в смысле структуры, окраски, степени просвечиваемости, так и в смысле разнообразия размеров отдельных его блоков.

Классификация. На китайском рынке известно несколько торговых марок жадеита, отличающихся одна от другой по окраске, степени просвечиваемости и текстуре.

1. *Миа-Яаи* (Mya Yau), или *Яаи-Киок* (Yau Kyauk), — жадеит просвечивающий, с ровной травяно-зеленой окраской. Самая ценная разновидность.

2. *Швелу* (Shwelu) — жадеит бледнозеленого цвета со светлыми зелеными пятнышками и полосками. Обе разновидности служат сырьем для изготовления ценных ювелирных изделий, как, например, колец, ожерельев, брелоков, серег, брошек и т. п.

3. *Лат-Яаи* (Lat Yau) — жадеит с облачной окраской, идущий для изготовления браслетов, пуговиц, иголок для шляп, различных украшений, кубков и т. п.

4. *Хмо-сит-сит* (Hmaw Sit Sit) — жадеит темнозеленого цвета, более мягкий и ломкий, чем предыдущие разновидности; используется для дешевых ювелирных изделий.

5. *Конпи* (Konpi) — жадеит, окрашенный в красный или коричневатый цвет, встречается только в виде валунов, погруженных в красную глину.

6. *Киок-ата* (Kyauk-atha) — просвечивающий жадеит белого цвета; употребляется для изготовления мундштуков, тарелок, ложек, цветочных горшков, кубков, блюдец и т. д.

7. *Пан-та* (Pan tha) — просвечивающий и блестящий жадеит белого цвета; в некоторых направлениях не просвечивает, что является дефектом и снижает ценность камня; используется, главным образом, в качестве деко-

ративного материала: для покрытия мозаикой, ящичков столов, кресел и другой мебели.

8. *Киок-аме* (Kyauk Aме). Эта разновидность относится к хлоро-меланиту, характеризующемуся большим содержанием железа, замещающего часть алюминия. Окраска темнозеленая до черной, в тонких осколках просвечивает черно-зеленым цветом; применяется для изготовления пуговиц, брошей и т. д.

Указанная торгово-промышленная классификация жадеита является, конечно, условной и ни в коей мере не охватывает всех возможных его разновидностей. Трудность классификации жадеита еще более осложняется, если принять во внимание, что на мировом рынке, кроме него, встречается еще ряд мелкозернистых пород, которые по своим физическим свойствам (твердость, вязкость, текстура, цвет и др.) напоминают жадеит. К числу таких образований прежде всего относится нефрит, гранатовые, серпентинитовые и другие породы. Это обстоятельство дало возможность легко привиться на европейском и американском рынках, мало знакомых с настоящим жадеитом, термину «жад», под которым понимают не только жадеит и нефрит, но также ряд других минералов и пород.

К числу собственно «жадов», являющихся заменителями настоящего жадеита в промышленности поделочного камня, относится *трансвааль-жад*, представляющий собой плотную, роговиковоподобную гранатовую породу (гроссуляр), окрашенную в зеленый или бледнорозовый цвет. Такой же точно минералогический состав имеет плотная порода белого цвета, а также везувиановая порода слабозеленого цвета, известные в Америке под названием *гранат-жад*, *везувиан-жад* или *калифорнит*. К этой же группе жадов относится *серпентин-жад*, представляющий собою жилковатый пикролит, окрашенный в слабый зеленовато-желтый цвет; *горнбленд-жад* или *смарагдит*, окрашенный в темный цвет с изумрудно-зелеными иглами, *нектолит-жад* и *бовенит* (*серпентин*)-жад и др.

Методы испытаний. Особых методов испытания для жадеита не имеется. Оценка качества сырья и пригодность его в качестве поделочного материала определяется по плотности, окраске и наличию тех или других примесей, видимых невооруженным глазом.

Для более точного минералогического определения жадеита среди других разновидностей плотных пород, прибегают к химическому анализу или применяют обычные петрографические методы изучения.

В последнее время, однако (Howell, 1937), в целях быстрого и сравнительно точного испытания поделочных камней (в частности, жадеита и нефрита), имеющих одинаковую окраску и близкие физические и оптические свойства, начали применять спектроскопический метод, позволяющий манипулировать с значительно меньшими количествами (0.1 г) испытуемого вещества, чем при производстве химического анализа.

Этот метод особенно ценен для испытания уже готовых декоративных изделий, предметов украшения и особенно археологических находок, у которых взятие достаточной пробы при других методах испытания вызывает порчу их с точки зрения художественной ценности.

Применение и обработка. Жадеит применяется в качестве сырья для изготовления украшений, колец, ожерелий, брелоков, серег, брошей, пуговиц, кубков, ваз, шкатулок, тарелочек, ложек и пр. Использование жадеита в качестве поделочного камня обусловлено его высокими декоративными качествами, большой твердостью и прочностью, а также способностью хорошо принимать полировку.

В связи с наличием большого ассортимента изготавливаемых из жадеита изделий существует много приемов его обработки. Основные технологические процессы, однако, несложны и сводятся к следующим этапам: распиловка, обточка, полировка, сверловка и выборка. В процессе обработки неко-

торые особенности представляет только в ы б о р к а и л и о б р а б о т к а углублений в изделиях, которая производится комбинированным способом. Первоначально кусок жадеита помещается на токарный станок, при помощи которого ему придается общая форма желаемого изделия; после токарного станка предварительно обработанный жадеит поступает на специальную резальную машину, напоминающую по своей конструкции станок с режущим диском. На этой машине при помощи режущих дисков различных калибров постепенно вышпиливаются углубления. Работа начинается обычно при помощи крупных дисков, которые в дальнейшем заменяются дисками все более мелкого диаметра. В заключение, после использования мелкокалиберных дисков, по всей поверхности, которая должна быть выбрана, высверливаются многочисленные мелкие вертикальные дырочки, перегородки между которыми в дальнейшем выбиваются легким постукиванием молотка.

Центрами обработки жадеита являются крупные китайские города: Кантон, Шанхай, Пекин, Тенг-Юх (Tang Yuch) в Юнпани и др., в которых сосредоточены многочисленные камнерезные фабрики. В небольшом количестве жадеит обрабатывается в Бирме, однако высокохудожественные изделия производятся исключительно в Китае.

7. МИРОВАЯ ДОБЫЧА. РЫНОК

Единственной страной, добывающей жадеит, является Северная Бирма. Количество добытого жадеита за последние 20 лет колебалось в пределах от 59 486 кг (1933) до 396 494 кг (1922). Стоимость добытого материала из года в год колебалась и составляла в среднем 8—20 фунт. стерл. за 1 англ. ц. (50.8 кг).

В табл. 3 приведены цифры добычи жадеита за 1917—1936 гг.

ТАБЛИЦА 3
Добыча жадеита в Бирме

Годы	Добыча, в кг	Стоимость, в фунт. стерл.	Годы	Добыча, в кг	Стоимость, в фунт. стерл.
1917	183 337	67 502	1927	103 131	17 841
1918	169 468	—	1928	144 526	21 342
1919	102 565	—	1929	175 310	20 698
1920	258 775	—	1930	76 149	27 147
1921	272 999	46 778	1931	140 462	57 249
1922	396 494	57 956	1932	162 864	24 539
1923	184 251	—	1933	59 486	9 733
1924	133 604	64 400	1934	105 375	166 266 Rs ¹
1925	86 156	19 995	1935	64 263	193 149 »
1926	61 163	17 497	1936	84 886	178 374 »

¹ Rs — рупий (монета Британской Индии).

Точных статистических данных об экспорте жадеита не имеется.

По Чхибберу, около 25% добываемого жадеита потребляется внутри страны, где он пользуется не меньшим успехом, чем в Китае. Остальные 75% добычи экспортируются в Китай и Японию, причем из этого количества в Европу и Америку попадает лишь ничтожная часть.

Центром торговли жадеитом является Могаун, куда устремляется, обычно, большое число китайских купцов; некоторые из них скупают камни непосредственно на рудниках Хпакен (Нракан), Хвека и др.

В виду отсутствия в СССР промышленных месторождений жадеита заменителями его в декоративном искусстве могут служить советские «жады»: гранато-везувитовые, гранато-пироксеновые, гранато-хлоритовые породы, широко распространенные в серпентинитах Урала. Для этой же цели могут найтись и серпентиниты соответствующей окраски.

Поступило 10.XI.1939 г.

Б. Я. Меренков

ЛИТЕРАТУРА

- Браунс Р. Царство минералов. Перевод под ред. А. А. Иностранцева. СПб., 1906.
- Грубенманн У. и Ниггли П. Метоморфизм горных пород. Перевод под ред. А. П. Герасимова. Лг.—М., Научно-техн. геол.-разв. изд., 1933.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю. и Струве Э. А. Петрографический словарь. 2 изд. Лг.—М., ОНТИ, 1937.
- Лодочников В. Н. Серпентины и серпентиниты Ильчирские и другие. Тр. Центр. научно-иссл. геол.-разв. инст., 1936, вып. 38.
- Меренков Б. Я. Драгоценные, технические и поделочные камни. Нерудное минеральное сырье, вып. 2. М.—Лг., ОНТИ НКТП, 1936.
- Розенбуш Г. Описательная петрография. Перевод с нем. изд. под ред. В. Н. Лодочникова. Лг.—М.—Новосибирск, Горгеонефтеизд., 1934.
- Ферсман А. Е. Драгоценные и цветные камни России, т. 1. 1920, 197.
- Ячевский Л. А. (сообщение). Зап. Мин. общ., 1896, 34, 36.
- Bauer M. On the jadeite and other rocks from Tawmaw in Upper Burma. Rec. Geol. Surv. India, 1895, 28, 91—105.
- Der Jadeit u. die anderen Gesteine der Jadeitlagerstätte von Tawmaw in Ober-Birma. Neues Jb. Min., 1896, 1, 18—51.
- Weitere Mitteilungen über den Jadeit von Ober-Birma Cbl. Min., 1906, 97—112.
- Edelsteinkunde. 3 Aufl., Lief. 11, 1932, 646—652.
- Berwerth F. Die Nephrit-Jadeit-Frage. Mitt. Antrop. Ges. Wien. 1890, 20, 15.
- Über Nephrit u. Jadeit. Min. Petr. Mitt., 1905, 24, 228.
- Bishop H. R. Investigations and studies in jade. N. Y., 1906, v. 1—2. (Крупнейшая монография по нефриту и жадеиту, издана в 100 экземплярах и является библиографической редкостью; основной материал из этой монографии имеется у Doelter; подробное описание монографии см. у Kuntz).
- Bleesck A. W. Die Jadeitlagerstätten in Upper Burma. Zs. Prakt. Geol., 1907, H. 11, 341.
- Brauns R. Über Transvaal-Jade und andere «Jade». Dtsch. Coldschm. Ztg., 1929, № 3, № 13.
- Chhibber H. L. 1. The geology of Burma. London, 1934.
- 2. The mineral resources of Burma. London, 1934.
- Damour A. Analyse du jade oriental réunion de cette substance à la trémolite. — Ann. chem., Phys., 1846, Ser. 3, 16, 469—474.
- Notice et analyse sur le jade vert: réunion de cette matière minérale à la famille de wernerites. C. R., 1863, 56.
- Dana J. D. The system of mineralogy. 1920.
- Des Cloizeaux A. Caractères optiques de la jadeite. Bull. Soc. Fr. Min., 1881, 4, 158.
- Doelter C. Handbuch der Mineralchemie, B. 2, H. 1, 1914, 649—704.
- Fellenberg E. Berner nat. Ges., 1865, 112.
- Fischer H. Über Jadeite. Neues Jb. Min., 1880, 1, 174—176.
- Geologische Forschungen in westlichen K'un-Lun und Karakorum-Himalaia. Wiss. Ergebn. Trinklerschen Zentralasien Expedition. Berlin, 1932, 179—180.
- Goette J. Jade lode. N. Y., Reynal and Hitchcock, 1937, 303—310.
- Grubenmann U. Die Kristallinen Schiefer. Berlin, 1910.
- Grubenmann U. u. Niggli P. Die Gesteinsmetamorphose. Allgemeiner Teil. Berlin, 1924.
- Hall A. L. On «Jade» (Massive garnet) from the Bushveld in the Western Transvaal. Trans. Geol. Soc. S. Africa, 1924, 27, 39—55.
- Howell D. H. Identification of certain gem-stone materials by their emission spectra. Amer. Min., 1937, 22, № 6, 796.
- Kuntz. The printed catalogue of the Heber R. Bishop collection of Jade. C. R. 10 Sess. Congr. Geol. Int., Mexico, 1907, 253—270.

- Lacroix M. A. La jadeite de Birmanie: les roches qu'elle constitue ou qui l'accompagnent. Composition et origine. Bull. Soc. Fr. Min., 1930, 53, № 1—6, 216—254.
- Ladoo R. Non-metallic Minerals. Occurrence, Preparation, Utilisation. 1 Edit., 1925.
- Mineral Industry. N. Y. a. London. 1917—1938.
- Mrazec. Bull. Soc. Bucarest, 1898, 7, № 2, 187.
- Noetling F. Note on the occurrence of jadeite in Upper Burma. Rec. Geol. Surv. India, 1893, 26, 26—31.
- Über das Vorkommen von Jadeit in Ober Birma. Neues Jb. Min., 1896, 1, 1—17.
- Nott S. C. Chinese jade throughout the ages. Scribner, 1936, 193.
- Petar A. V. Jade. USA. Bureau Mines, 1936, Inform. Circ. 6844.
- Rosenbusch H. Elemente der Gesteinslehre. Stuttgart, 1910, 1923.
- Stutzer O. u. Eppler W. Fr. Die Lagerstätten der Edelsteine u. Schmucksteine. Berlin, 1935.
- Tuc'an Fran. Jadeitit von Aljagica in Südsorbien. Glasnik hrvatskog prirodoslovnog društva. Zagreb, Jg. 41—48, 1929—1936, 91—100.
- Washington H. S. Proc. U. S. Nat. Mus., 1922, 60, pt. 14.
- Winchell N. H. a. Winchell A. N. Elements of optical mineralogy. P. 2. N. Y., 1927.

ЖЕМЧУГ

Pearl (англ.). Perle (франц. и нем.)

Р а з н о в и д н о с т и: Искусственно выращенный жемчуг. Cultured pearl, cultivated pearl (англ.). Perle cultivée (франц.). Kulturperlen, kultivierte Perlen, Zuchtperlen, gezuchtete Perlen, Mikimoto-Perlen (нем.)

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ, ХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Жемчуг представляет собою конкреционные образования, которые возникают внутри полости некоторых моллюсков как продукт болезненного разрастания перламутрового слоя между раковиной и мантией.

Жемчуг состоит преимущественно из углекислого кальция (CaCO_3) в виде арагонита, иногда в виде кальцита. Лучисто- или табличаторасположенные кристаллики CaCO_3 связаны органической роговой массой, так называемым конхиолином. В среднем в жемчуге содержится 90% CaCO_3 , 4—6% органического вещества, 2—4% воды.

Исследование показывает, что в жемчуге тончайшие известковые слои чередуются с конхиолиновыми (фиг. 1), причем центральные слои более матовы, непрозрачны, образуют, по терминологии Л. Бутана, «вторичное ядро» (Boutan, 1925).

Качество жемчуга зависит только от его поверхностных слоев. Чрезвычайная тонкость этих слоев (0.4—0.6 μ) обуславливает особый блеск поверхности (Lüster): лучи света, проникая сквозь тончайшие верхние слои в глубь жемчужины, отражаются от нижележащих слоев, вызывая явления интерференции и диффракции. Если осторожно растворить в кислоте известковую часть жемчужины, то можно сохранить ее слоистую структуру, так как от каждого слоя остается в этих условиях тонкая мембрана. Такое тело продолжает давать эффект иризации до тех пор, пока его строение не будет механически разрушено.

Твердость—почти 4. Удельный вес у свежего жемчуга 2.650—2.686. С годами происходит усыхание, и удельный вес возрастает до 2.8.

Жемчуг лучших сортов имеет форму совершенно правильных шариков, но обычно округлость жемчужин несколько отклоняется от формы правильного шара, иногда настолько значительно, что жемчужина принимает довольно фантастический облик. Размеры колеблются от мелких зерен до крупных горошин в 0.5—1.5 см в диаметре, и чем крупнее жемчуг, тем он реже встречается в природе. Жемчужина весом в 4 грена [1 грена ($\frac{1}{4}$ карата)=0.05 г] является редкостью, а находка жемчужины весом в 20 грена — 1 г вызывает сепсацию на жемчужных промыслах.

В природе встречается желтый, серый, розоватый, красноватый, коричневатый, фиолетовый и черный, реже зеленоватый и голубой жемчуг. Цвет жемчуга зависит от вида моллюска и его местонахождения и объясняется подмесью красящего вещества к конхиолину. Чаще всего жемчуг бывает белый с желтоватым или голубоватым отливом и характерным перламутровым блеском, который немцы называют Lüster или Orient и который отличает жем-

чуг от всех прочих подобных ему образований, встречающихся как в животном и растительном мире, так и в неорганической природе.

Присутствие органической составной части является причиной малой прочности жемчуга. Жемчуг чувствителен к нагреванию и разлагается уже при умеренном прокаливании. Конхиолин с течением времени высыхает и постепенно разлагается; вследствие этого жемчужина «заболевает», теряя свой блеск и красоту и превращается в итоге в пыль. Это и является причиной того, что до нашего времени не сохранилось ни одной жемчужины из знаменитых сокровищниц древних народов. По наблюдениям ювелиров, процесс усыхания в жемчуге наступает через 50—70 лет и характеризуется мельчайшими трещинками и изменением в блеске. Период «жизни» жемчуга определяется в 150 лет (Erplog, 1934). Кислоты и жиры портят блеск жемчуга. Но существует мнение, не лишённое основания, что пошение жемчуга способствует его долговечности. Просверленный жемчуг требует к себе особого внимания, так как поверхностные чешуйки особенно легко отслаиваются около отверстия.

Жемчуг издавна привлекал своей красотой внимание человека. Некоторые жемчужины исключительной красоты приобрели историческое значение. О многих из них сохранилось только предание, но некоторые существуют и поныне. Они отличаются или своими необычайными размерами, или редко встречающейся формой, или особенной прелестью блеска и окраски. Из исторических жемчужин пользуются наибольшей известностью следующие:

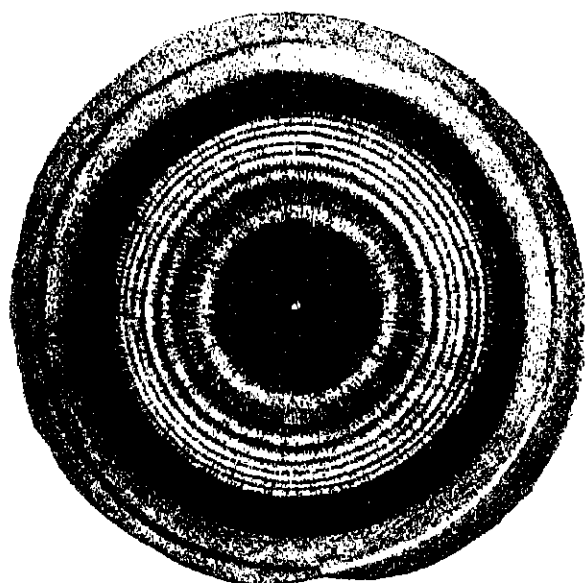
1. Жемчужина шаха Персидского — 35 мм длины, 25 мм ширины, грушеобразной формы.
2. Bares ford Норе — 455 карат, 50 мм длины и 37.5 мм толщины. Находится в Лондоне в музее им. Виктории и Альберта.
3. Жемчужина в австрийской короне — в 300 карат.
4. La Pellegrine — 28 карат, идеально круглая индийская жемчужина из алмазного фонда СССР, необычайной красоты и исключительного блеска.

2. УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАХОЖДЕНИЯ ЖЕМЧУГА

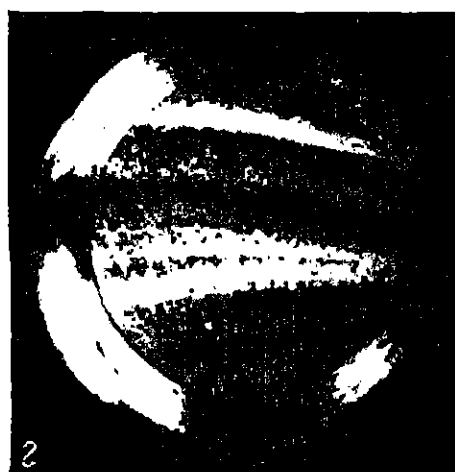
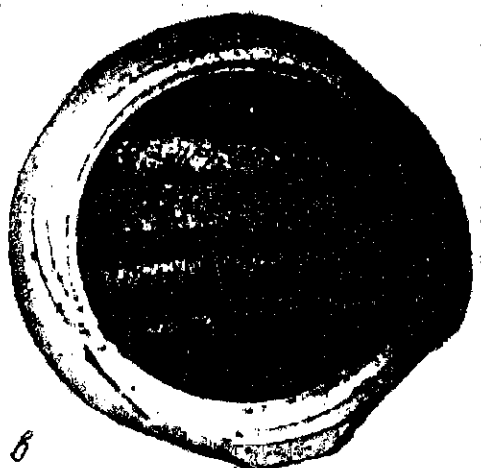
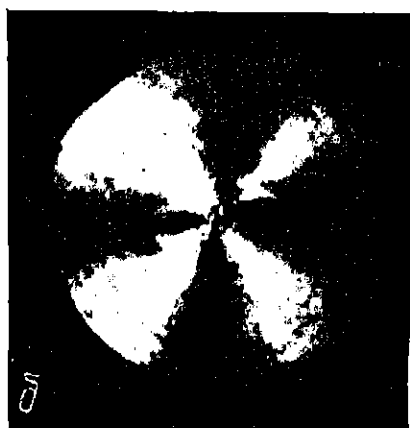
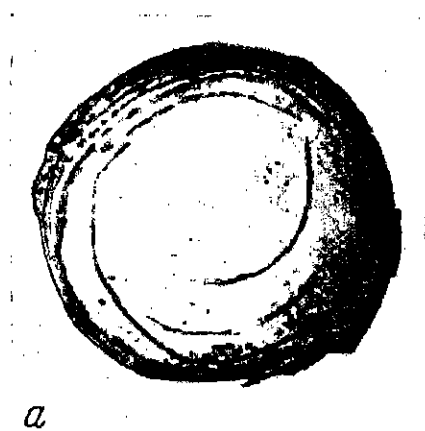
Жемчуг встречается в раковинах таких моллюсков, которые способны отлагать перламутр. Вещество последнего и жемчуга одно и то же, и жемчуг является лишь перламутром, возникшим при особых условиях. Эпителий, наружный слой кожи мантии, выделяет у этих моллюсков слизь, которая содержит известь в растворенном состоянии. За счет вещества этой слизи образуется твердая оболочка моллюсков. По мере роста моллюска растет и его раковина, отлагая все новые слои перламутра на своей внутренней поверхности. Необходимым условием образования жемчуга является вторжение постороннего тела под раковину моллюска: если между телом моллюска и раковиной попадает случайно какая-нибудь песчинка, личинка какого-нибудь паразита и т. д., то вследствие раздражения начинается обильное выделение перламутрового вещества, которое постепенно обволакивает внедрившееся тело. Это постороннее тело — будущее ядро жемчужины — раздражает эпителий. Если оно остается на внутренней поверхности раковины, эпителий отлагает на него перламутровый слой; если же оно проникает во внутренние ткани моллюска, захватывая частички эпителия с собой, то создаются необходимые условия для образования свободной жемчужины. Эти клетки эпителия образуют вокруг ядра «жемчужный мешок» (фиг. 2) и начинают отлагать внутри вещество жемчуга, внедряясь в соединительную ткань мантии.

Раковины, отличающиеся неправильной формой, с явно задержанным ростом в результате воздействия паразитов, являются обычно носителями жемчуга.

В середине прошлого столетия возникла так называемая теория обра-



Фиг. 1. Шлиф через центр жемчужины.
× 30.



Фиг. 3. Шлиф «случайно» выросшей жемчужины в простом (а) и в параллельно-поляризованном (б) свете. Шлиф искусственно выращенной жемчужины в простом (в) и в параллельно-поляризованном (г) свете.

образования жемчуга при участии паразитов. Было высказано предположение, что личинка сосущего или ленточного червя внедряется в моллюск и становится там причиной образования жемчуга. Дюбуа (Dubois) назвал жемчуг блестящим саркофагом червя. Паразиты, попадающие в перламутровые раковины, являются промежуточной стадией развития червей вида Trematodae или Cestodae. Первый исследователь, еще в 1857—1859 гг. указавший на роль паразита в образовании жемчуга в южных морях, был Келлаарт (Kellaart). Эта теория паразитов много раз подвергалась критике и до сих пор является весьма спорной для зоологов. Тем не менее были сделаны попытки искусственного разведения жемчуга путем введения в моллюски инфекции паразитами.

Жемчуг добывается из раковин различных моллюсков, принадлежащих главным образом к сем. Aviculidae, Unionidae и Mytilidae из отряда Eulamellibranchia класса пластинчатожабрных (Lamellibranchiata). Одни из них являются типично морскими, другие — пресноводными (речные).

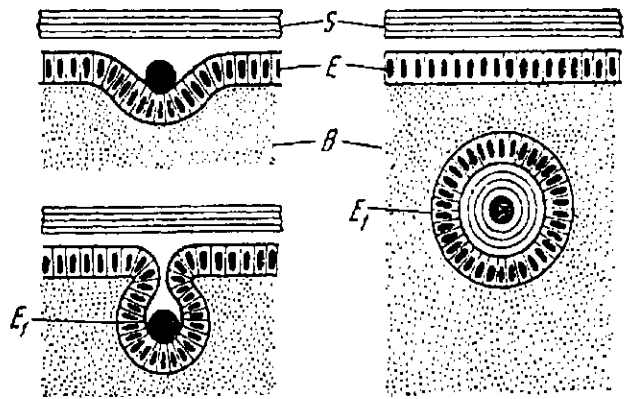
Большая часть жемчуга добывается из раковин морских моллюсков. В жемчужном промысле пользуются известностью разновидности жемчужницы Margaritifera (Meleagrina, Avicula).

Джемсон (Jameson) различает около 32 видов моллюсков Margaritifera, или Meleagrina, имеющих те или другие отличия в зависимости от географического распространения. Самая распространенная — Meleagrina vulgaris. Meleagrina margaritifera persica встречается в Персидском заливе, дает розовый жемчуг, так же как и два следующих вида — M. m. mesatlantica и M. m. californica, которые водятся у западного побережья Средней Америки и, особенно, в Калифорнийском заливе. M. m. martensi обитает у берегов Японии и служила объектом экспериментов японского исследователя Микимото (Mikimoto); моллюски этого вида дают жемчуг с зеленоватым отблеском, характерным для японского искусственно выращенного жемчуга. Кроме того, можно упомянуть M. m. erythracensis (Аравийское побережье), M. m. sumungi (Полинезия), M. m. squamosa (Караибское море).

M. margaritifera дает, кроме розового и зеленоватого, еще серый, коричневатый, голубоватый и черноватый жемчуг.

Эти моллюски селятся целыми обществами на глубине 6—10 м в разных морях и океанах. Особый интерес заслуживает Margaritifera maxima, отличающаяся своими гигантскими размерами; она имеет около фута в диаметре, а вес ее створок достигает 4 кг. Она считается наиболее ценным видом для перламутра.

Жемчуг образуется не только в настоящей жемчужнице, но и в ряде других моллюсков: Cassis madagascarensis — розовый жемчуг; Placuna placenta — черный жемчуг; Pinna (squamosa и nobilis) — матовый, краснокоричневый; Solen vaginus, Pecten jacobaeus — тусклый, беловатый; Tridacna gigas — большие жемчужины фарфорового тона; Anomia eriphrum, Anomia cera, Spondylus gaederopus — зеленоватый и розовый жемчуг; Arca Noae — лиловатый; Hipporhas — тусклый, фарфоровидный; Pectunculus, Cythera, Lutraria тоже дают жемчуг. Значительное количество жемчуга



Фиг. 2. Процесс образования жемчужного мешка.

S — раковинный слой; E — эпителий мантии, выделяющий перламутровое вещество; B — соединительная ткань мантии; E₁ — эпителий жемчужного мешка. Постороннее тело изображено черным шариком.

добыто из *Malleus vulgaris* и *M. albus*, широко распространенных в Калифорнийском и Мексиканском заливах, а также около берегов Перу. Они дают бронзовидный жемчуг. В целом ряде съедобных моллюсков также паходят жемчуг; из них следует отметить: *Cardium edule*, *Mya arenaria*, из устриц — *Ostrea edulis borealis*, *Ostrea edulis virginica*; *Venus mercenaria* — известен в США под названием «clam», дает жемчуг цвета слоновой кости, красноватый и черноватый; *Mytilus edulis* — дает плохой жемчуг. Этот моллюск часто прицепляется в больших количествах к пароходам (курсирующим в Атлантическом океане на Нью Йорк) и уменьшает этим скорость хода.

Некоторые морские улитки из класса брюхоногих (*Gastropoda*) также дают жемчуг. К ним относятся следующие моллюски: *Strombus gigas*, с розовой поверхностью раковины, дает розовый, матовый жемчуг, напоминающий розовый коралл, часто величиною с малину. Из рода *Haliotis* (морское ухо): *H. splendens*, *H. rufescens*, *H. californica*, *H. gigantea*, *H. iris* характерны для берегов Калифорнии, Японии и Кореи; жемчуг в этих улитках достигает 2 см величины и отличается сталью-серым и зеленым металлическим блеском. К морским жемчуженосным улиткам относятся еще *Turbo*, *Murex*, *Fissurella*, *Patella*, *Turbinella scolymus*, *Trochus*.

К пресноводным моллюскам, дающим жемчуг, относятся *Anodonta* (беззубка), *Alasmodonta*, *Unio* и *Margaritana margaritifera* (перловка, или перловица). Все они обитают, как и некоторые другие им родственные виды, в водоемах умеренного пояса только северного полушария.

Margaritana margaritifera похожа на *Unio*, но крупнее ее и более толсто-стенная.

Географическое распространение *Unio margaritiferus* очень обширно: оно простирается от 47° сев. шир. на юге до Ледовитого океана на севере и от берегов Франции на западе через всю Европу, Сибирь и часть Северной Америки. По сведениям Друе (Drouet, 1881), из 33 видов перловицевых (*Unionidae*) 16 встречаются в Западной Европе и 17 видов у нас. Он высказывает мнение об их долговечности, исчисляемой чуть ли не до 100 лет. Хесслинг (Hessling, 1859), а также и К. Альтнедер (Altnöder, 1926) считают, что пресноводные ракушки из сем. *Unionidae* живут до 50—60 лет, отдельные экземпляры выживают до 70—80 лет. В США, кроме *Unio*, самой значительной, встречаются еще: *Pleurolema aescopus*, *Tritigonia verrucosa*, *Quadrula elena*, *Q. undulata*, *Q. plicata*, *Q. Wardi*, *Plagiola securis*, *Lampsilis alabus*, *Symphynota complanata*. В Монголии: *Unio dauricus*, *U. mongolicus*, *U. complanatus*. В Японии: *Anodonta japonica*, *Cristaria spatiosa*. В Китае: *Cristaria plicata*, которая ранее называлась *Dipsas plicatus*.

Количество жемчужин, выросших в одной раковине, различно: обычно в раковине вырастает не больше одной жемчужины; очень редко их встречается несколько штук,¹ в этом случае они бывают очень мелкие. При ловле раковин оказывается, что на 30—40 шт. морских раковин и на 100 шт. пресноводных приходится одна с жемчужиной.

3. МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ЖЕМЧУГА

Местонахождения морского жемчуга. *Индийский океан*. Значительные промыслы сосредоточены в следующих местах: 1) около о-ва Цейлона: а) в Манарском заливе, старинные промыслы недалеко от о-ва Манар и на мадрасской стороне залива около Типневелли вблизи от Тутикорин; б) Пакский пролив; 2) Мальдивские о-ва; 3) Андаманские о-ва в Бенгальском заливе; 4) Карачи в Аравийском море около Бомбейского побережья; 5) о-в Занзибар около Африканского побережья; 6) о-в Мадагаскар.

¹ В литературе упоминается о нахождении одной раковины с 150 жемчужинами и будто бы нередки случаи нахождения до 30 жемчужин в *Mytilus edulis*.

Персидский залив. Жемчужные промыслы имеют давность со времен Александра Македонского. Они стоят на втором месте в отношении мировой добычи и простираются по всему Аравийскому побережью; наиболее значительная добыча получается на о-вах Бахрейн. Главным центром торговли является порт Ленге. Этот жемчуг известен под именем бомбейского. Жемчуг желтоватого тона продается в Бомбей, а наилучшие белые жемчужины отправляются в Багдад.

Красное море. Здесь промыслы известны со времени Птолемея, особенно в окрестностях Джидды и Коссейра. В последнее время, однако, они утратили свое значение, хотя арабы добывали здесь еще недавно перламутровые раковины, идущие на так называемый египетский жемчуг, который продается в Александрии.

Следующая группа местонахождений охватывает *Австралию, Малайский архипелаг и другие острова Тихого океана.*

К местонахождениям Австралии принадлежит все западное побережье между 15 и 25° юж. шир., особенно в бухте Шаркс, на северном побережье около порта Дарвина и в проливе Торреса, и на востоке — побережье Квинсленд. Жемчужным промыслом занимаются здесь, главным образом, малайцы и папуасы и очень редко австралийцы. Моллюски населяют настолько мелководные места, что их можно вылавливать драгами.

Прекрасный жемчуг добывается на северо-восток от о-ва Борнео в море Сулу, далее к Филиппинским о-вам до о-ва Формоза и на юго-запад от Новой Гвинеи, вокруг о-ва Ару, далее у о-ва Новая Зеландия (Оклэнд). Из Лабуана (Борнео) жемчуг экспортируется часто в Сингапур.

Необходимо отметить местонахождения жемчуга около о-вов Тимор, Новая Каледония, Навигатор, о-ва Товарищества, архипелага Луизианы, Паумоту, Таити, Восточной Полинезии. На Тихом океане раковины находятся в прозрачных водах лагун, внутри коралловых рифов; хотя в некоторых случаях хорошие экземпляры обитают в глубоководных местах за пределами рифов. Среди полинезийских пловцов особым искусством обладают женщины.

Средняя Америка. К местонахождениям Средней Америки относятся западное побережье от Ла-Пас до о-ва Лорето, особенно Калифорнийский и отчасти Панамский заливы. Старые калифорнийские жемчужные промыслы были обнаружены испанским завоевателем Мексики Фернандо Кортес (1485—1547). Много ценных жемчужин было вывезено оттуда в 16 веке испанцами. Эти местонахождения характеризуются тем, что раковины находятся на большой глубине, около 40 футов, и жемчужины попадают в них довольно редко: на 1000 раковин приходится одна с жемчужиной. Некоторые из них отличаются редкой красотой; в 1882 г. была выловлена жемчужина весом в 75 каратов. Жемчуг из этих местонахождений сосредотачивается в Сан-Франциско и в Панаме.

Колумб отметил, что промыслы жемчуга процветали в Мексиканском заливе. Лучший жемчуг добывается в Караибском море около побережья Венесуэлы, на о-вах Св. Фомы и Маргариты. По преданию, Филипп II Испанский (1527—1598) получил знаменитую жемчужину весом в 250 каратов с о-ва Маргариты.

Американский морской жемчуг «Ла-Пас», так названный по г. Ла-Пас — центру торговли калифорнийского жемчуга, происходит из моллюсков *Malleus*, *Meleagrina* и *Haliotis*.

Местонахождения речного жемчуга. В СССР жемчуг встречается во многих речках: еще в 1849 г. известным гидрографом Штукенбергом даны 44 названия рек. По старым литературным данным (1834—1858 гг.), жемчужные промыслы имелись издавна в Архангельской, Мурманской, Вологодской, Ленинградской обл. на рр. Вильгея, Хоринка, Вревка, в Карело-Финской ССР, Калининской, Кировской, Винницкой, Ярославской

обл., Татарской АССР, Куйбышевской и Свердловской обл., в бассейне Днепра и Дона, в Восточной Сибири и в притоках Амура. Особенно прославился наш жемчуг из Архангельской обл., главным образом Приморского и Онежского районов. Здесь Г. Верещагин (1929) отмечает 75 рек бассейнов р. Онеги, Онежского озера, Белого и Баренцова морей. Цвет этого жемчуга преимущественно белый, но бывает и иной окраски (рр. Туба, Немена): розовый, малиновый, черный. Обычно он встречается в реках со спокойным течением, с очень мягкой водой, т. е. с незначительным количеством солей кальция и магния. Многие из этих северных рек были известны своей добычей еще в 18 и 19 веках, а некоторые и в 17 в. Прекрасные жемчужины, найденные в 1834 г. в Хайноручье и в Сывтуге, а в 1836 г. — в р. Сомбе, хранятся в музее Горного института в Ленинграде.

На Кольском п-ове жемчужный промысел издавна был сосредоточен в районе рр. Варзуги и Умбы, впадающих в Белое море в западной части Терского берега. Здесь живет население, поколениями занимавшееся этим делом, вплоть до мировой войны, и об этом только в районе и имеются несколько более полные сведения, сохранившиеся в памяти местных жителей и отчасти подтверждаемые случайными наблюдениями путешественников. Значительные скопления раковин отмечаются на многих участках р. Варзуги и ее притоков, например от устья Варзуги на 120 км до порога Двинца. Местами раковины перед войной были выбиты, но кое-где выросли опять в большом количестве. Самой богатой рекой, дававшей жемчуг высокого качества, считается Муна, впадающая в Канозеро в системе р. Умбы.

Нельзя с уверенностью сказать, вызывалось ли сосредоточение лова в указанном районе действительно большим богатством жемчуга этих рек или только исторически сложившейся преемственностью занятий терских поморов. По крайней мере, имеются случайные указания на лов жемчуга и в других районах Кольского п-ова, например по р. Туломе, откуда в свое время некоторое количество жемчуга было отправлено за границу; и в бассейне озера Имандры (рр. Сухая и Жемчужная). Отмечается присутствие раковин в рр. Поное, Иоканге.

Следует иметь в виду, что оценка промысловых участков может резко измениться, если объектом промысла будет не только жемчуг, но и перламутр, и добыча будет производиться более совершенными, чем раньше, приемами.

Шотландия, Ирландия, Уэльс. Британский жемчуг упоминается еще Тацитом и Плинием. Однако, в настоящее время он не имеет большого промышленного значения.

Швеция, Норвегия и Лапландия.

Из месторождений Средней Европы можно отметить Баварию — Обер-Пфальц, Верхнюю Франконию; Саксонию — в бассейне р. Белая Эстер и в Люнебургерхейде. Добыча в Германии не имеет, однако, в настоящее время большого значения. В Чехии имеются месторождения на р. Отава около Гораждевице. Добыча жемчуга в Чехии регулировалась правительством в течение двух столетий.

Вне Европы заслуживают внимания: в Азии — *Месопотамия, Япония, Китай*. Промысел в Китае имеет давность по крайней мере 22 столетий. Во времена глубокой древности жемчугом оплачивались пошлины и налоги. В словаре Rh'ya, составленном за 1000 лет до нашей эры, мы имеем первое упоминание о жемчуге, как имеющем промышленное значение в Западном Китае.

В Америке: *Канада, США* — штаты Огайо, Айова, на рр. Миссисипи, Уобеш, Иллинойс, Кумберленд, Блэк и Уайт в Арканзасе. Отличительным свойством американского речного жемчуга является его разнообразная окраска, которая характеризуется не только многообразием оттенков одного и того же цвета, но и различием в основных тонах; так, имеется целая

гамма оттенков от белого жемчуга до красного с промежуточными желтыми тонами. Кроме красного жемчуга, встречается зеленый, коричневый и голубой жемчуг тоже разных оттенков. Он отличается часто причудливой формой.

4. ДОБЫЧА ЖЕМЧУГА

Добыча морского жемчуга, как правило, производится пловцами самым примитивным способом, без всяких специальных приспособлений. Пловцы выезжают обычно ночью целыми флотилиями в 60—70 лодок, и на восходе солнца начинается добыча. Пловец спускается на дно моря по канату, к которому привязан камень весом около 20 кг, и остается под водой от 50 до 80 сек.; особо опытные мастера своего дела способны пробыть под водой до 6 мин. После 1—2-минутного отдыха пловец снова ныряет. Пловцы обычно работают парами — один ныряет, а другой следит за канатом, вытаскивает сначала камень, потом корзины с раковинами и наконец пловца. Работают они голыми, с одним поясом для прикрепления корзины; обычно имеют еще колья для защиты от акул, которыми изобилуют южные моря. Как правило, пловцы педолговечны.

Выловленные раковины сваливают в бочки или лодки, где их оставляют лежать несколько дней, пока моллюски не погибнут и не начнут разлагаться. После этого жемчуг вымывается водой из раковин и сортируется ситами различного диаметра. Такой хищнический способ добычи отражается чрезвычайно вредно на запасах жемчугоносных моллюсков, так как зря гибнет много индивидуумов. Чтобы избежать истребления моллюсков в раковинах, не содержащих жемчуга, некоторое время применялся метод просвечивания их рентгеновскими лучами. Об успешности применения этого метода, однако, до сих пор нигде не упоминается. Из соображений охраны подрастающего молодняка на жемчужных промыслах, например на Цейлоне, правительством установлены определенные сроки лова. Добыча обычно начинается в первой половине марта и продолжается от 4 до 6 недель, в зависимости от предыдущего лова. Затем промыслы оставляют на 6—7 лет без эксплуатации. Наилучшие жемчужины добываются примерно из раковин четырехлетнего возраста.

Гораздо меньшее значение имеет добыча пресноводных раковин во многих местах Европы, Азии и Америки.

Сбор речного жемчуга производится особыми приемами, иллюстрировать которые можно опытом нашего севера, по рассказам жителей района рр. Умбы и Варзуги на Кольском п-ове (из материалов Мурманского филиала Географо-экономического института Ленинградского университета).

«Лов жемчуга» производится во время так называемой светлой (прозрачной) воды — в промежуток времени после спада весенних вод и до начала дождей, т. е. примерно с середины июня по конец июля или начало августа, в зависимости от погоды. Обыкновенно выезжали артелями в 4—8 чел., на лодках, снабженных продовольствием на 1.5—2 месяца. На мелких местах лов производился бродом, по колено или даже по грудь, сачками или лопатами. Раковины кучами выбрасывались на берег. Если условия позволяли, возводили плотину и брали раковину с осушенного дна реки (так работали здесь и при добыче раковин на перламутр в 1927 г.).

На глубоких местах лов производился с лодок или плотов, установленных по течению на якорях или шестах, через опущенную одним концом в воду берестовую трубу. Раковины брали «щипцом», т. е. шестом с расщепленным концом, на глубине до 4—6 м.

Обычно раковины тут же вскрывались. При добыче же раковин на перламутр, например в 1927 г., их массами вываливали на берег и выдерживали, пока после гибели моллюска они сами не раскроются. Во избежание порчи, раковины должны быть своевременно промыты, высушены и упакованы.

Можно указать, что при добыче раковин на перламутр в 1927 г. (на р. Гридинке около Ковды в Карелии) артель заработала по 250 руб. на человека за две недели; кроме того, около 70 руб. на человека пришлось за попутно добытый жемчуг.

5. МЕТОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ЖЕМЧУГА

Идея искусственного получения жемчуга принадлежит Китаю; в 13 в. китаец Ие-Жин-янг (Ie-Jin-yang), уроженец Хучоу, изобрел этот способ, который практикуется в Китае в окрестностях гор. Тетзинг до настоящего времени. Он состоит в следующем.

Перламутровые раковины (*Cristaria plicata*) вылавливаются обычно поздней весной и вскрываются шпателем. Затем вводятся под мантию моллюска при помощи расщепленной бамбуковой палочки шарики или иные различные мелкие изделия, например изображения Будды и т. п. из кости, дерева или металла (олова, латуни, свинца). Эти предметы в течение нескольких месяцев или даже 2—3 лет остаются в раковинах живых моллюсков, помещаемых в мелкие водоемы. По истечении вышеуказанного срока вложенные предметы извлекаются покрытыми слоем перламутра и поступают в продажу.

В 18 в. стали известны опыты Линнея (Linnée), который вводил посторонние тела в раковины. На том же принципе основано воспроизведение половинного, так называемого японского жемчуга, который выращивается на выпуклом с одной стороны диске из перламутра. Форму полученной жемчужины дополняют до шарообразной, приклеивая с обратной стороны другой перламутровый диск. Такие жемчужины годны только для вставок. Так называемый половинный японский жемчуг имеет широкое распространение, однако, его нельзя сравнить с настоящим жемчугом. Уже давно японцам удавалось получить и почти круглый жемчуг, вводя в раковину перламутровый шарик. Однако, эти жемчужины прирастают к внутренней стороне раковины, и вследствие этого их сферическая форма нарушается. Дефект такой жемчужины искусно маскируется тем, что место прирастания к раковине заклеивается кусочком перламутра. Однако, по этому признаку легко определить японский жемчуг.

Неутомимый японский исследователь Коки-хи Микимото пытался получить настоящие круглые жемчужины. Много опытов было сделано в этом направлении, пока он не достиг своей цели. В 1912 г. ему удалось получить первую круглую жемчужину, не уступающую по блеску, по тону и по форме настоящему драгоценному жемчугу.

Почти одновременно с исследованиями Микимото немецкому зоологу Ф. Альвердес (Alverdes, 1913) удалось получить в 1912 г. жемчуг, образование которого было вызвано искусственным путем. Он впрыскивал внутрь мантии моллюска кусочки эпителия, в результате чего начиналось образование жемчуга. Полученный им жемчуг не имеет практического применения, так как форма его неправильная, но с научной точки зрения получение жемчуга, не содержащего ядра, представляет большой интерес.

Работами в Зоологическом институте Марбургского университета под руководством Е. Коршельта (Korschelt, 1927) выяснено, что образование жемчуга может иметь место и без внешних раздражений. Это происходит в том случае, если желтые тельца, выделяемые моллюском при обмене веществ, обволакиваются эпителием, попадают внутрь мантии и создают таким образом условия для образования жемчужного мешка (Rubbel, 1914).

Способ Микимото состоит в следующем: с живого моллюска осторожно,

чтобы не повредить ткани, сдирают верхний слой его мантии, выделяющий перламутровое вещество. В него заключают маленький тщательно выточенный перламутровый шарик, перевязывают и создают таким образом жемчужный мешок. Затем его вкладывают в мантию другого экземпляра, в котором уже будет образовываться жемчужина. Таким образом, приходится жертвовать половиной выращенных экземпляров, не считая того, что сама по себе сложная и кропотливая операция, требующая большой осторожности и огромного навыка, не всегда удастся. Поэтому первые попытки не имели большого практического значения, так как на полученных жемчужинах, несмотря на продолжительное выращивание, заметно выделялось то место, где эпителий был перевязан.

С 1913 г. предприятие Микимото сильно разрастается: в небольших бухтах Аго и Гокаско, соединяющихся с открытым морем, но защищенных от сильных ветров и морских волнений, создаются большие подводные питомники, где в условиях, позволяющих вести нужные наблюдения, успешно может размножаться большое количество хороших экземпляров моллюсков вида *Meleagrina margaritifera*. Помещая на дне в местах распространения моллюсков каменные глыбы, представляющие удобные места для их прикрепления, и очищая время от времени дно от вредных для моллюсков животных, Микимото создает благоприятные условия для развития жемчужниц. Сбору подлежат лишь молодые раковины: опытные японки, так называемые ама, пыряя остаются под водой до 2—3 минут и собирают их в корзинки. Затем раковины помещают в железные проволочные клетки и погружают в воду. Таким образом, они предохранены от врагов, находятся под постоянным наблюдением и могут быть перемещены в случае неблагоприятных условий. Раковины перекладывают по мере их роста в большие клетки или сокращают их число в данной клетке, и лишь по достижении ими трехлетнего возраста подвергают предложенной Микимото операции.

Раковины с вложенными в них шариками помещаются в количестве 105—140 штук в проволочные клетки, которые после точной регистрации подвешиваются по 60 штук к одному плоту и опускаются в воду; плоты в свою очередь группируются по 12, так что в подобной группе содержится до 70 000 раковин. Дважды в год клетки извлекаются из воды и прочищаются, но в остальное время они находятся под постоянным наблюдением: производится точное изучение планктона, служащего моллюскам для питания, температуры воды и течений. Путем перемещения плотов, погружения клеток в воду или поднятия их животным предоставляются самые благоприятные условия для их жизни и, следовательно, для создания жемчуга.

Раковины остаются в воде в течение семи лет, и лишь по истечении этого срока приступают к извлечению жемчуга.

Жемчуг, полученный в питомниках Микимото, по своему блеску, по тону, по форме настолько хорош, что даже самые опытные знатоки не могут отличить его от естественного или, иначе говоря, с л у ч а й н о возникшего жемчуга. В виду того, что Микимото выдерживает раковины такой долгий срок и вкладывает перламутровое ядро микроскопических размеров, оно покрывается настолько значительным слоем жемчуга, что его присутствие не влияет на качество поверхности выросшей жемчужины. В среднем получается жемчуг от 1.5 до 4 грен, жемчужины большей величины — от 6 до 12 грен — представляют большую редкость. Ранее трех лет прививку производить нельзя, и, принимая во внимание среднюю продолжительность жизни японских моллюсков всего лишь в 11—12 лет, более 7—8 лет выдерживать их в воде не представляется возможным.

В настоящее время в Японии метод Микимото стал применяться и дру-

гими лицами, которые часто значительно сокращают срок выращивания и увеличивают размеры зерна, пытаясь получить жемчуг больших размеров, обесцепивая, однако, этим результат, так как такой жемчуг по качеству значительно уступает жемчугу Микимото и отличается от настоящего.

Перламутровое ядро можно заменить и маленькими жемчужинами, доращиванием которых можно получить прекрасный жемчуг. Хотя его форма не будет столь правильной, как при введении тщательно выточенного шарика.

Уже в 1926 г. промыслы выращивания искусственного жемчуга в Японии сильно разрослись; они насчитывают около 1000 работников и охватывают большой район. Работа ведется в следующих местах: Гокаско-бухта, Хазама-бухта, Хикимото-бухта, Ката-бухта в Ватерой Гун — округ Мияну; Омура-бухта — округ Нагасаки; Напао-бухта — округ Ишикава; Танабе-бухта — округ Вакаяма. Фермы Микимото расположены в следующих пунктах: Гокаско-бухта, Омура-бухта, Аго-бухта, Ишигакияма (о-в Риу-Кю) и на о-ве Палау.

6. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕМЧУГА

Ряд ученых во главе с Л. Бутаном (Boutan, 1925) во Франции, со Шмидтом (Schmidt) в Германии (Бонн) и другими в Америке занимались не только изучением условий образования жемчуга, но и методами его определения. С поверхности оба вида жемчуга, естественно выросшего и искусственно выращенного, одинаковы; все сводится лишь к тому, чтобы выявить в искусственно выращенном жемчуге перламутровое ядро и, главное, определить его величину, влияющую на качество жемчуга. Происхождение жемчуга с несомненностью можно установить при изучении микроскопических шлифов, но, само собой разумеется, этот способ нельзя применять на практике. Вещество жемчуга и перламутра одно и то же: различаются они по расположению слоев — концентрических в жемчуге и параллельных в перламутре. На фиг. 3 приведены прозрачные шлифы, где это различие резко выступает как в простом, так и в параллельно-поляризованном свете. В последнем случае особенно ясно наблюдается картина крестообразного затемнения сферолита с радиальнолучистым расположением кристалликов в естественном жемчуге.

Американский ученый Ф. Райт (Wright, 1923) предложил метод отличия по характеру проникания и отражения лучей от различных слоев, образующих жемчуг. В концентрических слоях жемчуга характер отражения и прохождения лучей не изменяется. В перламутре получается при вращении иризация в зависимости от того, падает ли луч света перпендикулярно или параллельно слоям перламутра. Еще более резко это различие наблюдается в проходящем свете. Но метод Райта далеко не всеми исследователями признан надежным. Для наблюдения этих явлений, а также вообще для исследования жемчуга фирмой Рейхерт (P. Reichert) сооружен специальный бинокулярный микроскоп.

Французский физик Довилье (A. Dauvillier) производил опыты исследования перламутра и жемчугов при помощи монохроматических рентгеновских лучей. Однако, на практике метод Довилье не вполне оправдался: ему было предложено 10 жемчужин неизвестного происхождения, среди которых он своим методом выделил лишь одну естественную, остальные же 9 счел за культивированные. После того как распилили все жемчужины, оказалось, что 4 из этих 9 также были естественными.

Недавно Я. Фос (Jas. Vos) вновь предложил метод просвечивания рентгеновскими лучами для определения жемчуга. Однако, по мнению В. Эрплера (Erpfer, 1934), и этот метод, так же как аналогичные методы, выдвинутые в

самых последних американских работах, не является достаточно надежным.

То же следует сказать и о методе, предложенном Леру (Leroux) в 1930 г. Его способ основан на просвечивании жемчуга ультрафиолетовыми лучами и на получении изображения непосредственно на фотографической пластинке.

Ни определение удельного веса, ни изучение поверхности при сильных увеличениях, ни явления люминесценции при просвечивании дуговой лампой или рентгеновскими лучами не дали желаемых результатов; только магнитный способ, а также способ исследования канала в просверленных жемчужинах позволяют с достоверностью установить наличие ядра в искусственно выращенном жемчуге. Несколько авторов в Германии одновременно в 1925 г. опубликовали свои опыты: Михель и Ридль (Michel u. Riedl), Наккен (R. Nacken) и Егер (Jäger). Предложенный ими метод основан на применении сильного электромагнита: оказывается, что перламутровый шарик в магнитном поле стремится повернуться таким образом, чтобы направление магнитных силовых линий совпадало с направлением слоев перламутра. Подвешивая свободно в магнитном поле жемчужину, наблюдают, вращается ли она и принимает ли определенное положение или же остается неподвижной — в первом случае мы имеем японскую жемчужину с перламутровым ядром, а во втором — естественную.

Иппиш (Ippisch), Ридль и Михель сконструировали специальный прибор — компас, который позволяет простым способом распознавать жемчуг. Чтобы исключить влияние движения воздуха, жемчуг подвешивается в стеклянном колпаке.

Другим надежным и заслуживающим внимания методом является упомянутый выше способ определения характера и размеров ядра в просверленном жемчуге, но это возможно лишь в том случае, если диаметр отверстия не слишком мал. Те же Михель и Ридль собрали специальную аппаратуру для этой цели. Она состоит из следующих частей: 1) бинокулярный микроскоп, 2) аппарат для измерения ядра, ими изобретенный, и 3) сильный источник света. Жемчужина устанавливается так, что направление просверленного канала совпадает с осью микроскопа. Лучи, исходящие от сильной лампы, стоящей сбоку, собираются при помощи линзы в центре жемчужины. В отверстие вводится зеркальце, состоящее или из сплавленного в шарик конца золотой или серебряной проволоки, или из ртути, или из полированной проволоки, срезанной наискось. Вследствие отражения направленного в отверстие луча света, можно исследовать стенки отверстия и не только устанавливать наличие, но и размеры перламутрового зерна и расположение его слоев. Указанный метод требует большого опыта для безошибочного определения искусственно выращенного жемчуга.

Но возникает вопрос: есть ли вообще необходимость особо выделять жемчуг, в сущности тоже настоящий, хотя и искусственно выращенный, если оба практически не отличимы? По мнению Кандля (Kandl), «образование искусственно выращенного жемчуга отличается от естественного только вмешательством человека». Во Франции в настоящее время японский жемчуг признан равноценным естественному, так называемому *perles fines*, но не везде согласны с этим мнением и до сих пор пытаются выработать метод, посредством которого удалось бы с несомненностью установить естественно, иначе говоря, «случайно» выросшие жемчуга.

Цены на искусственно выращенный жемчуг тем не менее сильно упали за последнее время. Если в 1920 и 1921 гг., когда искусственно выращенный жемчуг впервые появился на рынке сбыта, он стоил в два раза дешевле настоящего, то в последние годы его стоимость уменьшилась в 10—20 раз. Причиной падения цен является рост предложения, с одной стороны, и ухудшение качества жемчуга — с другой. Это ухудшение выражается в том, что на относительно крупное ядро наслаивается незначительное количество жемчужного вещества.

7. ТЕХНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЖЕМЧУГА

Техническая обработка жемчуга производится, главным образом, в Париже и в Идаре. Она заключается прежде всего в том, чтобы выявить у жемчужины поверхность хорошего тона и блеска. Свежевыловленная жемчужина должна сначала пройти процесс высушивания. Чтобы сделать ее совсем чистой, в самом простом случае бывает достаточно промыть ее мыльной водой; после этого ее полируют. Прекрасные качества жемчужины обнаруживаются иногда только после искусного удаления верхних тусклых слоев. Жемчужину плохой окраски обрабатывают химическим путем, растворяя красящее вещество конхиолина кислотами или другими химическими реактивами, способными разрушить краситель. Однако, таким способом не только обесцвечивают жемчужину, но и превращают ее часто в хрупкий и мало прочный агрегат.

Кроме реставрации поверхности, техническая обработка жемчуга заключается в сверлении и распиловке. Сверление и распиловка ведутся в особых щипцах-зажимах, исключающих большое давление на жемчужину; сверло работает в горизонтальном направлении для того, чтобы оно не могло увеличивать давления своим весом. Только очень опытный глаз специалиста умеет выбрать точку сверления так, чтобы жемчужина не утратила своей эффектности. Распиловка жемчужины на два полушария является задачей, требующей большого искусства.

Приросшая жемчужина, которая бывает часто неправильной формы и расценивается дешевле, чем свободно лежащая в раковине, осторожно вырезается из раковины; она известна под именем *Perlwarzen* (у немцев) и *blister-pearl* (у англичан).

8. ПОДДЕЛКИ И ИМИТАЦИЯ ЖЕМЧУГА

Существует несколько видов подделки жемчуга.

1. *Bourguignon perles*, «бургиньоны». Этот вид подделки изобретен в 1680 г. в Париже Жакемом (Jaquin) и до сих пор, как самая известная имитация, не потерял своего промышленного значения во Франции. Изготовление жемчуга сводится к следующему: берутся бусы из дутого, тонкого стекла, так называемый гиразоль, которые покрываются изнутри «жемчужной эссенцией», а затем заливаются воском. Выстилающая амальгама готовится из рыбьих чешуек *Alburnus lucidus* из сем. *Cyprinidae*, из которых извлекаются тончайшие, микроскопические, серебристые листочки; они смешиваются с клеем и дают так называемую жемчужную эссенцию. Жемчуг бургиньон настолько славится, что его имитируют малоценными подделками, которые иногда выдаются за настоящие бургиньоны.

2. *Perles au nasre*, или *Antillenperlen*, прежде *Ölperlen*. Этот вид подделки напоминает настоящий жемчуг типа *Perlwarzen*, т. е. приросшего к раковине жемчуга. Он вытачивается из перламутровой раковины морских улиток сем. *Trochidae* (роды *Turbo* и *Trochus*), которые водятся во многих морях и вылавливаются для перламутровых изделий. Несмотря на название, жемчуг ничего общего с Антильскими островами не имеет — он изготавливается во Франции. Величина жемчужины колеблется от 7 до 9 мм, иногда достигает и 15 мм.

3. Третий вид подделки изготавливается из резцов дюгона *Halicore dugong* (млекопитающее животное, которое обитает в Красном море и в Индийском океане). Он представляет собой сплошные, выточенные бусы и напоминает настоящий жемчуг.

4. Так называемый римский жемчуг изготавливается из алебаstra. Его поверхность пропитывается воском и покрывается жемчужной эссенцией. Он довольно непрочен и быстро теряет свой вид.

5. Так называемый *Atlasperlen*. Для этой подделки жемчуга пользовались прежде арагонитом из месторождения Альстон в Кемберленде (Англия).

6. Черный жемчуг имитируется гематитом и касситеритом; высокий удельный вес выдаст эти подделки.

7. Розовый жемчуг имитируется розовым перламутром или розовым кораллом.

8. Имитация из целлюлозы. Имитация, очень похожая на настоящий жемчуг, изготавливается из особой массы; она состоит из целлит-ацетилцеллюлозы, которую растворяют в уксусе или хлороформе; затем туда прибавляют жженую магнезию или мелкий порошок перламутра, или жемчужную эссенцию. Подделки из целлулоида покрываются для блеска алюминиевой пылью.

Этим перечислением не исчерпываются все виды подделок. Часто стараются замаскировать подделку такими названиями, как французский жемчуг, гиразоль-жемчуг, Тесла-жемчуг.

9. ТЕХНИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЖЕМЧУГА

Михель классифицирует жемчуг по величине, форме, цвету и происхождению. Он различает несколько сортов жемчуга в каждом разделе.

I. По величине:

- 1) величиной с орех и более (*Paragonenperlen*);
- 2) величиной с вишню (*Kirschperlen*);
- 3) штучный (*Stück-* или *Zahlperlen*);
- 4) зерновой — меньше 4 грен по весу (*Lot, Saat, Unzenperlen*);
- 5) песочный — еще более мелкий (*Sand, Stofs, Staubperlen*).

II. По форме:

1) совершенно круглый, сферический — так называемый скатный (*Tropfen, Perlaugen*) — считается самым ценным жемчугом. Римляне применяли в период упадка термин «*unio*» для сферического жемчуга;

2) овальный (*Glockenperlen*);

3) грушевидный (*Perlbirnen*);

4) односторонне выпуклый (*Boutonperle*);

5) продолговатый (Америка);

6) полусферический (*Halbperlen, Chicotperlen, Blistperlen, Perlwarzen*), т. е. приспособленный одной стороной к раковине;

7) сросшийся гроздевидный, скученный и мелкий (*Slugperlen*);

8) неправильный, часто усложненной формы, «барокко». Римляне называли жемчуг барокко *margaritum*. В 16 и 17 вв. такие жемчужины причудливой формы вделывались в золото, украшались эмалью. Часто придавали этим украшениям характер гротеск. Ценная коллекция таких исторических жемчужных изделий хранится в Зеленой галлерее в Дрездене, и много прекрасных экземпляров имеется в Эрмитаже в Ленинграде.

III. По цвету и блеску:

1) индийский — нежнорозового цвета с сильным блеском. В большинстве случаев из Персидского залива, также с о-вов Бахрейна и Цейлона. В Бомбее продается розоватый, желтоватый и темный жемчуг, в Мадрасе — чисто белый жемчуг;

2) австралийский — совершенно белый, с серебристым отливом и сильным блеском;

3) панамский «всенеццальский» Ла-Пас-жемчуг — с нежнозолотисто-желтым отблеском;

4) японский (из *Margaritifera martensi*), сходный с цейлопским, имеет зеленоватый отблеск;

5) *Haliotis* (*Abalone*) — жемчуг из улиток *Haliotis*, зеленовато-голубой с сильным блеском;

6) *Placuna*-жемчуг (из *Placuna placenta*) — черный до красно-черного тона, плохого качества. Черный жемчуг высокого качества, отличающийся большой прочностью и имеющий большую рыночную ценность, добывается, главным образом, в Мексиканском заливе;

7) *Pinna*-жемчуг (из *Pinna squamosa*) — красный или желто-красный, матовый;

8) *Pink*-жемчуг (из *Strombus gigas*) — розовый с шелковистым отливом, легко утрачивающимся со временем;

9) *Blue-perlen* — голубовато-серый со свинцовым отливом.

IV. По происхождению:

1) из морских раковин — восточный жемчуг (морской);

2) из пресноводных раковин — речной;

3) *Pink-perlen* и *Conch-perlen* — из улитки *Strombus gigas*, *Cassis madagascarensis* и пр., относящийся к определенному виду моллюсков, как указано в разделе III.

Названия жемчуга по происхождению, т. е. в зависимости от того вида моллюска, в котором данный сорт жемчуга находится, очень разнообразны у ювелиров; немцы насчитывают подобных названий около пятнадцати.

10. РЫНОК

Жемчуг играет крупную роль в торговле драгоценными камнями. Крупный промысел по искусственному выращиванию жемчуга в Японии произвел большое потрясение на мировом рынке: жемчужины средних размеров упали в цене в несколько раз, тогда как цены на крупные жемчужины поднялись. По данным В. Эрплера (Erpler, 1934), главными рынками в Европе по торговле жемчугом являются Лондон и Париж, причем Париж стоит на первом месте по торговле готовыми изделиями из жемчуга. О размерах торговли жемчугом до первой империалистической войны можно судить по следующим цифрам. В 1905 г. на Цейлоне было добыто около 81 млн. жемчужных раковин, а за добытый жемчуг выручено было приблизительно 4 млн. марок. В 1906—1907 гг. в Бомбей было ввезено жемчуга, исключительно персидского и арабского, на 8.5 млн. рупий и вывезено на 5.2 млн. рупий (рупия = 1.5 марки), причем, по всей вероятности, большая часть торговли жемчугом ускользнула от учета. Мексика продавала жемчуга в среднем ежегодно на 0.5 млн. марок. В США в 1905 г. было добыто жемчуга приблизительно на 2 млн. марок.

С того времени положение изменилось. Точных официальных данных о добыче жемчуга не имеется. Г. Ф. Кунц оценивает добычу жемчуга в Персидском заливе, который, по его мнению, дает 85% мировой добычи жемчуга, в 1927 г. приблизительно в 60 млн. марок, в 1928 г. — в 50 млн. марок, а в 1929 — в 45 млн. марок. На побережье Индии (Мадрас, Калькутта, Цейлон) добыча жемчуга значительно упала и в эти же годы составляла около 2 млн. марок. В Австралии в 1928 г. было выловлено жемчуга примерно на 337 тыс. марок. В Центральной Америке и некоторых островах Тихого океана на 1 млн. марок.

Некоторое представление о динамике сбыта жемчуга и его удельном весе по сравнению с драгоценными камнями можно себе составить из следующих данных о ввозе в США (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1

Ввоз в США драгоценных камней и жемчуга (в тыс. долл.)

	1912 г.	1929 г.	1932 г.	1933 г.	1934 г.	1935 г.	1936 г.	1937 г.
Драгоценные камни	42 553	79 650	12 761	13 752	17 909	27 590	38 113	50 448
Жемчуг	5 139	10 389	622	776	477	652	744	1 105

Стоимость жемчуга зависит не только от веса, но и от многих иных свойств: величины, формы, качества поверхности, цвета, блеска. В ювелирной практике принято определять стоимость жемчуга умножением некоторого коэффициента (например 5) на квадрат веса жемчуга в гренах. Например, жемчужина в 6 грен стоит 180 марок из расчета ($5 \times 6^2 = 180$). При покупке целой партии, даже при одном и том же принятом коэффициенте, стоимость ее повышается, если в нее попадают несколько крупных жемчужин и, наоборот, понижается, если в нее входят несколько очень маленьких жемчужин.

Например, партия из 12 жемчужин общим весом 24 грена, состоящая из жемчужин трех сортов при коэффициенте 6, как показывает приводимый ниже расчет, будет стоить 336 марок:

$$\begin{array}{lcl}
 \text{I сорт } 4 \text{ шт. по } 3 \text{ грены} & = & 12 \text{ г } 4 \times 6 \times 3^2 = 216 \text{ мар.} \\
 \text{II } \text{ » } 4 \text{ » по } 2 \text{ »} & = & 8 \text{ » } 4 \times 6 \times 2^2 = 96 \text{ »} \\
 \text{III } \text{ » } 4 \text{ » } 1 \text{ »} & = & 4 \text{ » } 4 \times 6 \times 1^2 = 24 \text{ »} \\
 \hline
 & & 24 \text{ г } \qquad \qquad 336 \text{ мар.}
 \end{array}$$

Если же взяты 12 жемчужин по 2 грена каждая, то при том же коэффициенте вся партия в 24 грена будет стоить $12 \times 6 \times 2^2 = 288$ мар., т. е. на 48 мар. дешевле.

Цены на жемчуг в общем очень возросли с 1912 г. Цена для последнего сорта исчисляется по коэффициенту 2—5, для жемчуга среднего качества — по коэффициенту 8—15 и для высшего — по коэффициенту 20—40. Все это касается однородного жемчуга правильной формы. Барокко и Flügelreihen стоят много дешевле. За основу расчета в просверленных жемчужинах берется вес непросверленной жемчужины (постановление международной конференции в Гааге, 1929), при этом потерю в весе при сверлении принимают в 6.25%.

Экономическое значение распространения жемчуга в России было в прошлом довольно большим, так как жемчуг в значительном количестве шел на роскошные одежды бояр, на вышивки церковных риз и т. п. В 1721 г. Петр Первый издал указ о рационализации жемчужного промысла. Правительство Елизаветы тоже проявляло интерес к добыче жемчуга. Екатерина II установила государственный контроль над ловлей жемчуга. Тем не менее добыча велась чрезвычайно хищнически, что привело к истощению запасов жемчугоносных раковин. Заблачивание рек и засорение русла лесосплавом способствовали вымиранию моллюсков. Русский жемчужный промысел заглох еще в 70-х годах прошлого века.

В 1925 г. в реках Терского берега на Кольском п-ове добыто жемчуга на сумму 10 тыс. руб. В 1930 г. сумма добычи жемчуга в Карелии достигает 40 тыс. руб. В последние годы возникает мысль об охране жемчугоносных

ракушек. В 1930 г. в Карелии выделено несколько рек под жемчужные заповедники и запрещена ловля молодых раковин, не достигших величины 10 см. Продлан эксперимент с подсадкой раковин на р. Казанкс: в 1929 г. было посажено 600 ракушек и в 1930 г. — 8000 ракушек.

Имеются сведения, что летом 1939 г. в Карелии на р. Керсть добыто 6800 жемчужин и что в ближайшие годы предполагается организовать лов жемчуга в рр. Пяльме и Челмухе с использованием раковин на перламутр.

Хотя добыча жемчуга в СССР в настоящее время очень незначительна, но интерес к жемчужному промыслу возрастает.

Поступило 20 . IX . 1939 г.

Е. В. Цинзерлинг

ЛИТЕРАТУРА

- А. Ж. О промышленном жемчуге в Мурманском крае. Кар.-Мурм. край, 1925, № 34.
 А л о п е у с С. Краткое описание мраморных и других ломов Росс. Карелии. СПб. 1787, 74—76.
 А л ь б е р т Г. Н. Перламутр и жемчуг в Карело-Мурманском крае. Кар.-Мурм. край, 1930, № 6, 14.
 Архангельский жемчуг. Сев. пчела, 1834, 1218.
 Архив Горн. департамента, 3 отд., 1-й стол, архив № 18, 1823 (Жемчуг Архангельска).
 Архивные выдержки из постановлений XVIII в. Жемчуг в России. См. Столпянский. Самоцветные камни и драгоценности в обиходе старого Петербурга (1703—1825), в рукописи.
 Б о н ш т е д т Э. М. Японский жемчуг. Природа, 1926, № 5—6.
 В е р е щ а г и н Г. К вопросу о жемчужном промысле в Карело-Мурманском крае. Кар.-Мурм. край, 1929, № 2, 2; 1930, № 6, 14.
 Гаевский П. Северный жемчуг. Кар.-Мурм. край, 1926, № 5—8.
 Гершанович П. Жемчужный промысел в Карелии. Вестн. Мурм., 1923, № 28. Горн. журн., 1836, ч. 3, 446 (Онежский уезд).
 Евдокимов А. Жемчужный промысел. Нов. север, 1937, № 1, 98. Жемчуг в Боровицком уезде и других местах Европейской России. Горн. журн., 1858, № 3, 574.
 К а з а н с к и й. Жемчужные раковины и жемчуг. Вестн. рыбопр., 1891.
 М. И. П. Русский жемчуг и его промысел. Новое время, 1898, 28 июня.
 Н. П. М. Жемчуг в Черном море. Зап. Крым. горн. клуба, 1898, № 7—8, 17—18. Петербургские ведомости, 1872, 17 ноября (Олонецкой губ.).
 П е т р о в. О жемчуге. Технол. журн., 1813, 10, ч. 3, 72.
 Приложение к материалам по геологии и полезным ископаемым. Д. Восток, 1926, № 46, 105.
 П ы л ь е в. Драгоценные камни. 1896, 231—245, 207, 296, 334, 336.
 Ф е л ь к е р з а м. Коралл и его применение в искусстве. Старые годы. 1914, 20 февраля.
 Ф е р с м а н А. Е. К истории русского жемчуга. Природа, 1916, № 7—8, 941.
 — Драгоценные и цветные камни СССР, т. 2. Лг. Моногр. Ком. по изуч. ест. произв. сил Акад. Наук, № 3, 1925, § 29.
 — Драгоценные и цветные камни. Сб. Нерудные ископаемые. т. 1. Лг. Изд. Ком. по изуч. ест. произв. сил Акад. Наук, 1926, 379.
 Ш т у к е н б е р г. Журн. мин. нар. просв., 1849, 62, отд. 7, 56.

- A l t n ö d e r K. Beobachtungen über die Biologie von *Margaritana margaritifera* und über die Ökologie ihres Wohnortes. Arch. Hydrobiol., 1926, № 3.
 A l v e r d e s F. Über Perlen und Perlenbildung. Zs. Wiss. Zool., 1913.
 B a u e r M. Edelsteinkunde. Leipzig, 1909, 715.
 B e c k - L e H. J. Pearl fishery in the Gulf of Manar. Asiat. res., 1798, 393.
 B o u t a n L. La perle. Paris, 1925, 420.
 C a r l S. Die Flussperlmuschel und ihre Perlen. Verh. Nat.-wiss. Ver., Karlsruhe, 1914, 22.
 C a l i b o u r g h A. et R y z i g e r F. Le Grand Négoce. 1922.
 C l e m e n t s R. The Tinnevely pearl fishery. Journ. Soc. Arts, 1867, 256.
 D a l l W. H. Pearls and Pearl fisheries. Amer. Natural., 1883, 17.
 D r o u e t H. *Unionidae* de la Russie et d'Europe. Paris, 1881.
 E p p l e r W. F. Edelsteine und Schmucksteine. 1934, 110.

- Eppler W. F., Lehmann W. M. u. Rose H. Dtsch. Goldschm., 1925, № 16.
 Garbe R. Die indischen Mineralnamen u. s. w. Leipzig, 1882.
 Hague F. On the natural and artificial production of pearls in China. Journ. Roy. Asiat. Soc., 1856, 16.
 Herdman a. Harnell. Rep. Ceylon pearl fisheries. Roy. Soc. London, 1903.
 Hessling Die Perlmuscheln und ihre Perlen. Leipzig, 1859.
 Johnson. Über die natürlichen Perlentierarten. Mitt. Reichsverbandes dtsch. Juweliere, Gold- u. Silberschmiede, 1929.
 Korschelt E. Perlen und Perlenbildung. Handwörterbuch d. Nat. wiss. Jena, 1912, 7.
 — Regeneration und Transplantation. 1927.
 Kraus E. a. Holden E. Gems and gem materials. N. Y., 1925, 183.
 Kunz C. F. a. Stevenson Ch. The book of the Pearl. N. Y., 1908.
 Lyster Jameson H. On the identity and distribution of mother of pearl Oyster. Proc. Zool. Soc., 1901, Pt. 1, 372—394.
 Lyster Jameson H. Formation of pearls. Proc. Zool. Soc., 1902, Pt. 1.
 Macgowan D. T. pearls a. Pearl-making in China. Journ. Soc. Arts, 1854, 15, 72.
 Meissner. Die Perlmuschel in Oberfranken, Bayreuth, 1914.
 Michel H. 1. Die künstlichen Edelsteine. Leipzig, 1926, 428.
 — 2. Bezeichnung von Perlarten. Dtsch. Goldschm., 1926, № 27, 276.
 Michel H. u. Riedl R. Dtsch. Goldschm. Ztg., 1925, H. 44, 46.
 Middendorf A. Beiträge zur Kenntniss des Russischen Reichs, 1845, B. 2, 193, 183.
 Möbius K. Die echten Perlen. Hamburg, 1857.
 Parkert O. W. Die Perle und ihre künstliche Erzeugung. Nauhof bei Leipzig, 1925.
 Rubbel A. Beobachtungen über das Wachstum von *Margaritana margaritifera* Zool., Anz., 1914, 41.
 Weber O. Pariser Perlen. Dtsch. Goldschm. Ztg., 1926, № 25, 256.
 Wright F. E. Journ. Washingt. Acad. Sci., 1923, 13.

См. также литературу к ст. «Драгоценные, полудрагоценные и поделочные камни».

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Абразивная способность граната 51, 52, 56, 64
 Авантюрин 406, 414, 437, 460, 473, 498, 499
 Агальматолит 406, 451, 472, 504, 505, 537, 539, 540
 Агат 406, 414, 418, 420, 427, 440, 450, 460, 464, 466, 467, 473
 Адуляр 413, 414, 418, 504, 505
 Азурит 408, 409, 466, 467, 486, 487
 Аквамарин 406, 412, 413, 426, 432, 435, 438, 441—443, 466, 467, 473, 488
 Аксинит 486, 487
 Актинолит 439
 Алебастр 406
 Александрит 406, 408, 466—468, 473, 516, 517
 Аллохроит 40, 74
 Алмаз 406, 407, 416, 417, 420, 426, 434, 438, 455, 456, 463, 466—469, 471—473, 486, 487
 Алунит 294, 295, 537—540
 Альбит 93, 107, 124, 301, 302, 407, 506, 507, 534, 535
 Альмандин 35, 37—42, 45, 47, 49, 51, 52, 55, 56, 58, 60, 61, 74, 75, 80, 85, 86, 406, 407, 414, 420, 422, 424, 426, 432, 449, 468, 494, 495
 Амазонит 406, 412, 413, 417, 419, 438, 466, 467, 473, 506, 507
 Аметист 9, 17, 406, 409, 413, 414, 420, 426, 427, 435, 464, 468, 469, 472, 473, 498, 499
 Амфибол 55, 114, 301, 539
 Анатаз 15, 414
 Ангидрит 312, 322, 406, 451, 486, 487
 Андалузит 97, 293, 295, 406, 409, 414, 426, 431, 486, 487, 530, 531, 533—535, 537—543
 Андрадит 34, 37, 38, 41, 45, 59, 60, 74, 75, 466, 467
 Аноксит 537
 Анортит 302
 Анортотлаз 93
 Антраксолиты 157
 Антрацит 189, 213, 214
 — графитистый 156, 189
 Апатит 15, 49, 93, 114, 115, 120, 123, 129, 166, 201, 301, 414, 415, 488, 489, 530, 531, 536
 Аплом 40, 74
 Арагонит 488, 489
 Арсенопирит 295
 Асбест 188
 Аутелит 537
 Афроида 157
 Ахроит 512, 513
 Баллас 486, 487
 Барит 537, 539
 Батолит 102, 103, 115, 129
 Белоречит 406, 446, 461, 464
 Бенитоит 406, 409, 472, 488, 489
 Берилл 21, 406, 407, 409, 412—415, 417, 418, 420, 426, 428, 429, 431, 432, 434, 435, 438, 441—443, 446, 449, 451, 466, 467, 469, 473, 488, 489, 530, 532
 Бериллонит 490, 491
 Биотит 41, 45, 49, 55, 58, 93, 97, 106, 107, 110, 115, 117, 119, 120, 123, 125, 129, 179, 181, 201, 301, 530, 534—536, 539
 Вирюза 406, 408, 409, 421, 456, 468, 469, 471, 472, 473, 490, 491
 Благородная шпинель 406
 Благородный опал 428
 Бовенит-жад 553
 Богемский гранат 40
 Богхед 448
 Боксит 290, 296
 Борт 486, 487
 Бразильский изумруд 512, 513
 — хризолит 512, 513
 Бронзит 412
 Брусит 490, 491
 Варисцит 406
 Везувиан 41, 406, 408, 409, 414, 468, 469, 490, 491
 Везувиан-жад 553
 Венская известь 377
 Вердит 417
 Водопийцы 97
 Волластонит 41, 43
 Воробьевит 413, 418, 431, 434, 443, 490, 491
 Восточный аметист 420, 500, 501
 — изумруд 420, 500, 501
 — топаз 420, 500, 501
 Выветривание гранита 95—97
 Высокодисперсные тела 157, 158
 Гагат 406, 450
 Галит 312, 490, 491
 Галлуазит 291, 292
 Гальванические элементы 220, 221
 Гаюин 492, 493
 Гедрит 55

Гелиотроп 406, 449, 514, 515
 Гематит 43, 290, 295—297, 406, 426, 468, 492, 493, 530, 531, 537, 541
 Генезис гранитов 98—101
 — джюмортьерита 530—532
 — жадеита 547
 — самоцветов 411, 412
 Гессонит 40, 74, 406—408, 414, 420, 434, 466, 467, 494, 495
 Гиацинт 423, 438
 Гиббсит 292, 296
 Гидденит 406, 469, 472, 508, 509
 Гидрогематит 538
 Гиперстен 45, 117, 409, 412, 468, 492, 493
 Гипс 312, 322, 406, 492, 493
 Главколит 406, 447
 Глины 43
 Гнейс 1—8
 Горная кожа 313
 — пробка 313
 Горнбленд-жад 553
 Горный хрусталь 9—33, 406, 412—414, 419, 420, 426, 428, 432, 435, 446, 447, 449, 450, 464, 469, 473, 498, 499
 — — оптические свойства 13
 Горючесть графита 161, 162
 Гравирование 459
 Гранат 34—92, 93, 97, 117, 119, 166, 181, 198, 412, 413, 415, 419—422, 427, 428, 432, 434, 435, 443, 449, 492, 493, 530
 — абразивный 43—47, 48—61, 75, 76, 81—85
 — жад 553
 — ювелирный 47, 61, 62, 65, 74, 75, 80, 85—88
 — генетические типы 40—43
 Гранатовая пудра 57, 74, 78, 80, 83
 — руда 66—72, 76, 77
 — «сыпь» 77, 78
 Гранатовые круги 57, 74, 81
 — шкурки 57, 70, 73, 79, 80
 Гранатовый концентрат 66—70, 77—79, 83
 Гранит 93—151
 Гранулометрический состав дефибрерных камней 275, 276
 Графит 41, 152—250, 406, 494, 495, 530
 — аморфный 156, 171
 — ачесоновский 163
 — генезис 165, 166
 — доменный 163, 165
 — измельчение 206—208
 — искусственный 163, 164
 — литейный 218
 — плотнокристаллический 153, 156
 — оптические свойства 153, 160
 — ретортный 157
 — скрытокристаллический 156, 171, 188—190, 194, 195, 202—204, 206, 216—218
 — сорта 231—233
 — чешуйчатый 156
 — явнокристаллический 171, 187, 202, 203, 204, 206
 Графитовые тигли 215, 218
 Гроссуляр 34, 35, 37, 38, 41, 42, 49, 51, 58, 74, 80, 414, 417, 468, 469, 553
 Грубодисперсные тела 153—157
 Грязелечебницы 267, 268
 Грязи озерные 251—269

Данбурит 406
 Датолит 406
 Дафнит 290
 Двойники горного хрусталя 11, 12
 Демантоид 38, 40, 61, 74, 80, 87, 406, 407, 414, 436, 437, 466, 467, 473, 494, 495
 Дермоиды 157
 Дефибрерные машины 283—286
 Дефибрерный камень 270—289
 — минерал. состав 273—275, 281
 Дефибреры 283—286
 Джеллетит 74
 Диаспор 290—300, 537—541
 Диаспорит 290
 Дикит 537
 Диопсид 41, 181, 406, 408, 418, 496, 497
 Диоптаз 408, 468, 496, 497
 Диорит 301—305
 Дисперсия дефибрерных камней 275
 — джюмортьерита 530
 — самоцветов 407, 408
 Дистен 49, 54, 55, 56, 58, 70
 Дихроит 422
 Дихроскоп 465
 Добыча гнейса 7, 8
 — горного хрусталя 30—32
 — граната за границей 81—86
 — графитовой руды 237
 — дефибрерного камня 282, 283, 287
 — доломита 394—400
 — джюмортьерита 542, 543
 — жадеита 554
 — — в Бирме 552
 — жемчуга 563, 564
 — лечебной грязи 265—267
 — самоцветов 452—454, 469, 470
 Доломит 306—403
 Доломитовая мука 312, 316
 — фация 323
 Доломитовые заводы 397—400
 — карьеры 397, 399
 — предприятия 398—400
 Доломиты металлургические 383—386
 — технический анализ 372
 Драгоценные камни 74, 75, 404—527
 Дравит 512, 513
 Дублеты 460
 Дымчатый кварц 9—33, 119, 406, 409, 413, 414, 429, 432, 435, 442, 443, 446, 473, 498, 499
 Джюмортьерит 528—544
 Жад 417, 469, 546, 553
 Жадеит 406, 408, 469—472, 496, 497
 — на Китайском рынке 552, 553
 Жадеитит 545
 — альбитовый 546
 — амфиболовый 545, 546
 — жадеитовый 545
 — нефелиновый 546
 Жадеитовая порода 545
 Жадеитовый пироксенит 545
 — эклогит 545
 Жемчуг 406, 451, 472, 496, 497, 557—573
 Запасы граната 51, 52, 56, 58—60
 — гранита 106—108, 110, 111, 114, 116, 117, 122, 123, 127, 128, 130, 134

- Запасы графита 175—181, 184—190, 192, 194, 195, 202—204
 — доломита 328—330, 333, 336, 338, 340, 341, 347, 349, 350, 351, 353—355, 359, 362—364, 367, 368, 371
 — дюмортьерита 540
 — иловых отложений в СССР 267, 268
 Звездчатый корунд 500, 501
 Змеевик 406, 414, 449
 Золи графитов 157, 158
 Золото 406, 427
- Идентификация самоцветов** 464, 465
 Изумруд 74, 406—408, 413, 417, 424, 426, 435, 463, 469—473, 488, 489
 Ийолит 420
 Иловые отложения пресных водоемов 252, 253
 — — соляных водоемов 252
 Илообразование 254, 255
 Ильменит 123, 409, 530, 531, 537
 Имитация жемчуга 568, 569
 — самоцветов 460, 461
 Импорт графита 229, 230, 232, 236
 — графитовых изделий 236
 — дефибрерного камня 287, 288
 — доломита 393
 Индиголит 512, 513
 Исландский шпат 496
 Испытание гранатовых изделий 64, 65
 — огнестойкости гранита 136, 137
 — пьезоэлектрических свойств горного хрусталя 24
 Исследования оптических свойств самоцветов 465, 468
- Калифорнит** 490, 491, 553
Кальдерит 40
Кальцит 15, 41, 166, 194, 311, 313, 378, 496, 497, 539
Каменная соль 312, 322, 406
Канкринит 166
Каолинит 293—295, 530, 537—539
Капский рубин 417, 469
Карбонадо 158, 486, 487
Карбункул 40, 74, 75
Карнеол 420
Касситерит 406, 426, 531, 536, 468, 496, 497
Кахолонг 504, 505
Качественная оценка металлургических доломитов 373, 374
Кварц 15, 20, 41, 43, 45, 47, 49, 51, 54, 55, 58, 93, 95, 106, 107, 110, 114, 115, 117, 120, 123—125, 129, 179, 188, 201, 293—295, 302, 407, 414, 415, 417, 419, 420, 426—428, 432, 437, 439, 446, 466, 467, 498, 499, 530, 533—535, 537—539
Кварцевые пластинки 26—28
Кварцевый клин 25
 — окуляр Бертрапа 25
Кварцит 406, 460, 463
Кианит 41, 47, 49, 406, 409, 414, 420, 428, 438, 466, 467, 498, 499, 530, 531, 536
Классификация графитовых тел 153
 — дефибрерных камней 277
 — доломитов 314
- Классификация жадеита** 552, 553
 — жемчуга 569, 570
 — самоцветов Ферсмана — Болла 406
Клинохлор 179
Клиноцоизит 110
Коксы 157
«Коктпкюль» 74
Коллекторные щетки 220
Коллоидные графитовые продукты 222, 223
Колофонит 40, 74
Колумбит 426
Колыбташ 451
Компенсатор Бабинэ 25
Коралл 406, 500, 501
Кордиерит 93, 97, 406, 409, 413, 420, 422, 431, 432, 434, 468, 500, 501, 530, 531
Корунд 293, 297, 407, 409, 413, 420, 427, 434, 438, 455, 461, 462, 466, 467, 500, 501, 530, 536—540
Кошачий глаз 420, 456, 472, 498, 499, 516, 517
Краски 223
Кристаллическая решетка графита 152, 153
 — форма самоцветов 406
Кристаллозоли 158
Кровавик 492, 493
Ксенотим 530
Ксерозоли 158
Ксеросуспензии 158
Кунцит 406, 418, 428, 472, 508, 509
- Лабрадор** 45, 406, 448, 449
Лазулит 406, 409, 420, 500, 501, 536, 537
Лазурит 414, 421, 447, 448, 456, 460, 466, 467, 472, 473, 502, 503
Лейкоксен 531, 534
Лепидолит 93, 408, 413, 429, 431, 432, 434
Лечебные грязи 256—260, 265—268
Лимонит 295, 534, 537, 541
Лиозоли 158
Лиосуспензии графита 158
Лунный камень 406, 413, 456
Люминесценция драгоценных камней 466—468
Ляпис-лазурь 406, 422
- Магнетит** 41, 49, 93, 115, 124, 129, 301, 530, 531, 534—536
Магнитное обогащение графитовой руды 210, 211
Малахит 406, 408, 409, 414, 417, 436, 437, 456, 468, 472, 473, 502, 503
Марказит 502, 403
Меланит 40, 41, 74, 80
Местонахождения морского жемчуга 560, 561
 — речного жемчуга 561, 563
Месторождения горного хрусталя в СССР 19—22
 — — — за границей 14—19
 — граната в СССР 48—62
 — — за границей 43—48
 — гранита в СССР 105—134
 — — за границей 103—105
 — графита в СССР 171—202

- Месторождения графита за границей 167—171
 — дефибренного камня в СССР 272, 273
 — — за границей 271, 273
 — диаспора в СССР 293—296
 — — за границей 291—293
 — диорита в СССР 303
 — — за границей 303
 — доломита в СССР 323—371
 — дымчатого кварца в СССР 19—22
 — — за границей 14—19
 — дюротьерита в СССР 537—541
 — — за границей 532—536
 — жадеита в СССР 552
 — — за границей 549—552
 — самоцветов в СССР 428—441
 — — за границей 416—428
 Методика изучения горного хрусталя 22—24
 — — дефибренного камня 281, 282
 — — дюротьерита 541, 542
 Методы добычи граната 65, 66
 — — графита 204—206
 — — изучения граната 62—65
 — — гранита 134—137
 — — доломитов 371—374
 — — самоцветов 463—469
 — искусственного выращивания жемчуга 564—566
 — испытания гранита 136, 137
 — — графита 223—225
 — — жадеита 553
 — лабораторного исследования доломитов 372, 373
 — — — жемчуга 566, 567
 — обогащения граната 66—72
 — — графита 206—213
 — разведок граната 62
 — распознавания доломитов в поле 371, 372
 Механическая обработка гранита 137, 138
 — прочность дефибренных камней 279—282
 Механические свойства гнейсов 3, 6, 7
 — — графита 160
 Микроклин 93, 106, 107, 114, 119, 120, 123, 125, 301, 437, 504, 505, 530
 Микроклин-пертит 119
 Микропертит 124
 Микроструктуры доломита 315, 316
 Минеральные графито-угли 156, 157
 Минутники 56
 Монацит 21, 530
 Морганит 418, 490, 491
 Морион 9, 18, 20—22, 498, 499
 Морская пенка 406, 414
 Мрамор 406
 Мраморный оникс 406
 Муллит 297
 Мусковит 41, 49, 93, 97, 106, 115, 124, 125, 201, 295, 530, 531, 535—537, 541
 Нефелин 545
 Нефрит 406, 408, 414, 421, 427, 447, 468, 469, 471—473, 502, 503, 545
 Номенклатура драгоценных камней 468, 469
 Обжиг доломита 378—383
 Обогащение дюротьерита 542, 543
 Обработка гранита 137, 138, 144
 — дефибренного камня 282, 283
 — жадеита 554
 — жемчуга 568
 — поделочного камня 457—459
 — самоцветов 454—459
 — — кабошоном 456
 Обсидиан 406, 473
 Огранка камней 457
 Окаменелое дерево 504, 505
 Окраска самоцветов 408—410
 Окрашивание самоцветов 460, 461
 Оливин 181, 407, 409, 412, 502, 503
 Олигоклаз 93, 106, 107, 114, 123, 129, 506, 507
 Омфацит 114
 Оникс 427, 516, 517
 Опал 295, 406, 427, 456, 469, 472, 473, 502, 503
 Определение влажности графита 223
 — зольности графита 223
 — летучих в графите 224
 — окиси железа в графите 224, 225
 — пористости доломитов 373
 — серы в графите 225
 — температуры спекания доломитов 373
 — удельного веса самоцветов 464
 — усадки доломитов 373
 — устойчивости доломитов на гашение 373
 Ориентировка горного хрусталя 28, 29
 Орлец 406
 Ортит 301
 Ортоклаз 45, 93, 117, 125, 128, 301, 302, 418, 504, 505, 530
 Отбор средних проб граната 62
 Пальгорскит 313
 Парагонит 538
 Пектолит-жад 553
 Переработка гнейса 7, 8
 Перидот 412
 Перламутр 496, 497
 Пескоструйные аппараты 74, 83
 Печь Ачесона 212
 Пинит 530
 Пирит 41, 93, 194, 210, 301, 406, 421, 468, 504, 505, 531, 534, 535, 537, 538, 539, 541
 Пироксен 93, 301
 Пироп 35, 37, 40, 41, 47, 51, 58, 65, 74, 75, 80, 85, 406—408, 412, 426, 428, 468, 472, 494, 495
 Пирофиллит 293—295, 504, 505, 530, 531, 536—539
 Письменный гранит 406, 413, 434, 453, 438
 Плаггиоклаз 55, 93, 95, 110, 115, 119, 120, 123—125, 201, 301, 506, 507, 530, 545
 Плазма 406, 419, 514, 515
 Плеонаст 412
 Плеохроизм дюротьерита 530
 — самоцветов 409
 Плотность горного хрусталя 12
 — графита 158
 Подделки жемчуга 568, 569
 Поделочные камни 404—527
 Подпятники 75
 Полевой шпат 45, 47, 54, 93, 95, 115, 129, 415, 429, 504, 505, 530

- Полировка горного хрусталя 30
 Полихроит 512, 513
 Полосчатый агат 516, 517
 Полудрагоценные камни 404—527
 Полуобжиг доломита 378
 Полуопал 406, 504, 505
 Получение окиси магния из доломита 390
 Пористость дефибренных камней 277, 278, 281
 — доломита 315
 Порфир 406
 Празем 406, 419
 Пренит 406, 506, 507
 Призматин 530
 Применение гнейсов 5—7
 — горного хрусталя 24—28
 — — — в гранильно-ювелирном деле 28
 — — — в радиотехнике 26—28
 — — — в точной механике 24, 25
 — граната 70—75
 — графита 213—223
 — — в металлургии 215—218
 — — в электротехнике 218—221
 — дефибренного камня 283—286
 — диаспорита 297, 298
 — диорита 304, 305
 — доломита 374—378
 — в качестве наполнителя для ас-
 фальта 377
 — — — для красок и лаков 377
 — — — в керамике 377
 — — — в производстве кожевенном 377
 — — — — стекольном 377
 — — — — фунгисидов 377
 — — в промышленности абразивной 377
 — — — — металлургической 374, 375
 — — — — резиновой 377
 — — — — строительных материалов
 376, 377
 — — — — химической 377
 — — в сельском хозяйстве 378
 — — для нейтрализации сернокислых
 сточных вод 377
 — — — получения металлического маг-
 ния 378
 — — при выплавке чугуна 375, 376
 — — — — получении меловой бумаги 377
 — — среди термоизоляционных мате-
 риалов 377
 — дюрмьерита 542
 — жадеита 553
 Производство абразивных материалов 80,
 81
 — доломитового кирпича 383, 384
 — изделий из граната 80, 81
 — карандашное 222
 — каустического доломита 378
 — совелита 388—390
 — углекислой магниевой соли из доло-
 мита по способу Морица 387, 388
 — — — — по способу Патинсона 387,
 388
 Происхождение доломитов 317—323
 Прокаливание самоцветов, 461
 Промышленность гранатовая 81, 88
 — гранитная в СССР 142—145
 — — за границей 138—141
 — графитовая в СССР 234—244
 — — — — за первую пятилетку 237, 238
 — — — — за вторую пятилетку 238, 239
 Промышленность графитовая за грани-
 цей 225—234
 — дефибренная в СССР 288
 — — за границей 286—288
 — доломитовая в СССР 394—400
 — — за границей 391—394
 — самоцветов в СССР 474—477
 — — за границей 469—474
 Псаммоиды 157
 Пьезоэлектрические свойства горного
 хрусталя 24, 26
 Распиловка горного хрусталя 29
 Растворимость графита 162
 Ратовкит 312, 514, 515
 Резка горного хрусталя 29
 Рентгенографическое изучение доломитов
 307—310
 Роговая обманка 43, 45, 55, 93, 110, 124,
 301
 Родицит 434
 Родолит 40, 45, 75
 Родонит 406, 408, 463, 466, 467, 473, 506,
 507
 Розовый кварц 406
 Романзовит 40, 74
 Рубеллит 418, 422, 434, 512, 513
 Рубин 75, 406, 408, 421, 424, 432, 469,
 470, 471, 473, 500, 501
 Рудоразборка графитовой руды 206
 Рутил 15, 41, 49, 119, 201, 295, 406, 428,
 468, 506, 507, 530, 531, 534, 535, 537,
 539, 541
 Ручная распиловка гранита 137
 Рынок графита 233, 234
 — жадеита 554, 555
 — жемчуга 570, 571
 — самоцветов 471, 472
 Сажи 157
 Самоцветов оптические свойства 407—410
 Сапфир 75, 406, 408, 409, 420, 421, 423,
 424, 426—428, 432, 456, 464, 470, 471,
 473, 500, 501
 Сапфирин 419, 508, 509, 514, 515
 Сардер 514, 515
 Сардоникс 427, 516, 517
 Светофильтры 465, 468
 Свойства дефибренных камней 273—280
 — диаспора 296—298
 — диорита 304
 — драгоценных, полудрагоценных и по-
 делочных камней 486—519
 Селенит 406, 492, 493
 Сепиолит 508, 509
 Сердолик 406, 427, 449, 466, 467, 514,
 515
 Сердоликовый оникс 516, 517
 Серицит 110, 294, 295, 530, 533—541
 Серпентин 181, 406, 469, 508, 509
 Серпентин-жад 553
 Сиберит 512, 513
 Сидерит 312
 Силлиманит 41, 49, 530, 531, 536
 Синнамон 74
 Синтез драгоценных камней 461—463
 Ситовый анализ 223
 Скаполит 43, 166, 406

- Складгит 40
 Слюда 43, 47, 120, 415
 Смарагдит 469, 553
 Смитсонит 406, 508, 509
 Соевелит 377, 379, 388—390
 Содалит 166, 406, 508, 509
 Соколиный глаз 417
 Сокцинит 74
 Солнечный камень 406
 Соссюрит 110
 Спессартин 35, 37, 39, 41, 47, 51, 74, 408, 418, 438
 Сподумен 406, 407, 409, 412, 413, 418, 420, 428, 508, 509
 Ставролит 49, 406, 407, 409, 414, 468, 510, 511
 Стеатит 406, 510, 511
 Структура гранита 94
 — дефибрерного камня 275, 276, 281
 — диаспора 290, 291
 — доломита 314—317
 Суспензии графитов 157, 158
 Сфен 93, 123, 406, 407, 409, 412, 466, 467, 510, 511

 Тальк 188, 414, 510, 511
 Тацинит 74
 Твердость горного хрусталя 13
 — дефибрерных камней 278, 279, 281
 — диаспора 290
 — доломита 313
 — дюрмюртерита 529
 — жадеита 547
 — жемчуга 557
 — самоцветов 410, 464
 Тенстуры доломитов 316
 Теплота горения графита 161
 Термические свойства графита 160, 161
 Термическое рафинирование графитов 211—214
 Техника гранильных работ 456, 457
 — камнерезных работ 456, 457
 Техническая база графитовой промышленности СССР 239—243
 Технические свойства гнейсов 5—7
 — — гранита 116, 119
 — требования к гранату 75—80
 Технология дюрмюртерита 542, 543
 — производства кварцевых изделий 28—30
 Тигровый глаз 417
 Типы залегания гранита 101—103
 — м-ний дюрмюртерита 530—532
 — — жадеита 547—549
 — — самоцветов 412—416
 Титанит 114, 119, 123, 301, 415, 531, 534, 535
 Титано-магнетит 114, 120
 Топаз 20, 21, 406, 407, 409, 412—415, 420, 426—429, 432, 434, 435, 438, 441—443, 446, 449, 464, 466, 467, 469, 472, 473, 510, 511, 530, 531, 532, 537, 539, 544
 Топазолит 47, 74
 Точильный камень 74
 Точные камни 459
 Травление горного хрусталя 22, 23
 Траисвааль-жад 553
 Требования к металлургическим доломитам 383—386

 Трещины отдельности доломита 135—136
 Триплет 460
 Трипризма Френеля 24, 25
 Тулит 406, 409, 518, 519
 Турмалин 21, 41, 93, 97, 406, 407, 409, 412—415, 418, 420, 422, 426—428, 431, 432, 434, 438, 441, 443, 446, 466, 467, 469, 472, 473, 510, 511, 530—532, 534—539, 541

 Уваровит 34, 35, 37, 38, 40, 47, 61, 75, 406, 408, 414, 468, 494, 495
 Угли 157
 — элементные 220
 Удельный вес самоцветов 410
 Указатель драгоценных, полудрагоценных и поделочных камней 477—485

 Фенакит 406, 413, 422, 435, 438, 473, 512, 513
 Ферросилиций 75
 Фибролит 201
 Физико-технические свойства гранита 97, 98
 Физико-химическая характеристика горного хрусталя 9—14
 — — граната 34—40
 — химические свойства иловых отложений 262—264
 Физические свойства гнейсов 3, 6, 7
 — — графита 158—161
 — — доломита 314—317
 — — жемчуга 557, 558
 — — самоцветов 406—411
 Флотационный метод обогащения графитовой руды 209, 210
 Флюорит 312, 322, 406, 407, 415, 435, 441, 514, 515
 Форма огранки самоцветов 455—456

 Жалпедон 295, 406, 414, 427, 444, 445, 456, 466, 467, 473, 514, 515, 539
 Хиастолит 488, 489
 Химико-минералогическая характеристика доломита 310—314
 Химическая переработка доломита 386—391
 Химические свойства графита 161—163
 — — жемчуга 557
 Химический метод очистки графита 210
 — состав гнейсов 2
 — — граната 38, 51, 55, 60, 62
 — — гранита 95, 96, 106, 110, 129
 — — графита 163, 164, 174, 175, 179, 183, 195, 196
 — — графитового концентрата 174, 175, 179
 — — дефибрерного камня 273
 — — доломита 328—331, 333, 334, 337, 338—340, 346—351, 353—368, 370, 373
 — — дюрмюртерита 528
 — — жадеита 546
 — — илов 257
 — — самоцветов 410, 411

- Хлорит 15, 49, 110, 201, 290, 295, 313, 530, 537
 Хлоритит 290
 Хлоритоид 49
 Хривоберилл 407, 413, 418, 421, 426, 438, 466, 467, 516, 517, 530
 Хризоколл 408, 468
 Хризолит 75, 87, 412
 Хризопраз 406, 451, 472, 514, 515
 Хромофоры 408
- Цвет горного хрусталя 12
 — гранита 95
 — графита 160
 — дюмортьерита 529
 — жемчуга 556, 557
 — самоцветов 464
 Цвиттер 536
 Цейлонский гиацинт 40
 — перидот 512, 513
 — рубин 40, 74
 Целестин 312, 322
 Цены граната 85, 86
 — графита 233, 234
 — жемчуга 571
 — пьезокварца 31
 — самоцветов 472—473
 Циприн 490, 491
 Циркон 49, 93, 119, 120, 123, 201, 295, 301, 406, 407, 413, 414, 419, 420, 422—424, 426, 438, 455, 466, 467, 516, 517, 530, 531, 533—536, 529, 541
 Цитрин 8, 17, 419, 432, 473, 498, 499
 Цоивит 406, 468, 516, 517
 Цуниит 295, 537
- Чарнокиты 117
 Черный шерл 426, 431, 432, 434, 441, 443, 512, 513
- Шамозит 290, 296, 297
 Шахтная печь для обжига доломита 381—383
 Шлифовка гранита 137
 — кварцевых препаратов 29, 30
 Шпинель 123, 181, 412, 418, 419, 421, 424, 438, 455, 461, 463, 468, 518, 519, 530
 Шунгиты 157
- Эвдиалит 518, 519
 Эвклаз 406, 409, 413, 426, 438, 518, 519
 Электрические свойства горного хрусталя 13, 14
 Электроды 218, 219
 Электропроводность графита 158, 159
 Электросопротивление графита 159
 Электростатический метод обогащения графитовой руды 211
 Элеолит 406
 Энстатит 412
 Эпидот 41, 43, 93, 97, 110, 123, 406—408, 422, 518, 519
 Эссонит 74
- Янтарь 406, 423, 460, 466, 467, 469, 518, 519
 Ярозит 295, 537, 539
 Яшма 406, 414, 438—440, 445—447, 449—451, 460, 463, 469, 473

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ¹

- Абагайтуй м-ние 515
 Абакан р. 367
 Абаño сел. 360
 Абрау-Дюрсо сел. 257
 Абхазия 126
 Аварское Койсу р. 359
 Ага ст. 444
 Агальн кишл. 128
 Агамзал м-ние 450
 Агаповское м-ние 355, 386
 Агара разъезд 360, 361
 Агжайляу — Кызыл-тас масс. 192
 Агур р. 449
 Адабаш ст. 119
 Адай-Хох гора 186, 359
 Адай-Хохское м-ние 172, 186, 203
 Азербиевка р. 450
 Аджи оз. 257
 Адиминское м-ние 198, 202
 Адольфов пр. 435
 Адуи р. 122, 429, 430, 434
 Адуиский р-и 434, 435
 Адун-чилон (Адун-Чолонг) 21, 440—441
 Азербайджанская ССР 128, 327, 361, 362
 Азимбай-сай 293
 Ай р. 358
 Айгай-Джал гора 192
 Айдакарлы масс. 295
 Айдырля ст. 125
 Айрум ст. 127
 Аки дер. 341
 Акимовское м-ние 446
 Акишинское м-ние 338
 Аккезень м-ние 446
 Акмолинская обл. 303, 364, 451
 Ак-тау горы 128
 Ак-таш м-ние 130, 293, 296, 297, 537, 538
 Актюбинская обл. 364
 Ак-тюс м-ние 129
 Акшинский р-н 517
 Ак-Шоко м-ние 540, 541
 Алабашка р. 20, 122, 187, 428, 429, 431, 489
 Алабашка Верхняя и Нижняя сел. 187, 507
 Алабашско-Мурзинско-Адуиский р-н 429, 433, 477
 Ала-Елга р. 358
 Алай хр. 128, 129
 Алапаевский завод 353
 — р-н 122
 Ала-таг гора 367
 Ала-тау Зайлийский 129
 — Кузнецкий 132, 303, 365
 — Таласский 21
 Алгети 127
 Алдан р. 61, 509
 Алданский р-н 134
 Алданское плато 4, 5
 Алейская ст. 132
 Александрия г. 21
 Александринское м-ние 144
 Александровка сел. 4
 Александровский хр. 129
 Аликоновка р. 358
 Аллавердский рудн. 127
 Алма-Атинская обл. 130
 Алтай Рудный 131, 445, 446
 Алтайский край 21, 131, 303, 445, 487, 499
 Алтын-Бешик верш. 451
 Алтын-тюбе м-ние 497
 Амбарка р. 434
 Амерево дер. 336
 Амзас рч. 365
 Амсорское м-ние 201
 Амур р. 4, 153, 156, 164, 198, 199, 202, 562
 Амурская гр. 198
 Амурско-Приморский р-н 134, 509
 Анабар р. 4, 5
 Ангара рч. 369
 Андийское Койсу р. 359

¹ Условные сокращения:

автономная область — авт. обл.
 бассейн — басс.
 вершина — верш.
 возвышенность — возв.
 город — г.
 группа — гр.
 деревня — дер.
 долина — дол.
 залив — зал.
 кишлак — кишл.
 котловина — котл.

курорт — кур.
 ледник — ледн.
 массив — масс.
 местность — местн.
 месторождение — м-ние
 область — обл.
 озеро — оз.
 округ — окр.
 остров — о-в
 полуостров — п-ов
 поселок — пос.
 прииск — пр.

район — р-н
 река — р.
 речка — рч.
 рудник — рудн.
 селение, село — сел.
 станция — ст-ца
 станция — ст.
 урочище — ур.
 участок — уч.
 ущелье — ущ.
 хребет — хр.

- Андроновский пос. 130
 Анненка уч. — см. Гольма Анненковская
 Антоновка сел. 115
 Ануй р. 132
 Аня-сай 130
 Апостоловский р-н 121
 Ара губа 107
 Арга хр. 132, 365
 Аргамаский ледн. 186
 Аргунь р. 441, 444
 Ардатовский р-н 340
 Ардон р. 126, 303
 Арзамас г. 340
 Аркай сел. 198
 Аркел м-ние 450
 Армовка р. 449
 Армянская ССР, Армения 127, 450, 541
 Артемовск г. 487
 Архабол местн. 197
 Архангельская обл. 256, 326, 330, 451, 493, 497, 519, 561, 562
 Архангельский р-н 357, 358
 Архут р. 196, 197
 Архутская гр. 196
 Архутское м-ние 153, 197
 Арчик сел. 127
 Аскын р. 357
 Асса р. 359
 Атамановское м-ние 134
 Аурахмат м-ние 515
 Ауш-куль гора 439
 Ахалцихский р-н 450, 517
 Ахматовская копь 491
 Ахтарагда р. 62
 Ачинский р-н 367
 Ашинский завод 355
 Ащи-айрык р. 129
 Аю-даг 303
 Аягуз г. 190, 192, 210
 — р. 190, 295
 Аягузский р-н 172
- Бабаевский р-н 333
 Бабанский р-н 119
 Бабенкова (Сухая) балка м-ние 176, 179, 180, 203
 Багаряк оз. 52
 Багарякский р-н 172, 188
 Бадам м-ние 515
 Баженово ст. 62, 495
 Бажино дер. 434
 Бажирское м-ние 368
 Базаиха р. 366
 Базалева Скала уч. 348
 Базар-чай р. 450
 Базаулык р. 440
 Байкал оз. 4, 61, 133
 Бакал — Сатка — Кузинский р-н 354
 Бакальская гр. 354
 Баксан р. 60
 Баксанское ущ. 449
 Балай ст. 132
 Балегинское м-ние 369
 Балтатаракское м-ние 190, 204
 Балхаш оз. 190, 192, 295, 296
 Балынтай Б. р. 196
 Бамбак м-ние 127
 Барашовский р-н 116
 Баренцово море 562
- Барнаваджское ущ. 21
 Барнаул г. 303
 Барраж ст. 293, 537
 Баса р. 357
 Басовка сел. 114
 Батецкий р-н 333, 334
 Бахта р. 192, 195
 Бахтинское м-ние 166, 195
 Башарта м-ние 509
 Башкирская АССР, Башкирия 272, 273, 312, 322, 326, 355—358, 439, 476, 511
 Баядонова пады 133
 Баян-аульский р-н 130
 Баян-гол улус 197
 Баяндай ст. 369
 Беден гора 449
 Белая р. (Башкирия) 356, 358
 — (Вост. Сибирь) 21, 196
 — (Дальний Восток) 198
 — (Кавказ) 125, 449
 Белая Церковь г. 119
 Белёв г. 344
 Беликовская гора 192
 Белое море 562
 Белокатайский р-н 358
 Белокуриха кур. 446
 Беломорск г. 511
 Белорецкая гр. 354, 355
 — ст-ца 446
 Белорусская ССР 114
 Белье Горбы м-ние 177, 179, 180, 203
 Белый Брод м-ние 337
 Белый Июс р. 367
 Белый Камень м-ние 352, 400
 Бель-Агачский р-н 130
 Бельцевское м-ние 198, 201
 Берда р. 156, 172, 173, 175, 176
 Бердянские озера 256—261
 Бердяшский масс. 124
 Бердяшское м-ние 355
 Березняки сел. 119
 Березовая гора 124, 302
 Березовая р. (Урал) 132, 352
 Березовая Б. р. (Красноярский край) 367
 Березовские пр. 19, 499, 505
 Берестовая рч. 174, 175
 Берингов пролив 4, 202
 Беркутова гора 487
 Беркуты горы 130, 487
 Бертева гора 193
 Бескес р. 125, 449
 Бес-Терское м-ние 131
 Бес-Чеку м-ние 540
 Бзыбь р. 360
 Бибеева дер. 131
 Бигар кишл. 128
 Бийский р-н 132
 Билимбай ст. 353
 Бинда р. 358
 Бира р. 200, 201, 244
 Биробиджанский р-н 172
 Бирокан р. 370
 Бирское м-ние 198, 200, 201, 204, 244
 Бисерский завод 352
 — р-н 435
 Бис-таг хр. 367
 Биюк-Урага 303
 Бия р. 132

- Благовещенье дер. 337
 Блюмовская копь 438
 Бобровка р. 61, 87, 436, 437
 Богомоллово м-ние 437
 Богуславский р-н 119
 Богучар г. 114
 Боевское м-ние 166, 188, 204, 205, 210, 237, 239
 Бойцовское м-ние 400
 Бойцы ст. 353
 Большая Гора м-ние 364
 Большая Слизнева р. 366
 Большие Березки уч. 115
 Большие Соли кур. 256, 258—261
 Большое Череватово сел. 340
 Большой Анзас 303
 Большой Тасс (Наменушка) р. 201
 Большой Лог м-ние 52
 Большой Порог 303
 Большой Улуй р. 367
 Борзя р. 444
 Боровичский р-н 114, 333, 503
 Боровое кур. 451
 — оз. 130
 Бородинский пос. 189
 Борчалинский р-н 127
 Борщовочный хр. 440, 442—445, 477, 497, 511
 Бостандыкский р-н 130, 537
 Ботогольское (Алиберовское) м-ние 153, 155, 164, 166, 196, 204, 205, 234, 235, 237, 238, 240, 495
 Бояк-сай м-ние 128
 Боян-Ата м-ние 361, 362
 Братский р-н 369
 Брединское м-ние 189
 Бреды сел. 188
 Бролис-Мта гора 21
 Брянцевская копь 491
 Буг (Южный) р. 117—120, 173, 180, 181, 184, 241
 Бугарихта р. 195
 Бугаста хр. 439
 Буйволовка Русская 114
 — Украинская 114
 Букал-тау 128
 Букатынка (Липа Яловая) м-ние 272, 274—278, 280, 288
 Букача ст. 369
 Буланды горы 130
 Булан-куль м-ние 367
 Бурбончива балка 180
 Буреинский хр. 134
 Бурзянский р-н 355
 Бурун-Богдашка р. 196
 Бурят-Монгольская АССР 133, 164, 234, 237, 368, 369, 445, 489, 495, 497, 503, 505, 509, 515
 Бухара г. 190
 Бухтарминское м-ние 192
 Бызовая дер. 434
 Быковское м-ние 366
 Быньга р. 19
 Бырхи-Шибирь р. 445, 505
 Быстриевка р. 448
 Бянкино дер. 444
 Вакис-Джвари 126
 Валаамский о-в 113
 Валдайский р-н 114
 Ванжозерское м-ние 113
 Варганова гора 49
 Варзоб р. 21, 59, 128
 Варзуга р. 329, 562, 563
 Ватиха уч. 432
 Велико-Анадоль ст. 345
 Велико-Водяйское м-ние 180, 203
 Велико-Лукский окр. 114
 Верх-Исетский масс. 122, 123
 Верх-Нейвинская дача 19
 Верхне-Исетская дача 19
 Верхнеуральск 440
 Верхне-Учуленское м-ние 364, 365, 400
 Верхний Цибитуй р. 369
 Верхняя Рача 21, 450
 Верхняя Сванетия 21, 450
 Верхотурье, Верхотурский р-н 122, 353, 435
 Верхоянский р-н 497
 Верхулайское м-ние 368
 Весело-Ивановка сел. 180
 Весновка р. 130
 Виданский погост 108, 329
 Видимское м-ние 369
 Виипури (Выборг) г. 113
 Викторинка сел. 21, 449, 511
 Вилия р. 114
 Вильгея р. 561
 Виллой р. 62, 491, 495
 Винницкая обл. 6, 117, 118, 561
 Вирипсела р. 359
 Висимский р-н 353
 Вислая Могила 176
 Витим р. 4, 133, 495
 Вичаны о-ва 107
 Вишера р. 351, 352
 Вишняковы хутора 176, 203
 Владивосток г. 202
 Власова балка 176, 177
 Власовское м-ние 177, 178, 180, 203, 243
 Водла р. 109—111
 Водяная балка 176, 178
 Водяное м-ние 164, 178, 203
 Воейно-Грузинская дорога 125
 Войсковыцы ст. 331
 Волга р. 339, 341, 342
 Волноваха ст. 121
 Волово ст. 344
 Вологодская обл. 326, 330, 487, 561
 Володарско-Волынский р-н 20, 449
 Волокова губа 108
 Волосово м-ние 331—333, 360
 Волынь 20
 Воронежская обл. 114, 256
 Воронцово-Городище сел. 119, 449
 Воскресенск г. 337
 Восточная Даурия 444
 Восточно-Минусинские горы 132
 Вревка р. 561
 Вруда м-ние 331—333
 Выборг см. Виипури
 Выксунский завод 340
 Вытегорский р-н 333
 Гавалиха рч. 198
 Гаврилка р. 197
 Гагринский хр. 360
 Гагрипш р. 360

- Гаджское м-ние 363
 Гадючья балка 348
 Гажни кишл. 128
 Газимур р. 198
 Газимуро-Ононский хр. 440
 Гайворон сел. 119
 Гайсинский р-н 118
 Галковский карьер 120
 Гарлык-Гол голец 447
 Гарм-Чашма р. 451
 Гасберговская копь 438
 Гегэ р. 360
 Герасимовская копь 432
 Герды-Маша гора 439
 Гжель ст. 336
 Гизель-дон (Мадаграбен-дон) р. 186
 Гиссарский хр. 21, 128
 Глибачка сел. 119
 Глубочинское м-ние 39, 49, 52, 60, 86
 Гнивань ст. 4, 96
 Гниваньские карьеры 117, 137, 144
 Годеризский перевал 450
 Годымбойская гора 444
 Головинское м-ние 448
 Голта ст. 118
 Голубицкое оз. 257, 261
 Голубое оз. 360
 Гольма Анненковская уч. 398, 399
 — Большая уч. 349, 350, 398, 399
 — Дудникова уч. 350, 398
 — Малая уч. 349, 350, 398
 — Михайловская уч. 349
 — Шевченкова уч. 349, 350, 398, 399
 Гольцовское м-ние 446
 Гольцы о-ва (Шальские) 96, 110, 112
 Гомбарский хр. 450
 Гоношиха мыс 111, 112
 Гоппеева гора 441, 442
 Горбаши ст. 116, 118, 448
 Горбылево сел. 448
 Горелый М. о-в 3, 113
 Горийский р-н 127
 Горловский р-н 124
 Горно-Бадахшанская авт. обл. 451
 Горновские карьеры 132
 Горно-Шорский р-н 364
 Горный Тикич каньон 115
 Городок г. 114
 Горьковская обл. 326, 340, 400, 451, 476
 Горькое оз. 257—261
 Гостагаевская ст. 358
 Графитная р. 195
 Графитовая гора 188
 Гремячевское м-ние 400
 Гремячья падь 443
 Грибной мыс 111
 Гришевское м-ние 368
 Гроздево сел. 119
 Грузинская ССР 96, 126, 127, 359, 362, 450, 505, 507, 517
 Грушка ст. 184
 Грушевка о-в 4
 Губерлинские горы 440
 Губино сел. 6
 Губник сел. 118
 Гумбейка р. 439
 Гумешевские рудн. 437, 503
 Гуниб гора 359
 Гурия 126
 Гурьевская обл. 364
 Гусевский р-н 335, 338
 Гусиное оз. 444
 Гута Писаревская 20, 21
 — Потиевская 21
 Гушари 128
 Гыршелунское м-ние 134
 Гядис вулкан 450
 Дабан перевал 197
 Дагестанская АССР 257, 359
 Дальний Восток 2, 6, 131, 172, 198, 204, 236, 370
 Дальняя Серебрянка сел. 350, 351
 Дамблудское м-ние 127
 Даралагезский р-н 127
 Дарваз-тау хр. 59, 60, 86
 Дармахинский утес 443
 Дарья ст. 294
 Дарьяльский масс. 96, 126
 Дарьяльское ущ. 127
 Даутский хр. 449
 Дахатык р. 133
 Даховское м-ние 125
 Дашкесан сел. 128
 Даяконское м-ние 198
 Даялок р. 447
 Дворище 21
 Деболовская ст. 114
 Девдорак хр. 450
 Дегтярка м-ние 505
 Дедова кара м-ние 111
 Делижан пос. 450
 Ден р. 6
 Денежкин Камень м-ние 493
 Десс р. 304
 Джаксалы ур. 130
 Джаксы-карт м-ние 294
 Джамбулская обл. 130
 Джарджава сел. 362
 Джарлинский р-н 131
 Джархеч м-ние 450
 Джида р. 4
 Джидинское м-ние 133
 Джиланда 130
 Джиль-мая м-ние 294
 Джимара (Стыр-дон) сел. 186
 Джимаринский р-н 172
 Джимаринское м-ние 186, 187, 203
 Джон-Булук р. 196
 Джума перевал 128
 Джусалы м-ние 295
 Дзирула масс. 96, 450
 Диевка сел. 120
 Днепр р. 3, 4, 6, 114, 120, 562
 Днепро-Бугский масс. 3
 Днепро-Дзержинск г. 137
 Днепропетровская обл. 120, 493
 Днестр г. 272
 Добрянтинское м-ние 338
 Догдо р. 60
 Догутай р. 196
 Додо м-ние 19
 Доломит ст. 398
 Долонский пос. 130
 Дон р. 114, 562
 Донецкий басс. 325, 345, 351, 386, 394, 397, 491
 Дубовское м-ние 337

Дубровина сел. 131
 Дурная Россоха р. 366
 Дучарский завод 444
 Дых-су ледн. 96, 126

Евгений архипелаг 202
 Еврейская авт. обл. 164, 166, 198, 199,
 244, 370
 Егорова поляна м-ние 356
 — Шишка м-ние 356, 357
 Ежовникова губа 3, 113
 Екатеринополь сел. 119
 Еланды сел. 132
 Еланчик оз. 153, 187
 Елатомский р-н 338
 Еленовка ст. 345
 Елизаветино м-ние 331—333
 Еловый Наволок м-ние 55, 58, 86
 Елышанка р. 440
 Емельяновское м-ние 144
 Емца р. 330
 Енисей р. 133, 195, 234, 241, 366, 367
 Еравинское оз. 444, 445, 515
 Еремеевская копь 491
 Еремень-тау горы 451
 Ерка сел. 119
 Ерма р. 196
 Ермоловская гора 338
 Ерши-Таргимское ущ. 359
 Есильский р-н 364
 Е-Томыль ручей 197
 Ефремов г. 344

Жамболык р. 197
 Жежелевское м-ние 117, 143, 144
 Железнодорожная ст. 335
 Желтая р. 180
 Желтое сел. 180
 Жемчужная р. 562
 Женя р. 450
 Жерновка р. 132
 Жигаловский р-н 369
 Жигули горы 487
 Житомирская обл. 6, 20, 61, 115,
 116, 412, 448, 449, 505, 507, 511,
 519
 Жозквари р. 360
 Жуновское м-ние 337

Заангарский р-н 448
 Забайкалье 4, 21, 156, 440—445
 Забитуйское м-ние 368
 Завальевское м-ние 155, 156, 164,
 181—184, 202, 203, 205, 236, 237, 238,
 244
 Заглик сел. 128
 Заиграевское м-ние 133
 Заилийский Ала-тау 129
 Зайсан оз. 192
 Заларинский р-н 368
 Залесовский р-н 132
 Западная Двина р. 114
 Западно-Казахстанская обл. 129
 Запорожская обл. 256
 Зарамагский ледн. 186
 Звенигородский р-н 119
 Здривла р. 116

Зейский р-н 198, 304
 Зеленое сел. 235
 Зеленчук Б. р. 125
 Зеравшан 128, 509
 Зерентуй Б. 444
 Зея р. 4, 6, 303
 Зигап р. 357
 Зилды р. 128
 Зилим р. 357
 Зима ст. 197
 Златоустовская дача 48
 Златоустовский р-н 355
 Змеиная сопка 134
 Змеиногорский р-н 132
 Змеиногорское м-ние 446
 Змиевка р. 443
 Золотой Отрог гора 441, 442
 Зоргольский караул 444
 Зубцов г. 335, 339
 Зуша р. 344
 Зыряновское м-ние 400

Ивановка сел. 272, 273, 274, 275, 276,
 277, 278, 280, 288
 Ивановская обл. 326, 334, 335, 338
 Ивановский Лес м-ние 272, 274—278,
 280
 Ивдельский р-н 296
 Ивдельское м-ние 290
 Игарка г. 195, 237, 241
 Извары м-ние 331—333
 Известковый мыс 369
 Изумрудные Копи 122, 428, 430, 435, 436,
 452, 489, 513, 517
 Илийский р-н 130
 Ильменские горы 122, 430, 437, 438,
 507—511, 517
 Ильская дол. 358
 Имандра оз. 328, 562
 Имир Б. и М. горы 133
 Ингулец р. 4, 120, 156, 173, 176, 177, 180,
 303
 Индерское оз. 364
 Индыш р. 125
 Инзер р. 357, 358
 Иня р. 21, 131
 Инья р. 352
 Иодинское м-ние 134
 Иоканга р. 59, 562
 Ирмель р. 437
 Ирендык хр. 439, 440
 Иркутская обл. 133, 368, 489, 497, 499,
 503—507, 511
 Иркутский р-н 369
 Иро р. 369
 Иртыш р. 130, 131
 Ирша р. 96, 116, 448
 Иршанский карьер 116, 144, 145
 Исеть ст. 123
 Искрянка сел. 119
 Испульский р-н 364
 Иссык-куль оз. 129
 Иссыльское м-ние 38, 49—52, 57, 71, 77,
 86, 87
 Исфара р. 190, 491
 Итанца р. 369
 Итанцынские м-ния 369
 Итат ст. 132
 Иткуль оз. 123

- Иша р. 132
Ишим р. 129, 130
- Кабардино-Балкарская АССР 125, 126, 326, 359, 449
Кабу-тау гора 186
Кавказ 21, 172, 186, 203, 234, 235, 303, 304, 358—362, 449, 499, 505
— Северный 60, 96, 125
— Центральный 96
Кагановичский р-н 363
Кагинское м-ние 356
Казанка р. 572
Казанский р-н 341
Казатин 114
Казахская ССР, Казахстан 129, 172, 190, 204, 290, 293, 296, 303, 364, 451, 476, 501, 515, 537
Казачья гора 369
Казбек гора 450
Казбекский р-н 21, 126
Казгыч р. 125
Кази-Кумухское Койсу 359
Калбинский хр. 130, 446
Калининская обл. 114, 256, 312, 325, 326, 334, 335, 339, 561
Калкан оз. 439
Калмыцкая АССР 256
Кальмиус р. 303
Кальчик р. 121, 172, 173
Кальчикский р-н 173
Кальчикское м-ние 237
Каменка р. (Ю. Урал) 19, 430, 438, 511, 519
— (УССР) 121
— (Новосибирская обл.) 131
Каменно-Санарский р-н 438
Каменная Печь ур. 449
Каменный Брод сел. 449, 507
Камчатка п-ов 61, 134
Камчатское сел. 180
Кан р. 4
Кандалакшский залив (губа) 3, 105, 113
Канозеро 562
Кантегирский рудн. 367
Капетис-геле балка 450
Капитановское м-ние 185
Капустинское м-ние 118, 119, 144
Карабас м-ние 295
Кара-богаз-гол 364
Кара-Бурень р. 197
Карагай-Покровская ст. 59
Карагайский карьер 355
Караганда р. 130, 294, 295
Карагандинская обл. 129, 497, 540
Карагезское м-ние 127
Кара-даг 495, 515
Кара-иерек м-ние 295
Кара-Калпакская АССР 59
Каракаш р. 551
Кара-Мазар 476
Карамана р. 358
Карандашиха гора 198
Карань ст. 121
Каратайка р. 132
Кара-тау 128, 272, 273
Кара-Тургай р. 129
Каратюкское м-ние 176, 203
Карачаевская авт. обл. 125, 327, 358, 449
Карачекинская ст. 451
Каргалы м-ние 295
Карело-Финская ССР 2, 3, 38, 48, 52—58, 61, 86, 87, 96, 108—113, 142, 303, 324, 329, 451, 476, 487, 495, 497, 511, 561, 572
Карет гора 21, 450
Каржан-тау хр. 130, 537
Каркаралинск г. 295, 451, 540
Каркаралинский р-н 130
Карталы ст. 188
Карталы-Аят р. 188
Карьево оз. 257, 261
Касимов г. 335
Касимовский р-н 337
Каскален пос. 130
Каслинская дача 48, 244
Катав-Ивановская гр. 354
Катав-Ивановское м-ние 355
Катайка р. 356
Катайское м-ние 356
Катунь р. 132
Кафанский р-н 127
Кахрал м-ние 59, 86
Кача ст. 365
Качевская копь 438
Качинское м-ние 356, 365
Кашина Гора м-ние 96, 109, 110, 112
Кашинский кур. 256
Кашира г. 335, 337
Кашкаренд р. 367
Квахчири сел. 359
Квезани сел. 360
Кедабек пос. 128
Кедей р. 129
Кедровка ст. 353
Келон сай 128
Кемский р-н 3, 53
Кемчугский хр. 365
Кемь р. 3
— ст. 6
Кендино хутор 6
Кенимехский р-н 172
Кереть оз. 58, 113
— р. 572
Керетьский р-н 3
• Керченский п-ов 362
Кестанта р. 449
Кетан-даг вулкан 490
Кзыл-кумы пески 363
Кзыл-тас 192
Кибирева Б. р. 443
Кибирева гора 443
Кигинский р-н 358
Киевская обл. 119, 449, 493, 505, 507, 519
Кикерино м-ние 331—333
Кильдин о-в 328
Киргизская ССР 129, 364, 476, 503
Кировград (б. Налата) 122
Кировградский р-н 122
Кировоград (б. Елизаветград) г. 119
Кировоградская обл. 119, 164, 176
Кировская обл. 561
Киселевский карьер 118
Кисловодск г. 327, 358
Кислячиха м-ние 55, 58
Кистинка р. 21
Китой р. 197, 509

- Китойские Альпы 447
 Кия р. 131
 Клесов ст. 117
 Ключевское м-ние 369
 Клязьма р. 335, 336
 Ковровский р-н 335, 338
 Кодемо уч. 349, 350, 398, 399
 Кожино дер. 336
 Козьи Рожки карьер 343
 Коканд г. 491
 Коке-тауское м-ние 192, 204
 Кокпекты сел. 192
 Кокчетавский р-н 130, 303
 Кола пос. 61
 Колва р. 352
 Колвицкая губа 3
 Колка-Хок 126
 Колоденка ст. 116
 Коломна 335, 337
 Колташи сел. 122, 434, 501
 Колывань сел. 131
 Кольский зал. 107, 108
 — п-ов 2, 6, 59, 61, 106—108, 303, 328, 451, 509, 562, 563, 571
 Коми АССР 325, 326, 330
 Комиссаровское м-ние 338
 Коневский пр. 19
 Константиновка сел. 118
 Константиновское м-ние 144
 Корабельная бухта 108
 Корбалиха р. 132
 Корбинский карьер 137
 Корбутовка 115
 Коргон р. 445
 Корнилов Лог 432, 501
 Корнилова дер. 20, 432
 Корнинский р-н 116
 Коростеньское м-ние 116, 144
 Коростень г. 96
 Коростышев г. 3, 115
 Коростышевский р-н 116
 Коростышевское м-ние 144
 Корсунь пос. 115
 Корфовка ст. 134
 Косая гора 438
 Косеновка сел. 119
 Косогол оз. 153
 Косьвинский Камень масс. 303
 Кос-мурун м-ние 294
 Коунрад пос. 295
 Кочкарский масс. 125
 Кошары-Александровское м-ние 184, 203, 244
 Кош-таш-хан 551
 Краинский курорт 256, 261
 Красная Глинка сел. (Куйбышевская обл.) 476
 Красноводский р-н 128, 257
 Красноглинская гора (Урал) 49
 Краснодарский край 125, 257, 358, 449, 450, 497
 Красноусольский р-н 357, 358
 Красноярск г. 133, 235, 237, 241, 303
 Красноярский край 132, 166, 172, 192, 193, 204, 365
 Красный Тенеш м-ние 364, 365, 400
 Красовщина карьер 272, 274, 277, 278, 280
 Кременчуг г. 4, 120
 Кремьян р. 61
 Крестовоздвиженский пр. 435
 Крестовское м-ние 133
 Кривая р. 432
 Кривое ст. 116
 Криворожский р-н (Криворожье) 61, 115, 120, 172, 176, 177, 180, 235, 236, 239, 244, 493
 Кривошековские карьеры 131
 Крошня р. 115
 Круглица гора 49
 Круподерница сел. 118
 Крутая гора 132
 Крымская АССР 256, 303, 327, 362, 495, 507, 515
 Крюков пос. 4
 Крюковский карьер 120
 Кубань р. 125, 358, 449
 Кубенское оз. 114
 Кува-сай ст. 363
 Кудиново ст. 194, 213, 235, 236
 Куваранда м-ние 329
 Кузнецкий басс. 375
 Кузька р. 122
 Куйбышевская обл. 59, 256, 326, 340—343, 451, 476, 487
 Кукусыркен хр. 21, 440, 441
 Куланда гора 130
 Кулик-Меэр хр. 359
 Кульджук-тау 189, 190
 Куманишники сел. 256
 Кунгей-Ала-тау хр. 129
 Кунгурка дер. 123, 493
 Кунгурский р-н 352, 353, 437
 Купальня р. 195
 Курачанка р. 440
 Кургасынское м-ние 129
 Кургаш р. 357
 Курдюмовка уч. 398
 Курейское м-ние 156, 164, 166, 192, 193, 194, 195, 204, 205, 235, 237, 238, 299, 241, 242
 Куренга р. 197, 198
 Курина балка 180
 Курловский р-н 335, 338
 Курмыш дер. 338
 Куро гора 21, 450
 Курпетай м-ние 540
 Куруш р. 359
 Курцы м-ние 507
 Курчица р. 117
 Кустанайская обл. 129
 Кусье-Александровский завод 436
 Кутаисский р-н 359, 450
 Кутовая губа 107
 Кутурташ м-ние 361, 362
 Куули оз. 257
 Кухах-чай р. 359
 Куч-и-Ляль р. 451
 Куяльницкий лиман 256
 Кшемьшское м-ние 190, 204
 Кыз-имчак масс. 294
 Кызыл р. 439
 Кыр-даг верш. 361
 Кырен сел. 369
 Кыштым г. 236, 240
 Кыштымская дача 48
 Кыштымский окр. 430
 — р-н 48, 127, 187, 507, 509
 Кыштымское м-ние 244

Кяппосельга ст. 329
Кяхта г. 133, 444

Лаба р. 125
— Б. р. 449, 450
Лаврентия бухта 202
Ладжувар-Дара р. 451
Ладожское оз. 108, 113
Лакооновка р. 125
Лашевское м-ние 186, 203
Лежино ст. 121
Лезниковское м-ние 116, 143, 144
Лемеза р. 357
Леминовы Яр 185
Лепивая р. 60
Ленинградская обл. 114, 256, 325, 326, 330—334, 360, 503, 561
Ленский р-н 62
Лескова дер. 443
Летняя губа 113
Лиманский р-н 350
Липецкий кур. 256
Липовая дер. 122
Липовское, Липовка, дер. 20, 428, 431, 434, 491, 513
Липовеньковское м-ние (УССР) 185
Лиственичинское м-ние 133
Лисья гора 400
Литинский р-н 6
Лица Зап. и Малая 107
Лобановское оз. 257, 261
Ловозеро 59
Ловозерские тундры 509, 519
Лодейная бухта 108
Локтевский р-н 132
Локтевское м-ние 446
Лопанис-цхали р. 360
Лопарская ст. 3
Лосиха р. 446
Лоухи ст. 58
Лужский р-н 333
Луковая сопка 441
Лысая гора 180
Лыч сел. 116
Любимово м-ние 353
Люшневатское м-ние 185, 203
Ляльвар гора 541

Магнитная гора 122, 124, 303, 355, 439

Мадаграбен-дон см. Гизель-дон
Майдаи-Тал р. 21
Майкопский р-н 60
Макаровский р-н 357, 358
Макарьевское м-ние 368
Макзабак гора 59
Малая Быстрая р. 448
Малая Ерба 132
Малая Кадильная падь 369
Малеевское м-ние 337, 338
Малин г. 116
Малинское м-ние 144
Малка р. 125
Малое Седельниково дер. 437
Малое Утиное оз. 367
Мало-Нахновский карьер 120
Мало-Хинганский р-н 370
— — хр. 134, 198, 200

Мало-Хинганское м-ние 153, 156, 164, 166, 198
Малоязовский р-н 358
Малый Иремель р. 188
Мальшевский пр. 435
Мальшевское м-ние 338
Мама р. 4, 62, 495
Мамбетова дер. 440
Мана р. 303
Манья р. 19
Маргузор оз. 497
Мариуполь 172—174, 235, 236, 239
Мариупольский р-н 121
Маркваша Б. сел. 340
Маркомиджка р. 449
Мархой Большой р. 196
Маршанский р-н 131
Марьевка сел. 115
Масазыр оз. 257
Маслянинский р-н 131
Матаган пос. 448
Махарадзе ст. 126
Маховка падь 198
Машковский р-н 131
Машук гора 495
Мегринский р-н 127
Медвежий Б. о-в 113
Медвежья гора (Кар.-Финск. ССР) 113
— — (Челяб. обл.) 355
Меднорудянк 414, 436, 503
Мезыб р. 450
Мелеузовский р-н 358
Мелеховское м-ние 338
Мендым р. 357
Мервенцы сел. 272, 273, 280, 288
Миасс р. 124, 188
— ст. 438, 439
Миасская гр. 438, 439
— дача 48
Миасский р-н 19, 48, 172
Миасское м-ние 165
Минераловодский р-н 257
Минусинская котл. 303
Миньярский завод 355
Мироновское м-ние 198
Михайловская Гольма 349
Михайловский перевал 450
Михино м-ние 353
Мишихинское м-ние 133
Могилев-Подольский г. 272
Можайск г. 335
Мойнакские озера 256, 263, 264
Мокрая Мандрыкина балка 347, 351
Мокруша копь 431
Мокрые Луга м-ние 353
Мокрянское м-ние 144
Молосковицы ст. 331—333
Молотовская обл. 351, 487, 493
Монетная ст. 122
Моркваша карьер 343
Московская обл. 326, 334—337, 397
Мотовский вал. 107
Мохнатые горы 132
Мочищенское м-ние 135
Мочулянка 117
Мощеная ст. 181
Мраморная гора 367
Мраморская ст. 52
Мрас-су р. 365
Мулдакаевское м-ние 439

- Мулина гора 444, 515
 Муна р. 562
 Мурафа р. 272
 Мурдосельга м-ние 329
 Мурзинка, Мурзинское сел. 122, 187, 303, 409, 452, 489, 499, 501, 505, 507, 511
 Мурзинская гр. 432
 — дача 244
 Мурзинский р-н, 19, 20, 428—432
 Мурзинско-Кыштымская гр. 187
 Мурманск г. 61
 Мурманская обл. 2, 48, 59, 96, 105—108, 324, 328, 489, 511, 519, 561
 Муром г. 340
 Мушта р. 125
 Муялды кур. 256, 261
 Мценск г. 344
 Мысовая ст. 133, 369
 Мысовское м-ние 369
 Мясницевско-Осугское м-ние 339
- Назямские горы 511, 519
 Народная гора 19
 Нарсай-тау 130
 Нарын р. 476
 Наслединский пос. 189
 Натальевский масс. 121
 Натанеби р. 126
 Наурузова (Кошкульда) дер. 439
 Невель г. 114
 Невьянск г. 19, 122, 123, 499
 Нейва р. 19
 Немецкая гора 111, 112
 Нёр-ойна гора 19
 Нерчинская Даурия 441
 Нерчинский горный край 440
 — завод 444
 — р-н 489, 491, 513—517
 Нива р. 6
 Нижне-Илимский р-н 369
 Нижне-Исетская дача 48, 49, 52, 509
 Нижне-Исетский р-н 428
 Нижне-Ольчедаев м-ние 272, 288
 Нижне-Тагильская дача 61, 86
 Нижне-Тагильский р-н 436
 Нижне-Тунгусское (Ногинское м-ние) 166
 Нижне-Цибитуйское м-ние 369
 Нижний Бибой р. 447
 Нижний Булык 133
 Нижний Тагил 122, 493, 495, 497
 Нижняя Тунгуска р. 192, 195, 367, 497
 Никитовка м-ние 348, 349, 381—383, 394, 397—399
 Николаевская обл. 120
 Никольская губа 3, 113
 Никольское (Балай) сел. 132
 Нимон р. 6
 Новая Бильмановка сел. 201
 Новая Мокруша копь 431
 Ново-Баязетский р-н 450
 Новоград-Волынский р-н 116
 Новоданиловское м-ние 120, 144
 Ново-Доломитовое м-ние 357
 Новокаменка м-ние 114
 Ново-Криворожский карьер 120
 Ново-Николаевка м-ние 450
 Новороссийск г. 257
- Новосибирск г. 131, 135
 Новосибирская обл. 131, 364
 Новосиль г. 344
 Ново-Тaubинка сел. 131
 Ново-Троицкое м-ние 386, 395, 399
 Новотроицко-Еленовское м-ние 325, 345—347
 Новоукраинское м-ние 118, 119
 Новочеркасск г. 243
 Ново-Шульбинское сел. 130
 Новый Бобрик сел. 449
 Нога р. 195
 Ногинск ст. 337
 Ногинское м-ние 195, 204, 237, 239, 241
 Нома р. 61
 Норильские горы 195
 Нугуш р. 358
 Нура р. 294, 357
 Нур-Ата хр. 189
 Нура-тау хр. 128
 Нуринский р-н 130
 Нуртай м-ние 540
 Нязепетровск пос. 354
- Оболовское м-ние 357
 Обуслинская гора 443
 Обь р. 131
 Овручский р-н 116
 Одесская обл. 61, 118, 164, 241
 Одоев г. 344
 Ойротия 131
 Ока р. (Европ. часть РСФСР) 338, 344
 — — (Сибирь) 197
 Окско-Цнинский вал 335, 338
 Олекма р. 4
 Олекмо-Витимская система 62
 Олекмо-Витимский р-н 134
 Ольгинский р-н 345, 397
 Ольдернок р. 195
 Ольхонский р-н 369
 Ольшанка р. 119
 Омская обл. 256
 Онега р. 330, 562
 Онежское оз. 96, 108—113, 329, 562
 Онон р. 444
 Ононо-Борзинская гряда 440
 Онот р. 447, 503
 Орбиха падь 197
 Орджоникидзе г. 186
 Орджоникидзевский край 257, 358, 476, 495
 Ординский р-н 353
 Орловская обл. 325, 344
 Орловское м-ние 192
 Оров-Губское м-ние 113
 Ороктуца падь 198
 Орск г. 440
 — ст. 125
 Орто-гол р. 447
 Орь р. 440
 Осечкова губа 3, 113
 Осиновское м-ние 49, 52
 Осипенко (б. Бердянск) г. 172, 174, 256—261
 Осипенковский (б. Бердянский) р-н 114
 Оспа р. 447
 Остров ур. 188
 Островский р-н 333, 334
 Остронь м-ние 21

Отлук-Ташла гора 449
Охкрени сел. 127
Ояшинский р-н 131

Павлово-Посадский р-н 337
Павловск г. 114
Павлодарская обл. 257, 451, 487, 501, 507
Павлодарский р-н 130
Пала-губа м-ние 96, 107, 108
Палатки пристань 132
Палевая р. 446
Памир 21, 128, 451, 503
Памиро-Алай 128
Парица м-ние 333
Парнук р. 19
Паромовка 493
Патек м-ние 19
Паутын сел. 202
Пашийский Гребешок м-ние 400
— пруд 352
Первомайск г. 173, 184, 185
Первомайские карьеры 118
Перекопские озера 390
Перерва ст. 237, 238
Песчаная р. 132
Песчанский карьер 120
Петрово сел. 173
Петровск ст. 114
— Забайкальский ст. 369
Петровская балка 176
— гр. 180
Петровское м-ние 156, 164, 165, 176,
235—237, 239, 243, 244
Петровско-Заводское м-ние 134
Петроваводск г. 487
Печора р. 330
Пинагорий мыс 2
Пинега 493
Писаревка сел. 449, 511
Писаревская Гута 20, 21
Писаревский Яр карьер 272, 274, 277,
278, 280
Пихтовая Гора м-ние 400
Плавск г. 344
Плака мыс 303
Плач-Гора 446
Плетеный Ташлык р. 119
Плехова р. 117
Плисковский р-н 118
Плитный Ключ м-ние 132
Плитняжная гора 132
Повенецкий зал. 113
Поволжье Верхнее 323, 325, 335, 339
— Среднее 59
Поганая Дорога м-ние 272, 273, 275—
280
Поганка р. 130
Погорело-Городищенский р-н 339
Погребещевский р-н 118
Подволочное м-ние 369
Подкаменная рч. 132
Подмаячный хутор 362
Подмосковный басс. 312
Подстепнянский карьер 120
Подужемье дер. 3
Покрово-Ясылское м-ние 437
Покровское сел. 367
Полдневая р. 495
— ст. 61, 437

Полдневское м-ние 49, 52
Полевский завод 38
Поликарповка сел. 198
Половинка ст. 364
Положиха р. 434
Полтавка сел. 157, 188
Полтаво-Брединский р-н 188
Полтавская обл. 120
Полтавский р-н 172
Полтавское м-ние 166, 188, 189, 204
Полустова гора 339
Поляков Лог м-ние 52
Полярный г. 2, 106, 107
Поной р. 59, 105, 562
Попельнянский р-н 116
Попшевский р-н 116
Поросозерский р-н 3
Посыетский р-н 201
Потаповский карьер 335, 336
Потиевская Гута 21
Похабиха р. 369
Починки м-ние 353
Правый Отнурок р. 357
Приазовский масс. 3
Приазовский р-н, Приазовье 172, 173,
236, 244
Прибайкалье 4, 62, 446
Прибалхашье 296, 541
Прибугский р-н 172, 173, 180, 182
Приднестровье 272—280, 288
Приказанский р-н 340
Приморская гр. 198
Приморский край 134, 172, 562
Прионежье 109
Приуралье 312, 313, 326, 345, 428—440
Протопоповское м-ние 337
Пруссы сел. 119
Прусское м-ние 144
Прутова копь 438
Пряженниковское м-ние 198, 201
Псковский р-н 333, 334
Пудожский р-н 109
Пуйва р. 19
Пулозеро 3
Пуней-веем р. 61
Пушкино ст. 336
Пышма пос., м-ние 491
Пына р. 451
Пялозеро 108
Пяльма р. 572
Пяндж р. 451
Пянта р. 304

Ракитненский р-н 119
Ракитно Волыньское ст. 117
Рама местн. 362
Рамовка ручей 130
Раскем-дарья р. 551
Рахманово дер. 337
Рача Верхняя 21, 450
Ревзак р. 357
Ревневское м-ние 446
Режевский р-н 122
Реси-дон р. 450
Ржев г. 335, 339
Ржевский р-н 339, 515
Ржевусская ст. 118
Риддерский рудн. 446
Римского-Норсакова о-ва 198, 202

- Рихта м-ние 21
 Ровенская обл. 116
 Розенберг колония 127
 Розовой и Белой Скалы м-ния 370, 371
 Романовская копь 438
 Россыпная гора 499
 Рось р. 119
 — ст. 118
 Ругозерский р-н 3
 Рудничная Гора 194
 Рудня Воровская сел. 448
 Ружинский р-н 116
 Русавкино дер. 334, 335
 Русово сел. 272, 274, 276—278, 280
 Рыбачий п-ов 328
 Рыжая гора 369
 Рысаева дер. 439
 Рядовая ст. 176
 Рязанская обл. 326, 334, 338
- Сабаровский карьер 118
 Саватеева дер. 443, 491, 513
 Сагалянская балка 180
 Садонский масс. 126
 Сайда-губа 106, 107
 Сакмакла р. 358
 Саксагань р. 303
 Сакское оз. 256—261
 Салдинский р-н 122
 Самарканд г. 128, 491
 Самарская Лука 322, 326, 341, 342, 451
 Самур р. 359
 Санарка р. 19, 430, 499, 511, 519
 Сара ст. 59
 Сарановская копь 495
 Сарановский рудн. 61
 Сарапулка дер. 20, 432, 434, 489, 513
 Сарапульское м-ние 187
 Сарбай горы 439
 Сарны ст. 117
 Сарызек гора 130
 Сасовский р-н 338
 Саткинская гр. 354
 Саткинское м-ние 375, 376, 394, 397
 Сахангер ручей 447, 503, 509
 Сачковы хутора 175, 203
 Саянский р-н 172
 Саяны Верхние 61
 — Восточные 4, 132, 133, 153, 196, 234, 303, 365, 446
 — Западные 132, 365, 367
 Сванетия Верхняя 21, 450
 Свердловск г. 122, 123, 288, 437
 Свердловская обл. 96, 122, 123, 353, 476, 487—519, 562
 Светлый бор 303
 Свинюха р. 114
 Свияга р. 340
 Себеж г. 114
 Северная Двина р. 326, 330, 451
 Северная дер. 122
 — р. 192
 Северо-Казахстанская обл. 130, 303
 Северо-Полевская дача 48, 52
 Сегозеро 113
 Седельниково м-ние 507
 Секисовка р. 132
 Селенга р. 369, 445
 Селенгинская Даурия 133, 444
- Селета р. 129
 Селеук р. 357
 Селеукский хр. 358
 Семенова дер. 443
 Семибратское оз. 355
 Семиз-бугу горы 451, 487, 501, 507
 Семипалатинск г. 131, 192
 Семипалатинская обл. 130, 190
 Семипалатинский р-н 172
 Сентелек р. 445
 Сенцы-Шарза местн. 197
 Сергиевские мин. воды 256—261
 Сердоболь — см. Сортавала
 Сердовинский пр. 19
 Сернов лог 338
 Серпухов г. 335
 Сибирь 4, 131, 302, 375
 — Восточная 2, 61, 62, 172, 204, 304, 562
 Сидиминское м-ние 198
 Сидорова губа 3, 113
 Сизикова дер. 20, 432
 Сиказа р. 357
 Сильницы ст. 114
 Синарская ст. 188
 Синары оз. 123
 Синюха гора 132
 — р. 186
 Синява сел. 119
 Синяя балка 180
 Синяя губа 58
 Сисианский р-н 127
 Сисим р. 367
 Сихотэ-алинь хр. 134
 Скала сел. 118
 Скалеватка сел. (Киевск. обл.) 119
 Скелеватский карьер (Днепропетр. обл.) 120
 Скалистое оз. 130
 Славинка сел. 128
 Слансовская копь 432
 Словечанский р-н 116
 Слюдянка р. 61, 133, 447, 489, 497, 503—507, 511
 Слюдянский р-н 369
 Смелянский р-н 119
 Смоленская обл. 114
 Смоленский р-н 132
 Смолино оз. 124
 Снетинка м-ние 4
 Снома р. 128
 Соколова гора 115
 Соколовское м-ние 144, 145
 Соктуй хр. 440
 Солдатское м-ние 362
 Солицево дер. 336
 Солонечная гора 443, 515
 Солохина Луда м-ние 55, 58
 Соль-Илецкий р-н 256
 Сон ст. 132, 367
 Соностров 113
 Сонук (Исонук) гора 186
 Сорока ст. 58
 Сортавала (Сердоболь) г. 113
 Сочи 60
 Союзное м-ние 155, 198, 200, 201, 204
 — сел. 153, 156, 164
 Спасская губа 329
 Средний о-в 3, 113
 Средняя Азия 21, 128, 451
 Сретенск г. 197, 198

- Сретенская гр. 197
 Сретенский р-н 172, 244, 369
 Сrostки сел. 132
 Сталинабад г. 128
 Сталинградская обл. 256
 Сталинская обл. 120, 121, 164, 173, 325, 345, 397, 487, 491
 Сталинский р-н 198
 Становой хр. 4, 134
 Старая Русса г. 256—261
 Старица г. 335, 339
 Старицкий р-н 339
 Старо-Андреевское м-ние 49
 Старобардинский р-н 132
 Старо-Гутова дер. 131
 Старо-Доломитовое м-ние 357
 Старое оз. 390
 Старое Жилище м-ние 125
 Старо-Караньское м-ние 121
 Старо-Крымское м-ние 164, 173, 203, 205, 235
 Старцевская Яма копь 431
 Старый Крым сел. 173
 Старый Муйнак 439
 Столы сел. 348
 Стрелка гора 443
 Стрижевские копи 438
 Студенец сел. 338
 Ступино ст. 337
 Суатиси-дон 96, 303
 Сувок-Чишма р. 358
 Сугаклея р. 119
 Суджукская лагуна 257, 261
 Судинское м-ние 353
 Султан-уиздаг м-ния 59, 60, 86, 128
 Сунозеро 108
 Супрея р. 303
 Сура-из гора 19
 Сурами пос. 127
 Суран м-ние 294
 Сусанское м-ние 122
 Сутарское м-ние 294
 Суук-Булак ст. 131
 Сухая балка 179, 180
 — р. 562
 Сухой лиман 256
 Сухой Ташлык р. 186
 Сухой Яр м-ние 155
 Сухолесы сел. 119
 Сухона р. 487
 Сухореченское м-ние 400
 Суюндук р. 125
 Сывчуг 562
 Сыростан 511
 Сысертская дача 48, 61, 86
 Сысертский масс. 122, 123
 Сычевка р. 446
 Сямозеро 3
- Табат р. 367
 Таганай м-ние 49, 437, 499, 511
 Таджикская ССР, Таджикистан 21, 59, 128, 491, 497, 503, 509, 515, 519
 Тав р. 195
 Таинзинское м-ние 365, 400
 Таймырский п-ов 4, 5, 60
 Такобы-Собак м-ние 509
 Талая р. 447
 Талды-Боорлы р. 190, 192
- Талицкие белки 132
 Таловка р. 446
 Талшинское (Грязнухинское) 369
 Талый Ключ (Боярская) ст. 122
 Тальновский р-н 119
 Тальян копи 187, 432
 Тамбуканское оз. 257—261
 Тангуйский р-н 448
 Танское оз. 119
 Таргыл масс. 296
 Тарейские озера 444, 445, 515
 Тар-Казган м-ние 190, 204, 439
 Татарская АССР 312, 340, 341, 562
 Тахтуайв м-ние 59
 Ташауз 128
 Таяс р. 365
 Тбилиси г. 507
 Тбилисский р-н 127
 Теберда пос. 60, 125
 Телганарское м-ние 198, 202
 Тельбес р. 364
 Темгенево дер. 338
 Теми-дон р. 450
 Темирский р-н 364
 Темир-тау рудн. 364, 365
 Темрюкский р-н 257, 358
 Темрюкское м-ние 177, 203
 Теплая Гора ст. 352, 436
 Тепли гора 126, 303
 Теплый Ключ м-ние 357
 Тепсе-сай ущ. 364
 Тербестров м-ние 38, 55—57, 60, 72, 73, 86, 87
 Терек р. 126, 127
 Теренцы м-ние 21
 Териберка пос. 108
 Терской Ала-тау хр. 129
 Тетерев р. 61, 115
 Тежукуль р. 61
 Тея р. 367
 Тианетский р-н 450
 Тигирецкие Белки 21, 132, 446, 499
 Тиес горы 451
 Тильгарнуэм рч. 202
 Тинаки кур. 256—261
 Титан ст. 328
 Ткварчельское м-ние 359
 Тогр-тах гора 367
 Тогул сел. 132
 Токовское м-ние 121, 144, 145
 Толченское м-ние 367
 Тонтой Малый сел. 197, 198
 Тонтойское м-ние 197, 204
 Топозеро 58
 Тор. р. 358
 Торгашинский хр. 366
 Торунжовский карьер 120
 Тостах р. 60
 Точильная копь 438
 Троицк г. 125
 Троицкий р-н 131
 Троицкое м-ние 155, 156, 174, 175, 203, 244
 Трошниковское (Половиновское) м-ние 368
 Туа-богуз-сай м-ние 59
 Туба р. 367, 562
 Тубот р. 196
 Туалучное оз. 256—261
 Туим р. 367
 Тулома р. 562

Тулун ст. 448
 Тулунтуй р. 448
 Тульская обл. 256, 325, 344
 Тунга р. 551
 Тунгатаровский р-н 430, 439
 Тункинские горы 196
 Тураевка м-ние 437
 Тур-Айгыр горы 130
 Туран перевал 6, 304
 Тургорьянская дача 48
 Туркестанский хр. 190, 451
 Туркменская ССР 128, 257, 476
 Туруханский р-н 156, 166, 172, 192, 193, 234, 237, 367,
 Турчинка ст. 448, 449
 Тхач гора 449
 Тымин р. 304
 Тымка р. 6
 Тырны-ауз 60
 Тюя-Муюн 503
 Тянь-Шань 128, 130

Уба р. 446
 Убей р. 133
 Уда (Чуна) р. 196, 197
 Удерецкий р-н 367
 Удинское м-ние 197
 Узбекская ССР 128, 172, 189, 204, 236 363, 476, 489, 491
 Узкая Салма м-ние 113
 Узянское м-ние 356, 357
 Уинский р-н 353
 Уитас ручей 130
 Уй р. 439
 Уйбат ст. 132, 367
 Уйкус-кой-тас 129
 Уймень р. 132
 Уйреқты-тау хр. 189
 Украинская ССР 2—4, 20, 61, 96, 114, 142, 144, 156, 164, 172—186, 203, 234—237, 244, 272, 326, 327, 344—351, 448, 449
 Уктус 288
 Улан-Удэ 133, 444, 445
 Улента р. 451
 Уленьский рудн. 367
 Уллу-Кам м-ние 125
 Улукпанын-кызыл м-ние 295
 Улутавские горы 129
 Уманский р-н 119
 Умба р. 526, 563
 — сел. 105
 Умнырь ур. 125
 Унда р. 443
 Унзас р. 365
 Урал 38, 39, 48, 86, 87, 122—125, 142, 166, 172, 187, 204, 234—237, 244, 290, 296, 302, 303, 322, 325, 326, 351—358, 386, 394, 428—440
 — Приполярный 19
 — р. 353
 — Северный 435
 — Средний 19, 61, 156, 353, 428, 430, 435
 — Южный 19, 156, 157, 354, 355, 375, 428, 430, 437
 Урало-Эмбенский р-н 326
 Уральский карьер 400
 Ургут гора 476

Ургучан м-ние, р. 21, 443
 Урельга гора 437
 Урик р. 447, 503
 Урульга р. 443
 Урулюнгуи р. 444
 Урунгай Верхний и Нижний ключи 197
 Урух р. 126
 Урюк р. 358
 Усолка р. 357
 Усольский р-н 369
 — хр. 358
 Успенский рудн. 130
 Уссурийская гр. 198
 — обл. 202
 Уссурийский р-н 172
 Усть-Абаканский р-н 367
 Усть-Джегутинская ст-ца 358
 Усть-Журавлихинское сел. 132
 Усть-Калманский р-н 132
 Усть-Каменогорск г. 192
 Усть-Карский р-н 367
 Усть-Удинский р-н 369
 Усть-Улс дер. 351
 Усть-Шугар дер. 352
 Уткинское м-ние 436
 Уфа г. 6
 Уфалей Нижний сел. 354
 Уфалейский масс. 123
 — р-н 48
 Уфру п-ов 128
 Ухан р. 6
 Ухтинский р-н 3
 Учалинский р-н 511
 Уч-Кагыл м-ние 540
 Учкулька гора 358
 Уч-Пристанский р-н 132
 Учүлен р. 364
 Ушма р. 338
 Уш-тоган м-ние 295

Фадина сел. 156
 Фанфаронское м-ние 59
 Фарсильцы-дон р. 186
 Фаснальский масс. 126
 Фастов г. 4, 114
 Фастовский р-н 119
 Фатьяниха р. 192, 195, 196
 Фатьянихское м-ние 166, 195, 196
 Федотовское м-ние 338
 Ферганская гр. 190
 — обл. 363
 Ферганский р-н 172, 363
 — хр. 129, 296
 Фетхуз гора 359
 Филипповское м-ние 353
 Флинт гора 125

Хабарный пос. 440
 Хабаровский край 134
 Хабозеро ст. 3
 Хаджибейский лиман 256
 Хаир-Кумин р. 445
 Хайноручей 562
 Хакасская авт. обл. 367
 Халиловский р-н 125
 Халтук-гол р. 196
 Хамар-Дабан хр. 133, 302, 445
 Халчеранга р. 133

Хара Джелга р. 447, 503
 Харангонское м-ние 59, 503
 Хаскар гора 21, 450
 Хатти-гол р. 447
 Хахарейское м-ние 448
 Хацавитая р. 449
 Хибины 489, 511, 519
 Хизавара м-ние 58
 Хилонский р-н 369
 Хинган Малый хр. 200
 Хлебодаровка ст. 121
 Хлыстуновка сел. 119
 Хмелевский р-н 118
 Ходжент г. 59, 491
 Холодильник гора 132
 Хонда р. 196
 Хорбачиха р. 195
 Хорезмский оазис 128
 Хоринка р. 561
 Хорог В. 519
 Хорок р. 447
 Хорольское м-ние 202
 Хоцевато м-ние 181, 203
 — сел. 173, 181
 Храмы р. 127
 Хризолитный лог 437
 Хурзун сел. 125

Цаган-Гун р. 196, 197
 Цаган-Гунское м-ние 153
 Царев Курган 342
 Царицынское м-ние 341
 Цера гора 21, 450
 Ципа ст. 126, 304
 Цуцок ручей 450
 Цхал-цитела р. 359, 450

Чагино дер. 336
 Чалбуча р. 444
 Чамны-бурун гора 303
 Чанты-Аргун р. 359
 Чара р. 4
 Чарыш р. 132, 445
 Чаунская губа 61
 Чаусское сел. 131
 Чебарчеку гора 130
 Чебулинский р-н 131
 Чегем р. 359
 Челмужа р. 572
 Челябинск г. 243
 Челябинская обл. 123, 124, 188, 243, 257,
 354, 355, 476, 487—491, 499, 505—511,
 517, 519
 Челябинский масс. 96, 122
 Черек р. 359
 Черемисское сел. 122
 Черемуховая (Дорогой Утес) гора 443
 Черемхово ст. 196, 197
 Черемховский р-н 368
 Черепетский р-н 256
 Черкасский р-н 119
 Черкасы г. 115
 Черная р. 187
 Черновая р. 446
 Чернореченская ст. 132
 Чернушка ключ 448
 Черный Ташлык р. 118
 Чечено-Ингушская АССР 126, 327, 359

Чибагалах р. 60
 Чикаловский карьер 120
 Чикой р. 4
 Читинская обл. 134, 166, 197, 369, 489,
 491, 497, 499, 509—517
 Чкаловская обл. 125, 256, 326, 476,
 509
 Чукотский п-ов 4, 61
 Чулыш р. 131
 Чумай дер. 131
 Чупинский р-н 58
 Чурилка р. 132
 Чусовая р. 437
 Чусовское оз. 123, 303
 Чую р. 4

Шабровское м-ние 437, 493
 Шайтанка сел. 19, 20, 122, 428, 430, 434,
 513
 Шарапиха о-в 3, 113
 Шарташ оз. 123
 Шарыпова (Авязова) дер. 439
 Шах-Адам п-ов 128
 Шахтаминский р-н 166, 197
 Шевинское м-ние 156
 Шевия сел. 198
 Шевни (Живни) сел. 444
 Шенкурск г. 256—261
 Шепетовское м-ние 144
 Шеренбейское м-ние 438
 Шерлова гора 440, 441, 442, 452, 489,
 497
 Шершни разъезд 124
 Шидалай р. 358
 Шилка р. 61, 197, 198, 369, 443, 444
 Шильда ст. 125
 Шиморское м-ние 400
 Шира кур. 132, 367
 Ширяево дер. 451
 — м-ние 341—344, 476
 Шишимские горы 489, 491
 Шишма сел. 124
 Шода гора 21
 Шокшинское м-ние 143
 Шория 131
 Шор-су м-ние 363, 489
 Шполянский р-н 119
 Шрамовское м-ние 446
 Шубино сел. 59
 Шугнан 451, 519
 Шуерецкий р-н 55
 Шуерецкое м-ние 53—55, 86, 493
 Шулема р. 358
 Шумихинское займище 133
 Шуньга м-ние 329
 Шупшинское м-ние 357
 Шуя р. 55, 58

Щелково м-ние 335, 395, 400
 Щелковский р-н 336
 Щепиха зал. 111
 Щербатовка дер. 338
 Щурово 337
 Щучинский р-н 451

Экибастузский р-н 130
 Эльбрус 125

Зльтон оз. 256
 Эрмана хр. 440
 Эскулы р. 130
 Эхе-гол р. 196
 Эхирит-Булагатский р-н 369

Юго-Осетия 327, 360—362
 Южаково дер. 20, 122, 428, 432
 Южно-Заозерская дача 303
 Южно-Казахстанская обл. 130, 537
 Южный Олений о-в 329
 Юлдашева дер. 440
 Юлия рудн. 367
 Юмагузинский р-н 358
 Южная гора 440

Юра р. 131
 Юрма гора 437

Яблонец сел. 116
 Яблоновый хр. 4, 133, 440
 Якутская АССР 61, 134, 491, 495, 497,
 501, 505, 509
 Яма ст. 351, 394, 397—399
 Ям-Елга р. 439
 Ямполь г. 272
 Янгелька р. 439
 Янгельское м-ние 400
 Янско-Колымский р-н 60
 Янцево ст. 121
 Янцевское (Натальевское) м-ние 144
 Ярославская обл. 114, 256, 561



Редактор издательства А. Н. Жилин.

Подписано к печати 4/II 1941 г. Рлсо № 1331—602. А33247. Объем 37³/₄ печ. л. + 14 вкл.-
 Уч.-изд. л. 55,67. Тираж 1500 экз. Цена книги 36 р. 50 к.

1-я Образцовая типография Огиза РСФСР треста „Полиграфкнига“. Москва, Валовая, 28. Заказ № 3881

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

<i>Страница</i>	<i>Строка</i>	<i>Напечатано</i>	<i>Следует</i>
2	14 стр.	порфиновые	пегматитовые
2	11 стр.	перидотиты, пегматитовые	перидотиты, порфиновые
34	2 св.	Grena	Grenat
65	11 стр.	300 см	300 мм
294	после табли- цы 10 св.	кольцевой	контактной
356	6 св.	P_2O_5	R_2O_3
541	8 стр.	В шлифах	В шлихах

1934

1715