

5 ПРИРОДА

1980



Московскому университету

225 лет



Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1912 году



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Доктор биологических наук
А. Г. БАННИКОВ

Академик
Д. К. БЕЛЯЕВ

Академик
Ю. В. БРОМЛЕЙ

Доктор биологических наук
А. Л. БЫЗОВ

Заместитель главного редактора
член-корреспондент АН СССР
В. М. ГАЛИЦКИЙ

Заместитель главного редактора
В. А. ГОНЧАРОВ

Член-корреспондент АН СССР
Б. Н. ДЕЛОНЕ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Академик
Б. М. КЕДРОВ

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Л. КРЕТОВИЧ

Академик
К. К. МАРКОВ

Доктор философских наук
Н. Ф. ОВЧИННИКОВ

Заместитель главного редактора
В. М. ПОЛЫНИН

Заместитель главного редактора
член-корреспондент АН СССР
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Член-корреспондент АН СССР
Р. Б. ХЕСИН

Академик
Н. В. ЦИЦИН

Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРДТ

Доктор биологических наук
А. В. ЯБЛОКОВ



— символ межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (The Man and the Biosphere). Этим символом обозначены материалы, которые журнал «Природа» публикует в рамках участия в деятельности этой программы. Подробно о программе см.: «Природа», 1979, № 1, с. 28.

На первой странице обложки. Актовый зал в Главном корпусе Московского университета, построенном в 1793 г. М. Ф. Казаковым.

Фото Н. Н. Алексеева.

На четвертой странице обложки. Главное здание Московского университета на Ленинских горах, построенное в 1949—1953 гг. Л. В. Рудневым, С. Е. Чернышевым, П. В. Абросимовым, А. Ф. Хряковым.

Фото В. П. Дацкевича.

В НОМЕРЕ

МОСКОВСКОМУ УНИВЕРСИТЕТУ 225 ЛЕТ 3

Приветствие Президиума АН СССР 4

На торжественном заседании, посвященном юбилею Московского университета 6

Белявский М. Т. Из жизни старых университетских зданий 8

Олейник О. А., Янин В. Л. Ректор И. Г. Петровский 22

Калашников Я. А. Проблема синтеза алмазов 34

 Дьяков Ю. Т. Сопряженная эволюция растений и их паразитов 43

Четвериков С. С. Первый год в Московском университете 50

Ермаков Н. П. Термобарогеохимия минералов Земли и космоса 56

Клышко Д. Н. Фотоны и нелинейная оптика 66

Сафонова Н. И. Сокровищница книг и рукописей 75

Павлов В. Н. Гербарий Московского университета 84

КРАСНАЯ
КНИГА Смирин В. М., Смирин Ю. М. Моржи на Аракамчеченском лежбище 90 Абакумова Г. М., Евневич Т. В., Никольская Н. П. Прозрачность атмосферы в городе 96

Куликовский П. Г., Самусь Н. Н. Борис Васильевич Кукаркин и московская школа звездной астрономии 101

НОВОСТИ НАУКИ

49, 65, 100, 109

НОВЫЕ КНИГИ

Юбилейные книги Издательства Московского университета 122

В КОНЦЕ НОМЕРА

Канер В. В., Милев В. А. «День физика» в МГУ 124



*...Весьма помнить должно, чтобы
план университета служил во все
будущие роды.*

М. В. Ломоносов.

Московскому университету 225 лет

23 января 1755 г. был подписан Указ о создании Московского университета, и 7 мая состоялось его торжественное открытие.

В стенах Московского университета выросло не только множество замечательных представителей отечественной интеллигенции, здесь родился целый ряд научных и учебных учреждений, институтов, лабораторий, обществ, музеев и, наконец, журналов. В их числе можно назвать и наш журнал «Природа», который создавался группой профессоров Московского университета в памятном для его истории 1911 году¹. (Первый номер журнала вышел в январе 1912 г., одно из первых помещений редакции — Моховая, 24 — находилось рядом с университетом.)

Связь «Природы» (как и всей Академии наук) с Московским университетом органична. За 68 лет жизни «Природы» не было, по-видимому, номера, в котором не печатались бы авторы из МГУ. Профессора университета всегда составляли большинство редакционной коллегии нашего журнала. Уместно заметить, что сейчас в редакции работают выпускники десяти факультетов МГУ.

Поэтому естественным было желание редакционной коллегии журнала посвятить юбилею трижды орденоносного Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова специальный выпуск «Природы». Для этого не пришлось делать особых усилий. Читатель легко заметит, что это обычный номер нашего журнала, в нем представлены, как всегда, различные естественные науки, все рубрики и разделы «Природы», объединенные лишь одной общей чертой — авторы статей работают в Московском университете. В журнале публикуется несколько материалов исторического и мемуарного характера, которые, мы надеемся, с интересом будут встречены всеми, кому дорог «наш первый, наш Московский, наш Российский» университет.

Разумеется, на 128 страницах невозможно показать сколько-нибудь репрезентативно интенсивную исследовательскую деятельность университетских ученых. Это скорее ее «моментальная фотография», в чем-то случайная, но в целом, наверное, характерная.

Редакционная коллегия

¹Об известном «инциденте с Кассо», произошедшем в 1911 г., говорится далее в статье М. Т. Белявского. Характерно, что многие профессора университета, ушедшие в знак протеста в отставку, упоминаются в числе сотрудников журнала на его первой обложке 1912 г.



Приветствие Президиума АН СССР

ПРЕЗИДИУМ АКАДЕМИИ НАУК СССР сердечно поздравляет студентов, профессорско-преподавательский состав, научных сотрудников, рабочих и служащих Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени государственного университета имени М. В. Ломоносова со знаменательным юбилеем — 225-летием со дня основания и с награждением Университета орденом Октябрьской Революции.

Созданный по замыслу и проекту великого русского ученого М. В. Ломоносова, неутомимо боровшегося за прогрессивное развитие страны, за расцвет отечественной науки и подготовку высококвалифицированных специалистов из широких слоев русского народа, Московский университет стал крупнейшим высшим учебным заведением страны, одним из важнейших центров мировой науки и культуры. Гением Ломоносова были заложены славные традиции Московского университета — вера в высокое предназначение науки, культуры и просвещения, борьба за их материалистическую и демократическую направленность, за самобытность и смелость научной мысли, неустанные поиски ответов на самые острые вопросы общественной жизни.

Важнейшее значение в становлении Московского университета и развитии всего высшего образования в нашей стране получил замечательный ломоносовский принцип: не только «обучаться наукам, но и производить оные». Тесная связь педагогического процесса с научными исследованиями стала традиционной для Московского университета.

Академию наук и Московский университет всегда связывали неразрывные творческие узы. В организации, становлении и развитии Университета самое деятельное участие принимали передовые представители русской науки, — члены Академии наук, ученики и последователи Ломоносова. Сотни километров, разделявшие многие годы Академию наук в Петербурге и Университет в Москве, никогда не являлись препятствием для их духовного единства, не ослабляли общности их научных, идейных и демократических устремлений.

Московский университет за годы своего существования дал Родине около двухсот тысяч высококвалифицированных специалистов. Его питомцами явились многие выдающиеся ученые, талантливые литераторы и деятели искусства, вдохновители и организаторы револю-

ционного движения в России. Из стен Московского университета вышли И. М. Сеченов, Н. И. Пирогов, С. П. Боткин, П. Л. Чебышев, Н. А. Умов, Ф. А. Бредихин, А. Г. Столетов, Н. Е. Жуковский, С. А. Чаплыгин, С. И. Вавилов, М. В. Келдыш и многие другие прославленные ученые, создавшие крупнейшие научные школы. Их выдающийся вклад в науку, неутомимая борьба за передовые материалистические принципы в естествознании сыграли важную роль в развитии отечественной и мировой науки.

В Московском университете учились классики русской литературы Д. И. Фонвизин, В. А. Жуковский, А. С. Грибоедов, М. Ю. Лермонтов, И. А. Гончаров, А. Н. Островский, И. С. Тургенев, А. П. Чехов и другие выдающиеся писатели и поэты, оказавшие огромное влияние на развитие отечественной и мировой литературы.

Московский университет всегда был не только центром просвещения, науки и культуры, но и очагом передовых революционно-демократических идей, положивших начало революционно-освободительному движению в России. С Московским университетом связаны имена А. Н. Радищева, многих декабристов, В. Г. Белинского, А. И. Герцена, Н. П. Огарева и других выдающихся революционных демократов, начавших борьбу за переустройство общества, за материалистическую философию, за высокую идейность литературы и искусства.

Видное место принадлежит Московскому университету в развитии и распространении в России идей марксизма. Первый марксистский кружок в университете был создан уже в 1889 г. Студенты и преподаватели Московского университета принимали активное участие в революции 1905 г., что получило высокую оценку В. И. Ленина, назвавшего Московский университет революционным университетом.

После Великой Октябрьской социалистической революции началась новая эпоха в истории Московского университета. Коммунистическая партия и Советское правительство создали необходимые условия для быстрого, широкого и всестороннего развития учебной, научной и материальной базы Московского университета. Университет стал подлинной кузницей высококвалифицированных кадров для многочисленных отраслей народного хозяйства, науки и культуры.

В наши дни широкое развитие получили в МГУ многие важнейшие направления исследований в области естествознания и гуманитарных наук. Этому способствуют тесные творческие связи ученых Академии наук СССР и Московского государственного университета. 120 академиков и членов-корреспондентов Академии наук СССР, свыше пяти тысяч докторов и кандидатов наук ведут сейчас педагогическую и научно-исследовательскую работу в МГУ.

Многочисленные воспитанники МГУ, его профессора, преподаватели, научные сотрудники и студенты выполняют огромную работу по умножению производительных сил страны, укреплению ее могущества, дальнейшему развитию многонациональной советской культуры, по просвещению и коммунистическому воспитанию трудящихся.

Президиум Академии наук СССР желает славному коллективу Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова новых успехов в важнейшем деле подготовки кадров для народного хозяйства, науки и культуры, новых достижений в научно-исследовательской деятельности, вносящей весомый вклад в научно-технический прогресс нашей Родины.

23 января 1980 г.

На торжественном заседании, посвященном юбилею Московского университета

23 января 1980 г. в Москве, в Колонном зале Дома Союзов, состоялось торжественное заседание, посвященное 225-летию со дня основания Московского университета и вручению коллективу ордена Октябрьской Революции, которым университет награжден за большие заслуги в подготовке высококвалифицированных специалистов, значительный вклад в развитие науки и культуры и в связи с юбилеем. В президиуме торжественного заседания находились видные деятели партии и правительства, руководители Академии наук СССР, представители партийных, советских и общественных организаций, прибывшие на торжества делегации университетов социалистических стран, ректоры университетских центров Испании, Мексики, США, Японии.

С речью выступил член Политбюро ЦК КПСС, первый секретарь МКК КПСС В. В. Гришин. Он огласил Указ Президиума Верховного Совета СССР о награждении МГУ орденом Октябрьской Революции и под бурные аплодисменты собравшихся прикрепил награду к знамени университета.

Среди выступивших с поздравлениями коллективу университета были министр высшего и среднего специального образования СССР В. П. Елютин, президент АН СССР А. П. Александров, ректор Карлова университета в Праге З. Чешка, ректор Киевского университета М. У. Белый, Генеральный секретарь Международной ассоциации университетов Д. Эткин. А. П. Александров передал в дар университету копию хранящегося в Архиве АН СССР письма М. В. Ломоносова графу И. И. Шувалову об учреждении Московского университета.

От имени 80-тысячного коллектива МГУ с речью выступил ректор Московского уни-

верситета, вице-президент АН СССР А. А. Логунов. Он выразил сердечную благодарность партии и правительству за высокую оценку деятельности Московского университета. Возникновение Московского университета, сказал А. А. Логунов, было продиктовано настоятельными потребностями социально-экономического и культурного развития страны. Это была победа прогрессивных сил и удар по крепостническому строю.

А. А. Логунов отметил в своей речи величайшую заслугу гениального русского ученого-энциклопедиста Михаила Васильевича Ломоносова в деле выдвижения проекта, организации и создании первого университета в России.

В Московском университете, в противоположность тому, что было нормой для заграничных университетов, не было создано богословского факультета, более того, богословие даже не преподавалось. Были созданы следующие три факультета: философский, медицинский и юридический. Ломоносов особенно большое значение придавал развитию физики и химии, их преподаванию в новом университете. В те времена во всех иностранных университетах преподавание вела на латинском языке. Ломоносов стоял за то, чтобы в Московском университете лекции читали по-русски.

В 1756 г., через год после открытия университета, при нем были созданы издательство и типография. Типография начала свою деятельность изданием сочинений М. В. Ломоносова. Она выпускала труды университетских профессоров, оригинальные русские и переводные учебники, исторические документы.

Особенного развития издательская деятельность университета достигла в 80-х го-

дах XVIII в., когда ее возглавлял крупнейший русский просветитель Н. И. Новиков, воспитанник университета. Он придал деятельности университетской типографии небывалый размах. За десять лет он выпустил свыше 700 книг.

Во время Отечественной войны 1812 г. многие студенты встали в ряды ополчения. Именно в это время магистр университета А. С. Грибоедов, готовящийся на «чин доктора», записался добровольцем в гусарский полк. Особенно почетная роль в Отечественной войне принадлежала медицинскому факультету университета. Большинство профессоров и студентов этого факультета ушли в армию помогать раненым.

Живительный дух свободы, революционного порыва взрастил в университете для России 64 декабриста — около трети всех участников тайных революционных организаций. М. П. Бестужев-Рюмин, П. Г. Каховский, С. П. Трубецкой, Н. М. Муравьев, Н. И. Тургенев, И. Д. Якушкин и другие бросили бесстрашный вызов самодержавию и деспотизму. Светочами передовой революционно-демократической мысли в России стали питомцы Московского университета Н. И. Новиков, В. Г. Белинский, А. И. Герцен, Н. П. Огарев; их могучее, страстное слово активно содействовало формированию революционного сознания народа, было мощным ускорителем духовного пробуждения России.

В конце XIX в. в России начинают возникать марксистские кружки среди студенческой молодежи. Одним из первых кружков в Москве был кружок студента Московского университета В. К. Курнатовского, впоследствии ученика и соратника В. И. Ленина. В дни декабрьского вооруженного восстания 1905 г. студенты университета сражались на баррикадах вместе с рабочими.



Вручение награды Московскому университету.

Фото В. С. Лапкина.

А. А. Логунов подчеркнул, что в первые же десятилетия Советской власти начался рост и обновление университета. Если в 1917—1918 гг. он объединял четыре факультета, то к 1941 г. в его составе их было уже семь.

С первых же дней после Великого Октября Московский университет выполнял не только ответственную задачу по созданию кадров советской интеллигенции, но и был одним из тех, кто возглавил процесс становления советской науки, опираясь на традиции передовой русской науки.

В суровые годы Великой Отечественной войны свыше пяти тысяч профессоров, преподавателей, студентов, аспирантов, рабочих и служащих университета сражались в рядах Советской Армии. Восемь питомцев МГУ присвоено звание Героя Советского Союза.

К своему 225-летию, сказал А. А. Логунов, Московский университет приходит в составе 17 факультетов, 2 учебных и 4 научно-исследовательских институтов. Он стал основой для развития многих учебных и научных учреждений страны.

Пожалуй, трудно назвать отрасль науки, актуальную для 80-х годов XX в., которая не была бы представлена в университете, по которой бы мы не готовили кадры. Отличительная черта обучения специалистов в университете — сочетание фундаментальности и широты подготовки с творческим характером обучения, традицией широкого участия студентов в научных изысканиях.

Университет занимает ведущее место по уровню квалифицированных преподавательских кадров. Среди преподавателей 22 Героя Социалистического Труда, 161 лауреат Ленинской и Государственной премий, 76 заслуженных деятелей науки, 115 лауреатов Ломоносовской премии.

Сегодня в центре внимания ученых университета

актуальнейшие научные проблемы — изучение и освоение космоса, исследования в области физики атомного ядра и физики высоких энергий, проблем химии, биологии и геологии, изучение Мирового океана, охрана окружающей среды, изучение природных ресурсов СССР, проблем сельского хозяйства. Специалисты гуманитарных факультетов исследуют проблемы мирового развития и международных отношений, развитие революционного процесса, закономерности перехода от социализма к коммунизму, фундаментальные проблемы филологии, журналистики, права, психологии.

Большое внимание уделяется решению практических задач.

Московскому университету, сказал в заключение А. А. Логунов, наша страна, советский народ, наша партия определяют один из главных, важнейших постов в борьбе за нового человека, за развитие науки, в борьбе за построение коммунизма. И мы приложим все силы, все знания, чтобы выполнить эту ответственную миссию.

Из жизни старых университетских зданий

М. Т. Белявский



Михаил Тимофеевич Белявский, доктор исторических наук, профессор кафедры истории СССР исторического факультета МГУ. Автор работ по истории России XVIII в., истории русской литературы и общественно-политической мысли, истории МГУ. В частности, ему принадлежат монографии: М. В. Ломоносов и основание Московского университета. М., 1955; Наш первый, наш Московский, наш Российский (в соавторстве с В. В. Соколкиным). М., 1970.

Мы говорим: «Московский университет», и перед нашими глазами автоматически возникает комплекс университетских зданий на Ленинских горах. Он так прочно вошел в жизнь нашей Москвы и всей страны, что кажется — он всегда там был. Кстати сказать, еще 205 лет тому назад ученые университета обратились к Екатерине II с доношением, в котором писали, что в центре города нет условий для развития учебной и научной работы. Они предлагали перевести первый русский университет на Воробьевы (ныне Ленинские) горы, где удобно расположить обсерваторию, разбить ботанический сад, проводить занятия по ботанике, геодезии, механике и другим наукам, где можно построить дома для преподавателей и общежития для студентов, завести бумажную фабрику для университетской типографии, где, наконец, студенты смогут отдыхать после занятий. Но у Екатерины не нашлось на это средств, и мечта университетских профессоров сбылась только 178 лет спустя.

Старейший русский университет, основанный М. В. Ломоносовым, начал свою жизнь в майское утро 1755 г. на Красной площади, в старом доме, построенном для одного из приказов XVII в. Этот дом, находившийся на том месте, где сейчас стоит здание Исторического музея, уже через

несколько месяцев оказался тесен и неудобен. И годовалый университет шагнул через речку Неглинку, Охотный ряд на тесную Моховую улицу (ныне часть проспекта Маркса). Здесь университет купил старинный большой дом князя Репнина, куда и переместился центр университетской жизни. Идут годы, растет число студентов и преподавателей, возникают новые лекционные курсы, расширяются научные исследования, и университет приобретает дома и усадьбы по соседству с домом Репнина. Так, в 70—80-х годах XVIII в. были куплены земельные владения и дома Ивашкина, Барятинского, Фонвизинных, Волконских, а в начале 90-х годов к университету присоединены участки двух церквей. На месте дома Фонвизинных был построен анатомический корпус университета, в доме Ивашкина проводились занятия, для различных целей использовался дом Барятинского, но самое большое значение имела обширная его усадьба с оранжереями. Здесь возник «аптекарский огород» — питомник лекарственных трав для медиков университета и было положено начало университетскому ботаническому саду. Правда, вскоре он переселился на большой участок, подаренный университету на 1-й Мещанской улице (современный проспект Мира).

А в конце 80-х годов XVIII в., когда

дом на Красной площади и дом Репнина окончательно обветшали и теснота стала уже совершенно невозможной, началось строительство нового Главного корпуса университета. Его осуществлял выдающийся русский зодчий Матвей Казаков. Стоит заметить, что это было первое в России здание, которое строилось специально для учебного заведения, и это четко отразилось на его архитектурном оформлении и планировке.

Как и Петровский (ныне Академия им. Н. Е. Жуковского) и оставшийся недостроенным Царицынский дворцы, сооружавшиеся в это же время М. Ф. Казаковым, здание университета было построено из красного кирпича, на фоне которого выделялся восьмиколонный портик с фронтоном, портики крыльев, наличники окон — из белого камня. Построенный в стиле классицизма, отличавшийся монументальностью и резко выделявшийся на фоне небольших домов Моховой и Охотного ряда, Главный университетский корпус был тем не менее лишен свойственной классицизму пышности и торжественности. На первый план выступала простота и строгость, что соответствовало его назначению.

Мощный цоколь корпуса вмещал полуподвальный и частично подвальный этаж, где располагались склады и прочее хозяйство, жили истопники, сторожа, уборщики. Высокое белокаменное крыльцо над аркой, через которую можно было пройти в университетский двор, вело на первый этаж. Оформленный довольно скромно, сравнительно невысокий первый этаж использовался для учебных и административных целей. Главным был бельэтаж. Он выделялся своими размерами, парадностью, декором. Там находился архитектурный центр интерьера — великолепный полуциркульный колонный зал. Это был Актальный зал университета с мощными и изящными колоннами, фризом, расписным плафоном купола. С ним перекликались два более скромных круглых зала в крыльях корпуса. На этом этаже помещались и аудитории для лекционных курсов. Лишенный всяких украшений, невысокий третий этаж предназначался для общежития студентов и гимназистов, находившихся на казенном содержании.

Казаковский корпус создавал хорошие условия для учебной и научной работы, но он не простоял и двух десятков лет, сожженный французами в 1812 г. От него остались только стены. Вместе со зданием погибли все университетские приборы,

инструменты, оборудование учебных и научных кабинетов, библиотека, собрание древнерусских рукописей, архив. Уцелело буквально несколько реликвий. Так, студенту, а впоследствии профессору университета И. М. Снегиреву удалось сохранить несколько книг документов, относящихся к первым десятилетиям жизни университета. А под грудой кирпича, полуогоревших балок, углей и пепла был обнаружен механизм больших часов, стоявших в кабинете ректора университета. Сгорел их футляр, расплавились циферблат и стрелки, а механизм, к всеобщему удивлению, сохранился. Часам сделали новый футляр, восстановили недостающие части и поставили их на прежнее место. Там они стоят и сейчас.

Казаковское здание в 1819 г. было восстановлено архитектором Д. И. Жиллярди, который сохранил внутреннюю планировку корпуса, но существенно изменил фасад, придав ему типичные для того времени формы ампира. Цоколь он одел в белый камень, нижний этаж снабдил рустом, все здание покрыл штукатуркой, белокаменный декор заменил лепкой, сделал более монументальными портик и фронтон, за колоннами портика поместил скульптурный фриз из белого мрамора, значительно увеличил размеры купола и воздвиг перед зданием массивную литую чугунную ограду.

За более чем полтора века, прошедших с тех пор, как здание было восстановлено Жиллярди, оно внутри не раз перепланировалось. Неприкосновенными остались лишь Актальный зал (он изображен на первой странице обложки журнала), расположенный в Главном корпусе, и круглые залы, находящиеся в его крыльях. А они как раз связаны с множеством событий и замечательных людей.

Актальный зал. Здесь происходили защиты докторских диссертаций Н. Е. Жуковского, С. А. Чаплыгина, В. О. Ключевского, В. И. Вернадского, Д. Н. Анучина, П. Н. Лебедева, К. А. Тимирязева и многих других корифеев русской науки. На защиту диссертации в 1845 г. историком Т. Н. Грановским явилось более 700 студентов. Они шумели и не давали говорить оппонентам, а после защиты устроили Грановскому оvation и на руках вынесли его из зала.

В Актальном зале праздновалось столетие университета, звучали знаменитые речи И. С. Тургенева и Ф. М. Достоевского в честь открытия в 1880 г. памятника А. С. Пушкину, отмечались юбилей

М. В. Ломоносова, А. С. Грибоедова и Н. В. Гоголя. Здесь чествовали в дни их юбилеев ученых и питомцев университета Н. И. Пирогова, М. А. Мензбира, А. П. Павлова и многих других, чьи имена навеки вписаны в историю нашей науки и культуры. Здесь ректор вручал дипломы И. А. Гончарову, И. М. Сеченову, А. П. Чехову, Д. А. Фурманову, С. И. Вавилову, М. В. Келдышу.

В середине XIX в. в Актовом зале читали свои знаменитые публичные лекции историки Т. Н. Грановский, С. М. Соловьев и биолог-эволюционист К. Ф. Рулье.

С 60-х годов XIX в. Актовый зал стал как бы центром студенческих волнений и антиправительственных выступлений. Здесь проходили массовые студенческие сходки. На первую из них 30 сентября 1861 г. собралось более тысячи студентов, а сходка 12 октября завершилась первой в Москве уличной демонстрацией и жесточайшей расправой с ее участниками.

В конце 90-х годов студенческие волнения резко возросли. Царское правительство ответило на это массовыми исключениями, арестами и «Временными правилами» 1899 г. «об отдаче студентов в солдаты за учинение скопом беспорядков в учебных заведениях и вне оных».

В феврале 1901 г. Москва впервые увидела красные флаги в окнах Актового зала и первые баррикады, сооруженные студентами. В университете были введены еще более реакционные правила, но в январе 1902 г. Актовый зал снова стал свидетелем студенческих волнений. Снова над университетом подняты красные флаги, и забаррикадовавшиеся студенты только после упорной борьбы были захвачены войсками и полицией.

Вспомним еще одну сходку 9 сентября 1905 г., собравшую более четырех тысяч человек и принявшую резолюцию, которая требовала свержения самодержавия, созыва Учредительного собрания и провозглашения демократической республики. Добавим к этому, что в курсовых студенческих сходках участвовали К. А. Тимирязев, И. М. Сеченов, Н. А. Умов, что ряд профессоров выступали с протестом против исключения и ареста студентов за участие в забастовках и волнениях, что питомец университета Леонид Собинов систематически выступал с концертами для сбора средств в помощь арестованным и сосланным студентам.

Актовый зал университета был местом, где происходили научные съезды, конференции, годовичные собрания уни-

верситета, на которых выступали астроном Ф. А. Бредихин, физик А. Г. Столетов, химик Н. Д. Зелинский и многие другие ученые. В январе 1894 г. происходил IX съезд русских естествоиспытателей, открывшийся блестящей речью К. А. Тимирязева «Праздник русской науки» и ознаменовавшийся не менее яркими докладами И. М. Сеченова, Н. А. Умова, А. Г. Столетова. В Актовом зале университета работала секция статистики съезда. На ее заседаниях присутствовал В. И. Ленин, получивший билет через своего брата Дмитрия, тогда студента медицинского факультета.

В Актовом зале не раз происходили наиболее важные из заседаний основанных университетом научных обществ. На заседаниях Общества любителей российской словесности выступал Лев Толстой, здесь он читал еще не опубликованные страницы «Анны Карениной» и «Смерти Ивана Ильича». Бывали на этих заседаниях Горький и Чехов.

Можно вспомнить еще немало примечательных событий и имен, связанных с Актовым залом университета, но, кажется, пора остановиться. Скажем только, что вестибюль, занятый сейчас гардеробом, и лестница, ведущая в Актовый зал, связаны с рождением первого русского профессионального театра в Москве. А вырос он из студенческой любительской труппы, первые спектакли которой проходили на сцене, сооружавшейся перед лестницей. Здесь начали свою блистательную артистическую карьеру студенты университета С. Н. Сандунов и П. А. Плавильщиков.

По сторонам от Актового зала располагались университетская библиотека, первый в университете публичный музей — Музей естественной истории, основанный профессором Ф. Г. Политковским, и лекционные аудитории. Главная из них находилась там, где сейчас размещаются Музей и Институт антропологии, основанные Д. Н. Анучиным и носящие его имя. Даже просто перечислить самых ярких людей из тех, кто поднимался на кафедру этой аудитории, и тех, кто сидел на студенческих скамьях, невозможно. Поэтому ограничимся упоминанием лишь двух событий.

И. А. Гончаров рассказывал, как восторженно встретили студенты А. С. Пушкина, который 27 сентября 1832 г. присутствовал здесь на лекции по истории литературы, как после лекции он в споре с профессором М. Т. Каченовским «горячо отстаивал подлинность древнерус-



Здание земского приказа на Красной площади, в котором 7 мая 1755 г. открылся Московский университет [слева]. Акварель мастерской Ф. Я. Алексеева. Конец XVIII — начало XIX в.

ского эпоса» — «Слова о полку Игореве». Не случайно именно в этой аудитории была устроена выставка к 100-летию со дня рождения Пушкина, привлекавшая внимание всей Москвы.

А за год до посещения Пушкиным университета в главной аудитории прошло одно из первых открытых выступлений студентов против реакционеров от науки. 16 марта 1831 г. студенты устроили шумную обструкцию М. Я. Малову, которому министерство присвоило звание профессора, несмотря на то, что еще в 1815 г. он позорно провалился на защите своей докторской диссертации «Монархическое правление есть самое превосходное из всех других правлений». Тогда против диссертанта выступал будущий декабрист студент Степан Семенов. Теперь в обструкции против новоявленного профессора участвовали члены кружков А. И. Герцена — Н. П. Огарева и М. Ю. Лермонтова, кото-

рые с позором изгнали Малова из аудитории, свистом и криками проводили его до университетской ограды.

А в январе 1920 г., в день 50-летия со дня смерти великого революционера-демократа А. И. Герцена, перед зданием университета по ленинскому плану монументальной пропаганды были заложены памятники Герцену и Огареву (они были изваяны скульптором Н. А. Андреевым и установлены два года спустя). В этот же день улицы в районе университетского квартала получили новые имена: Герцена, Огарева, Белинского и Грановского.

В марте 1966 г. на крыльце казачьего здания, по ступеням которого столько раз избегал Огарев, состоялся траурный митинг. Самолет доставил из Лондона в Москву урну с его прахом. Теперь он похоронен на Новодевичьем кладбище. А еще 12 лет спустя у подножья Воробьевых гор, где некогда звучала знаменитая клятва Герцена и Огарева, поднялся новый памятник.

Круглый зал в правом крыле здания со дня постройки и до 70-х годов нашего времени был резиденцией сначала прав-

Указ 1755 г. об учреждении в Москве университета.

Медаль, выпущенная в честь основания Московского университета. На лицевой стороне изображена императрица Елизавета. На обороте выбита женская фигура, олицетворяющая Россию, в окружении атрибутов наук и искусства. Медаль сделана по проекту Я. Штелина.

ления, а затем ректора университета. Здесь более полутора веков заседал Ученый совет университета, на котором решались важнейшие вопросы его жизни. Здесь обсуждались планы создания новых факультетов и кафедр, университетских институтов, лабораторий, экспедиций. Здесь рассматривался проект строительства комплекса на Ленинских горах. В 1911 г. на ректорский стол в круглом зале легли заявления Н. Д. Зелинского, В. И. Вернадского, С. А. Чаплыгина, П. Н. Лебедева и более 100 других ученых об уходе из университета в знак протеста против полицейского режима, установленного в университете министром просвещения Кассо.

А сейчас круглый «ректорский» зал — это мемориальный музей, носящий название «Кабинет-библиотека академика И. Г. Петровского», выдающегося математика, который почти четверть века возглавлял Московский университет¹.

В противоположном крыле корпуса находился круглый зал филологов, где читались основные их лекции и проходили заседания Общества любителей российской словесности. Здесь выступали историки С. М. Соловьев и В. О. Ключевский, филологи Н. С. Тихонравов, Ф. И. Буслаев, Ф. Ф. Фортунатов, Н. К. Гудзий, В. В. Виноградов, а на студенческих скамьях сидели И. С. Тургенев, М. Ю. Лермонтов, И. А. Гончаров, Б. Л. Пастернак, Д. А. Фурманов. Здесь читали свои стихи В. А. Жуковский и В. Я. Брюсов, здесь звучали голоса Льва Толстого, Н. С. Лескова, В. Г. Короленко, М. Горького, А. И. Куприна, И. А. Бунина, В. В. Вересаева, Д. Н. Мамина-Сибиряка. Общество любителей российской словесности было тесно связано с театрами Москвы; постоянными участниками его заседаний были М. С. Щепкин, М. Н. Ермолова, Л. В. Собинов, В. И. Немирович-Данченко, Н. Г. Рубинштейн. В этом, как хорошо сказала великая актриса М. Н. Ермолова, и

выступает «дивное единство науки с искусством».

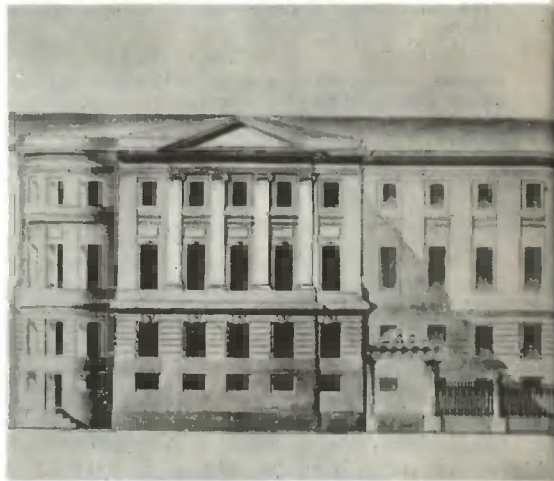
Покидая Главный корпус, вспомним, что в не существующей сейчас каморке студенческого общежития на третьем этаже (в 1858 г. общежитие было ликвидировано и осуществлена перепланировка всего этажа) в 1830—1831 гг. жил студент Виссарион Белинский. Там им был создан студенческий кружок, там он написал драму «Дмитрий Калинин». После ликвидации общежития правая часть этажа была передана Обществу испытателей природы в обмен на принадлежавший ему участок на Пресне, где университет построил первоклассную обсерваторию, связанную с именами и деятельностью Ф. А. Бредихина, А. А. Белопольского, В. К. Цераского, П. К. Штернберга, С. Н. Блажко.

В начале XIX в. владения университета значительно расширились и вышли на Долгоруковский переулок — современную ул. Белинского. Учебная и научная работа университетских медиков протекала в больничном корпусе, построенном одновременно с Главным корпусом. А в 1802 г. для медицинского факультета был приобретен участок и дом Мосолова. Тогда же на противоположной стороне квартала был куплен старинный дом князей Волконских и превращен в «ректорский» дом. В этом доме ректор И. А. Двигубский готовил многоотомное периодическое издание «Новый магазин естественной истории, физики, химии и сведений экономических», занимающее почетное место в истории русской науки. Кстати, в этом издании была опубликована первая работа студента А. И. Герцена. Часть дома Двигубский отдал для проведения физических опытов, астрономических наблюдений и для подготовки диссертаций. Другой ректор, А. В. Болдырев, часть своей квартиры отдал журналисту и этнографу Н. И. Надеждину, а тот пригласил В. Г. Белинского для помощи в издании журнала «Телескоп». В одной из комнат этого дома родились «Литературные мечтания» и другие произведения великого революционера-демократа. Третий ректор, историк С. М. Соловьев, весь дом отдал А. Г. Столетову для университетской физической лаборатории. Здесь работали А. Г. Столетов и Н. А. Умов и сложилась знаменитая школа физики. В маленькой комнатке второго этажа П. Н. Лебедев начал проводить свои исследования по измерению давления света.

¹ См. далее статью О. А. Олейник и В. Л. Янина. — Прим. ред.

Проект Главного корпуса Московского университета. Чертеж М. Ф. Казакова.

Вид на университет и прилегающие к нему кварталы. Акварель конца XVIII в.



В 1903 г., после многолетних хлопот А. Г. Столетова и Н. А. Умова, был построен корпус Физического института, открывавший новые возможности для развития науки, и под руководством П. Н. Лебедева впервые в стране возник научный коллектив, работающий над единой проблемой. В 20—40-х годах здесь работали В. К. Аркадьев, С. И. Вавилов, И. Е. Тамм, И. В. Курчатов, П. П. Лазарев, Л. И. Мандельштам.

«Ректорский» дом был сильно перестроен в 1904 г. и превращен в обычный жилой. Сейчас он используется хозяйственно-административной службой гостиницы «Националь» и, к сожалению, никак не отмечен.

В 80—90-х годах прошлого века на пустырях Девичьего поля (Пироговские улицы) возник прекрасный университетский клинический городок. На Моховой у медиков остался лишь анатомический корпус. Медицинский корпус, построенный в 1878 г., перешел к химическому факультету. В 1887 г. вырос большой новый корпус химической лаборатории. Почти шесть десятилетий ею руководил Н. Д. Зелинский. Здесь сложилась, развилась, приобрела мировое значение созданная им школа химиков-органиков, к которой принадлежат А. Н. Несмеянов, С. С. Наметкин, А. А. Баландин, Б. А. Казанский. Н. Д. Зелинский и жил в этом доме. Сейчас в его квартире мемориальный музей.

На месте больничного корпуса в 1896—1902 годах на Б. Никитской улице (ныне ул. Герцена) были построены зоологический корпус с большим музеем и ботанический корпус, в которых работали





замечательные биологи К. А. Тимирязев, А. Н. Северцов, Н. К. Кольцов, М. А. Мензбир, Н. М. Кулагин, А. Л. Курсанов, А. Н. Белозерский. Кстати, проходя по ул. Герцена, посмотрите на крышу бывшего ботанического корпуса. Вы увидите какое-то странное сооружение. Это остатки устроенной там К. А. Тимирязевым оранжереи, в которой он выращивал демонстрационный материал для лекций. В пристройке между Главным и ботаническим корпусами начала свою работу кафедра медицинской химии, возглавляемая В. С. Гулевицем.

В 1893 г. на месте старого анатомического корпуса был построен большой физиологический. Вспомним обстоятельства, связанные с его строительством. В конце 80-х годов травля со стороны реакционеров всех мастей вынудила И. М. Сеченова уйти из Петербургского университета. Не нашлось ему места и в других учебных заведениях Петербурга. С большим трудом А. Г. Столетов смог принять на факультет всемирно известного ученого на скромное место ассистента, а М. А. Мензбир — выкроить для него уголок в своей лаборатории. И Сеченов читает циклы платных лекций, чтобы купить приборы и инструменты, без которых невозможно ни преподавание, ни научные исследования. Лишь через два года он получил профессорскую кафедру, а еще через два года на частные, а не на казенные средства был построен физиологический корпус. Здесь начались исследования, оказавшие огромное влияние на развитие медицины и ряда отраслей естествознания.

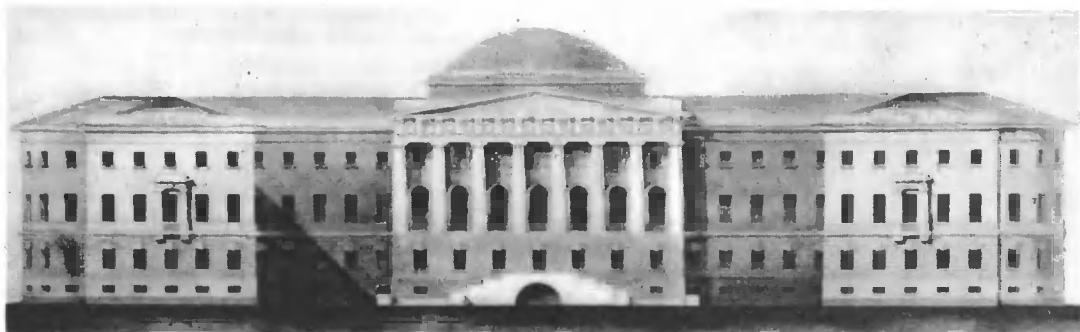
В начале XX в. по соседству с «ректоромским» домом строится агрономический корпус, где разворачиваются блестящие исследования А. Н. Сабанина, Д. Н. Прянишникова, их учеников и соратников. Надстроенный и расширенный в 1940 г., этот корпус принял и географов, вышедших из школы Д. Н. Анучина. Здесь сложилось новое направление в экономической географии, яркими представителями которой были Н. Н. Баранский и И. А. Витвер.

В университете существовала своя крупная геологическая школа. Однако геологи долго ютились в тесных и малоприспособленных для работы помещениях Главного корпуса. А. П. Павлов и В. И. Вернадский еще в 1907 г. разработали проект Геологического института, но строительство здания затянулось на 11 лет. Выросший на Моховой улице рядом с казаков-

ским зданием на месте старого аптечного корпуса, Геологический институт был построен архитектором Р. И. Клейном в стиле Главного корпуса. Почти весь его нижний этаж был отведен под Минералогический, Петрографический и Палеонтологический музеи, созданные из замечательных коллекций К. Ф. Рулье, В. О. Ковалевского, А. П. Павлова, М. В. Павловой, В. И. Вернадского, А. Е. Ферсмана и других геологов. Второй и третий этажи занимали прекрасная библиотека, лаборатории и аудитории. Геологи говорили с гордостью: «Здание построено на 100 студентов (тогда студентов-геологов было 10—15 человек) и на 100 лет». Число студентов института скоро действительно дошло до сотни, а вот в составе университета он пробыл немногим более десяти лет. На его базе был создан самостоятельный Геологоразведочный институт, к которому отошли и музеи, и лаборатории, и библиотека. Опыт очень скоро показал, что геологический факультет в составе университета необходим, и он был воссоздан. Но начинать пришлось все сначала.

Особое место среди зданий университетского квартала занимает стоящий против ул. Белинского, на левой стороне ул. Герцена сравнительно небольшой особняк XVIII в. Он был построен Казаковым одновременно с Главным корпусом для графа В. Орлова-Мещерского. После пожара 1812 г. особняк был восстановлен с изменениями, характерными и для Главного корпуса. В XIX в. он утратил правое крыло, а левое было надстроено, перестроено и превращено в «доходный» жилой дом. В 1934 г. это здание было передано МГУ для восстановленного в нем исторического факультета. Здесь работал весь цвет советской исторической науки: Б. Д. Греков и М. Н. Тихомиров, Н. М. Дружинин и Е. В. Тарле, С. Д. Сказкин, А. В. Арциховский, В. И. Пичета и другие выдающиеся историки.

Университет шагнул на другую сторону Б. Никитской улицы еще в 1832 г. Был куплен недостроенный и начавший разрушаться трехэтажный жилой дом, который в конце XVIII в. возводился В. И. Баженовым. Здание достроил и перестроил архитектор Е. Д. Тюрин. Он же перестроил лучше сохранившийся флигель дома, выходивший на Б. Никитскую улицу. Кстати сказать, именно в этом флигеле до его перестройки началась жизнь Малого театра и состоялись первые выступления великого русского актера М. С. Щепкина. В ротонде флигеля,



Здание Московского университета, восстановленное после пожара 1812 г. Д. И. Жиларди. Чертеж А. Г. Григорьева.

Аудиторный корпус. Акварель Г. И. Барановского. 1840 г.

выходящего на современную площадь 50-летия Октября, разместилась университетская церковь, названная в честь св. Татьяны, день которой (25 января) почти совпадал с датой основания университета. Отсюда, из Татьянинской церкви студенты провожали в последний путь Н. В. Гоголя и почти всех замечательных университетских ученых XIX в. А в пятую

годовщину Октября место церкви занял студенческий университетский клуб.

В перестроенное Е. Д. Тюриным здание, получившее название Аудиторного корпуса, были перенесены все основные общие лекционные курсы. Здесь сложилась и окрепла знаменитая московская школа математиков, представленная именами Н. Н. Лузина, И. Г. Петровского, О. Ю. Шмидта и других ученых. Здесь развернули свои теоретические и экспериментальные исследования по аэро- и гидродинамике Н. Е. Жуковский и С. А. Чаплыгин. На балюстраде Аудиторного корпуса Н. Е. Жуковский построил одну из первых в мире аэродинамических труб.

В начале XX в. Аудиторный корпус был значительно перестроен архитекто-



Утвердительная грамота Московского университета, скрепленная государственной печатью. Утверждена вместе с Университетским уставом в 1804 г. Одна из немногих реликвий, избежавших судьбы прочих архивных документов университета, сгоревших в 1812 г. Экспонируется в Музее книги МГУ.

ром К. М. Быковским, который его расширил и соединил переходом со зданием, примыкавшим к Татьянинской церкви. В этом перестроенном корпусе проходили студенческие выступления, связанные со смертью Льва Толстого и Ленским расстрелом, здесь во время одной из лекций студент-большевик Г. Каминский объявил о февральской революции и свержении самодержавия, здесь в октябре 1919 г. на-

чал свою жизнь и работу один из первых и самых крупных рабфаков страны. Да разве перечислишь даже самые важные события, свидетельства которых были аудитории, кабинеты и стены знаменитого Аудиторного корпуса, на фронте которого было начертано «Наука — трудящимся!»

В октябре 1941 г. фашистская бомба разрушила корпус, оставив от него лишь коробку, пострадал и бюст М. В. Ломоносова работы скульптора С. И. Иванова, установленный в 1876 г. Однако здание было восстановлено еще в грозные дни войны. Работы велись под руководством архитектора С. А. Торопова. В 1944 г. в этом здании состоялись первые Ломоносовские чтения и были учреждены Ломо-

носовские премии за лучшие научные работы года. В 1957 г. перед Аудиторным корпусом установлен памятник М. В. Ломоносову.

Еще в начале XX в. по левую руку от Аудиторного корпуса К. М. Быковским было сооружено большое здание для университетской библиотеки, старейшей и одной из самых крупных в столице. Сейчас она носит название научной библиотеки им. А. М. Горького МГУ².

В 1912 г. в глубине за библиотекой был построен психологический корпус, а в 1930-х годах сильно перестроенный дом

² См. статью Н. И. Сафоновой в этом номере журнала. — Прим. ред.

СТАРЫЕ УНИВЕРСИТЕТСКИЕ ЗДАНИЯ

(См. схему на с. 20—21).

1. Главный корпус университета, построенный М. Ф. Казаковым в 1793 г. и перестроенный Д. И. Жилярди в 1818 г. В настоящее время в центральной части корпуса помещается Музей книги МГУ, Музей и Институт антропологии им. Д. Н. Анучина при МГУ; в правом крыле — Институт стран Азии и Африки при МГУ и мемориальный кабинет-библиотека И. Г. Петровского; в левом — Институт повышения квалификации преподавателей общественных наук при МГУ. На корпусе установлены мемориальные доски М. Ф. Казакову, В. И. Вернадскому и П. Н. Лебедеву.

2. Геологический институт университета. Построен в 1919 г. Р. И. Клейном. С 1930 г. — Московский геологоразведочный институт им. С. Орджоникидзе.

3. Анатомический корпус. Построен в 1928 г. С 1930 г. — 1-й Московский медицинский институт им. И. М. Сеченова.

4. Медицинский корпус. Построен в 1878 г. Сейчас — 1-й Медицинский институт.

5. Агрономический институт университета. Построен в начале XX в. Сейчас — помещения факультета психологии МГУ.

6. Физический институт университета. Построен в 1904 г. Сейчас — Институт радиотехники и электроники АН СССР.

7. «Ректорский» дом. Перестроенный особняк Волконских XVII в. Куплен университетом в 1802 г. С 1872 г. — физическая лаборатория. Сейчас — служебные помещения гостиницы «Националь».

8. Химическая лаборатория университета. Построена в 1878 г. Сейчас — учебные помещения МГРИ, Музей-квартира Н. Д. Зелинского. На здании — мемориальная доска Н. Д. Зелинскому.

9. Физиологический корпус. Построен в 1893 г. Сейчас — Институт нормальной физиологии им. П. К. Анохина АМН СССР, Мемориальный ка-

бинет И. М. Сеченова. На здании — мемориальные доски И. М. Сеченову и П. К. Анохину.

10. Зоологический корпус. Построен в начале XX в. Сейчас — Зоологический музей МГУ. На здании — мемориальная доска А. Н. Северцову.

11. Ботанический корпус. Построен в начале XX в. В настоящее время — помещения геологического факультета МГУ.

12. Лаборатория медицинской химии. Построена в начале XX в. Сейчас — помещения геологического факультета. На здании — мемориальная доска В. С. Гүлевичу.

13. Особняк Орловых-Мещерских. Построен М. Ф. Казаковым в 90-х гг. XVIII в. С 1934 г. — исторический факультет МГУ. В настоящее время — Издательство МГУ.

14. Университетский жилой дом. Построен в начале XX в. На доме — мемориальная доска К. А. Тимирязеву.

15. Аудиторный корпус. Построен в 1835 г. Е. Д. Тюриним и перестроен в 1904 г. К. М. Быковским. Сейчас — факультет журналистики МГУ. На корпусе — мемориальная доска К. Д. Ушинскому.

16. Новый аудиторный корпус, построенный К. М. Быковским в 1904 г.

17. Татъянская церковь университета. Построена Е. Д. Тюриним в 1835 г. Сейчас — Дом культуры МГУ.

18. Научная библиотека им. А. М. Горького МГУ. Построена К. М. Быковским в 1904 г.

19. Психологический корпус. Построен в 1912 г. Сейчас — Институт психологии АН СССР.

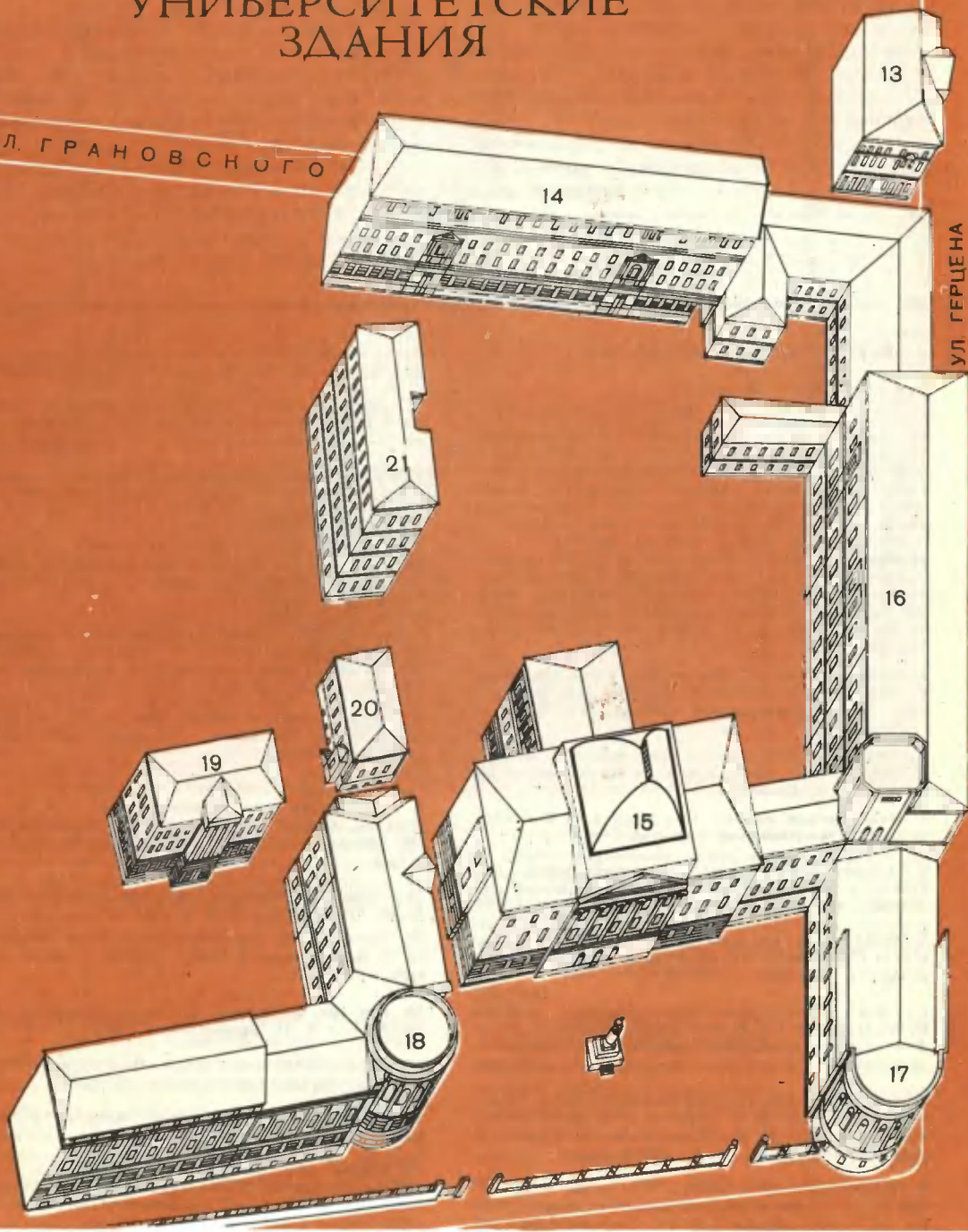
20. Типография университета, открыта в перестроенном доме XVI в. в 1930-х гг.

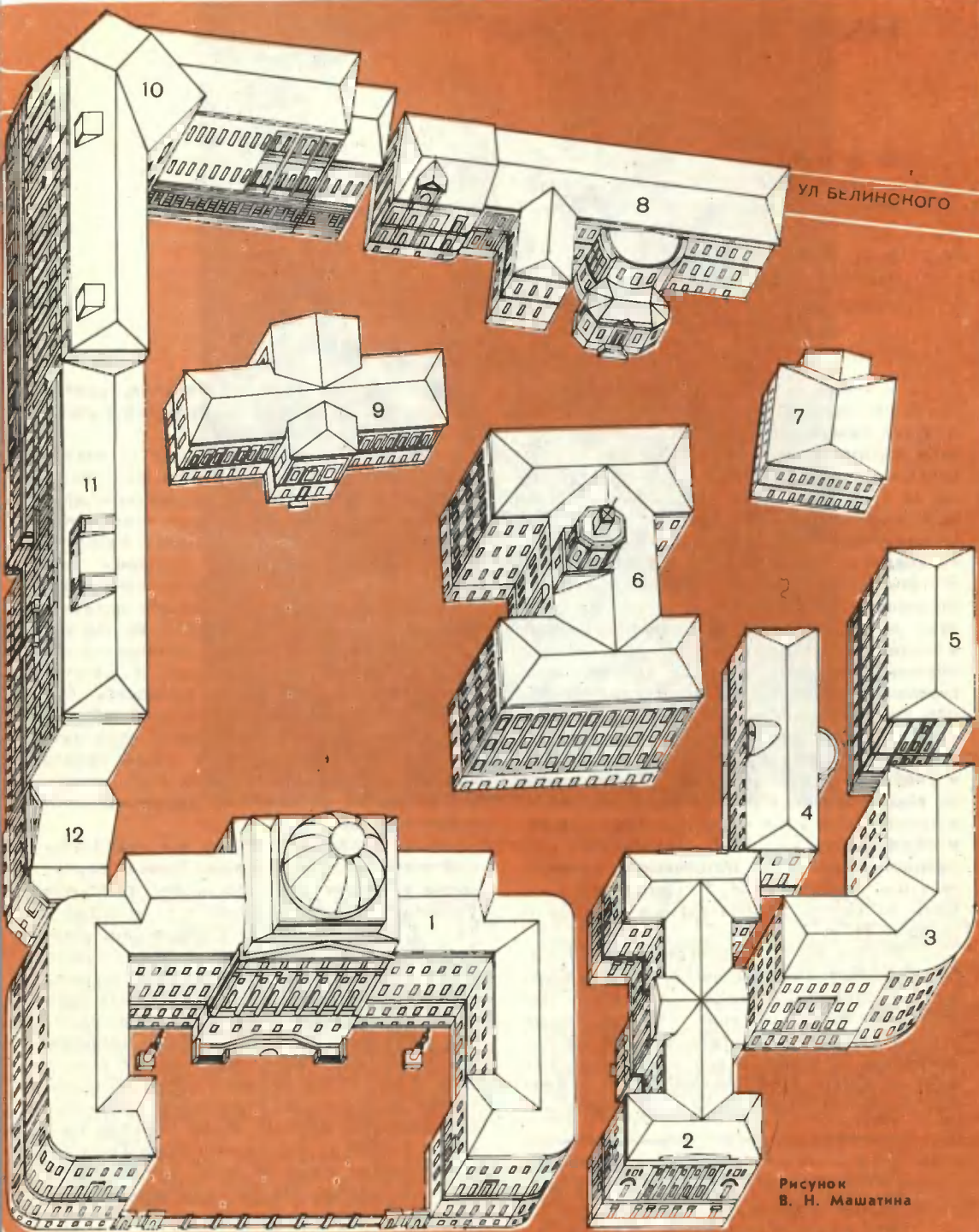
21. Жилой дом. Построен в конце XIX в. В его правом крыле — Музей-квартира К. А. Тимирязева. На доме — мемориальная доска К. А. Тимирязеву.

СТАРЫЕ УНИВЕРСИТЕТСКИЕ ЗДАНИЯ

УЛ. ГРАНОВСКОГО

УЛ. ГЕРЦЕНА





Ректор И. Г. Петровский

О. А. Олейник,

доктор физико-математических наук,
заведующая кафедрой дифференциальных уравнений механико-
математического факультета МГУ

В. Л. Янин,

член-корреспондент АН СССР,
заведующий кафедрой археологии исторического факультета МГУ

У входа в высотное здание Московского университета на Ленинских горах находится мемориальная доска со скульптурным портретом Ивана Георгиевича Петровского и надписью: «В этом здании с 1953 года по 1973 год работал выдающийся ученый и общественный деятель, Герой Социалистического Труда, ректор университета, академик Иван Георгиевич Петровский». За этими лаконичными словами кроется огромный труд замечательного математика и талантливого организатора науки в стенах Московского университета. Он был первым ректором в новых зданиях Московского университета на Ленинских горах, организовывал переезд и работу на новом месте, добивался, чтобы Московский университет был ведущим научным и учебным центром нашей страны, одним из самых мощных очагов развития науки и культуры во всем мире. В истории науки и образования имя И. Г. Петровского неразрывно связано с Московским университетом. Ректорство И. Г. Петровского — одна из самых замечательных страниц в истории МГУ.

Жизнь И. Г. Петровского была так богата событиями и делами, что сколь угодно подробный рассказ о нем мог бы составить большую книгу. О некоторых сторонах жизни и деятельности Ивана Георгиевича, а также о его математических работах писали А. Н. Колмогоров, Р. В. Хохлов, П. С. Александров и др.¹ Здесь мы

расскажем об Иване Георгиевиче, уделяя основное внимание его биографии и работе на посту ректора МГУ.

И. Г. Петровский родился 18 января 1901 г. недалеко от Брянска, в маленьком древнерусском городе, окруженном дремучими лесами и обширными живописными полями. Этот город носит название Севск и упоминается в летописи под 1146 г. как поселение Чернигово-Северской земли. В нем сохранились архитектурные памятники XVII—XVIII вв. До революции это был торговый купеческий город. Дед Ивана Георгиевича, в детстве лишившись родителей и оставшись без средств к существованию, воспитывался в монастыре, а затем начал свою трудовую деятельность мальчиком в лавке своего будущего тестя. Позднее он стал купцом и был одним из наиболее уважаемых жителей города.

На средства горожан и в значительной части на средства деда Ивана Георгиевича в Севске было построено реальное училище, в котором учился и которое в 1917 г. окончил И. Г. Петровский. Иван Георгиевич учился хорошо, особенно увлекался химией. Дома, в коридоре, он имел маленькую «лабораторию», где часто проводил различные опыты. Отец поощрял его любознательность и снабжал приборами. Иван Георгиевич очень любил своего отца, Георгия Ивановича Петровского, который до последних дней своей жизни был его большим другом. Умер Георгий Иванович в 1948 г. Его памяти Иван Георгиевич посвятил один из своих учебников.

По словам Ивана Георгиевича, преподавателя химии в реальном училище и его предмет любил весь класс, и многие ученики, в том числе и он сам, мечтали стать химиками. Реальное училище Иван

¹ Колмогоров А. Н. Иван Георгиевич Петровский. — «Успехи математических наук», 1974, т. 29; Хохлов Р. В., И. Г. Петровский и Московский университет. — Там же; Александров П. С., Колмогоров А. Н., Олейник О. А. Иван Георгиевич Петровский. — «Математика в школе», 1973, № 4.



Иван Георгиевич Петровский
(5 [18].1.1901 — 15.1.1973).

Георгиевич окончил лишь с двумя четверками: по математике и рисованию. По остальным предметам он имел пятерки.

Рисовать Иван Георгиевич любил. Сохранились его рисунки юношеских лет, выполненные с большим мастерством (портрет деда, портрет брата, пейзажи, виды Севска, копии картинок из различных книг и журналов). Всю жизнь Иван Георгиевич глубоко любил живопись. Его любимыми художниками были Рембрандт, Серов, Нестеров.

Учителем математики в реальном училище был инженер по образованию. Он недостаточно знал и не любил математику. В последнем классе училища проходили дифференциальное исчисление. Учитель говорил: «Дифференцировать я вас научу, это нетрудно, а вот что такое про-

изводная, объяснить я не смогу. Я вам продиктую, а вы запишете и выучите наизусть». Понятно, что такое преподавание математики не могло увлечь Ивана Георгиевича.

И. Г. Петровский еще до окончания реального училища решил, что будет заниматься наукой. Учитель математики не советовал поступать в университет. Он говорил: «Окончив математическое отделение университета, Вы можете стать только учителем математики, а окончив высшее техническое учебное заведение, Вы можете стать, как я, преподавателем математики, но у Вас будет также и много других возможностей».

Иван Георгиевич рассказывал, что дед, узнав о его решении посвятить себя науке, был потрясен и, закрывшись в своей

комнате, долго плакал. Рушились его планы. Дед рассчитывал, что внук будет продолжать его дело. Личность сильная и незаурядная, дед до конца своей жизни оставался главою семьи. Однако противодействовать внуку он не стал.

В 1917 г. по окончании реального училища И. Г. Петровский поступил на естественное отделение физико-математического факультета Московского университета, надеясь стать химиком или биологом. Однако учиться в университете в то время ему не пришлось. В 1918 г. И. Г. Петровский вместе со всей семьей переехал в г. Елисаветград (ныне Кировоград). Там он некоторое время служил конторщиком, а затем поступил учиться в механико-машиностроительный техникум. Случайно ему попала книга Н. Е. Жуковского по теоретической механике. Для чтения этой книги ему не хватало математических знаний и он старался получить эти знания из книг. Первой его книгой по математике была «Теория чисел» Дирихле. Эта книга, как вспоминал Иван Георгиевич, потрясла его красотой мыслей и фактов и навсегда повернула его интересы в сторону математики.

В 1922 г. И. Г. Петровский приезжает в Москву, с тем чтобы продолжать учиться в Московском университете. В этом же году он переводится с естественного отделения физико-математического факультета на математическое. Однако интерес к химии, физике, биологии он сохранил на всю жизнь и не раз выражал сожаление, что в молодости ему не пришлось серьезно заниматься этими науками.

В студенческие годы Иван Георгиевич мало слушал лекции и учился в основном по книгам. Он рассказывал, что ему много дало знакомство с курсом математического анализа Валле Пуссена.

Будучи студентом, Иван Георгиевич должен был зарабатывать себе на жизнь. Приехав в 1922 г. в Москву, он не имел ни жилья, ни каких-либо средств к жизни. Несколько первых ночей он провел на вокзале. Затем его выручило случайно увиденное объявление, что детскому дому № 4 Сокольнического района требуются дворник и истопник. Обещано жилье и питание. Приехав по адресу, Иван Георгиевич узнал, что должность истопника уже занял другой студент. Оставалось согласиться на работу дворника.

Пришлось же работать за двоих. Это была нелегкая работа, так как в его обязанности входило также носить дрова на верхние этажи дома, топить печи, носить тяже-

лые мешки с мукой и другим продовольствием для детского дома, а здоровье Ивана Георгиевича в то время было сильно ослаблено тяжелыми болезнями, которые он недавно перенес: малярией и воспалением легких. Дети из детского дома очень любили его, называли Ванюшей. Им он мастерил игрушки, точил карандаши, помогал устраивать новогоднюю елку. Уже будучи ректором МГУ, Иван Георгиевич, отвечая как-то на шуточный вопрос одного из своих коллег, как он справлялся в те времена с работой дворника, сказал, что у него во дворе был образцовый порядок, лучший, чем теперь во дворе МГУ.

С осени 1923 г. И. Г. Петровский стал преподавать математику на Рабфаке искусств Наркомпроса, где проработал до 1930 г. С некоторыми из своих учеников, ставших впоследствии скульпторами, музыкантами, художниками, Иван Георгиевич сохранил дружеские отношения на многие годы. В 1923—1924 гг. Иван Георгиевич преподавал также математику в V—VII классах средней школы № 13 Бауманского района Москвы.

Еще в студенческие годы проявился организаторский талант и общественный темперамент Ивана Георгиевича. Он постоянно был вовлечен в большую общественную работу. В 1927 г. И. Г. Петровский от имени студентов физико-математического факультета Московского университета приветствовал Первый Всероссийский съезд математиков. Уже здесь он говорил о единстве теории и практики; эта идея лежала в основе всей его дальнейшей научной и организаторской деятельности.

В университете наибольшее влияние на Ивана Георгиевича оказал профессор Дмитрий Федорович Егоров, которого он считал своим учителем и глубоко почитал. (Дома у него все годы висел портрет Д. Ф. Егорова.)

Иван Георгиевич сначала занимался в семинаре по теории чисел, а в 1926 г. принял участие в работе семинара Д. Ф. Егорова по проблеме Дирихле. Он реферировал работы О. Перрона, где задача Дирихле для уравнения Лапласа решалась методом верхних и нижних функций. В это же время вышла из печати работа Л. А. Люстерника о решении задачи Дирихле методом конечных разностей. Иван Георгиевич заинтересовался сравнением общности двух методов и провел исследование этого вопроса, получив и ряд других интересных результатов по задаче Дирихле. Эта первая студенческая работа И. Г. Петровского была опубликована в

И. Г. Петровский с родителями Егором Ивановичем и Софьей Герасимовной, дедом Иваном Сергеевичем и сестрой Александрой. Севск, 1907 г.



1928 г. в журнале «Математический сборник». Она явилась его дипломной работой. Тема работы была выбрана им самим.

В 1927—1930 гг. И. Г. Петровский был аспирантом Д. Ф. Егорова. Иван Георгиевич рассказывал такой случай. Как-то в аспирантские годы Егоров поручил ему прореферировать на семинаре две статьи на итальянском и на английском языках. Иван Георгиевич сказал Егорову, что он не знает этих языков. «Ну, и что же,— удивился Егоров,— возьмите и выучите». И статьи эти были тщательно прочитаны и вовремя прореферированы на семинаре. Нужно сказать, что Иван Георгиевич всю жизнь любил и изучал иностранные языки. Позднее он свободно читал на немецком, французском и английском. Чтобы улучшить свое произношение, уроки английского и французского языков он брал, уже будучи ректором МГУ. В его личной библиотеке имеются очень много иностранных книг с его пометками. Встречающееся ему незнакомое слово он любил выписывать на полях книги вместе с его транскрипцией.

Будучи в аспирантуре, Иван Георгиевич посещал также семинары А. Я. Хинчина и А. Н. Колмогорова по теории вероятностей. Он охотно реферировал статьи на этих семинарах. Уже тогда Хинчин рассказывал: «Будет выдающимся аналити-

ком». Иван Георгиевич всегда говорил, что он медленно и с трудом разбирает чужие доказательства теорем. Он нередко называл себя «тугодумом». Поэтому ему часто приходилось, реферировав работу, придумывать свои доказательства, что было для него легче. Часто при этом оказывалось, что им предлагались более общие подходы и более сильные методы, которые приводили к существенно новым результатам. Так возникла знаменитая работа Ивана Георгиевича по проблеме блужданий, толчком для написания которой послужила необходимость прореферировать на семинаре Колмогорова работу на эту тему одного немецкого математика.

С 1929 г. начинается преподавательская деятельность Ивана Георгиевича в Московском университете, которая продолжалась до последнего дня его жизни.

Тридцатые годы были периодом исключительно интенсивной творческой деятельности И. Г. Петровского, удивительной по своей широте и по силе полученных им результатов, ставших теперь классическими. Им получены фундаментальные результаты в самых различных областях математики: в алгебраической геометрии, теории вероятностей, теории обыкновенных дифференциальных уравнений, мате-



И. Г. Петровский — выпускник реального училища, 1917 г.

математической физике, теории уравнений с частными производными².

Не имея возможности подробно остановиться в рамках этой статьи на анализе работ И. Г. Петровского, укажем лишь некоторые характерные черты его творческой деятельности. Нужно подчеркнуть, что научное творчество Ивана Георгиевича, все его отношение к математике напоминает классиков — создателей математического анализа и математической физики. Несмотря на «чисто математический» характер основных его работ, в них, по существу, проявляется его взгляд на математику как на неотъемлемую часть естествознания, на которой основываются вывод и понимание количественных и качественных закономерностей, составляющих содержание наук о природе.

Он был убежден, что все глубокие конкретные математические факты важны и рано или поздно найдут свое приложение. Эти черты роднят Ивана Георгиевича с его любимыми математиками — Риманом, Пуанкаре, Гильбертом, Адамаром.

Научные интересы Ивана Георгиевича всегда концентрировались вокруг крупных узловых проблем математики. Его интересовали конкретные, точно поставленные, трудные задачи. При этом всегда оказывалось, что выбранная им для исследования проблема является центральной для той или иной области математики. Эту задачу он решает со всей полнотой и законченностью, причем глубина полученных результатов, созданные им новые методы и вскрытые им новые проблемы приводят к тому, что это исследование Ивана Георгиевича становится отправным пунктом для нового направления в математике.

Многие из работ И. Г. Петровского на десятки лет опередили свое время. Его работы, выполненные в 30-х и начале 40-х годов, стоят сейчас в центре внимания ведущих математиков мира. Мощное развитие математического анализа и алгебраической топологии последних лет помогает осмыслить глубину результатов и идей, заложенных в работах Ивана Георгиевича, получить новое освещение открытых им основополагающих фактов.

В это же время И. Г. Петровский работал над созданием учебников. В 1939 г. появилось первое издание его «Лекций по теории обыкновенных дифференциальных уравнений», написанное на основе курса лекций, которые он читал в Московском и Саратовском университетах. В 1933 г. Иван Георгиевич стал профессором МГУ. С 1931 по 1941 год он заведовал также кафедрой математики в вечернем машиностроительном институте.

Интересно, как жил, как работал Иван Георгиевич в этот период. Как удалось ему сделать так много? Сам Иван Георгиевич на последний вопрос, улыбаясь, отвечал: «Я — тугодум, мне одинаково трудно думать и над легкими, и над трудными задачами. Поэтому я выбирал задачи наиболее трудные». Помнится, даже студенты говорили тогда об огромной «пробивной силе» И. Г. Петровского как математика.

А жить и работать Ивану Георгиевичу приходилось в довольно трудных условиях. Он и его жена Ольга Афанасьевна занимали две маленькие комнаты в коммунальной квартире на 2-й Тверской-Ямской улице, где они и прожили до осени 1949 г. В одной из них находился кабинет Ивана Георгиевича. Это было полуподвальное помещение, требующее электрического освещения даже днем. У соседей постоянно было включено радио, что осо-

² Подробнее об этом см.: Олейник О. А. Математические работы И. Г. Петровского. — «Вест. Моск. ун-та. Математика, механика», 1974, № 1. Там же имеется подробный список литературы об И. Г. Петровском.

бенно мешало работать. А работал Иван Георгиевич дома. Обычно он читал и думал, лежа на диване. За стол садился лишь для написания выкладок или оформления работы. Это послужило поводом к такому замечанию одного из соседей, которое Иван Георгиевич, шутя, часто потом вспоминал: «Странная семья, жена каждый день ходит на работу, а муж целыми днями дома лежит на диване».

Все важнейшие научные результаты были получены Иваном Георгиевичем в основном во время летних отпусков на даче под Москвой. Там, прогуливаясь в тишине лесов, мог он спокойно обдумывать интересовавшие его проблемы.

Иван Георгиевич пользовался большим уважением всего коллектива механико-математического факультета МГУ. Его знали не только как выдающегося математика, но и как очень скромного, доброжелательного и принципиального человека. В 1940 г. И. Г. Петровский был избран деканом механико-математического факультета МГУ. Он был первым выборным деканом.

Вскоре началась Великая Отечественная война. Фронт подошел к Москве. По решению правительства Московский университет эвакуируется сначала в Ташкент, а затем в Ашхабад, Свердловск. Полтора года университет был в эвакуации. Декану нужно было в крайне трудных условиях эвакуации держать коллектив в рабочем состоянии, обеспечивать жильем и питанием студентов, аспирантов, преподавателей, сотрудников и их семьи, надо было продолжать и расширять интенсивную работу для нужд обороны, готовить специалистов высокой квалификации, которые нужны были тогда и нужны будут в послевоенное время. Много сил забирали переезды. Это, в частности, означало погрузки и разгрузки эшелонов с имуществом факультета, оборудованием, библиотекой. Все это делалось силами коллектива факультета, и Иван Георгиевич был и руководителем, и одним из самых активных исполнителей всех этих тяжелых физических работ. В мае 1943 г. факультет вернулся в Москву. Декан заботился о том, чтобы собрать воедино научные и педагогические кадры факультета, обеспечить высокий уровень научной и учебной работы. Ко всем делам он относился с чувством величайшей ответственности. Деканом он оставался до 1944 г.

В военные годы Иваном Георгиевичем была выполнена исключительно трудная и важная работа о лакунах и диффу-



Дмитрий Федорович Егоров (1869—1931).

зии волн. За эту работу ему была присуждена в 1946 г. Государственная премия первой степени. В послевоенные годы выходят два учебника И. Г. Петровского: «Лекции по теории интегральных уравнений» (1948) и «Лекции об уравнениях с частными производными» (1950), также написанные на основе курсов лекций, которые он читал в Московском университете. Эти книги неоднократно переиздавались и переведены на многие иностранные языки. Более 30 лет по ним обучаются студенты университетов у нас и за рубежом. Эти глубокие современные курсы сыграли большую роль в повышении научного уровня преподавания дифференциальных уравнений во всем мире.

С 1951 г. Иван Георгиевич заведовал кафедрой дифференциальных уравнений МГУ. Под его руководством кафедра стала одним из самых мощных в мире научных коллективов в этой области.

С 1946 г. и до последнего дня его жизни существовал семинар И. Г. Петровского по дифференциальным уравнениям. Все важнейшие события истории развития теории дифференциальных уравнений этого периода находили отражение в работе семинара. Более того, семинар

сам в значительной мере творил эту историю. Здесь, на семинаре, зарождались и развивались многие новые теории (теория разрывных решений нелинейных уравнений, теория дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом, уравнений с малым параметром при старших производных, теория устойчивости конечно-разностных схем, теория краевых задач и многие другие). Из всего огромного количества публикуемых работ у нас и за рубежом Иван Георгиевич умел выбрать для реферирования наиболее важные и перспективные и обращал на них внимание молодых математиков, ставил в связи с ними новые задачи. На этом семинаре создалась школа И. Г. Петровского. Многие его ученики стали известными учеными.

После смерти Ивана Георгиевича уже более шести лет этот семинар продолжает работу как семинар имени И. Г. Петровского по дифференциальным уравнениям и математическим проблемам физики (руководители В. И. Арнольд, М. И. Вишик, С. П. Новиков, О. А. Олейник). Ежегодно 18 января, в день рождения Ивана Георгиевича, в аудитории имени И. Г. Петровского на 16 этаже высотного здания МГУ на Ленинских горах открывается сессия совместных заседаний семинара имени И. Г. Петровского и Московского математического общества. На этих заседаниях заслушивается и обсуждается более 60 докладов ученых из различных городов Советского Союза, работающих в основном в тех областях, к которым принадлежали работы И. Г. Петровского или которые входили в круг его интересов. Эти заседания, отчеты о которых постоянно публикуются в журнале «Успехи математических наук», свидетельствуют о все растущем влиянии научных идей и результатов Ивана Георгиевича на развитие математики наших дней.

В первые послевоенные годы Иван Георгиевич принимал также активное участие в работах по созданию новой техники. Об этой деятельности И. Г. Петровского должны быть написаны отдельные статьи.

В мае 1951 г. И. Г. Петровский был назначен правительством на пост ректора МГУ. Около 22 лет продолжалась эта поразительная по своим масштабам деятельность большого ученого на посту ректора университета. О работе Ивана Георгиевича как ректора опубликованы, в частности, статьи в журнале «Успехи математических наук»³. Однако в полной мере эта деятельность еще не освещена. Нужно

отметить, что во всей этой работе прежде всего им руководило чувство ответственности за порученное ему дело. Оно в высшей степени было присуще Ивану Георгиевичу и проявлялось во всех его делах, больших и малых. Это чувство поднимало его инициативу, придавало силы.

Иван Георгиевич не имел специальных часов приема. Он старался поговорить со всеми, кто приходил к нему. И. Г. Петровский был ректором всегда: каждую минуту и при всех обстоятельствах он помнил о нуждах и интересах Московского университета. Вот он разговаривает с пришедшим к нему на прием ученым. После обсуждения дела, с которым пришел посетитель, поток вопросов по его узкой специальности. Такое впечатление, что Иван Георгиевич специально готовился к беседе. Вопросы о людях, ведущих в этой области интересную работу, вопросы о недавно прочитанных им статьях и книгах, касающихся этой науки. И еще: «Каково Ваше мнение о выпускниках университета, работающих в Вашей области? Что можно сделать, чтобы они стали лучше?» Последний вопрос постоянно волновал Ивана Георгиевича, и он неустанно думал о том, как улучшить подготовку выпускников МГУ. Он стремился к тому, чтобы студентов и аспирантов хорошо учили, чтобы каждый талант получал в университете максимальное развитие, чтобы здесь преподавали лучшие ученые страны и попадала бы в университет самая способная молодежь.

Иван Георгиевич был энциклопедически образованным человеком. Он глубоко понимал современную науку во всех ее взаимосвязях, умел распознавать перспективные новые направления и всегда поддерживал их.

Пожалуй, самой заметной чертой характера Ивана Георгиевича была его доброжелательная открытость и живой интерес к собеседнику. А этих собеседников были тысячи, потому что в те абсолютно не укладывающиеся в рабочее расписание часы, когда ректорский кабинет был открыт, ректор никогда не оставался в нем один. Тысячи преподавателей и студентов на всю жизнь сохранили память о радости общения с Иваном Георгиеви-

³ Александров П. С., Арнольд В. И., Гельфанд И. М., Колмогоров А. Н., Новиков С. П., Олейник О. А. Иван Георгиевич Петровский (к семидесятилетию со дня рождения). — «Успехи математических наук», 1971, т. 26, № 2.

чем и той внимательности, с какой выслушивались и удовлетворялись их просьбы.

Как мы уже говорили, у ректора не было специальных часов приема. Хорошо это или плохо? Не мешала ли его научному творчеству эта неукротимая потребность в общении? Не расхищали ли мы его слишком драгоценное время ради его сходящих нужд? Ведь всем хорошо известен иной тип крупного руководителя, прием к которому строго регламентирован необходимостью решать лишь те вопросы, круг которых и составляет его функцию, поскольку сама иерархия проблем порождает иерархию руководства. И, разумеется, это правильно: крупного руководителя нельзя занимать делами, с которыми должны справляться его помощники.

И тем не менее и тогда, и сейчас мы ощущаем, что стиль, принятый И. Г. Петровским, был прекрасным. Дела, с которыми к нему обращались, конечно, были разномасштабными, но Иван Георгиевич очень хорошо знал, что если уж к нему пришли с вопросом, на первый взгляд простым, что-то в его решении было настолько трудным, что требовало внимания именно ректора. И само решение проблемы оборачивалось для посетителя ректорского кабинета уроком немедленного действия. Человека с его трудным делом, привыкшего к тому, что с первого раза дело не решается и требует подробного изучения в нескольких инстанциях, не могло не восхищать то, как, внимательно и заинтересованно выслушав его, Иван Георгиевич тотчас же снимал с аппарата трубку и набирал нужный номер.

Еще чаще он телефоном не пользовался. Если требовались консультации кого-то из его помощников, он стремительно выбегал из кабинета и излагал существо дела на месте, там, где в дальнейшем им будут заниматься. А посетитель ректора уносил с собой не только удовлетворение тем, что дело его решается, но и впечатление о том, с каким безграничным уважением ректор относится к рабочему времени своих помощников.

Стиль И. Г. Петровского является образцом того, как руководитель должен распоряжаться и собственным рабочим временем. Немедленное решение И. Г. Петровского — не только яркий симптом компетентности, но и образец отношения ко времени как к величайшей человеческой драгоценности.

Но вот вопрос, с которым посети-

тель пришел к ректору, исчерпан. И именно в этот момент становится ясным, что не только ректор нужен вам, но и вы, оказывается, совершенно необходимы уже не ректору, а Ивану Георгиевичу Петровскому. У него имеется несколько вопросов не по своей, а по вашей, достаточно узкой (не математической) специальности. Только что вышел в свет научный журнал с весьма любопытной статьей. Что Вы думаете по ее поводу? Даже сейчас делается стыдно, что порой приходилось отводить глаза и говорить, что журнал-то получен, а вот до статьи руки пока не дошли. Тогда Иван Георгиевич предельно четко излагал главные мысли заинтересовавшей его публикации и свои сомнения. Разговор доставлял наслаждение его абсолютной профессиональностью и неожиданными критериями оценок, за которыми стоял еще один профессионализм — опыт руководителя крупнейшего в нашей стране учебного заведения. Вот один из примеров таких оценок.

В истории Московского университета хорошо известен факт массового ухода в отставку лучшей части профессуры в знак протеста, говоря словами К. А. Тимирязева, против «бездушной оргии безответственного слабоумия» царского министра просвещения Кассо в 1911 г. Это была весьма внушительная демонстрация против произвола самодержавия и черносотенной политики в области просвещения. Высоко ценя гражданское мужество и даже жертвенность ушедших в отставку профессоров, И. Г. Петровский в то же время недоумевал: «Как же можно было пренебречь интересами студентов, доверив их формирование мракобесам? Можно жертвовать карьерой, но нельзя жертвовать молодежью!» В самом деле, оценки исторических фактов никогда не должны быть однозначными, и, вероятно, не меньшего уважения в данном случае заслуживают те демократически настроенные ученые, которые ради студенчества продолжали подвиг противоборства с реакцией, оставшись в стенах университета.

О профессионализме подхода к далекому от математики проблемам вспоминают все специалисты, которым доводилось беседовать с Иваном Георгиевичем — филологи и экономисты, географы и юристы. Как личность И. Г. Петровский формировался не только в собственном научном творчестве, в организации науки и высшего образования, в чтении, сделавшем его энциклопедистом, но и в этих вот постоянных беседах, которые ему были просто не-



И. Г. Петровский, В. А. Энгельгардт и Дж. Бернал на физическом факультете МГУ после лекции Бернала «Дифракция как метод исследования структур», 24 сентября 1954 г.

обходимы. Необходимы они были и тем, с кем он беседовал: Порой ведь не очень ясные мысли специалисты вуализуют не очень ясными выражениями. И. Г. Петровский не терпел пустословия, добиваясь от собеседника предельной четкости формулировок. И иногда это приводило к неожиданному эффекту: сложность и вычурность аргументации, излагаемой ему, в процессе беседы сменялись четким и изящным, как теорема, простым, но убедительным построением. Это стремление к логической простоте формировало и речь самого Ивана Георгиевича. В его выступлениях перед студентами и преподавателями университета никогда не было ни лишних слов, ни уводящих в сторону мыслей. Тема речи развивалась по законам логики, а ее эмоциональная окраска выделяла то главное, ради чего речь произносилась. Ораторское изящество И. Г. Петровского было сродни старой музыке, которую он так любил.

В истории науки известно немало крупнейших ученых, которые были широко образованны, не замыкались в пределах только своей специальности. В большинстве случаев в основе такой разносторонности лежит вообще присущая исследователю любознательность, но также и необходимость в переключении, имитирующем отдых. Энциклопедичность Ивана

Георгиевича всегда была деятельной. И то, что она воплотилась в ректоре университета, стало для МГУ величайшим благом. Ректор прекрасно знал, что именно в разных областях науки нуждается в активной поддержке. И результатом этого знания и этой энергии стал сам обновленный Московский университет, в котором за 22 года ректорства И. Г. Петровского были созданы новые факультеты и институты, открыто около 80 новых кафедр и около 200 научных лабораторий.

Как о примере такой целесообразной активности хочется рассказать о его недельной поездке в Новгород летом 1967 г. Ивана Георгиевича к тому времени интересовало открытие берестяных грамот, в котором принимала участие кафедра археологии Московского университета. По инициативе ректора Новгородская археологическая экспедиция в начале 60-х годов стала преимущественно университетской, используемой как главная база археологической студенческой практики исторического факультета.

Поездка Ивана Георгиевича имела вполне конкретную цель — познакомиться с организацией раскопок и, конечно, с самим древним Новгородом. Вероятно, очень редко ему выпадал случай даже на столь короткое время отключиться от сотен перекрещивающихся забот и не прибавлять

к ним новых. В эти несколько дней Иван Георгиевич внешне был прилежным туристом: восхищался красотой Детинца и Софии, гулял в окрестностях Новгорода, беседовал со студентами и сотрудниками экспедиции, купался в Ильмене, играл по вечерам в бадминтон.

Его безмерно восхитил беспрецедентный реставраторский подвиг художников А. П. и В. Б. Грековых, собиравших из груды разбитых фашистами ковалевских фресок XIV в. цельные композиции и возвративших людям, казалось бы, навсегда утраченную красоту. Была поездка в Старую Руссу — город Достоевского, послуживший великому писателю прототипом Скотопригоньевска. Было поразительно наблюдать, как Иван Георгиевич сам опознавал еще неизгладившиеся приметы, запечатленные в романе — дом Гриббе, «отданный» Достоевским старику Карамзову, дом Грушеньки, речку Малашку на задах «карамзовского» дома.

Поездка завершилась, но из нее в Москву Иван Георгиевич вернулся не только отдохнувшим, но и отягощенным новыми заботами. Беседы с Грековыми привели его к твердому убеждению, что участие университета в их работах необходимо и для ускорения реставрации, и для усвоения нового полезного опыта университетскими специалистами; результатом стало решение об активной помощи университета этим работам и финансами, и людьми. Полагая нетерпимым отсутствие в Старой Руссе музея Ф. М. Достоевского, И. Г. Петровский выступил одним из главных инициаторов создания такого музея; теперь Старая Русса гордится «Домом Достоевского» и его экспозицией. Новгородская экспедиция получила возможность построить в Новгороде лабораторный корпус, оснащенный необходимым оборудованием. Немалую роль для организации дальнейших экспедиционных работ сыграли и беседы Ивана Георгиевича с руководителями Новгорода и области, с тех пор оказывающими археологам еще более деятельную помощь.

Заново переживая — теперь уже в воспоминаниях — обстоятельства общения с И. Г. Петровским, ясно сознаешь, что особенности его как руководителя Московского университета и крупнейшего государственного и общественного деятеля составляют именно то, что носит название ленинского стиля руководства, неприменными чертами которого являются высочайшая культура, энциклопедичность, исключительное внимание к людям и

делу, принципиальность, четкость и своевременность решений и душа, широко раскрытая ко всему новому и молодому.

Вот лишь некоторые примеры результатов повседневной деятельности ректора И. Г. Петровского. По его инициативе в МГУ была создана первая в нашей стране кафедра вычислительной математики и один из первых в СССР вычислительный центр. На механико-математическом факультете им были организованы кафедры логики и оптимальных проблем управления. Большое внимание постоянно уделял он развитию Института механики МГУ. На физическом факультете при участии и поддержке Ивана Георгиевича созданы кафедры физики высоких энергий, волновых процессов, квантовой статистики, полупроводников и др. Учитывая современное состояние и перспективы развития астрономической науки, Иван Георгиевич перевел астрономическое отделение механико-математического факультета на физический факультет. Большое внимание уделял он строительству Крымской станции Астрономического института им. Штернберга МГУ, которая стала теперь современной хорошо оборудованной обсерваторией. На биологическом факультете им созданы проблемные лаборатории по бионике, космической биологии, кафедра вирусологии и др. При поддержке Ивана Георгиевича на геологическом факультете организованы исследования в таких новых областях, как экспериментальная петрология, экспериментальная геохимия, тектонофизика, создана лаборатория геохимии, привлечены к работе крупные ученые.

При его энергичной поддержке созданы факультет психологии, Институт стран Азии и Африки, факультет журналистики, факультет вычислительной математики и кибернетики, филиал физического факультета в Дубне, кафедра научной информации, межкафультетская лаборатория молекулярной биологии и биоорганической химии, лаборатория математических методов в биологии, кафедра высокомолекулярных соединений, радиохимии и многие другие.

Исключительно большое внимание уделял он строительству здания гуманитарных факультетов, приобретению новейшего оборудования для естественных факультетов, пополнению библиотек отечественной и зарубежной литературой. Благодаря инициативе и усилиям Ивана Георгиевича Вычислительный центр МГУ получал лучшие для своего времени ЭВМ. Он был инициатором внедрения ЭВМ

в биологию, экономику, гуманитарные науки. Он всегда действовал не как администратор, а как ученый, совершенно уникальный по широте и глубине проникновения в общую систему современного научного знания.

История русских университетов знает еще лишь один пример такой деятельности — это девятнадцатилетнее ректорство великого Н. И. Лобачевского в Казанском университете.

Большая общая культура, широкие познания в различных областях науки, глубокое понимание государственных задач поставили И. Г. Петровского в ряд выдающихся общественных и государственных деятелей. Он был депутатом Верховного Совета СССР, членом Президиума Верховного Совета СССР. Ивану Георгиевичу было присвоено звание Героя Социалистического Труда, которое удивительно точно выражает его сущность.

Нам хотелось бы рассказать еще о некоторых сторонах характера Ивана Георгиевича, о его любви к книгам как источнику знаний. Он постоянно покупал книги, начиная со студенческих лет. Его личная библиотека насчитывала свыше 30 тыс. книг. В настоящее время эта библиотека передана О. А. Петровской в дар МГУ и размещена в старом здании университета, в бывшем ректорском кабинете на проспекте Маркса. Эта библиотека содержит книги по всем основным разделам естественных и гуманитарных наук, справочную, политическую и художественную литературу на русском и иностранных языках. Удивительно, что, не имея каталога, Иван Георгиевич хорошо ориентировался в своей библиотеке и немедленно находил любую понадобившуюся ему книгу. Многие русские и иностранные книги имеют его пометки, которые говорят о том, как внимательно он их изучал. Так, например, в книге Э. Болдуина «Природа биохимии», изданной на английском языке в Кембридже в 1962 г., можно найти многочисленные пометки, сделанные рукой Ивана Георгиевича почти на каждой странице. Вряд ли автор этой книги мог предполагать, что его работу так внимательно будет изучать специалист в области дифференциальных уравнений.

Разумеется, физико-математическая часть библиотеки содержит большинство лучших книг, изданных до 1973 г. в нашей стране и за рубежом.

Иван Георгиевич хорошо знал историю нашей страны и мировую историю. В его собрании более 3000 книг по исто-

рии. Это труды Татищева, Карамзина, Соловьева, Ключевского, журналы «Русская старина», «Исторический вестник», «Русский библиофил», «Указы» и «Изречения» Петра Великого, «Указы» Екатерины II, старинные издания Новгородских летописей, многотомный «Русский биографический словарь» (1900—1913) и множество других.

Очень много книг о писателях, поэтах, музыкантах, художниках, артистах, крупных ученых, государственных деятелях. Часто литература о писателе во много раз превосходит количество написанных им сочинений. Так, например, имеется 80 книг о Пушкине.

Наличие в библиотеке книг по медицине и биологии говорит об интересе и внимании Ивана Георгиевича к человеку, его здоровью. Будучи ректором МГУ, И. Г. Петровский создал профилакторий для физически слабых студентов, интересовался работой университетской поликлиники, заботился о благоустройстве общежитий, физическом развитии молодежи, о ее занятиях физкультурой. Имелись у него многочисленные книги по истории Московского университета, много книг по педагогике, об охране окружающей среды, развитии сельского хозяйства. Любил Иван Георгиевич детскую литературу. В его библиотеке имеется огромное количество различных словарей, разного рода справочников, всевозможные энциклопедии. Даже беглое и поверхностное описание библиотеки Ивана Георгиевича, представляющей собою уникальное собрание книг, служивших ему в его повседневной работе, дополняет его образ ученого и руководителя. Он очень ценил роль библиотеки в науке и образовании. Иван Георгиевич говорил: «Современная наука живет и развивается во многих лабораториях часто с весьма сложным и разнообразным оборудованием, но в каждом из научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений первой лабораторией является его библиотека». Нужно заметить, что Иван Георгиевич был аккуратным и активным читателем университетской библиотеки и ряда других библиотек.

Друзья, ученики, знакомые Ивана Георгиевича, приходя к нему вечером домой, чаще всего заставляли его в одном и том же положении. Полулежа на диване, он знакомился с очередной партией приобретенных им книг и внимательно что-нибудь читал. Рядом с ним на столе, на стульях, на диване лежали высокие горы

книг. Книги он любил, тратил на них все свои свободные деньги. Примерно раз в неделю он объезжал все наиболее крупные букинистические магазины Москвы. Купленные плохо сохранившиеся книги он отдавал в переплет.

Значительная часть деятельности Ивана Георгиевича связана с Академией наук СССР. В 1943 г. он был избран членом-корреспондентом АН СССР, а в 1946 г. ее действительным членом. В 1949—1951 гг. был академиком-секретарем Отделения физико-математических наук АН СССР, с 1953 г. — членом Президиума АН СССР.

Большое внимание уделял Иван Георгиевич средней школе. По его инициативе были организованы курсы повышения квалификации учителей школ РСФСР при МГУ, энергичное участие принял он в организации заочной математической школы и школы-интерната при МГУ.

Напряженная работа в течение многих лет привела его к расстройству сна. Последние годы жизни он не мог спать без соответствующих лекарств. Здоровье стало ухудшаться. Как-то в разговоре один из учеников Ивана Георгиевича, учитывая состояние его здоровья, советовал ему оставить пост ректора. Такой совет огорчил его. Это и понятно. У него было столько планов, новых замыслов, касающихся развития МГУ. Одному из авторов этой статьи совсем незадолго до смерти Ивана Георгиевича довелось присутствовать при его разговоре с президентом Руминской Академии наук М. Николеску. Иван Георгиевич излагал свои проекты о расширении МГУ, о строительстве загородных филиалов, о развитии новых научных направлений, о связях с АН СССР. Он мечтал, каким будет МГУ через 50, 100 лет. Как жаль, что не сохранились какие-либо записи этой беседы! Свое ректорство он считал важнейшим делом своей жизни, более важным, чем свои математические исследования. Объясняется это тем, что последние 22 года своей жизни он вкладывал в эту работу всю страсть своей души, весь свой могучий талант организатора и ученого. Московский университет был ему бесконечно дорог. Он говорил, что ему очень хотелось бы более сосредоточенно заниматься вопросами математики и физики, но на посту ректора МГУ он может содействовать не только развитию математики и физики, но и помочь развитию всех наук.

Иван Георгиевич принадлежал к



Вручение Московскому университету юбилейного почетного знака ЦК КПСС, Президиума Верховного Совета СССР, Совета Министров СССР и ВЦСПС за достижение высоких результатов во Всесоюзном социалистическом соревновании в ознаменование 50-летия образования СССР, 13 декабря 1972 г. Один из последних снимков И. Г. Петровского.

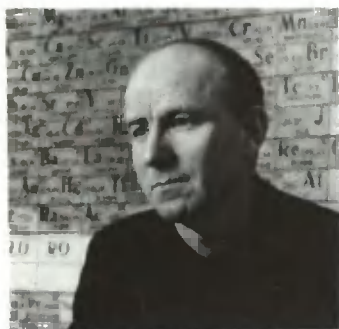
числу тех немногих математиков, работы которых определяют лицо современной математики. Аудитория имени И. Г. Петровского на Ленинских горах как бы символизирует постоянное включение Ивана Георгиевича в коллектив механико-математического факультета МГУ, членом которого он был более 50 лет своей жизни.

Умер Иван Георгиевич 15 января 1973 г. на своем посту, во время подготовки ответственного доклада на Всесоюзном совещании ректоров.

Водитель каждого автобуса, проезжающего по Ленинскому проспекту, называет остановку «Улица академика Петровского». На углу этой улицы находится дом, где с 1949 г. жил И. Г. Петровский. Вечерами он любил гулять по Выставочному переулку, ныне улице, носящей его имя, размышляя об университете, о его будущем. С мыслями об университете он не расставался никогда.

Проблема синтеза алмазов

Я. А. Калашников



Ярослав Алексеевич Калашников, доктор химических наук, заведующий лабораторией физико-химических исследований веществ при высоких давлениях кафедры физики и химии высоких давлений химического факультета МГУ. Основные научные интересы связаны с термодинамикой фазовых превращений под давлением, с влиянием давления на растворимость, с химическими реакциями при высоких температурах и давлениях. Автор (совместно с В. П. Дравингом) книги: *Правило фаз*. М., 1964.

Алмаз является веществом, при оценке свойств которого приходится все время употреблять прилагательное — самый.

Это самый твердый материал, возглавляющий шкалу твердости Мооса (его твердость равна 10).

У алмаза самый низкий коэффициент термического расширения, даже у специально созданного человеком сплава — инвара — он больше. Алмаз обладает самой малой сжимаемостью из всех веществ, у него исключительно низкий коэффициент трения и самая высокая из всех твердых кристаллов поверхностная энергия. Алмаз имеет огромную теплопроводность (при комнатной температуре большую, чем у меди) и чрезвычайно высокую химическую стойкость: ни одна из кислот не растворяет алмаз, и он взаимодействует лишь с расплавами щелочей и некоторых солей в присутствии окислителей.

Неудивительно поэтому, что благодаря редкому сочетанию подобных свойств алмаз сделался незаменимым материалом в самых разнообразных областях техники. Резцы и фрезы, абразивные круги, шлифовальные порошки и пасты, волокна для протягивания проволоки, буровые долота и коронки, пилы для разрезания твердых пород — вот далеко не полный перечень тех инструментов, где алмаз применяется как

сверхтвердый материал. Кроме того, в последнее время показано, что благодаря введению специальных примесей алмаз становится исключительно перспективным полупроводниковым материалом.

Обычно алмаз представляют блестящим, идеально прозрачным камнем, используемым в основном ювелирами, однако это далеко не так. Сейчас только 20% добываемых природных алмазов направляется в ювелирные мастерские для изготовления бриллиантовых украшений, а 80% идет в промышленность. И несмотря на это, уже десятки лет назад обеспечить промышленные нужды алмазами было крайне трудно. За всю историю человечества к 1967 г. было добыто 700 млн каратов¹ алмазов, что в переводе на объем составляет примерно 40 м³. Этот материал так редко встречается в природе, а свойства его столь уникальны, что уже с двадцатых годов прошлого века были предприняты попытки получить алмаз в лаборатории.

Прошло уже более двадцати лет с тех пор, как был осуществлен синтез алмаза. В различных странах проведено множество исследований этого процесса и получены выдающиеся результаты. И все же

¹ Карат — мера веса драгоценных камней; равен 0,2 грамма.

мы еще далеки от всестороннего понимания природы образования алмаза. Предстоит огромная работа, чтобы можно было получать кристаллы нужного размера и с определенными, требуемыми промышленностью свойствами.

О ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ СИНТЕЗА АЛМАЗА

Как хорошо известно, алмаз, с химической точки зрения, является чистым углеродом, так же, как и всем знакомый графит. Различие в их свойствах определяется совершенно разным расположением в пространстве атомов углерода, из которых построены кристаллы этих двух веществ. Подобное явление называется полиморфизмом, и оно часто наблюдается в природе.

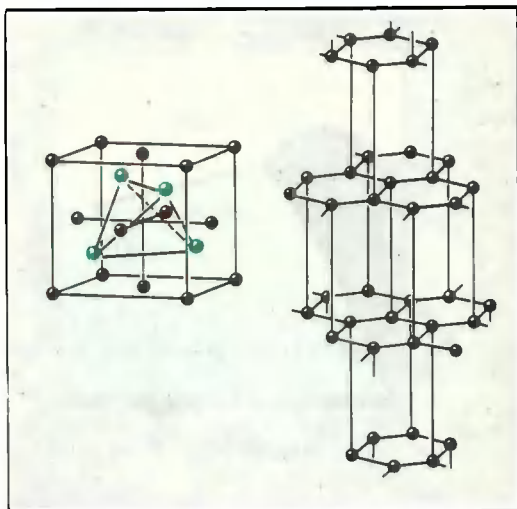
Алмаз обладает кубической гранецентрированной решеткой с расстоянием между атомами 0,154 нм. Графит имеет гексагональную слоистую решетку; расстояние между атомами в слое равно 0,142 нм, а между слоями — 0,339 нм. Такое большое расстояние обуславливает слабость химической связи между слоями углеродных атомов в графите, благодаря чему он является мягким веществом — слои легко скользят относительно друг друга. Плотность графита равна 2,21 г/см³. Сравнив ее с плотностью алмаза (3,51 г/см³), видим, что превращение графита в алмаз сопровождается уменьшением объема. Значит, согласно принципу Ле Шателье, этому процессу будет благоприятствовать увеличение давления.

Именно разница в плотности была известна уже в середине прошлого века (рентгеноструктурного анализа тогда не существовало). Начались многочисленные опыты по получению алмаза с использованием различных давлений при разных температурах. На протяжении более ста лет в разных странах было сделано чрезвычайно много попыток. Их характерной особенностью было отсутствие какого-либо количественного обоснования величин давлений и температур, применяемых в экспериментах. Ни одна из этих попыток не увенчалась успехом. Только после множества отрицательных результатов исследователи поняли, что без научного подхода реализовать синтез алмаза не удастся, и приступили к тщательному термодинамическому изучению графита и алмаза.

В 30-х годах нашего века исследование термодинамических свойств этих двух полиморфных форм углерода показало, что при атмосферном давлении и при лю-

бых температурах графит является более устойчивой модификацией. Таким образом, алмаз в обычных условиях представляет собой метастабильную форму углерода. Он не превращается в устойчивый графит лишь потому, что скорость такого процесса при невысоких температурах бесконечно мала (замороженные реакции). При повышении температуры реакция графитизации алмаза ускоряется, и при 2123 К и атмосферном давлении происходит почти мгновенно.

Термодинамические расчеты позволили определить равновесные давления и



Структуры алмаза (слева) и графита (справа). Цветными кружочками обозначены атомы углерода, находящиеся внутри элементарной ячейки кристаллической структуры алмаза.

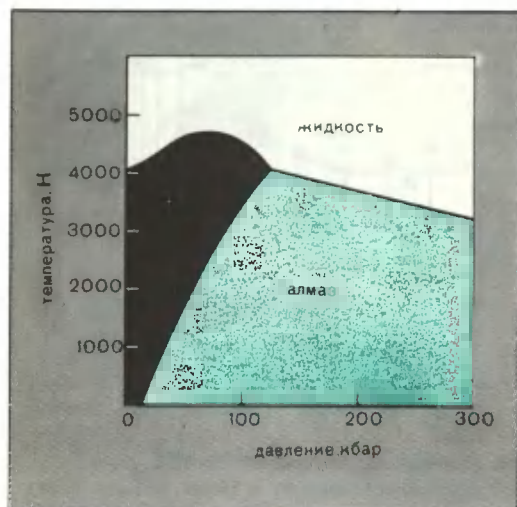
температурах, при которых имеет место сосуществование обеих полиморфных модификаций. Таким образом, стали известны давления, при которых может быть произведен переход графит → алмаз при заданной температуре². Приведем несколько значений P и T для равновесия графит $\rightleftharpoons$ алмаз.

T, K	0	300	1000	1400
$P, \text{ кбар}$	13,4	15,6	34,9	45,2

² Забегая вперед, скажем, что после осуществления синтеза алмаза значения равновесных давлений и температур были уточнены: оказалось, что расхождение данных предварительного расчета и опытных составило не более 20%.

В итоге была построена фазовая диаграмма углерода, имеющая фундаментальное значение для синтеза алмаза. Из этой диаграммы видно, что с повышением температуры возрастает и давление, нужное для получения алмаза. В результате многочисленных экспериментов к середине 50-х годов стало ясно, что для синтеза алмаза необходимы температуры не ниже 1373К. Это требовало аппаратуры, способной выдерживать давление не ниже 50—60 кбар.

В настоящее время для осуществления химических и физических процессов в



Фазовая диаграмма углерода. Линия, разделяющая область устойчивости графита и алмаза, определяет совокупность равновесных давлений и температур превращения графит → алмаз. По всей ее протяженности свободные энергии алмаза и графита равны друг другу. Температура плавления графита увеличивается при возрастании давления до ~80 кбар, а затем уменьшается с ростом давления вплоть до тройной точки графит — алмаз — жидкий углерод. Температура плавления алмаза плавно уменьшается с ростом давления.

твердых телах при высоких температурах и давлениях разработаны многочисленные конструкции камер, однако все они имеют характерные общие черты. Камера высокого давления выполняется из твердого сплава (карбида вольфрама и кобальта), снаружи она укреплена стальными кольцами. Эта камера помещается в гидравлический пресс, поршни которого сжимают содержимое камеры. Давление на реакционную смесь передается твердыми, но пластичными веществами, которыми заполняется камера. В качестве таковых чаще всего упо-

требляют следующие вещества: пирофиллит — $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, тальк — $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и литографский камень — 95% CaCO_3 + 5% смеси SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 . Нагрев производится электрическим током. Существуют специальные методы для измерения давления и температуры в камерах подобного рода.

Впервые алмазы были синтезированы под высоким давлением в Швеции в 1953 г., а через полтора года независимо в США. В нашей стране синтез алмазов был впервые осуществлен в 1959 г. группой исследователей под руководством Л. Ф. Верещагина в Институте органической химии им. Н. Д. Зелинского АН СССР. Л. Ф. Верещагин был основателем кафедры физики и химии высоких давлений в МГУ (1953). С момента организации кафедры в университете ведутся разнообразные работы по исследованию влияния высоких давлений на свойства вещества. Значительное место в этих исследованиях занимают работы по синтезу алмаза и других сверхтвердых материалов.

В настоящее время алмазы синтезируются из различных углеродсодержащих веществ при высоких давлениях (т. е. в условиях, соответствующих термодинамической устойчивости алмаза) и из некоторых специально подобранных веществ при низких давлениях (в области термодинамической устойчивости графита), о чем будет сказано ниже.

СИНТЕЗ АЛМАЗОВ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

В области термодинамической устойчивости алмаза может быть синтезирован тремя способами: прямым превращением графита в алмаз, превращением различных углеродсодержащих веществ (в том числе и графита) с помощью специальных катализаторов, превращением графита в алмаз в условиях ударного сжатия, где давление не является статическим.

Непосредственное превращение графита в алмаз протекает с большим трудом. Объясняется это тем, что, используя только температуру и давление, очень трудно растянуть (или даже разорвать) чрезвычайно прочные связи между атомами углерода в шестиугольных кольцах графита и превратить их в алмазные связи, длиннее исходных на 0,012 нм. В этих же условиях необходимо преобразовать длинные слабые ван-дер-ваальсовы связи между углеродными сетками графита в сильные ковалентные связи алмаза.

Исследованиями установлено, что в отсутствие катализаторов графит превращается в алмаз при статическом давлении $\sim 110\text{--}120$ кбар и температуре около 3270 К . Фазовая диаграмма углерода показывает, что этот переход совершается, когда оба вещества — исходное и конечное — находятся в твердом состоянии. Такие жесткие условия могут соблюдаться лишь в очень сложной и дорогостоящей установке. Причем даже эта установка, как правило, выходит из строя после несколь-

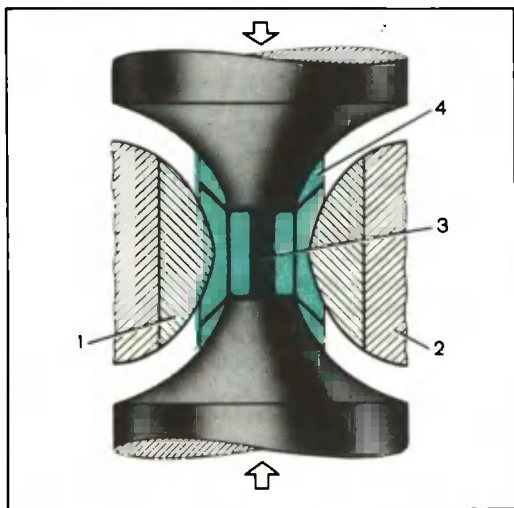


Схема (разрез) камеры высокого давления для синтеза алмазов. 1 — камера, изготовленная из твердого сплава; 2 — стальные кольца, укрепляющие детали камеры; 3 — реакционная шихта; 4 — твердые, но пластичные вещества, передающие давление на реакционную шихту. Стрелками показано направление сжатия в гидравлическом прессе.

ких опытов. Поэтому она может эксплуатироваться только в лаборатории.

Вот почему в промышленности используют каталитический синтез. Наличие катализаторов позволяет снизить требуемые температуры и давления более чем в два раза. Синтез алмазов по некоторым методикам производится при давлениях ~ 45 кбар и температурах $\sim 1470\text{ К}$. Поэтому каталитический синтез алмазов сделался основным: более 95% всех научных работ по синтезу алмаза посвящено изучению каталитического синтеза. В промышленности каталитический синтез алмаза проводят при давлениях $48\text{--}50$ кбар и температурах $1473\text{--}1973\text{ К}$.

Наряду с получением алмазов под статическим давлением осуществлен его синтез методом ударного сжатия: графитовый образец сжимается в волне, образующейся при взрыве мощного заряда. Давление достигает здесь примерно 300 кбар, а температура, оцениваемая весьма приблизительно, составляет $1500\text{--}2800\text{ К}$. Весь процесс протекает за микросекунды. Этим способом можно получить только очень мелкие алмазы, и, к сожалению, данный процесс неуправляем.

Используя статические давления, в зоне синтеза можно широко изменять давление, температуру, время, концентрацию катализатора и т. д. Это позволяет изучать природу процесса превращения одной формы углерода в другую и получать кристаллы алмаза различных размеров и свойств.

О МЕХАНИЗМЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

Единой точки зрения на роль катализаторов и на то, какие факторы влияют на качество синтезируемых алмазов, все еще нет.

Для получения алмазов, кроме графита, можно применять сажу, кокс³, многие органические соединения. В последнем случае, очевидно, сначала идет пиролиз исходного вещества и выделяющийся углерод при высоких давлениях и температурах кристаллизуется в алмаз.

Активаторами синтеза алмаза под давлением являются следующие вещества: металлы VIII группы Периодической системы, хром, марганец, тантал, их сплавы между собой и с другими металлами.

Все гипотезы о природе превращения углеродного вещества в алмаз при высоких давлениях и температурах в присутствии активирующих веществ условно можно разделить на три вида.

Первая гипотеза. Ее суть заключается в том, что углерод (графит) растворяется в расплавленном металле до состояния насыщения относительно графита. Поскольку условия синтеза задаются такими, чтобы термодинамически устойчивой фазой был алмаз, то его свободная энергия становится меньше, чем графита, и, значит,

³ Коксы и сажи представляют собой отдельные фрагменты конденсированных ароматических структур, перемежающиеся участками, состоящими из неразветвленных углеродных цепочек.

растворимость в расплавленном металле также будет меньше. Поэтому раствор становится пересыщенным относительно алмаза, и последний выкристаллизовывается. Преодоление энергетического барьера перехода графита в алмаз связывается с атомизацией углерода при образовании его раствора в металле без учета специфики межатоминого взаимодействия.

Достоинством гипотезы является то, что она покоится лишь на термодинамических закономерностях без привлечения соображений о катализе, которые обычно не могут быть ясно сформулированы. Однако против нее имеются следующие серьезные возражения.

Не все металлы, хорошо растворяющие углерод, являются активаторами превращения графита в алмаз. Так, например, при исследовании зарождения алмазов из растворов углерода в сплавах Cu—Ni и Pb—Sb при давлении 75 кбар и температуре 1673—1923K обнаружилось, что из сплава Pb—Sb кристаллизация алмазов не произошла. В то же время в сплаве Cu—Ni кристаллизация прошла успешно, хотя растворимость углерода в нем была даже меньше, чем в сплаве Pb—Sb.

Второе возражение связано с вопросом о возникновении зародышей при кристаллизации алмаза из расплава. Строгие расчеты показывают, что поскольку средняя поверхностная энергия на границе алмаз—жидкость аномально велика, то вероятность флуктуационного возникновения алмазного зародыша ничтожно мала.

И, наконец, еще один факт, полученный из опыта и показывающий, что предложенный механизм кристаллизации не может быть общим. В большинстве случаев синтез алмаза происходит при такой температуре, когда активирующее вещество (металл или его эвтектическая смесь с углеродом или карбидом) только начинает плавиться. Однако имеются четко поставленные опыты, в которых кристаллизация алмаза происходила, а активирующее вещество пребывало в твердом состоянии.

Вторая гипотеза. Распадающаяся на ряд гипотез, она рассматривает активирующее вещество как растворитель, обладающий способностью катализировать превращение углеродсодержащее вещество → алмаз. Это каталитическое действие трактуется по-разному.

Некоторые исследователи усматривают каталитический эффект в уменьшении поверхностной энергии на границе раздела алмаз—металл; это уменьшение специфично для каждого металла.

Другие считают, что только те расплавленные вещества проявляют каталитическое действие по отношению к синтезу алмаза, в которых углерод находится в виде положительно заряженных ионов. Согласно расчетам, положительно заряженный углерод имеет парциальный мольный объем меньший, чем мольный объем графита, но больший мольного объема алмаза. Таким образом, под давлением углероду в данных условиях «выгодно» с термодинамической точки зрения превратиться в алмаз, а не в графит.

Следующая группа исследователей считает, что роль катализаторов при синтезе алмазов под давлением в системе жидкий металл—углерод сводится к образованию ряда нестойких карбидов. Эти карбиды являются промежуточными соединениями и, распадаясь, дают алмаз. Предложено много формул для таких карбидов и, исходя из этого, сделаны попытки объяснить каталитическую роль каждого из примененных металлов или сплавов.

В последней гипотезе требование, чтобы металл-катализатор был жидким, уже не является необходимым—наличие жидкой фазы только резко ускоряет процесс за счет высокой подвижности металла и большей реакционной способности его по сравнению с твердым состоянием.

Третья гипотеза. Предположение о чисто каталитическом действии активаторов синтеза алмазов является, собственно говоря, углубленным развитием последней точки зрения. Основанием для этого послужило кристаллографическое изучение структур графита и алмаза. Оказалось, что слоистую гексагональную структуру графита можно преобразовать в кубическую гранецентрированную структуру алмаза, сдвинув один углеродный слой в графите относительно другого на определенное расстояние, сблизив плоские слои с их последующей «гофрировкой». Вероятно, так получают кристаллы алмаза в отсутствие катализаторов при очень высоких давлениях и температурах.

Поскольку в присутствии катализаторов давление и температура синтеза алмаза сильно уменьшаются, то высказаны гипотезы, каким образом металлы-катализаторы облегчают перестройку одной структуры в другую. Наиболее разработанной из них является следующая.

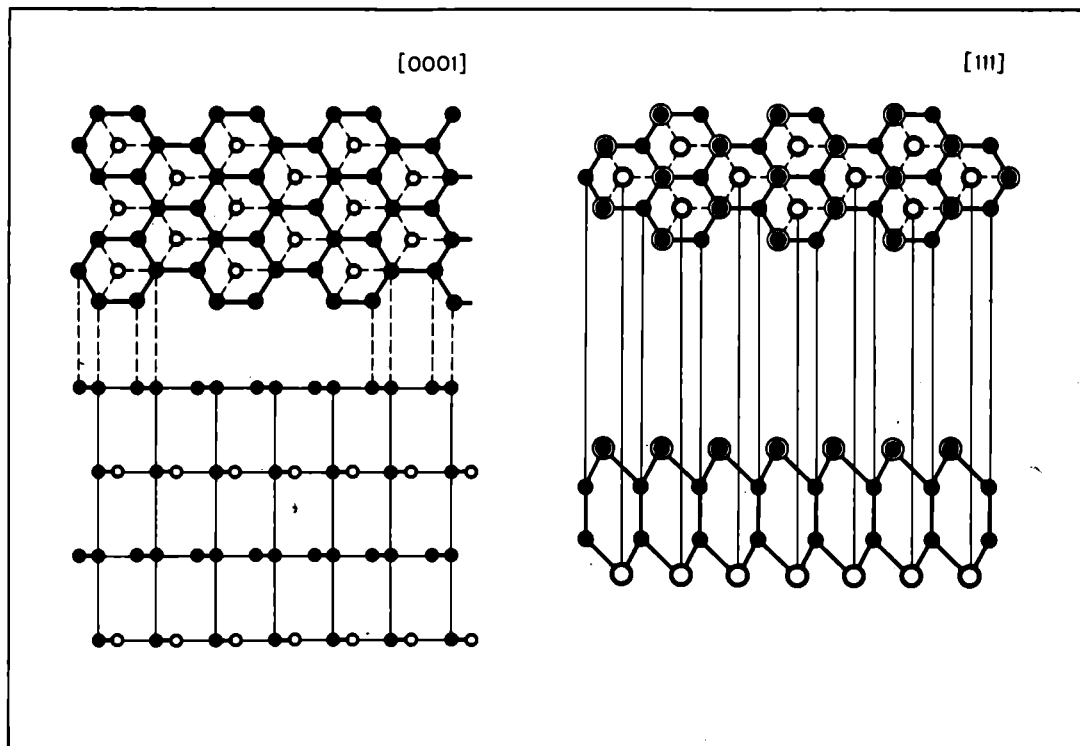
При высоких давлениях и температуре из графита и металла-катализатора образуется металлографитовый слоистый комплекс, где атомы металла располагаются между углеродными сетками графита.

Этот процесс может происходить как с твердым металлом, так и с жидким; в последнем случае гораздо быстрее.

В графите атомы углерода частично связаны электронами, локализованными по направлениям связи углерод — углерод (их 3/4 от общего числа валентных электронов углерода), а частично — делокализованными электронами, перемещающимися по слоям из углеродных атомов в объеме всего кристалла (их 1/4 от общего числа валентных электронов). Наличие делокализованных электронов в значительной степени

делает устойчивыми плоские углеродные сетки в структуре графита⁴. Поэтому нарушение делокализации электронов в графите снижает его термодинамическую устойчивость.

При внедрении атомов металла-комплексобразователя между углеродными слоями графита их внешние электроны взаимодействуют с делокализованными электронами углерода, что уменьшает подвижность последних. Поэтому устойчивость структуры графита резко снижается. Высокое давление сближает углеродные



Расположение атомов по двум кристаллографическим направлениям в графите (слева) и алмазе (справа). Видно, что, если рассмотреть проекции моделей пространственных решеток графита и алмаза на направления соответственно [0001] и [111] на плоскость, то обнаружится их явное конфигурационное сходство. Рассмотрение же решеток по направлениям, перпендикулярным предыдущим, показывает, как «гофрировкой» плоских углеродных слоев графита получается алмазная структура. Сближение углеродных слоев в графите происходит под действием высокого давления. Опыты по сжатию графита при комнатной температуре показали, что уменьшение его объема обусловлено сокращением расстояний между слоями; расстояния между атомами в слое почти не меняются. Различное обозначение углеродных атомов (три типа кружочков) показывает их разное положение в пространстве, которое хорошо видно на нижней проекции.

сетки, и становится возможным перекрытие орбиталей электронов у атомов углерода в соседних сетках. Это может привести к возникновению ковалентных связей между атомами в разных сетках, так как устойчивость последних понижена благодаря образованию комплекса. Плоские слои

⁴ Благодаря наличию делокализованных электронов кристалл графита обладает электронной проводимостью, подобно металлу, в направлении, параллельном плоскости углеродных сеток. В направлении, перпендикулярном плоскости сеток, электропроводность уменьшается на несколько порядков.

«гофрируются», и образуется алмазная структура.

Сравнительно недавно в Институте элементоорганических соединений АН СССР была разработана методика получения слоистых графитовых комплексов с переходными металлами. Опыты с данными соединениями при высоких давлениях и температурах показали, что происходит образование алмазов, причем с очень большой скоростью. Это косвенным образом указывает на правдоподобность гипотезы.

Имеются и другие точки зрения на механизм каталитического синтеза алмаза, но объем статьи не позволяет их изложить полностью. Возможно, к тому же, что процесс синтеза протекает по различным механизмам в зависимости от внешних условий.

Роль исходного продукта. Большое значение для понимания механизма синтеза алмаза имеют работы по исследованию влияния вида исходного углеродного вещества на количество и качество получаемых кристаллов. Оказалось, что структура исходного материала во многом определяет успешность синтеза алмаза.

Так, например, карбин⁵, в котором атомы углерода образуют длинные цепи, вообще не превращается в алмаз, несмотря на очень жесткие условия синтеза (90 кбар и 2073К). Продукты пиролиза различных органических соединений, взятые в качестве исходных веществ для синтеза алмазов, обладают высокой избирательной способностью. Многочисленными работами показано, что такие вещества, как сажи и коксы, тем полнее претерпевают каталитическое превращение в алмаз, чем выше их способность графитизироваться.

С чисто термодинамической точки зрения, это неожиданно, ибо несовершенные по структуре углеродные материалы имеют более высокие свободные энергии, чем хорошо кристаллизованный графит, и, таким образом, должны были бы легче превращаться в алмаз. Опыты с различными видами графита (дефекты структуры, размер кристаллитов, наличие примесей) показали, что из них получают алмазы с различными характеристиками (величина кристаллов, специфичность огранки, де-

фекты строения, количество посторонних включений).

Таким образом, для синтеза алмаза благоприятными оказываются исходные углеродные вещества с четко выраженной графитной структурой. Эта закономерность соблюдается как при превращении исходного вещества в алмаз в твердой фазе, так и при синтезе в растворе углерода в расплавленном металле.

Последнее обстоятельство можно объяснить тем, что в некоторых расплавленных металлах (экспериментально это наблюдалось в металлах группы железа) углерод присутствует не только в виде атомарного раствора, но и в виде отдельных микрогруппировок (кластеров). Они состоят из пакетов графита, плавающих в расплавленном металле. Можно предположить, что в этих микрогруппировках превращение графита в алмаз также происходит через образование металлографитового комплекса. Следует сказать, что наличие в расплавах углеродных (графитных) микрогруппировок, способных иметь размер больший, чем критический размер алмазного зародыша, снимает трудность объяснения кристаллизации алмазной фазы из жидкой среды.

Изложенное выше показывает важность дальнейшего исследования синтеза алмаза как для правильного понимания механизма реакций, протекающих при высоких давлениях и температурах, так и для получения кристаллов алмаза с заданными свойствами, нужными для определенных технологических потребностей.

СИНТЕЗ АЛМАЗА В ОБЛАСТИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ГРАФИТА

Применение высоких давлений требует сложной и дорогостоящей аппаратуры, поэтому поиски возможностей синтеза алмаза при атмосферном и меньшем давлениях (так называемый метастабильный синтез) представляют большой интерес.

При атмосферном (или меньшем) давлении и при температурах 1173—1373К свободные энергии парообразного углерода, алмаза и графита уменьшаются от углерода к графиту. Значит, с уменьшением энергии из парообразного углерода должен кристаллизоваться графит (самое нижнее устойчивое состояние системы), но может возникнуть с какой-то степенью вероятности и метастабильное состояние — алмаз. Чтобы помочь образованию алмаза, следует осажждать атомы углерода на по-

⁵ О карбине подробнее см.: Сладков А. М., Кудрявцев Ю. П. Алмаз, графит, карбин — аллотропные формы углерода. — «Природа», 1969, № 5.



Синтетические алмазы (величина кристаллов 315—400 мкм).

верхность кристалла алмаза. При этом они будут находиться под влиянием силового поля кристаллической решетки, стремящейся продолжить ту «укладку» атомов, которая имеет место в кристалле-подложке. Иными словами, подложка вынуждает новые атомы располагаться в определенном порядке. Такие методы выращивания кристаллов называют эпитаксиальными.

Практически эпитаксиальный синтез алмаза осуществляют разложением углеродсодержащих газов (метан, ацетилен и др.) при указанных выше давлениях и температурах над слоем мелких кристаллов алмаза. В этом случае происходит наращивание алмазных слоев на затравочных кристаллах. Опыты показывают, что это наращивание идет со скоростью ~ 2 — 3 мкм/час. К сожалению, одновременно осаждается и термодинамически самая устойчивая форма — графит, поэтому процесс наращивания алмаза постепенно затухает. Приходится прекращать синтез, извлекать кристаллы алмаза, очищать их от

графита и снова помещать в реактор для следующего наращивания. Иногда применяют несколько десятков циклов.

Количество алмазов, получаемых таким способом, невелико по весу, поэтому данный метод пока не получил промышленного применения. Однако ведутся работы по его усовершенствованию, и, возможно, удастся намного увеличить выход алмазов, чтобы этот процесс сделался рентабельным.

РАЗНОВИДНОСТИ СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗОВ

Синтетические алмазы по своим кристаллографическим параметрам неотличимы от природных. Однако как природные алмазы из различных месторождений разнятся по свойствам из-за химического состава примесей и их количества, а также из-за неодинаковых дефектов кристаллов и внешнего вида, так и синтетические алмазы различаются по этим показателям, что определяется методами их получения.

В зависимости от назначения алмазы должны обладать различными свойствами и величиной, что, в свою очередь, определяется условиями синтеза. Так, например,

для шлифовальных кругов нужны относительно мелкие — до 150 мкм и хрупкие алмазы, чтобы все время сохранялись острые кромки кристаллов. А для буровых коронок и долот требуются крупные алмазы от 400 мкм до нескольких миллиметров с большой сопротивляемостью к истиранию и с повышенной термостойкостью. Это необходимо, чтобы предотвратить окисление и графитизацию при высоких температурах во время изготовления инструмента (алмазы впекаются в материал долота при температуре $\sim 1273\text{K}$).

В течение семи-восьми лет после овладения методом синтеза алмазов их удавалось в промышленности получать в виде кристаллов размером не более 300—400 мкм, в лабораториях же предельная величина составляла не более 1,2 мм. Такие алмазные порошки могли удовлетворить потребности лишь абразивно-шлифовальной промышленности. Но технике требовались более крупные кристаллы.

В 1970 г. в США удалось вырастить монокристаллы алмаза совершенной огранки и чистой воды величиной около 6 мм. Их получили в очень сложной аппаратуре, поддерживая с большой тщательностью постоянными величины давления и температуры в течение почти недельного срока. Стоимость такого синтетического алмаза оказалась в 6—8 раз больше цены природного алмаза аналогичного качества.

Однако для технических целей могут применяться не только монокристаллы алмазов, но и агрегаты из сросшихся отдельных кристаллитов, которые, разумеется, не годятся для изготовления ювелирных украшений. Поэтому наряду с усовершенствованием синтеза монокристаллов усилия исследователей направлялись и на разработку методов получения поликристаллических алмазов. В природе известны редко встречающиеся поликристаллические образования алмаза, называемые баллас и карбонадо. Они представляют исключительную ценность для различных отраслей промышленности, благодаря своей изотропности и прочности, превосходящей прочность монокристаллов (они боятся ударов и неравномерных нагрузок в значительно меньшей степени, чем монокристаллы).

В настоящее время синтез поликристаллических алмазов разработан и широко освоен промышленностью. Следует заметить, что синтез алмазов типа баллас впервые в мире был осуществлен в нашей стране в 1962 г. на кафедре физики и химии высоких давлений МГУ.

Сейчас промышленность выпускает монокристаллы алмаза величиной до 1,2 мм и поликристаллы до 8 мм.

Поликристаллы изготавливаются не только прямым синтезом, но и спеканием под давлением мелких кристаллов алмаза в области его термодинамической устойчивости. Процесс спекания проводят в тех же установках, где и синтез, но в качестве реакционной шихты берут алмазные порошки. При соответствующих температуре и давлении реакционную массу выдерживают определенное время, чтобы отдельные кристаллики спеклись в единый агрегат. Кроме того, в последние годы начали развиваться методы получения композиционных материалов: к алмазу в процессе синтеза добавляются определенные вещества (титан, вольфрам, бор и т. д.), придающие алмазным композитам свойства, нужные для различных технологических целей.

Возможность получать синтетические алмазы в промышленных масштабах открыла новые перспективы в народном хозяйстве. В нашей стране из каждых 100 каратов алмазов, применяемых в технике, 80 приходится на синтетические, а выпуск их, например, с 1962 по 1970 г. вырос более чем в 250 раз. Надо сказать, что алмазы находят применение в разнообразных технологических операциях, и наряду с традиционными появляются совершенно оригинальные области использования алмазного инструмента. Так, алмазы стали успешно применять для обработки стеклопластиков, твердой керамики, подошв для обуви и др.

Производство алмазов расширяется с каждым годом во всем мире, и все новые отрасли промышленности, никогда ранее не использовавшие алмазов, начинают применять в своей сфере этот уникальный по своим свойствам материал.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Безруков Г. Н., Бутузов В. П., Самойлович М. И. СИНТЕТИЧЕСКИЙ АЛМАЗ. М., 1976.

СИНТЕТИЧЕСКИЕ АЛМАЗЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ. Киев, 1974.

Сопряженная эволюция растений и их паразитов

Ю. Т. Дьяков



Юрий Таричанович Дьяков, доктор биологических наук, доцент кафедры низших растений биологического факультета МГУ. Работает в области генетики и физиологии фитопатогенных грибов и иммунитета растений. В «Природе» была опубликована статья «Роль иммунитета в селекции растений» (1977, № 8).

Поскольку в дикой природе практически неизвестна гибель растительных популяций от массового размножения вредителей или болезней (эпифитотий), можно полагать, что эпифитотии — дело рук человеческих. В процессе культивирования растений человек нарушил баланс, сложившийся вследствие тысячелетней сопряженной эволюции хозяина и паразита. Очевидно, что для создания системы биологической защиты растений в широком понимании этого термина, необходимо знать, каковы механизмы, поддерживающие равновесие между популяциями хозяина и паразита в природе, как они были нарушены и как их можно восстановить. Эти механизмы исследуются сейчас во многих лабораториях, и в частности на биологическом факультете МГУ.

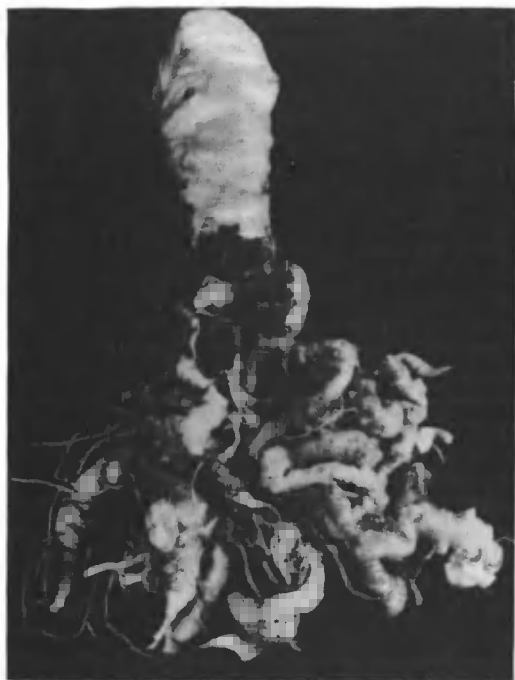
Если встать на точку зрения, что патогены растений перешли к паразитизму от сапротрофного¹ питания (а в ряде случаев это несомненно), то можно выделить два этапа сопряженной эволюции: формирование у растений общей неспецифической устойчивости и преодоление ее организ-

мами, переходящими к паразитическому образу жизни; возникновение в популяциях поражаемого вида растения устойчивых к данному патогену форм и преодоление этой специфической устойчивости.

НЕСПЕЦИФИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ

Если мы посмотрим на состав микроорганизмов, паразитирующих на каком-либо растении и заселяющих его мертвые ткани (растительные остатки), то окажется, что в этих двух группах почти нет общих видов. Следовательно, не все микроорганизмы, использующие растительную ткань пищевого субстрата, могут развиваться на живом растении. Это связано прежде всего с тем, что растения имеют защитные вещества, токсичные для паразитов (это фенолы, терпены, глюкозиды, горчичные масла и др.). Они обычно образуются или накапливаются до высокой концентрации при различных стрессовых для растений ситуациях, в том числе при заражении. Значит, паразитировать на данном растении может лишь тот организм, который преодолел каким-то образом действие защитных веществ. Среди различных способов, с помощью которых паразиты нейтрализуют действие защитных веществ растения, наиболее распространен-

¹ Один из способов питания растений, осуществляемый за счет органических веществ отмерших организмов или выделений животных.



Кила капусты (наросты на корнях).

ны два: детоксикация и потеря индукции. Приведу один из многочисленных примеров детоксикации защитных веществ. Известно, что в клеточном соке ряда растений (сорго, лядвенца и др.) содержатся цианогенные глюкозиды, которые при повреждении клетки разлагаются клеточными ферментами до одного из наиболее сильных дыхательных ядов — циана. В грибах, паразитирующих на таких растениях, имеется фермент формамид гидролиаза, превращающий цианид в гораздо менее токсичный формамид.

В растительной клетке, как, впрочем, и в клетках других организмов, многие ферменты часто отделены от своих субстратов системой мембран. Например, некоторые вещества находятся в цитоплазме или крупной центральной вакуоле, а ферменты, переваривающие эти вещества, в мелких вакуолях (лизосомах) или же на наружной мембране и клеточной стенке. При различных повреждениях клетки субстраты и ферменты приходят в соприкосновение, и начинается цепь биохимических реакций, приводящая к возникновению так называемых стрессовых метаболитов, обычно высокотоксичных для паразитов.

Например, в клеточном соке растений из семейства крестоцветных содержатся

горчичные масла — тиоглюкозиды (серусодержащие соединения, связанные с остатком глюкозы). При разрушении клетки ферменты разрывают глюкозидную связь, и в результате образуются летучие высокотоксичные соединения, содержащие изородановую группу ($R-N=C=S$). Именно поэтому вещества, отсутствующие в неповрежденном корне хрена, появляются лишь после повреждения его клеток. Следовательно, все паразиты, разрушающие клетки крестоцветных, должны быть устойчивы к действию образующихся токсинов. Иначе они погибнут. Специализированный внутриклеточный паразит миксомицет *Plasmodiophora brassicae*, вызывающий килу крестоцветных, напротив, не повреждает клеточных мембран, а, наоборот, стимулирует рост и деление зараженных клеток корня. Образовавшиеся на корнях наросты дают трещины, через которые в клетки корня проникают почвенные гнилостные микроорганизмы. Они уже не обходятся с зараженными клетками так деликатно, как возбудитель килы, и повреждают внутриклеточные мембраны. При этом в растении образуются токсические вещества, подавляющие дальнейшее продвижение паразита по ткани. Однако возбудитель килы к этому времени закончил вегетативный рост и перешел в покоящуюся стадию, устойчивую к токсинам.

В процессе эволюции паразиты не только нейтрализуют действие защитных веществ, но и начинают использовать эти вредные вещества как пищу. Например, у некоторых грибов (паразитов лука и чеснока) есть фермент, разлагающий фитонцид лука (аллиин), что позволяет им использовать продукт разложения в качестве источника серы. Гусениц бабочек белянок, питающихся на крестоцветных, привлекают именно ядовитые горчичные масла, т. е. они из репеллентов превратились в аттрактанты. С другой стороны, устойчивость может обуславливаться и тем, что макромолекула хозяина, необходимая для жизнедеятельности микробов, в результате мутационного изменения превращается в структурный аналог прежней молекулы и становится блоком фермента или токсина², т. е. из питательного для паразита продукта превращается в токсин.

Рассмотрим подобный случай на примере фитофтороза картофеля³. У карто-

² Эфроимсон В. П. Иммуногенетика. М., 1971, с. 40.

³ Васюкова Н. И. и др. «Микология и фитопатология», 1977, т. 11, № 6, с. 480.

феля при разных стрессах, в том числе при заражении или механическом повреждении клубня, накапливаются конечные продукты — высокомолекулярные для большинства паразитов стероидные гликоалкалоиды — соланин и чаконин (они образуются в результате конденсации шести молекул изопрена). Однако специализированный паразит картофеля (фитофтора) не только не чувствителен к ним, но и использует их для построения стеринного компонента своей мембраны (гриб не способен самостоятельно синтезировать стерины). В ходе сопряженной эволюции с паразитом у картофеля возникла способность в ответ на поражение изменять ход обмена веществ и вместо необходимых паразиту стероидов накапливать весьма для него токсичные сесквитерпеновые фитоалексины, образующиеся из трех молекул изопрена. Интересно, что первичный механизм действия картофельных фитоалексинов выражается, вероятно, в повреждении мембран, причем фитофтора, выращенная на среде, содержащей стерины, гораздо менее чувствительна к фитоалексинам, чем выращенная на бесстериновой среде. Таким образом, растение само «создает» ситуацию, при которой, во-первых, выключается синтез стерина, что повышает чувствительность паразита к фитоалексинам, и, во-вторых, накапливаются сами фитоалексины. В ответ на это паразит «научился» не вызывать синтеза фитоалексинов и тем самым избежать их накопления.

Потеря индукции фитоалексинов лежит в основе вирулентности многих рас паразитных грибов, способных поражать устойчивые ранее сорта растений. Таким образом, возникает система сорт растения — раса паразита и начинается второй этап сопряженной эволюции.

СПЕЦИФИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ

В популяции растений, восприимчивых к болезни, появление мутации устойчивости делает ее носителя более жизнеспособным и продуктивным. Такие мутации имеют селективные преимущества, и мутантный аллель постепенно заменяет аллель исходного типа, что влечет за собой накопление в популяции паразита генов вирулентности, т. е. генов, обеспечивающих преодоление устойчивости нового хозяина. Возникает система комплементарных генов паразита и хозяина во взаимодействующих популяциях (полиморфная по генам устойчивости популяция хозяина и полиморф-

ная по генам, преодолевающим устойчивость, популяция паразита). Эта система названа системой «ген на ген»⁴. Рассмотрим взаимодействие двух популяций в простой модели, представленной двумя генотипами хозяина — восприимчивым и устойчивым и двумя генотипами паразита — авирулентным и вирулентным. Устойчивый генотип хозяина имеет преимущество перед восприимчивым только в популяциях паразита, представленных авирулентными генотипами, поскольку ген вирулентности поражает оба генотипа. Однако, когда у хозяина нет гена устойчивости, ген вирулентности паразита теряет свое селективное значение. Более того, такие «лишние» гены снижают жизнеспособность паразита, вследствие чего их носители вытесняются из популяции менее вирулентными расами.

Следовательно, на устойчивых генотипах вирулентная раса будет быстро вытеснять авирулентную, а на восприимчивых — авирулентная будет медленно вытеснять вирулентную. Сбалансированный полиморфизм природных популяций паразита и хозяина, т. е. равновесие между соотношением генов устойчивости и вирулентности, достигается лишь в случае, если доля восприимчивых генотипов хозяина в смеси будет значительно превышать долю устойчивых генотипов. Следовательно, для равновесия в природе необходимо разнообразие рас паразита; разнообразие устойчивых генотипов хозяина и преобладание среди них генотипов, восприимчивых ко всем расам. Первые два условия хорошо известны и подтверждены многочисленными наблюдениями, третье менее бесспорно, ибо природные популяции обычно изучались на предмет поисков устойчивых, а не восприимчивых генотипов. Специальные исследования последних лет свидетельствуют о правомочности и этого условия. Например, восточное Средиземное море — центр происхождения овса и его паразита — возбудителя корончатой ржавчины. Популяция дикого овса представлена здесь смесью генотипов с разной устойчивостью, однако преобладают формы, восприимчивые ко всем расам⁵. Изучение устойчивости пшеницы к бурой ржавчине на Кавказе показали, что «в пределах мест-

⁴ Флор Х. Г. Генетическое регулирование взаимодействия хозяина и паразита при болезнях, вызываемых ржавчинными грибами. — В сб. Проблемы и достижения фитопатологии. М., 1962, с. 149.

⁵ Dinooor A. «Ann. N. Y. Acad. Sci.», 1977, v. 287, p. 357.

ного сорта, как и свободноживущей популяции, встречаются высоковосприимчивые формы и формы, несущие те или иные гены вертикальной устойчивости... Кроме того, даже в генетических центрах популяции близлежащих районов и даже разных видов в одном районе различаются набором и концентрацией доминантных аллелей генов устойчивости⁶. К смеси генотипов одного вида добавляется влияние смеси видов, ибо в природе нет чистых культур, а есть более или менее сложные фитоценозы.

Таким образом, в природных фитоценозах, состоящих из смеси разных видов растений, вред от болезней гораздо меньше, чем в чистых посевах и насаждениях. Не исключено, что болезни и вредители сыграли определенную роль и в самом формировании фитоценозов.

Известно, что интенсивность развития болезни пропорциональна густоте стояния восприимчивых растений. Значит, эпифитотии — один из факторов, способствующих разреженности популяции восприимчивых к данной болезни видов растений. Но в таком случае пустые места займут другие виды, устойчивые к этой болезни. Создается растительная ассоциация, в которой разные виды растений поражаются специфическими патогенами лишь частично.

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЭПИФИТОТИЙ

Среди причин, способствующих возникновению эпифитотий в условиях культуры, отметим нарушение экологического равновесия паразита и хозяина в результате генетического разнообразия культурных растений по сравнению с дикорастущими, селекцию на качество, влияние хозяйственной деятельности и интродукции.

Из 3000 видов растений, которые человек использовал в пищу за всю свою историю, сегодня интенсивно культивируются только 150 видов, причем основные площади заняты 15 видами. Интенсификация земледелия привела к снижению числа полей в севооборотах. Особенно характерно это для нашего сельского хозяйства, где общественная собственность на землю вызвала возникновение гигантских полей и садов, занятых одной культурой.

Опасность эпифитотий усиливается еще и вследствие сужения генетического разнообразия сортов. Жесткий контроль основных агрономических качеств, проводимый системой сортоиспытания, ограничивает расширение набора сортов, выращиваемых в данной зоне, если какое-либо свойство этих сортов (особенно урожайность) ниже, чем у стандарта. Поэтому огромные площади заняты одним сортом, а гены лучших сортов используются селекционерами из разных зон. В последние годы положение усложнилось еще в результате селекции на качество, т. е. на изменение химического состава полезных растений в сторону, благоприятную для потребителей. Однако при этом снижение содержания некоторых вторичных метаболитов, играющих роль факторов неспецифической защиты растений, приводит к массовому размножению вредителей и возбудителей болезней.

В некоторых случаях вспышки массового размножения вредителей обусловлены нарушением экологического равновесия паразита и хозяина в результате хозяйственной деятельности человека.

Почему тысячелетнее сосуществование кедра и его вредителя лишь в последние годы получило столь драматический оборот? Недавно сибирские энтомологи установили, что вспышки размножения вредителя обычно происходят после лесных пожаров.

Выяснилось, что наездник, паразитирующий на гусеницах шелкопряда, зимует в лесной подстилке. Пожары в первую очередь уничтожают подстилку и тем самым ликвидируют фактор, сдерживающий массовое размножение вредителя⁷.

Хорошо известно также, что неумеренное применение пестицидов приводит к вспышке размножения устойчивых к ним патогенов вследствие гибели их паразитов и хищников.

Более подробно останавлиюсь на роли интродукции в возникновении эпифитотий. Хорошо известно, что ввоз в новые районы отсутствовавших там видов растений и животных часто приводил к нерегулируемому их размножению и вследствие этого — к тяжелым и часто непоправимым нарушениям сложившихся биоценозов. Болезни растений не были исключением из этого правила.

⁶ Устойчивость пшеницы к бурой ржавчине. Новосибирск, 1978, с. 242.

⁷ Б о л д а р ц е в В. О. — «Природа», 1972, № 12, с. 112.

История эпифитотий — это история интродукций. Примеры тому — всемирно известные эпифитотии фитофтороза на картофеле, филлоксеры на винограде и другие. Чаще всего эпифитотии связаны с интродукцией паразитов в новые районы. Так, из Нового Света в Старый попали мучнистая роса крыжовника, мильдью винограда, а из Старого в Новый — гессенская муха, привезенная переселенцами из Германии, пузырчатая ржавчина сосны и другие патогены. Иногда эпифитотии могут быть вызваны вследствие попадания в новые районы растения-хозяина. Например, в конце 50-х годов в нашей стране широко внедряли посевы конских бобов, семена которых закупали в западноевропейских странах. Одна из причин того, что культура эта «не пошла» — интенсивное поражение болезнями и вредителями, переходившими на нее с диких и культивируемых бобовых растений.

Интродукция хозяев и паразитов как вследствие наших усилий, так и вопреки им, продолжается и будет продолжаться. Недавний тому пример, который все мы хорошо ощутили, — вспышка ржавчины кофе в Бразилии. Ржавчина кофе, как и сам кофе, возникла в горах Эфиопии. В 1868 г. патогенный гриб попал на Цейлон и за 20 лет охватил всю Юго-Восточную Азию. За 28 лет урожай кофе на Цейлоне упал с 42 млн кг в год до 3 млн кг, а в 1890 г. выращивание кофе на Цейлоне было полностью прекращено, и некогда основной поставщик кофе стал специализироваться на выращивании чая. На запад ржавчина продвигалась медленно, лишь в 1955 г. гриб попал в Либерию, а в 1962 г. — в Нигерию. Однако это было не страшно для американских плантаций, ибо севернее 20° ю. ш. господствующие ветры дуют с Атлантического океана в сторону Африки. Наконец, в 1966 г. гриб был обнаружен в Анголе и уже через 4 года — в Бразилии. При скорости ветра 20 км/час (а южнее 20° ю. ш. преобладают ветры западного направления) споры могут преодолеть 7000 км поверхности океана за 15 дней. Урожай кофе в бразильской области Парана упал с 9 кг на 1 дерево в 1970 г. до 1,2 кг — в 1971 г. В 1972 г. Бразилия импортировала 15 тыс. т фунгицидов, благодаря чему урожай достиг прежнего уровня. Однако себестоимость его сильно возросла, что стало одной из причин повышения международной организацией стран — экспортеров мировых цен на кофе.

Все это свидетельствует о том, на-



Пузырчатая ржавчина веймутовой сосны.

сколько важно знать закономерности сопряженной эволюции и формирования взаимодействующих популяций паразита и хозяина.

Устойчивые виды и формы семенных растений надо искать на их первичной географической родине. Это положение вытекает из учения Н. И. Вавилова о генетических центрах происхождения культурных растений⁸. Наибольшее разнообразие родственных видов и наивысшая концентрация доминантных генов характерна для первичных генетических центров, а, как указывал Н. И. Вавилов, чем выше генетическая дивергенция, приводящая к обособлению видов, тем сильнее контрасты в степени восприимчивости отдельных образцов растений к болезням. Например, родина пшениц — Закавказье, Иран, Малая Азия, Восточное Средиземноморье. В этих местах найдено наибольшее число видов пшеницы (только на территории Кавказа — 16 видов), многие из которых отличаются высокой устойчивостью к отдельным болезням или даже комплексной устойчивостью к ряду болезней и широко используются селекционерами для повышения устойчивости культивируемых сортов. Та-

⁸ Вавилов Н. И. Избр. соч. М., 1966.

ковы пшеницы Тимофеевка, Жуковского, двузернянка и другие.

Однако первичные генетические центры хозяина и паразита могут не совпадать⁹. В этом случае больше всего устойчивых форм находят на первичной совместной родине, т. е. в центре возникновения паразита. Например, по данным палеоботаники, пятыхвойные сосны (подрод *Strobus*) возникли в южной Берингии, откуда в юрском периоде распространились в двух направлениях: на северо-восток — через Аляску и Гренландию в северную Европу; на запад и юго-запад — Сибирь, Китай и южную Европу. Центром возникновения пузырчатой ржавчины сосны считают центральный Китай, где найдено наибольшее число устойчивых видов. Сибирский кедр расположен на северо-западной границе первичного ареала и поэтому умеренно устойчив, а американская веймутова сосна эволюционировала независимо от паразита и поэтому после завоза уже в XV в. инфекции в Америку сильно пострадала. Устойчивость, возникшую в ходе сопряженной эволюции на совместной родине, растение может терять в зонах, где паразит отсутствует. Поэтому повторная встреча после «долгих лет разлуки» так же опасна, как и встреча впервые. На совместной родине кукурузы и ее ржавчины в Америке в популяциях хозяина накопились гены устойчивости, и болезнь не имеет там экономического значения. В Африку кукуруза была завезена миссионерами примерно 300 лет назад и широко распространилась по континенту. Споры ржавчины погибали во время долгого путешествия через океан, поэтому паразит в Африке отсутствовал и не мог играть роли селективного фактора. В наше время, благодаря авиационному сообщению, время в пути сократилось и ржавчина попала в Африку, где вызвала жестокие эпифитотии. К счастью, гены устойчивости не исчезли, а лишь распались их комбинации, поэтому 20 лет сильного поражения оказалось достаточно, чтобы прежняя устойчивость восстановилась и ржавчина в Африке потеряла экономическое значение.

В новых районах обычно поражаются виды растений, таксономически близкие первичным хозяевам паразита. Так, попав в Америку, пузырчатая ржавчина среди многих растущих там видов сосен сильно

поразила только пятыхвойную веймутову сосну, родственную первичным хозяевам. Фитофтора, попав в Европу, сначала атаковала картофель, который относится к той же секции рода *Solanum*, что и первичные мексиканские хозяева паразита. Затем стал сильно задет томат из близкой секции того же подрода. Баклажан относится к другому эволюционному ряду рода, поэтому на нем эпифитотий фитофторы не обнаружено, хотя заражение растений возможно. Почему же паразиты так хорошо разбираются? У растений эволюционно выработались специфические и неспецифические факторы устойчивости, которые возникли как защита от инфекции, вообще, гораздо раньше специфических и независимо от наличия данного конкретного паразита. Поскольку возникновение неспецифических факторов устойчивости произошло еще до дивергенции растений на современные виды или даже роды, одни и те же факторы присущи родственным таксонам. Чтобы стать «специализированным», микроорганизм должен был прежде всего преодолеть действие неспецифических факторов устойчивости. Поэтому все виды растений, имеющие общие неспецифические механизмы, будут потенциальными хозяевами данного паразита. Специфическая устойчивость — продукт сопряженной эволюции со специализированным паразитом, это как бы второй этаж, необходимый для защиты от данного патогена, взломавшего засовы первого этажа. У видов растений, эволюционировавших вне общего центра происхождения, такой защиты нет, а первый этаж уже преодолен, и поэтому они часто поражаются наиболее сильно. Поэтому для изучения потенциального круга хозяев данного паразита важнее знать не степень таксономического родства, а степень общности первичных факторов защиты. Таксономические связи между растениями основаны главным образом на морфологии, однако вследствие неравномерности темпов химической и морфологической эволюции общие факторы неспецифической устойчивости могут встречаться у таксономически отдаленных видов. Например, гусеницы белянок питаются на растениях из семейства *Cruciferae* и *Capparidaceae*, которые большинство ботаников считают тесно связанными, а также на *Salvadoraceae*, у которых общее с крестоцветными лишь наличие горчичных масел — факторов первичной устойчивости.

Паразит имеет «узкую специализацию» по отношению к эволюционировав-

⁹ Жуковский П. М. «Вестник сельскохозяйственных наук», 1959, № 6, с. 17.

шему с ним хозяину и широкую — по отношению к видам растений, эволюционирующих независимо от него. Взаимоотношения «ген на ген» — продукт сопряженной эволюции накопления в популяциях хозяина генов устойчивости, а в популяциях паразита — генов вирулентности. Эти процессы идут как на совместной родине паразита и хозяина, так и в селекционных посевах. Растения, потенциально восприимчивые вследствие общности первичных защитных механизмов, но эволюционирующие независимо от паразита, не имеют вторичных механизмов защиты и будут поражаться всеми расами. Например, описано около 150 рас возбудителя корончатой ржавчины, специализированных к отдельным видам и сортам рода овса. Наряду с такой узкой специализацией к овсу, грибок широко приспособлен к другим злакам и поражает виды из 29 родов.

Таким образом, исследование генетических и физиолого-биохимических меха-

низмов регуляции взаимоотношений хозяина и паразита, возникших в ходе их сопряженной эволюции, имеет огромное значение не только для исследования паразитизма как общебиологического явления, но и для практической работы в области интродукции, селекции и семеноводства культурных растений.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Жуковский П. М. КУЛЬТУРНЫЕ РАСТЕНИЯ И ИХ СОРОДИЧИ. Л., 1971.

Дьяков Ю. Т. РОЛЬ ИММУНИТЕТА В СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ.— «Природа», 1977, № 8.

Ащайе А., Дьяков Ю. Т. ФИТОАЛЕКСИНЫ КАК ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ ПРИЗНАК ПАСЛЕНОВЫХ И ФАКТОР ИХ СОПРЯЖЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ RHUTOPHTHORA INFEFTANS.— «Бюллетень МОИП», 1976, т. 81, № 1.

НОВОСТИ НАУКИ

Генетика

Мутации при хранении семян

О. П. Солдатова и Н. Н. Орлова (кафедра генетики и селекции биологического факультета МГУ) установили, как влияют условия хранения на частоту мутаций и жизнеспособность семян различных сортов пшеницы, ячменя, ржи и салата. Частота мутаций оценивалась путем подсчета числа хромосомных нарушений в анафазах первых митозов в корешках при прорастании. Жизнеспособность семян проверяли через определенные промежутки времени по мощности их прорастания и всхожести на протяжении всего периода хранения (до 6 лет). Часть семян хранилась в лабораторных (комнатных) условиях, другая — при повышенной температуре (30° и 37°C). Кроме того, у некоторых культур были исследованы семена, сохранявшиеся более 20 лет при пониженной температуре и контролируемых условиях в специальных храни-

лищах Всесоюзного института растениеводства.

Опыты показали, что с увеличением температуры хранения всхожесть семян резко снижается, а частота мутаций возрастает. Темпы мутационного процесса у разных сортов и видов неодинаковы, что свидетельствует о генетической обусловленности этого процесса. При сравнении растений, находившихся в одинаковых условиях, наиболее высокая частота мутаций оказалась у ржи.

Специалисты из МГУ обнаружили также, что существенное влияние на уровень мутирования и жизнеспособность оказывает исходная влажность семян, закладываемых на хранение. Так, у семян салата, имевших самую низкую исходную влажность (1,9—2,9%), через 20 лет хранения частота мутаций не превышала 1,8% при всхожести 75—96%. А у семян салата с влажностью более 2,9% через такой же срок частота мутаций составила 4% при всхожести 86%. У ржи при повышенной влажности семян (более 10%) частота мутаций через 20 лет достигала 26,4% при всхожести 19%.

Солдатова и Орлова установили, что между частотой мутаций и всхожестью семян нет прямой зависимости: в ряде случаев отмечено, что семена одного и того же вида и сорта растения, хранящиеся при различных режимах, резко различаются по всхожести, но имеют близкие или даже одинаковые уровни мутаций. Следовательно, можно говорить лишь о тенденции снижения всхожести при увеличении частоты мутаций. Поэтому представление некоторых специалистов о том, что по всхожести семян (параметру, который легко и быстро определяется) можно предсказывать уровень мутирования — неверно.

Таким образом, уменьшить частоту мутаций и сохранить жизнеспособность семян при длительном хранении можно за счет понижения влажности и температуры. Выяснить оптимальное сочетание этих условий — значит найти один из путей разрешения проблемы сохранения генетического фонда растений.

«Научные доклады высшей школы. Биологические науки», 1979, № 6(186), с. 77—82.

Первый год в Московском университете

С. С. Четвериков

Об одной из ярких страниц в истории Московского университета, связанной с революционными событиями в нашей стране, рассказывает в своих воспоминаниях его воспитанник выдающийся советский биолог, основоположник популяционной генетики Сергей Сергеевич Четвериков (1880—1959).*

Итак, я — студент Московского университета¹. В новеньком студенческом мундире, со шпагой на левом боку представился я ректору А. А. Тихомирову². Несколько душеспасительных напутствий, и я вливаюсь в коллектив, именуемый первым курсом. Правда, я еще слаб; особенно пострадала память³. Но необычайная обстановка, непривычная лекционная система преподавания, толстые фолианты учебников, а главное совершенно новая, незнакомая студенческая среда — все это кружит голову и разрывает на части внимание. Я с жаром принимаюсь за учебу, уже через какие-нибудь месяц или два я участвую в зоологическом кружке под руководством профессора Н. Ю. Зюграфа⁴ и читаю доклад о строении гидры на основании нескольких немецких специальных работ, указанных мне руководителем. При Обществе любителей естествознания, антропологии и этнографии под председательством тогда еще доцента Г. А. Кожевникова⁵ работала комиссия по изучению

фауны Московской губернии, и я тотчас же становлюсь ее активнейшим участником. И студентом первого курса делаю мой первый «научный» доклад о тех дополнениях к фауне московских чешуекрылых, которые мне удалось установить.

Но все же самое главное, самое захватывающее, что меня окружало, это были студенты. Душа так к ним и рвется. Все они мне кажутся чрезвычайно интересными, с каждым я завожу разговоры на самые животрепещущие темы. Вскоре у нас образуется кружок, поставивший себе задачей основательно изучить революционную литературу, проработать «до дна» спорные вопросы, словом, из дилетантов стать настоящими революционерами. Я засаживаюсь за первый том «Капитала» Маркса и штудирую его систематически главу за главой, а попутно читаю все из нелегальной литературы, что попадает мне в руки. А в то же время мы очень боимся того, чтобы не подпасть под чье-то одностороннее влияние и очень ревниво следим за тем, чтобы сохранить самостоятельность своей мысли. Так проходит 1-й семестр 1900—1901 учебного года. Прошли зимние каникулы. Начался 2-й семестр, а вместе с тем мое первое «боевое» крещение. В Киевском университете вспыхнули какие-то свои местные беспорядки. Министром народного просвещения был тогда Боголепов. И вот сей муж изобрел универсальный способ успокаивать студентов. Он решил

* Публикуется по тексту, хранящемуся в Архиве АН СССР. О С. С. Четверикове см. также: «Природа», 1974, № 2, с. 57—74.

¹ Осень 1900 г.

² Тихомиров Александр Андреевич (1850—1931), зоолог, ректор Московского университета (1899—1904), директор Зоологического музея (1896—1904).

³ Накануне поступления в университет С. С. Четвериков перенес тяжелую форму брюшного тифа.

⁴ Зюграф Николай Юрьевич (1854—1919), профессор зоологии Московского университета.

⁵ Кожевников Григорий Александрович (1866—1933), зоолог, профессор Московского университета, директор Зоологического музея с 1904 г.

вспомнить далекие времена царствования Николая I и всех недовольных студентов гуртом отправил из университета в солдаты. Их было 183 человека. Легко было представить себе то возмущение, тот энергичный протест, который эта мера должна была возбудить среди студентов других университетов. Эта волна докатилась, конечно, и до Москвы. Начались сходки, «недозволенные сборища», выступления с призывом поддержать киевлян. Учеба прервалась, все смешалось, и все университетское начальство оказалось бессильным перед возмущением, охватившем все студенчество. И вот всюду пошел слух, везде появились коротенькие записочки — в таком-то часу в актовом зале — всеобщая сходка. Актовая зала старого здания забита до отказа. На кафедру входит студент, звенит звонок. «Предлагаю избрать председателем товарища Церетели. Кто «за» — прошу поднять руку». Над толпой целый лес поднятых рук. «Предложение принято». На кафедру поднимается студент Церетели, если память мне не изменяет, студент 3-го курса юридического факультета. «Объявляю сходку открытой; желающих выступить прошу записаться у секретаря». Поднимается несколько рук. В президиум передается несколько бумажек. «Записалось шестнадцать человек, предлагаю закрыть запись». По зале проносится гул: «Закрывать, закрыть», и затем начинаются выступления товарищей. Первый же оратор в горячий речи говорит о причине волнений, о возмутительном насилии и беззаконии распоряжения министра народного просвещения и призывает студентов объявить университетскую забастовку до тех пор, пока киевские студенты не будут возвращены в университет. Второй, третий товарищи выступают с этим же призывом, каждый вливая в него частицу своего возбуждения, своего протеста. Но находятся и «умеренные» элементы. Это так называемые «академики», или «белоподкладочники»⁴. Не выступая открыто против сделанных предложений, они старались уменьшить пламя возмущения ссылаясь на то, что забастовка грозит потерей целого года учебы, что деньги за ученые все равно с нас взыщут, будем ли



С. С. Четвериков в 1903 г. Из личного архива В. И. Воздвиженского.

мы учиться или нет, что многим товарищам придется расстаться с университетом и т. д. Сходка слушает их с возмущением. Раздаются стук, шум, выкрики: «Долой!», «Довольно!», «Ври, да знай меру!» и т. п. Но Церетели стремился сохранить беспристрастие, и его звонок гремит почти непрерывно. Но вот список выступлений исчерпан. Церетели встает и заявляет: «Предлагается следующая резолюция — объявить всеобщую студенческую забастовку и не возобновлять занятий во всем университете до тех пор, пока киевские товарищи не будут возвращены в университет». Затем следовали требования свободы слова, собраний, печати. Резолюцию ставят на голосование: «Кто «за», поднимайте руку». Над головами студентов — сотни рук. «Кто против?». В зале видно рук сорок — пятьдесят. Резолюция принята подавляющим большинством голосов...

В это время к Церетели подходит какой-то студент и что-то шепчет ему на ухо. Церетели кивает головой, затем встает, и, обращаясь к собранию, заявляет: «Товарищи, внимание! Только что получено сообщение, что все выходы из старого помеще-

⁴ Белоподкладочниками таких студентов звали за то, что будучи в большей части детьми богатых родителей, они часто щеголяли в мундирах с белой подкладкой, что считалось высшим шиком.— Прим. автора.

ния закрыты, оставлен только выход во двор. Выход со двора на улицу занят полицией, которой приданы воинские части. Поэтому убедительно прошу соблюдать порядок и избегать всяких эксцессов». Настроение моментально обострилось. Все чувствуют, что настоящая борьба, борьба с жертвами начинается. Все стали сосредоточеннее, все стараются не подавать вида, что встревожены. Студенты начинают расходиться. Все ходят медленно, стараясь не шуметь. По наружной двойной лестнице спускаемся во двор. Ворота на Моховую закрыты. Около железной решетки снаружи толпа людей — человек двести, среди которых изредка мелькают студенческие фуражки. Мы подходим к воротам. Они раскрываются, и мы прямо попадаем в объятия полиции, плотно оградившей выход, а позади полиции видна шеренга солдат с примкнутыми штыками. После того как со двора вышли человек 60—80, дверка ворот захлопывается, а вся группа студентов, плотно окруженная полицией и войсками, препровождается в расположенный напротив Манеж. Итак, группа за группой все студенты оказываются в Манеже, конечно, и я в том числе.

Манеж большой. Вся середина его засыпана слегка влажным песком. Холодно. Ведь такое громадное помещение отопить как следует не представляется возможным. Мы — студенты — занимаем большую часть Манежа. Только вблизи входных дверей сосредоточена довольно значительная группа полицейских, позади которых блещат штыки воинской части. Итак, началось!...

Что испытывал я сам, какие были мои переживания? Сейчас, когда описываемое имеет почти шестидесятилетнюю давность, полностью воскресить в памяти все мною тогда испытанное и пережитое, конечно, невозможно. Восьмидесятилетнему старику не передать впечатлений двадцатилетнего юноши. Но все-таки!... Все, что происходило со мною, я воспринимал как совершенно исключительный неожиданный и величественный праздник. Я чувствовал себя на вершине политической волны, чувствовал себя героем, на которого смотрит вся Москва. Нервное возбуждение было чрезвычайное. Я буквально не мог оставаться на месте, и другое чувство владело мною, чувство подвига, совершенного во имя счастья людей, во имя освобождения жестоко пострадавших безвинных товарищей. Те чувства, которые овладевали мною при чтении про преследование и смерть Джордано Бруно

и других мучеников за честь и свободу человечества, — эти чувства жертвенного подвига во имя человеческого блага переполняли мою душу, и я думаю, что не ошибусь, если скажу, что те же чувства владели и каждым из нас. Именно эти чувства жертвенности во имя блага человеческого толкали некоторых студентов, случайно не попавших на сходку и оказавшихся в подпирающей толпе, на то, чтобы прорываться к своим товарищам сквозь кольцо полиции и войск и следовать за ними в Манеж.

Считаю нужным отметить еще одно из тогдашних моих переживаний. Мне непременно хотелось чем-нибудь себя проявить, чем-нибудь показать другим, что я настоящий стопроцентный революционер; я не назову это чувство тщеславием потому, что оно было лишено желания показать свое превосходство над другими, но все же мне хотелось чем-нибудь выявить свою преданность революционному делу. Я несколько раз пробовал выступать перед товарищами, но, увы! Я, очевидно, не был рожден быть вождем. Мои выступления проходили незаметно, никого особенно не волнуя, и я все так же оставался простым первокурсником-новичком — должен добавить еще, что кроме нас — университетских студентов — в Манеже очутилась группа — человек в 20 — курсисток с Высших женских курсов (Герье)⁷. Я не видал, когда они присоединились к нам, но их присутствие в Манеже особенно заставило нас подтянуться, проявить заботу об «удобствах» дорогих нам товарищей.

Опишу несколько моментов из нашего манежного сидения, особенно врезавшихся мне в память. Вскоре после того как мы были водворены в Манеж и немножко в нем осмотрелись и освоились, мы вдруг услышали нечеловеческие вопли и гул голосов, несшийся со стороны входа. Все бросились туда. Несколько человек студентов и полицейских держали студента, кто за руки, кто за одежду, а студент кричал истощенным голосом и рвался из их рук ко взводу солдат, ощерившихся штыками. Студент вопил, повторяя одно и то же: «Нужна кровь, кровь, кровь!»... И несколько человек напрягало все свои силы, чтобы удерживать его на некотором расстоянии от солдатских штыков. Вдруг студент упал, его члены свела судорога, глаза совсем закатились под лоб, и было страшно

⁷ Высшие женские курсы профессора Московского университета В. Н. Герье открыты в Москве в 1872 г.

смотреть на эти пустые белки; изо рта потекла густая кровавая пена. Очень быстро его подхватили полицейские и куда-то понесли. Что с ним случилось дальше, осталось нам неизвестно. Конечно, этот припадок был следствием все того же величайшего нервного возбуждения, которое охватило нас всех вообще.

Быстро надвигались ранние зимние сумерки. Зажглись огоньки электрических ламп по всему Манежу. Стало ясно, что нас оставят здесь ночевать. Часов в восемь вечера открылось кольцо полицейских, и в Манеж втащили несколько ведер с ужином. Принесли целый мешок деревянных ложек, каждый получил по краюхе хлеба, уселись на земле кружками вокруг ведер и принялись хлебать. Ужин состоял из кипяченой воды, в которой плавали куски капустных листьев, и из небольшого количества разваренного картофеля. Мне, да, вероятно, и не мне одному, ужин показался великолепным, как великолепно было все, что происходило с нами и чего мы никогда раньше не переживали. А время шло, надо было укладываться на ночь. Позаботились о курсистках, собрали для них все теплое, что можно было собрать, причем некоторые из нас снимали с себя верхнюю одежду. Спали, конечно, вповалку, прямо на земле, а от холода спасались тем, что как можно плотнее прижимались друг к другу. Спали, понятно, плохо, почти не спали вовсе — мешали нам как холод, так и все тревожения дня.

На следующий день наше сидение продолжалось. Сколько мы ни старались разузнать, что будет дальше и когда определится наша дальнейшая участь, мы всюду наталкивались на глухую стену. Как-то надо было коротать время, и вот вспоминается мне такая сцена: из дальнего угла Манежа несется коротенькая плясовая мелодия, сопровождаемая ритмичным прихлопыванием ладошек. Устремляемся туда. Небольшая свободная площадка окружена плотным кольцом студентов и курсисток, внутри этого кольца пляшет молодая, стройная, красивая курсистка; переступая едва заметно, она плывет по кольцу и пляшет только плечами и руками, поворачивая свое лицо в такт плясовой. Она вызывающе смотрит на присутствующих, как бы приглашая на соревнование. И вот вдруг кольцо разрывается, на площадку выскакивает студент и начинает выделывать всевозможные колена. Курсистка оживает, улыбается, ее танец становится энергичнее, возбужденнее. Студент так и крутится вокруг нее, его «коленца» становятся все

смелее. И вот вдруг сквозь кольцо зрителей прорывается другой — на нем красная косоворотка, студенческая тужурка расстегнута, он бросается к своему «противнику», и состязание становится еще более бурным. Курсистка улыбается и губами, и глазами. Она сама пляшет уже с азартом, и волнение от этого состязания охватывает всех нас.

Никогда в жизни не видывал я больше такого танца. Это было какое-то необычайное соревнование красоты и ловкости, удачества и грации.

И все-таки время тянулось нескончаемо долго, медленно и бесцветно. Вчерашнее возбуждение, вчерашний нервный подъем за ночь совершенно стухали, и заменились противоположной реакцией. Мы слонялись по Манежу из конца в конец, не зная, что с собой делать. Разговоры не клеились, и в голове жила лишь одна мысль: что же будет дальше?

Впрочем, еще одно небольшое событие несколько всколыхнуло наше сонное царство. С первого момента водворения студентов в Манеж среди них появилась совершенно чужая фигура. Сначала я принял ее за какого-нибудь служащего Манежа — истопника, подметальщика или кого-либо в этом роде. Эта фигура невольно обращала на себя внимание — невысокая, худая, в старом истертом пальто и в совершенно бесформенной шапке. Но что особенно бросалось в глаза — это были довольно большие клочки совершенно белых волос, рассеянные по всей голове, по усам и по небольшой бородке. Еще обращали на себя внимание его глаза: как мышата, они все время бегали, как будто чего-то искали, и никак не удавалось пристально посмотреть в эти глаза, а в то же время взгляд был какой-то хищный, как у ястреба, высматривающего свою добычу. Эта фигура шмыгала между студентами, прислушивалась к отдельным разговорам и вообще вела себя странно. Нас, студентов, она заинтересовала, и, в конце концов, мы решили выяснить, что это за человек. Он назвал свою фамилию — Кузис — и объявил, что он старый революционер, решивший принять участие в нашей студенческой «революции». Тогда мы потребовали, чтобы он во всеуслышание рассказал, кто он такой. По всему Манежу пронесся призыв: «На сходку!». Лениво, почти нехотя собрались мы в кучу вокруг перевернутого вверх дном ящика, на котором стоял Кузис. Наконец, мы собрались, и Кузис заговорил. Он отрекомендовал себя старым революционером, много

пострадавшим в застенках охраны. «Вот видите эти клочья белых волос — эта памятка осталась мне от охраны». Он приветствовал нас за нашу решимость встать на защиту товарищей, выражая радость, что он, наконец, дожид до этого дня, призывал нас стойко бороться и так дальше и все в том же духе. Не скажу, чтобы он вызвал подъем революционного пыла. Лично у меня все же осталось какое-то смутное чувство недоверия, сам не знаю, чем вызванное. Но кем бы там ни был Кузис, он был принят в нашу студенческую семью и с тех пор делил с нами все обстоятельства жизни.

Около полудня принесли нам обед — все та же похлебка и небольшое количество гречневой каши, слегка смазанной постным маслом. Сегодня этот обед показался уже совсем не таким вкусным, как вчера. И вот снова потянулись минуты и часы, стало темно, зажгли лампочки, а мы все ходили и бродили, как потерянные. Настала холодная ночь, снова улеглись мы с тяжелым уже чувством, и многие никак не могли согреться.

Измученные, потерянные проснулись мы на следующее утро. Что же будет дальше? Когда же этому сидению будет конец? И снова потянулось мутное время.

Но вот уже во второй половине дня вдруг зашевелилась полиция, зашевелились войска и раздалась команда: «Построиться в колонну, по четыре человека в ряд». Мы быстро собрались и построились, двери Манежа распахнулись, и мы очутились на улице, окруженные войсками с правой и с левой стороны. Вот мы пошли. Куда? Ответ на этот вопрос не заставил себя долго ждать, вскоре нас повернули в сторону Страстной площади⁸, всем стало вполне ясно, что перед нами прямая дорога в Бутырки.

Но вот мы и у цели. Большие, тяжелые ворота Бутырской тюрьмы, как бы радостно заскрипев, распахиваются перед нами и приветствуют нас: «Добро пожаловать, дорогие гости!»

Нас вводят в огромное приемное помещение, начинается длительная процедура заполнения анкет. Наконец, все сделано, и нас водворяют на место нашего постоянного жительства. Оказывается, что для нас освободили целый второй этаж одно-

го из внутренних корпусов. Все камеры оказались заселенными студентами. Мы расположились как дома — у каждого была своя койка, каждый разместился со своими однокурсниками и друзьями в облюбованном им месте. Но тесноты не было. Все двери в корпусе открыты настежь, ходим свободно из камеры в камеру, смотрим, где и как кто устроился. Быстро организуемся, выбираем старост, дежурных: словом, устраиваемся надолго.

И вот наша бутырская жизнь потекла по своему руслу. Рассказывать о ней подробно нет оснований. Скажу только, что мы старались заполнить наше время чем и как могли. Пожалуй, наиболее любимым нашим развлечением было пение: почти в каждой из камер был свой хор, и целый день то здесь, то там раздавалось пение. Помнится, что особенно часто пели песню:

Как за речкою быстрой
Становой едет пристав,
Ой, горюшко-горе,
Становой едет пристав.
Становому на ужин
Поросенок нужен.
Ой, горюшко-горе
Поросенок нужен.
Становому на ночьку
Старостихину дочку...

Звонкий голос запевал заводит высоким тенором первые слова песни:

Пошли девки в Дон купаться.
Пошли девки в Дон купаться...

Хор подхватывает:

В Дон купаться, кума,
В Дон купаться... (и два раза)

Снова тенор запевает:

Стали девки раздеваться,
Стали девки раздеваться,

И снова хор:

Стали девки, кума, раздеваться...

Далее:

Сняли девки рубашонки,
Стали девки нагишонки...

Вскоре появился и «печатный» (рукописный) журнал под названием «Бутырский вестник». Помню начало первого выпуска. Он начинался стихотворением:

В каком году, рассчитывай,
В какой стране, угадывай,
За стенами за крепкими
С железными решётками
Студентов сотен с пять.
За что их взяли, ведомо,
За что сажали, знаемо,

Шумят, поют ребятаушки,

⁸ Ныне площадь Пушкина.

Кашицею питаются,
Клопы их кровь сосут...

Начальство к нам носу не показывало. Было очевидно, что оно вообще не знает, что с нами делать, а потому мы жили, как хотели. Правда, изредка являлся тюремный надзиратель и вызывал отдельных студентов, вообще наиболее активных, на допрос. Иногда студент возвращался в камеру, а иногда исчезал, и никто не знал о его дальнейшей судьбе. Одни думали, что его отпускали под расписку, другие же предполагали, что его перевели в одиночку. Но как-то мы мало тревожились и не реагировали на подобные случаи.

Кузис был с нами и все время вертелся среди наиболее деятельных студентов, часто вступая в разговоры и споры. Многим эта фигура была не по душе. В его присутствии невольно возникало какое-то чувство нестерпимости. И его несколько раз вызывали к следователю. Но он каждый раз возвращался. И вот вдруг разыгрался инцидент. Как-то раз он вернулся с допроса, и студенты окружили его, желая узнать, о чем его допрашивали. Он что-то рассказывал, как вдруг один из студентов прямо в упор задал ему вопрос: «Ну, а в бане Вы мылись у следователя?» Кузис изумленно взглянул на спрашивающего и ответил «С какой стати?» «А с такой, что ушли Вы в грязной рубашке с серыми полосками, а вернулись в чистой, в клеточку». Кузис был явно смущен и молчал. Кругом поднялся шум, раздался выкрики: «Провокатор!» «Бей провокатора!» Студенты бросились бить Кузиса, но в это время подоспели несколько человек охраны и отбили Кузиса от разгоряченных студентов. Впоследствии я слышал, что Кузис кончил плохо. Его позднее направили в Рязань, на одну бастующую фабрику, но рабочие его там быстро раскусили и придушили в каком-то темном закулке. Кажется, никто не доискался его убийц.

Так прожили мы две недели; и вдруг обстановка резко изменилась. Что? Как? Почему? Все это «как, почему» было для нас совершенно непонятно. Но явилось высшее начальство и объявило нам, что получен приказ о нашем освобождении, но что для этого нужно выполнить некоторые формальности. Мы должны небольшими группами спускаться в первый этаж, там расписываться, после чего мы были свободны. Легко представить себе наше волнение и изумление. Сборы были недолгие. Один за другим спускались мы вниз, а затем исчезали за воротами тюрьмы, еще так недавно нас радушно принимав-

шей. Только придя домой, я узнал, в чем дело. Четвертого февраля на всю Россию прогремел выстрел: студент П. Карпович во время приема у министра народного просвещения Боголепова убил его из револьвера. Это событие потрясло не только все общество, но и правительство. По Москве распространился следующий слух: вскоре после этого события собрался Совет Министров, на котором присутствовал и царь, и обсуждалось создавшееся положение. Многие из министров в самых резких выражениях, с самыми страшными угрозами обрушились на студентов. На собрании присутствовал генерал Ванновский, старый сослуживец Скобелева по его туркестанским походам. Он попросил слова и выступил приблизительно с таким мнением: «Мы все жестоко виним студентов, но одни ли они виноваты? Правильна ли была политика последних лет, которая только раздражала и волновала студенчество? Ведь недоверие всегда рождает и встречное недоверие, и недоверие правительства к студентам вызвало в их горячих головах встречное недоверие, и можно быть уверенным, что доверие со стороны правительства к студентам встретит еще более горячее доверие в кругу молодежи». Как говорят, это выступление произвело сильное впечатление на царя, и через пару дней последовало назначение генерала Ванновского министром народного просвещения, и эта перемена политики явилась причиной нашего внезапного освобождения.

Последующие три года получили среди студентов название «эпоха доверия». Мы начали учиться. Были сделаны кое-какие облегчения для студентов, между прочим, сформировалась организация, охватившая весь университет и получившая название «Студенческий орган». Каждый курс посылал в этот Орган по одному делегату. Орган имел даже свою печать: крепкое рукопожатие двух рук и под ними надпись «Студенческий орган». Все это было полулегально, то есть никто за это студенчество не преследовал, но в то же время никто этого нам не разрешал.

Вот в такой, вообще говоря, мирной обстановке шли дальнейшие годы. Но буря надвигалась и на этот раз совсем с другой стороны и неизмеримо более мощная и грозная. Подходил 1904 год с его неудачной японской войной, с чувством полного недоверия к царскому правительству, с широким осознанием пролетариатом своих сил и прав. Но об этом дальше.

Термобарогеохимия минералов Земли и космоса

Н. П. Ермаков



Николай Порфирьевич Ермаков, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры полезных ископаемых геологического факультета МГУ. Занимается изучением генезиса рудных месторождений и разработкой новой научной отрасли — термобарогеохимии. Автор книг: Критерии познания генезиса минералов и среда рудообразования. Львов, 1949; Исследования минералообразующих растворов. Харьков, 1950; Research of the nature of mineral forming solutions. L., 1965; Геохимические системы включений в минералах. М., 1972; Термобарогеохимия (совместно с Ю. А. Долговым). М., 1979. Лауреат Государственной премии СССР (1951) и премии им. В. И. Вернадского АН СССР (1975).

ПРОНИКНОВЕНИЕ В МИР ГЕНЕЗИСА МИНЕРАЛОВ

Абсолютно однородные, идеальные кристаллы чрезвычайно редки в природе. Нарушителями их однородности могут быть включения обломков минералов и пород, а еще чаще реликтов той среды, из которой минералы образовались¹. Размер включений измеряется в микронах или десятках микрон. В одном кубическом сантиметре минерала содержится от нескольких тысяч до нескольких миллионов включений. Все они не входят в кристаллические решетки минералов, а заполняют возникающие в процессе роста кристаллов полости, которые принято называть вакуолями.

Включения в минералах были замечены очень давно. Например, известно, что в древности по наличию включений ювелиры судили о подлинности камня. Из раннего средневековья до нас дошла работа Аль-Бируни (972—1048), в которой также отмечены включения в минералах. За

XVIII, XIX и первую половину XX в. появилось несколько сот публикаций по газожидким включениям в минералах. Все они носят описательный характер. И лишь в 50-х годах нашего века стал возможным переход к физико-химическим испытаниям вещества включений. Первым шагом в этом направлении явилось искусственное нагревание вещества включений под микроскопом, позволившее определять быструю температуру образования минералов². Суть дела заключается в том, что, попадая из глубин в условия земной поверхности, вещество включений становится неоднородным. Оно дифференцируется на жидкую и газовую фазы, из которых при достаточно высоких концентрациях выделяется твердая фаза — так называемые минералы-узники. При повышении температуры вещество включения переходит в исходное однородное состояние — в каплю материнского расплава или раствора. Температура этого перехода и есть величина, близкая к температуре кристаллизации минерала.

Выделившиеся из каждой порции растворов и расплавов твердые фазы мине-

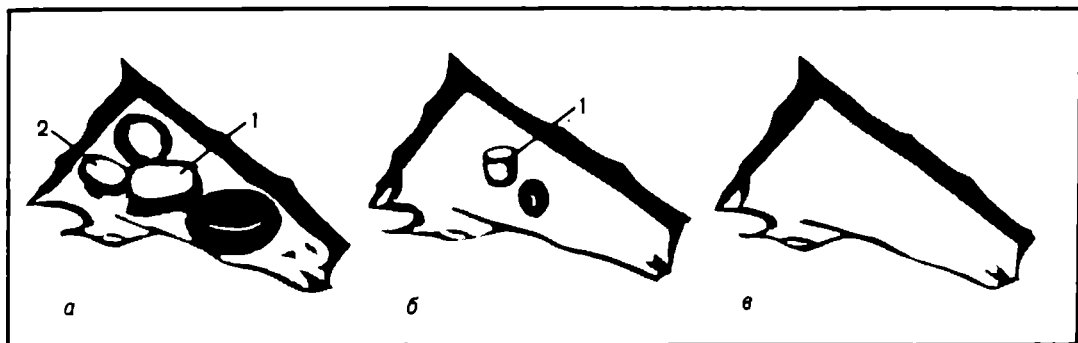
¹ Под включением следует понимать всякий участок в теле минерала, герметически изолированный в процессе кристаллизации и имеющий с минералом фазовую границу.

² Ермаков Н. П. Критерии познания генезиса минералов и среда рудообразования. Львов, 1949.

ралов-узников при повышении температуры растворяются, а при понижении — снова кристаллизуются на наших глазах в закономерной последовательности. Прямо, как чудо, наблюдаешь под микроскопом зарождение, рост и растворение минералов-узников из капелек среды, законсервированных сотни миллионов лет назад. Такие превращения с древними микроскопическими минералами можно повторять сколько угодно раз, убеждаясь в постоянстве температур фазовых переходов и по-

ЧТО МОЖНО УЗНАТЬ, ИЗУЧАЯ ВКЛЮЧЕНИЯ ВИЗУАЛЬНО?

Итак, мы установили, что микроскопические порции растворов и расплавов, заключенные в вакуолях минералов, — это законсервированная минералообразующая среда. Именно она определила генезис минералов, слагающих эндогенные горные породы и руды, сохранила информацию о процессах далекого геологического прошлого. Но расшифровка этой инфор-



Ход гомогенизации многофазовых включений в топазах Вольни (увел. в 360 раз): а — при температуре 40°C раствор доминирует по объему над газовым пузырьком [темный] и твердыми фазами минералов-узников [1 — галит, 2 — сильвин]; б — при температуре 285°C газовый пузырек и кристаллик галита существенно уменьшились в объеме; в — при температуре 310°C достигнуто гомогенное жидкое состояние вещества включения.

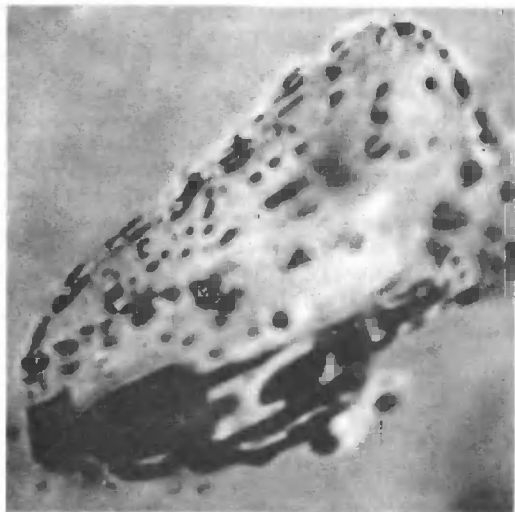
следовательности появления и исчезновения фаз в природных «микроавтоклавах».

В наши дни термометрия процессов минералообразования по включениям в минералах стала составной частью новой отрасли геолого-минералогических наук — термобарометрической геохимии (или термобарогеохимии). Поскольку включения материнских сред оказались самыми обычными атрибутами минералов любого генезиса, результаты их физико-химических испытаний и анализов становятся все более необходимыми для геологов. Эти результаты используются в теории эндогенного рудообразования, динамической минералогии и геохимии, петрологии магматических и метасоматических пород, а в последние годы их стали применять и для изучения осадочной оболочки земной коры и скоплений экзогенных полезных ископаемых.

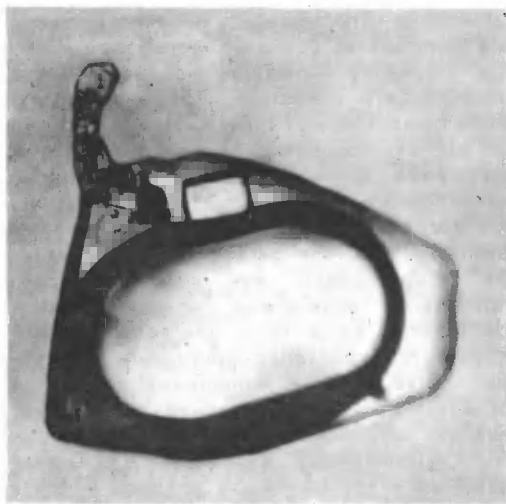
мации оказалась делом далеко не простым.

Например, лишь после просмотра под микроскопом нескольких тысяч включений нам удалось выяснить, что многие из них вовсе не являются реликтами среды, в которой зарождался и рос минерал-хозяин. Это оказались изначально твердые инородные обломки минералов и пород, случайно попавшие на грани роста включающего минерала. Подобные включения представляют ограниченный интерес для распознавания генезиса минералов. Иное отношение должно быть к включениям микропорций расплава, затвердевшим уже после их захвата минералом. При температуре 20°C эти затвердевшие включения представлены или кристаллическими зернистыми агрегатами, или аморфным стекловатым веществом, или являют собой особый тип кристалло-флюидных включений. Затвердевшие включения оказались характерными исключительно для магматических образований, причем первые — для плутогенных, вторые — для вулканогенных и третьи — для поздних дифференциатов магм любого состава.

Газовые включения иногда, как губку, насыщающие рудные и нерудные минералы, представляют собой глубинные или же эксгаляционные газы, часто смешанные в разных пропорциях с воздухом в вулканогенных продуктах возгона. Присут-



Кристаллически-зернистое включение кислой магмы в кварце гранитов. Слева внизу — темный газовый пузырек, кристалл-узелковый полевого шпата и рудный минерал. Верхняя часть затвердевшего включения представлена светлыми полевыми шпатами, а также темными газовыми пузырьками и рудными минералами. Увел. в 1800 раз.
Здесь и далее фото Н. П. Ермакова и Ф. П. Мельникова.



Газово-жидкое включение во флюорите из пегматитов. Более половины объема включения занимает газ. По периферии газовый пузырек окружен раствором с разнообразными минералами-узелками, заполняющими аппендикс вакуоли. При нагревании все вещество включения превратится в концентрированный газ, что служит доказательством пневматолитового происхождения минерала. Увел. в 225 раз.

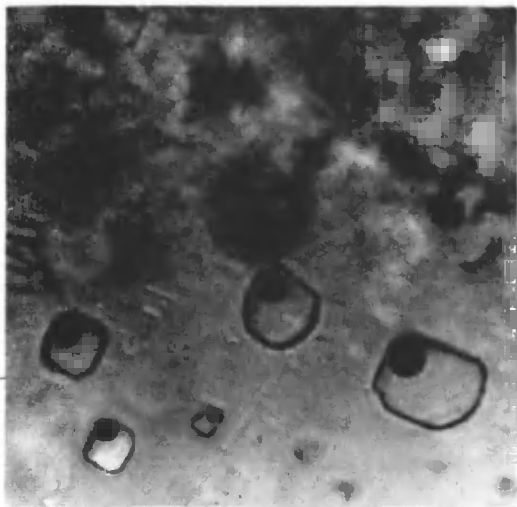
ствие газовых включений в минералах говорит о бывших процессах глубинного или близповерхностного пневматолита — кристаллизации минералов из газовой фазы.

Водно-жидкие и сложные включения в минералах при температуре 20°C могут быть как однофазовыми, так и многофазовыми, что зависит от температуры и концентрации материнского раствора, плененного в процессе роста минерала. При охлаждении микроскопические капли жидких включений сокращаются в объеме в большей степени, чем включающий кристалл. В результате в вакуолях возникает газовый пузырек сжатия, а при высоких концентрациях раствора кристаллизуются и минералы-узелки. Только в случае захвата растворов с температурой близкой к 20°C они сохраняются в исходном виде без разделения на фазы. Углекислота, занимающая второе после воды место среди подвижных минералообразующих сред, легко объединяется с пузырьком сжатия, а при значительном ее количестве концентрируется в жидком виде вокруг этого пузырька, образуя так называемые кокардовые включения. Углеводороды, часто встречающиеся в сложных жидких включениях, обычно также не смешиваются с водным раствором, выделяясь в отдельную капельку желтоватого цвета, а иногда и в бурые сгустки битумов. Двухфазовые и многофазовые жидкие включения в минералах рудных месторождений служат признаком их гидротермального генезиса, причем количество фаз во включениях уменьшается к завершающим этапам гидротермального процесса.

Таким образом, классификация включений в минералах, созданная нами в результате многолетнего труда по сопоставлению включений из разных типов пород, руд и месторождений, приносит реально ощутимые результаты. На ее основе, изложенной здесь в самых общих чертах, даже при визуальном изучении включений можно делать выводы о происхождении минералов.

Но, определяя происхождение минерала по составу включений, необходимо помнить, что далеко не все они годятся для этой цели. Необходимо отличать первичные (сингенетические) включения, образовавшиеся одновременно с минералом, от вторичных (эпигенетических) включений, располагающихся по микротрещинкам.

Расположение первичных включений обычно совпадает с зональными или секториальными элементами роста кристаллов. Зональные включения сосредоточены в

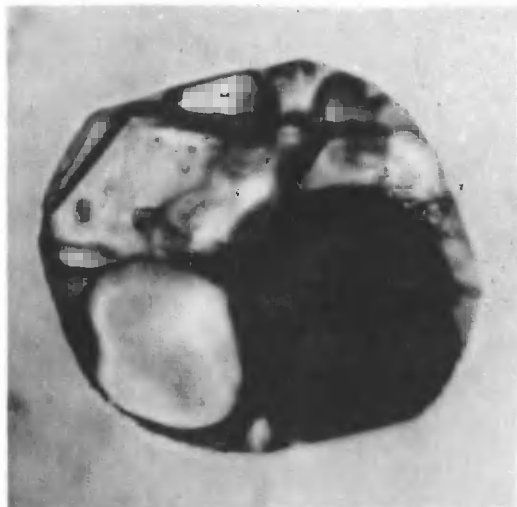


Затвердевшие двухфазовые включения в плагио-клазах базальтов, состоящие из вулканического стекла и газа (темные пузырьки). Увел. в 220 раз.

плоскостях граней ступенчатого роста, азональные — в сегментах пирамид нарастания. Чем быстрее росли кристаллы, тем больше микроскопических порций материнского раствора они захватывали.

Вторичные включения мы находим в залеченных микроскопических трещинах (обычно тектонического происхождения), пересекающих все элементы роста кристаллов и контакты минералов друг с другом. Вещество таких включений связано не с минералообразующим, а с преобразующим минералы и их агрегаты раствором, действовавшим уже после их кристаллизации.

При первом рассмотрении создается впечатление, что почти все включения вторичны, так как размещение большинства из них совпадает с трещинками в минералах. Но при тщательном исследовании становится ясно, что многие из микроскопических трещинок возникли в ограниченных минеральных индивидах еще в процессе их роста. В эти-то трещинки, достигавшие поверхности бывших граней кристаллов, немедленно внедрились окружающие минералообразующие растворы. Вслед за залечиванием трещинок те же растворы наращивали и наружные зоны кристаллов. Именно в это время образовались включения в трещинках, которые мы называли мнимовторичными. Расшифровка их генезиса требует особенно внимательного под-



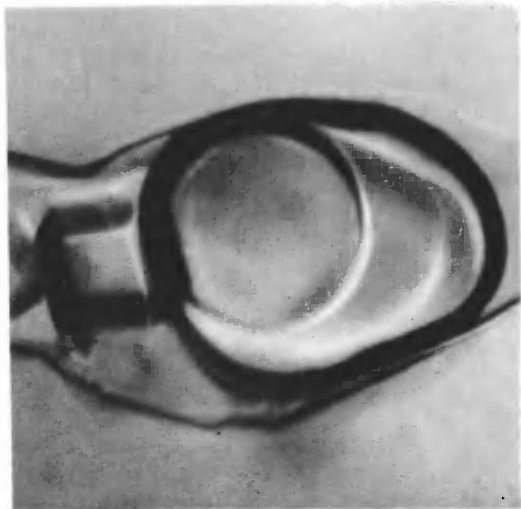
Включение остаточного материнского расплава-рассола в пегматитах. Внизу справа — крупный пузырек газа, слева от него — минерализирующий галит, а выше — микрокристаллы других солей, силикатов и карбонатов. Увел. в 300 раз.

хода, но в целом калейдоскоп «трещинных» включений отражает реальную картину изменения минералообразующих растворов.

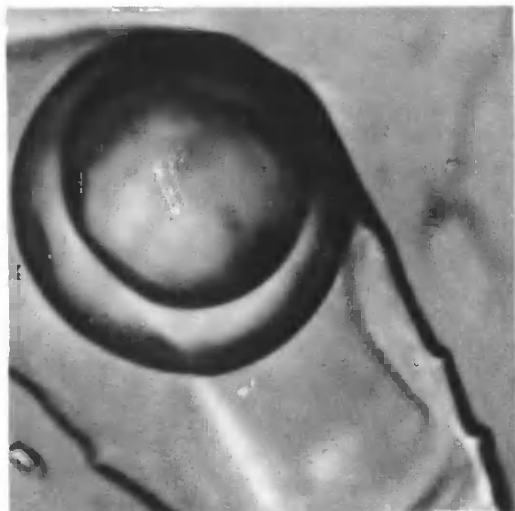
Работа по визуальному изучению включений начинается с изготовления прозрачных препаратов. В них под микроскопом определяем положение включений по отношению к зонам роста, а затем для мнимовторичных включений выясняем, какие микротрещинки с семействами включений образовались раньше других. Так визуальные наблюдения оказываются полезными для «раскладки» включений по относительному возрасту их образования. Но окончательное решение, так же как и при выяснении генезиса минералов по включениям, зачастую может быть вынесено лишь после физико-химических исследований вещества включений.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ И ДРУГИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВКЛЮЧЕНИЙ

Эксперименты со столь малыми объектами, как включения в минералах, требовали новой технической оснастки и новых методов исследования. Например, для того чтобы определить температуру, при которой минерал образовался, нами был разработан метод гомогенизации, т. е. метод приведения вещества включения в первоначальное однородное состояние. Гомогени-



Газово-жидкое включение в кварце. В центре — газовый пузырек, окаймленный жидкой углекислотой, слева — кристаллики галита и силвина. Увел. в 300 раз.



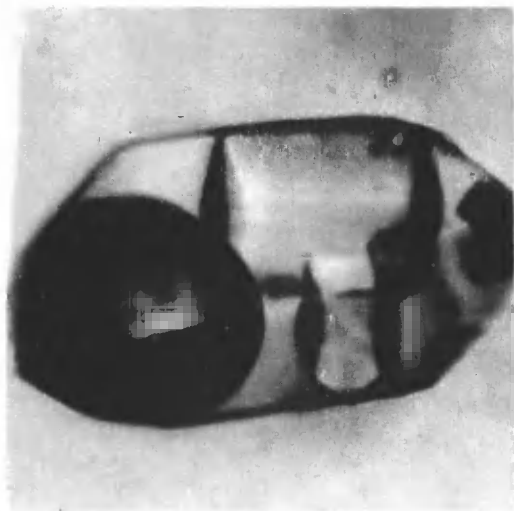
Газово-жидкое «хондровое» включение в кварце. Пузырек газа окаймлен жидкой углекислотой, а остальное пространство заполнено водным раствором. Увел. в 300 раз.

зация достигается в результате нагревания минерала в специальной термокамере; температура фазового превращения точно фиксируется. Взамен применявшегося ранее низкотемпературного нагревания препаратов в парафиновых ванночках мы использовали возможность конвективного нагревания в воздушной среде. Это резко расширило диапазон термометрических испытаний включений от 200° до 500—700°C, а с созданием высокотемпературных термокамер — до 1400—1600°C. В результате, один из важнейших методов термобарогеохимии — метод гомогенизации — охватил весь температурный диапазон минералообразования на Земле.

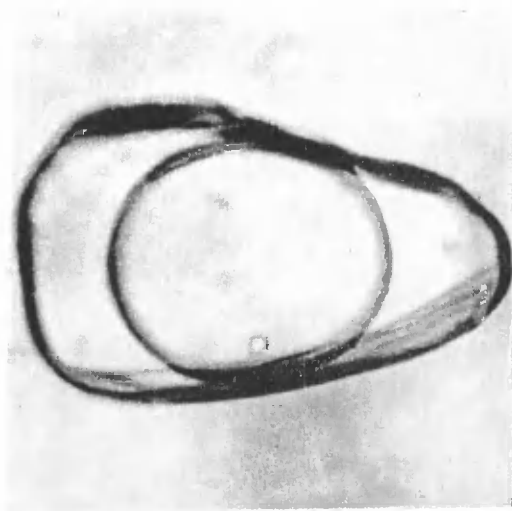
Наблюдая за динамикой фазовых превращений в ходе гомогенизации, мы выяснили, что соотношение фаз зависит от плотности «плененных» материнских растворов. Растворы малой плотности гомогенизируются в газовую фазу, а водно-солевые растворы превращаются во включения в жидкость. Газовая фаза отражает былые процессы пневматолитиза, а жидкость — гидротермальные процессы минералообразования. Эта закономерность оказалась важным объективным критерием для распознавания различных глубинных условий минералообразования и была подтверждена на многих постмагматических рудных месторождениях разного генезиса.

Если газово-жидкое включение нагреть выше температуры гомогенизации, внутреннее давление в нем резко возрастет, и при превышении предела прочности стенок включающего минерала произойдет микровзрыв. Его можно фиксировать визуально по подпрыгиванию и перемещению песчинок пробы в нагревательной камере под микроскопом или с помощью высокочувствительного электронного прибора — декрепитометра. Параллельно отмечаем температуру, при которой происходит взрыв. Описанный метод непригоден для определения температуры минералообразования (это была бы слишком приблизительная величина), но очень эффективен при поиске «слепых» рудных тел. Дело в том, что породы вблизи рудных тел пропитаны рудообразующими растворами, сохраняющимися в виде вторичных включений в минералах. Их-то мы и фиксируем, применяя метод декрепитации.

Другой метод термобарогеохимии — метод криометрии — связан с искусственным охлаждением природных газово-жидких включений вплоть до установления точки их замерзания. Главное его назначение — выявить концентрацию исходного раствора и, в тех случаях, когда это возможно, состав этого раствора. Здесь используется следующая зависимость: чем выше концентрация веществ в минерало-



Многофазовое включение минералообразующего раствора в кварце из пегматитов. Слева — темный газовый пузырек, в средней части — минералы-узлики галит и сильманит. Справа — черные рудные минералы. Увел. в 300 раз.



Газово-жидкое включение высокотемпературного гидротермального раствора в кварце. Увел. в 300 раз.

образующих растворах, тем ниже температура их замерзания во включениях. Выявленные методом криометрии температуры кристаллизации минералов-узников, а также температуры возгонки или конденсации газов во включениях во многих случаях позволяют судить об их химическом составе.

Для определения элементного состава микропорций расплавов и растворов, законсервированных во включениях, широко применяются эмиссионный спектральный анализ, микроспектральный анализ, лазерная раман-спектроскопия, рентгеноспектральный и рентгеноструктурный микроанализ, а также другие физико-химические приборные методы. Наряду с ними широко используется такой химический метод, как валовый анализ состава включений по их водным вытяжкам.

Состав газовых включений изучают специфическим волюмо-абсорбционным методом. Он основан на механическом вскрытии включений в инертных жидкостях (очищенный глицерин или касторовое масло) и последующем испытании высвобожденного газового пузырька в поглотителях газов. Например, количество углекислоты довольно точно и быстро определяется помещением газового пузырька в щелочи. По уменьшению его диаметра устанавливаем процентное содержание

CO₂ в газовой смеси. Сопоставив размер пузырька в герметизированном включении и его диаметр в инертной жидкости, можно получить довольно точное представление о давлении замкнутых во включении газов при обычной температуре. После этого определяем былую температуру минералообразования методом гомогенизации и рассчитываем внутреннее давление замкнутых минералообразующих растворов.

К сожалению, методы барометрии по включениям еще недостаточно разработаны, и по сей день нет еще прямого способа для определения былых давлений в минералообразующих растворах.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕРМОБАРОГЕОХИМИИ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Каждый глубинный минерал кристаллизовался в том или ином температурном интервале, который может быть выявлен методами термобарогеохимии. Кроме того, высокая информативность газово-жидких включений помогает уяснить многие нюансы процесса минералообразования, и в частности ход температурных изменений на том или ином этапе становления рудного месторождения. Иными словами, методы термобарогеохимии позволили не

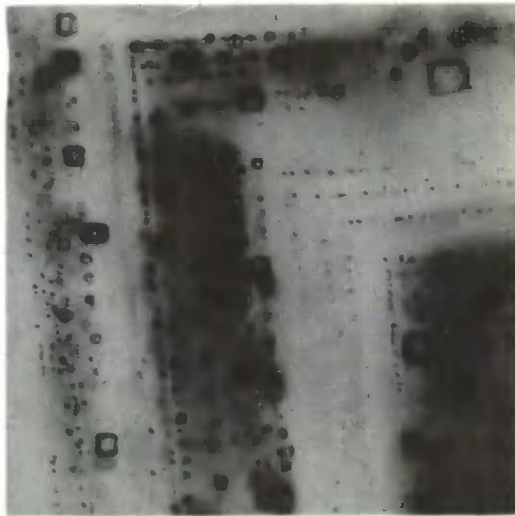


Газово-жидкие включения низкотемпературных растворов во флюорите. Увел. в 220 раз.

только установить происхождение каждого содержащего включения минерала, но и воссоздать его часто сложную «биографию» от зарождения, роста и до начала его изменения и исчезновения. Все превращения, происходящие с минералом после его кристаллизации, надежно зафиксированы во вторичных включениях, которые содержат микроскопические порции преобразующих растворов.

Термобарогеохимия дала геологам-рудникам и минералагам объективные критерии для распознавания пневматолитовой и гидротермальной минерализации в глубинах земной коры. Заключенные в вакуолях гидротермальные растворы превращаются при гомогенизации в капельку жидкости, а пневматолитовые материнские растворы гомогенизируются в газовую фазу.

После рашения вопроса о типе минерализации необходимо выяснить интенсивность параметров рудообразования, ход их изменения. И в этом случае на помощь приходит термобарогеохимия. Например, методы термобарогеохимии дают возможность выяснить, как менялся характер процесса рудообразования с глубиной или по площади рудных жил. При этом выявляются все превращения в минеральном составе руд, их текстурах и структурах, устанавливается вертикальная и горизонтальная температурная зональность оруденения, а также этапы и стадии рудообразования.



Однофазовые жидкие холодноводные включения в галите, сосредоточенные в зонах роста кристалла. Увел. в 90 раз.

С развитием термобарогеохимии в теории рудообразования наметился новый подход, позволяющий учитывать изменения в активной минералообразующей среде, а также ее взаимодействие со средой геологической. По сходству первичных включений в рудных минералах и вторичных включений в измененных околорудных породах стало возможным проследить связь характера околорудных изменений с продуктивными стадиями рудообразования. Исследуя изотопный состав кислорода, водорода, углерода, серы, гелия, аргона и других элементов во включениях, мы приблизились к определению их истинных источников.

Термобарогеохимические методы, основанные на изменении количества вторичных включений в ореолах, окружающих рудные тела, позволяют также отыскивать не выходящие на поверхность «слепые» жилы. Например, на одном из флюоритовых месторождений мы успешно применили термометрический метод для отыскания гнезд с оптическим флюоритом. Предварительно было установлено, что оптический флюорит является почти монокристаллическим минералом. Затем, на основе метода гомогенизации мы построили палеотемпературные изотермы фторсодержащих растворов. Они-то и показали блоки пород с флюоритовой минерализацией. Прогноз подтвердился, и план добычи ценного кристаллического сырья был выполнен.

В настоящее время применение методов термобарогеохимии при геолого-минералогических изысканиях становится нормой. Так, последовательность кристаллизации минералов или выделения разных генераций одного и того же минерала может быть установлена по температурам гомогенизации и составу включений. Термобарогеохимия приходит на помощь и при выяснении возрастных соотношений между рудой и магматической дайкой, если отсутствуют взаимные пересечения. Суть заключается в том, что при более позднем внедрении магмы газовой-жидкие включения в минералах руд оказываются взорванными.

Термобарогеохимические методы позволяют определить темпы охлаждения гидротермальных растворов, а следовательно оценить выдержанность минерального состава оруденения на глубину и по площади рудных тел. При высоком темпе изменения температуры растворов те рудные минералы, которые кристаллизуются при низких температурах, быстро вымораживаются. По этому признаку можно ориентировочно оценить глубину эрозийного среза поверхностных рудопроявлений.

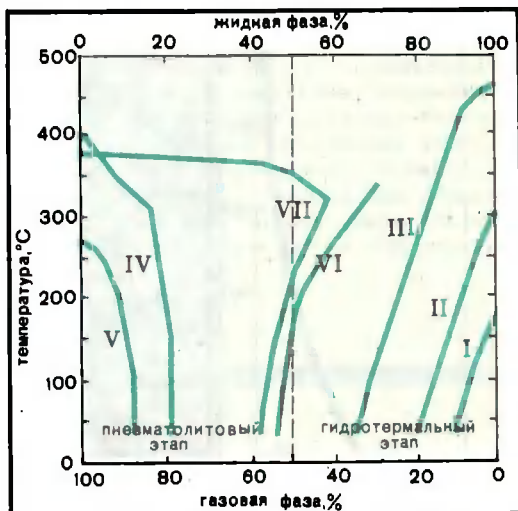
Специальные термобарогеохимические методы съемки в сочетании с традиционными металлогеническими и геохимическими исследованиями сулят существенное повышение эффективности поисковых и геологоразведочных работ. В частности, в пределах обширных зон альбититов и грейзенов можно выявить наиболее перспективные локальные участки. Сделать это позволяют особенности газовой-жидких включений и декрепитационной активности пород.

Степень эффективности термобарогеохимических поисковых исследований проверена далеко не для всех геологических ситуаций, типов месторождений и рудоносных площадей. Однако пути для этих исследований уже проложены, а конкретные методы и техника созданы. Это залог будущих успехов в развитии теории рудообразования и общей металлогении.

ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЯ МИНЕРАЛОВ КОСМОСА.

Метеориты, тектиты и космическая пыль, попадающие на Землю из космоса, в химическом и минералогическом отношении оказались знакомы нам по земным объектам. С Луны доставлены, по существу, те же породы и минералы, которые уже были описаны геологами на Земле.

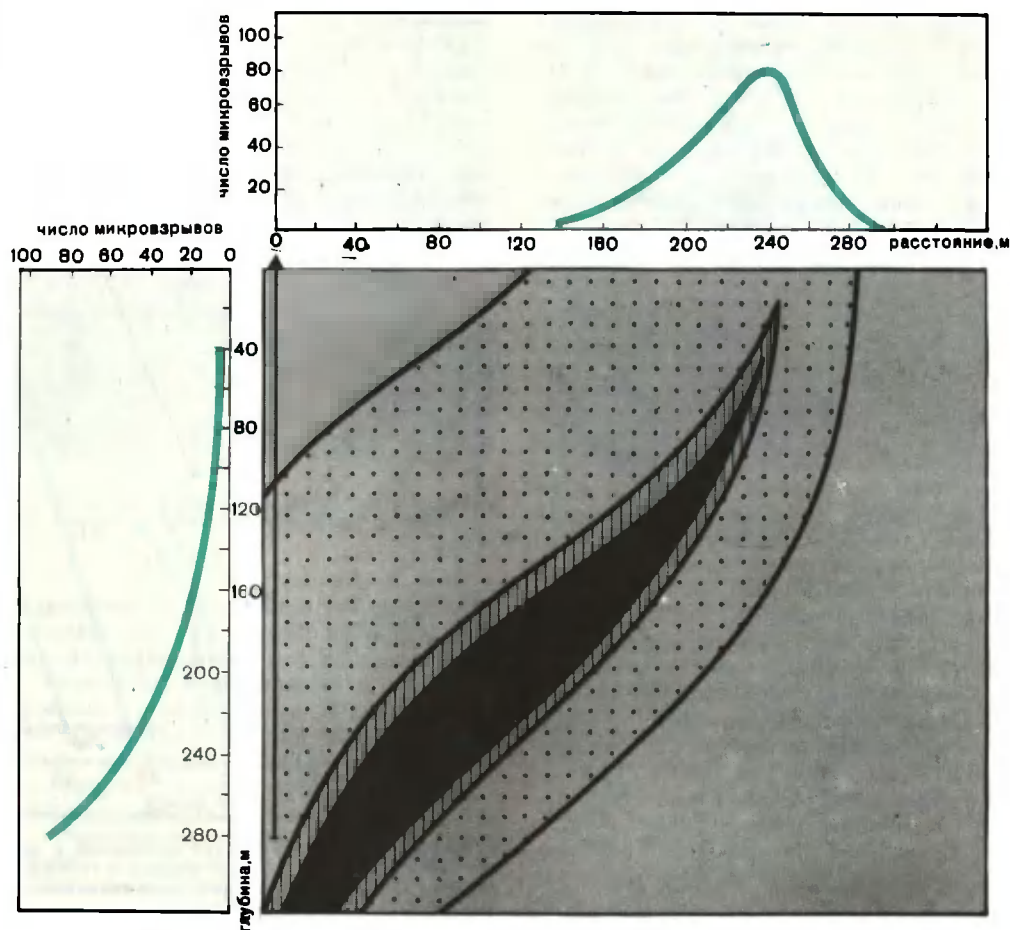
Плагинклез, оливин и пироксен, из которых состоят лунные породы, подобно минералам Земли содержат микровключения. Это затвердевшие микроскопические порции силикатной магмы с пузырьками газа и минералами-узниками, находящимися в стекловатой основной массе вакуолей. Минералы-узники, кристаллизовавшиеся из герметизированных капелек магмы, по химическому составу близки к породообразующим минералам земных базальтов. Относительно крупные минералы-узники ильменита указывают на боль-



Кривые хода гомогенизации включений в топазах с разными соотношениями жидких и газовых фаз. Кривые получены методом динамической фазометрии. Кривые I—III иллюстрируют переход вещества включений в жидкую фазу. Кривые IV—V отражают гомогенизацию в газовую фазу. Кривая VI показывает внезапное исчезновение жидкости во включении, характеризую критическое состояние вещества включения, промежуточное между жидким и газовым. Кривая VII иллюстрирует быстрое преобразование жидкости в газ. Кривые VI—VII по плотности действовавших растворов отвечают граничной области между гидротермальным и пневматолитовым этапами минералообразования.

шую насыщенность лунной магмы железом и титаном, чем магмы Земли, породившие базальты. При нагревании до температуры 1150—1220 °C затвердевшие многофазовые включения становятся жидкими. По-видимому, лунные магмы извергались при температурах очень близких к температурам земных извержений.

В трещинках минералов, слагающих вулканогенные породы Луны, обнаружены



Скрытое в недрах Земли рудное тело (черный цвет), окруженное ореолом измененных пород. Штриховкой обозначены ореолы видимых глазом изменений, а точками — так называемые ореолы пропаривания, минералы которых содержат большее количество микровключений. Ореол пропаривания (а следовательно и скрытое рудное тело) обнаружен в результате применения метода декрепитации к исследованию пород земной поверхности и пород, извлеченных из скважины.

также газовые включения, которые свидетельствуют о протекавших в недрах планеты процессах пневматолита. Однако газозо-жидкие включения с водой в породах Луны не найдены. Газовые включения в породах реголита имеют углекисло-водородный состав, иногда с азотом, редкими газами и сероводородом. Давление газо-

вых смесей в микровключениях достигает 2,5 атм, а давление так называемых вакуумных включений меньше атмосферного в 54—55 раз. Это говорит о различном происхождении минеральных частиц реголита: вулканогенно-лунном или космическом.

Минеральные вещества, поступающие на Землю из космоса, подобно минералам Земли и Луны содержат микроскопические включения, хранящие интереснейшую информацию об условиях минералообразования.

В минералах каменных метеоритов (пироксены, оливин) различимы включения затвердевших расплавов и газов, а в железных метеоритах из-за их непрозрачности включения такого рода увидеть нель-

зя. Чаще всего в метеоритах мы находим включения стекол с газовыми пузырьками. Нагревание до 1400—1420°C приводит такие включения в жидкое гомогенное состояние. Газовая фаза обычно представлена водородом и окисью углерода, что указывает на резко восстановительную обстановку. Азот и редкие газы не превышают 10—15% объема газовой фазы. В энстатите метеорита Нортон Каунти во включениях были достоверно установлены углеводороды.

В стеклянных шариках космического происхождения, которые широко известны под названием тектитов, также имеются шарообразные вакуоли. Они заполнены газами с давлением в тысячи раз меньше атмосферного. В составе газов доминируют углекислота и водород, а в некоторых включениях в тектитах установлена только двуокись углерода. Кроме газовых включений, в тектитах часто встречаются металлические шарики и разновидность природного кварцевого стекла, известная под названием лешательерита. Тектиты с вакуумными включениями, скорее всего,

образовались при падении на Землю комет.

В районе предполагаемого падения Тунгусского метеорита в слое 1908 г. отмечено резкое увеличение количества космической пыли и кремнистых сферул (70% SiO_2), не имеющих аналогов среди земных образований. Газовые включения сферул состоят из углекислого газа (до 65—78%) с примесью водорода, углеводородов, азота и редких газов. Такой состав газов во включениях указывает на смесь кометных газов с земной атмосферой и реактивными газами, захваченными при выплавке стеклянных сферул.

Термобарогеохимии лишь совсем недавно обратились к исследованиям включений в минеральных космических объектах, но уже первые данные позволяют рассчитывать на дальнейшие успехи в этой области. Например, исследования микровключений в космических объектах помогут диагностировать места падений метеоритов с архея до настоящего времени.

НОВОСТИ НАУКИ

Биофизика

Исследуется пигмент-белковый комплекс

Как известно, процесс преобразования энергии солнечного света в энергию химических связей в фотосинтезирующих системах начинается с поглощения света пигментами светособирающей матрицы. Прежде чем поглощенное возбуждение достигнет реакционного центра, в котором происходит разделение зарядов, оно мигрирует по пигментам. Однако изучение процессов миграции энергии наталкивается на трудности, связанные с перекрыванием спектров поглощения и флуоресценции пигментов светособирающей матрицы и реакционных центров фотосистем. В связи с этим представляет интерес исследовать нативный (т. е. находящийся в состоянии, близком к естественному) светособирающий комплекс.

Недавно Б. А. Гуляев, В. Л. Тетенькин и О. М. Померанцева (лаборатория искусственного климата биологического факультета МГУ) впервые выделили светособирающий пигмент-белковый комплекс в нативном виде. Этот комплекс, содержащий больше половины всего хлорофилла, вносит основной вклад в спектр поглощения хлоропластов. При исследовании в этом комплексе не были зарегистрированы сигналы электронного парамагнитного резонанса на свету и в темноте, что указывает на отсутствие реакционных центров. С помощью оптических методов исследования в нем удалось выделить отдельные спектральные формы хлорофилла, для которых характерно поглощение света на длинах волн 650, 661, 670 и 677 нм. Согласно теоретическим представлениям, вес светособирающего комплекса, связанного с одним реакционным центром, должен составлять ~ 600 000 Д. Это предпо-

ложение подтвердили полученные электронные микрофотографии, на которых выделенный светособирающий комплекс представляет собой пачки гранул примерно такого же веса.

Ранее в этой же лаборатории была определена относительная ориентация различных форм хлорофилла; кроме того, было известно, что изменение внешних условий (например, концентрации катионов в среде) приводит к изменению взаимной ориентации этих форм. Полученные данные позволяют составить более детальную картину о характере миграции энергии между отдельными формами хлорофилла.

«Доклады АН СССР», 1979, т. 248, № 3, с. 752.

Фотоны и нелинейная оптика

Д. Н. Клышко



Давид Николаевич Клышко, доктор физико-математических наук, профессор кафедры квантовой радиофизики физического факультета МГУ. В течение 15 лет работал в лаборатории нелинейной оптики, созданной Р. В. Хохловым в Московском университете. Основные научные труды относятся к квантовой нелинейной оптике. Один из авторов открытия эффекта параметрического рассеяния света.

Большинство известных оптических явлений хорошо объясняется классической электродинамикой, и лишь в редких случаях возникает действительная необходимость в квантовании электромагнитного поля, т. е. в разбиении световой волны на дискретные кванты — фотоны. Одним из наиболее интересных объектов квантовой оптики является двухфотонный свет, состоящий из пар одновременно родившихся фотонов. Фотоны, принадлежащие одной паре, могут иметь различные энергии и направления распространения. Однако как бы далеко они ни разлетелись, их связывают одновременность рождения и законы сохранения (энергии и иногда импульса или момента импульса). Такую пару фотонов можно рассматривать как единый объект, который мы будем называть «бифотоном».

В физике высоких энергий рождение частиц парами, тройками и т. д. — рядовое явление, широко используемое для изучения свойств исходных частиц. В то же время в оптическом диапазоне оно до сих пор не привлекало большого внимания, и экспериментально бифотоны исследовались лишь в нескольких работах¹. Двухфотонный свет возникает в результате многокванто-

вых переходов электронов в атомах или молекулах с одного энергетического уровня на другой. Такими же переходами объясняются и другие эффекты нелинейной оптики, в том числе и те, которые можно описывать классически, не прибегая к понятию фотона (при этом вместо многоквантовых переходов используется понятие «оптической нелинейности» вещества). Надо заметить, что многоквантовые переходы в оптическом диапазоне происходят много реже, чем одноквантовые (иначе говоря, оптическая нелинейность вещества очень мала), и поэтому их проявления довольно трудно заметить.

В настоящей статье рассказывается о некоторых эффектах нелинейной оптики, которые сопровождаются излучением бифотонов и в которых наиболее ярко проявляются квантовые свойства света. Мы покажем, что двухквантовые переходы изменяют некоторые традиционные представления о свойствах теплового излучения нагретых тел и что бифотоны должны излучаться при давно известном явлении комбинационного рассеяния света. Однако наиболее эффектное направленное излучение бифотонов происходит при параметрическом рассеянии света в кристаллах — явлении, открытым 14 лет назад в Московском университете².

¹ См., например: Clauser I. F. «Phys. Rev. Lett.», 1976, v. 36, p. 1223; Burnham D. C., Weinberg D. L. «Phys. Rev. Lett.», 1970, v. 25, p. 84.

² Открытия ученых МГУ. М., 1975, с. 23.

Предварительно мы рассмотрим однофотонные процессы и покажем, что и в вакууме из-за неизбежных квантовых флуктуаций электромагнитного поля нет «полной темноты». Этот «темный свет» может найти довольно неожиданное применение в фотометрии для создания абсолютных (т. е. не требующих предварительной калибровки) измерителей яркости света. Будет описан также абсолютный метод измерения общего числа фотонов в световом луче, основанный на свойствах бифотонов.

СПОНТАННЫЕ И ВЫНУЖДЕННЫЕ ПЕРЕХОДЫ

Рассмотрим сначала более привычные однофотонные переходы. Обычный свет, с которым чаще всего приходится иметь дело, — свет Солнца или лампы накаливания — возникает в результате переходов, при которых атомы и молекулы излучают или поглощают одиночные фотоны. Еще в 1916 г. А. Эйнштейн разделил такие переходы на два типа: вынужденные и спонтанные. Вынужденные переходы происходят под действием света, падающего на данную молекулу, а спонтанные происходят самопроизвольно, без видимого внешнего воздействия (как и радиоактивный распад ядер). При переходах должны соблюдаться закон сохранения энергии, поэтому если энергия молекулы увеличивается, т. е. она переходит с какого-либо уровня энергии E_1 на более высокий уровень E_2 , то при этом должен исчезнуть, поглотиться один фотон падающего света с энергией $\hbar\omega = E_2 - E_1$ (здесь $\hbar$ — постоянная Планка, деленная на 2π , и ω — круговая частота фотона). Наоборот, при переходе возбужденной молекулы вниз излучается фотон с той же энергией.

Из классической или квантовой электродинамики следует, что вероятность вынужденного поглощения или излучения фотона с определенной частотой и направлением распространения $\vec{k}$ пропорциональна спектральной яркости падающего света $B(\vec{k})$ с той же частотой и направлением распространения (волновой вектор $\vec{k}$ задает и частоту, и направление, так как его длина равна частоте, деленной на скорость света: $|\vec{k}| = \omega/c$). Спектральная яркость — это, по определению, энергия, переносимая светом в единицу времени через единичную площадку в единичном телесном угле и в единичном интервале длин волн.

КВАНТОВЫЕ ФЛУКТУАЦИИ ВАКУУМА

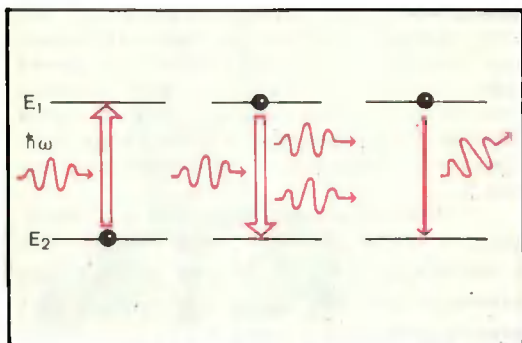
Естественно поставить вопрос: а какова вероятность спонтанного перехода, т. е. вероятность того, что возбужденная молекула, находящаяся в полной темноте (которая в квантовой электродинамике называется вакуумом), совершит переход вниз и излучит при этом фотон с определенным вектором $\vec{k}$? Классическая теория не дает последовательного ответа на этот вопрос. Согласно же квантовой электродинамике вероятность спонтанного перехода (т. е. перехода при $B=0$) совпадает с вероятностью вынужденного перехода, происходящего при $B=2\pi\hbar c^2/\lambda^5$ (здесь $\lambda=2\pi c/\omega$ — длина световой волны). Обозначим этот уровень спектральной яркости света, при котором спонтанные и вынужденные переходы происходят с одинаковой вероятностью, через $B_{\text{вак}}$.

Если молекула находится в возбужденном состоянии и на нее падает свет с яркостью $B(\vec{k})$, то общая вероятность излучения фотона с волновым вектором $\vec{k}$ пропорциональна сумме $B(\vec{k}) + B_{\text{вак}}$. Полученный результат можно интерпретировать в рамках классической оптики, если принять, что даже в вакууме на возбужденную молекулу все же действует некоторый фиктивный свет с яркостью $B_{\text{вак}} = 2\pi\hbar c^2/\lambda^5$. Этот свет распространяется равномерно во всех направлениях и содержит волны всех частот (человеческому глазу свет с таким спектром казался бы синеватым). Однако его «видят» лишь возбужденные молекулы. Мы будем называть величину $B_{\text{вак}}$ яркостью вакуума.

В квантовой оптике необходимость добавления величины $B_{\text{вак}}$ для описания спонтанных переходов следует из основных принципов квантовой физики: если какая-либо величина (например, энергия поля) имеет определенное значение (в частности, нулевое), то некоторые другие величины (например, амплитуда напряженности электрического поля $\mathcal{E}$) будут принимать случайные, флуктуирующие значения. Среднее значение $\mathcal{E}$ и нечетных степеней этой величины будет при этом равняться нулю. Эти хаотические колебания поля, называемые квантовыми флуктуациями вакуума, эквивалентны изотропному свету со спектральной яркостью $B_{\text{вак}}$.

Таким образом, согласно квантовой электродинамике существует «естественная» единица $B_{\text{вак}}$ спектральной яркости света, и поэтому ее можно выражать не только в обычных энергетических единицах (имеющих в системе СИ размерность

Вт/м³ · стерад), но и в виде безразмерного числа $B(\vec{k})/B_{\text{вак}} = n(\vec{k})$, которое показывает, во сколько раз вынужденные переходы происходят чаще спонтанных. Это число называется «числом фотонов на моду» или «фактором вынуждения фотонов». В честь М. Планка, положившего 80 лет назад начало квантовой эпохе физики, мы вместо этих длинных терминов будем называть безразмерную единицу спектральной яркости «планком», или сокращенно «Пл».



Три типа однофотонных процессов: вынужденное поглощение фотона, вынужденное и спонтанное излучение фотона. Здесь и далее вынужденные переходы показаны полыми, а спонтанные — сплошными стрелками.

Внутри замкнутой нагретой полости свет имеет во всех направлениях одинаковую яркость, равную в планках

$$n_T = \frac{1}{e^{h\omega/kT} - 1},$$

где k — постоянная Больцмана и T — абсолютная температура. Эта формула, полученная Планком, позволяет выражать яркость еще одним способом — в кельвинах. Яркостная температура солнечного света равна примерно 6000 К, что соответствует яркости желтых лучей ($\lambda = 0,5$ мкм) в 0,008 Пл или $2 \cdot 10^{13}$ Вт/м³ · стер.

Из изложенного ясно, что в классической теории света мы можем описать спонтанные переходы, прибавляя величину $B_{\text{вак}}$ к яркости B реального света или заменяя n на $n+1$. Это правило справедливо и в случае многофотонных переходов. Возникает вопрос — нельзя ли сделать измеритель яркости света, основанный на сравнении вынужденных и спонтанных

эффектов³, т. е. дающий отсчет прямо в планках и не нуждающийся поэтому в калибровке? Иначе говоря, нельзя ли найти способ сравнения яркости реального луча света с яркостью вакуума?

ЗАКОН КИРХГОФА

В оптическом диапазоне практически наблюдаются не отдельные элементарные процессы, а суммарное излучение огромного числа молекул. Тепловое излучение снаружи нагретого вещества является результатом множества переходов, причем мы не можем различить вклад спонтанных и вынужденных переходов. Вклад данной молекулы ослабляется за счет вынужденных переходов других молекул. Установленный еще в прошлом веке закон Кирхгофа связывает два реально наблюдаемых эффекта — поглощение внешнего света в макроскопическом образце и его собственное тепловое излучение в отсутствие падающего света. Закон Кирхгофа можно представить в виде

$$n(\vec{k}) = n_T A(-\vec{k}),$$

где $n(\vec{k})$ — яркость теплового излучения в планках с участка поверхности тела в направлении $\vec{k}$ с частотой $\omega = c\vec{k}$, а $A(-\vec{k})$ — поглощательная способность (доля поглощаемой энергии) того же участка поверхности по отношению к свету с обратным направлением распространения. На этом законе основаны все существующие эталоны спектральной яркости (в качестве излучателя используется нагретая до температуры плавления платина), однако они имеют невысокую точность из-за необходимости дополнительного измерения величин T и A .

Заметим, что закон Кирхгофа в приведенном виде справедлив лишь в приближении геометрической и линейной оптики. Кроме того, он не определяет флуктуаций яркости. Однако эти ограничения можно преодолеть⁴.

Закон Кирхгофа легко также обобщить на случай, когда вещество не находится в тепловом равновесии, и число молекул M_i на энергетических уровнях (населенности уровней) не удовлетворяет закону Больцмана. Например, в идеальном квантовом усилителе света населенность нижнего уровня равна нулю: $M_1 = 0$. Яркость света,

³ Клышко Д. Н. «Квантовая электроника», 1977, т. 4, с. 1056.

⁴ Клышко Д. Н. «Доклады АН СССР», 1979, т. 244, с. 563; Стратонович Р. Л. «Доклады АН СССР», 1979, т. 245, с. 354.

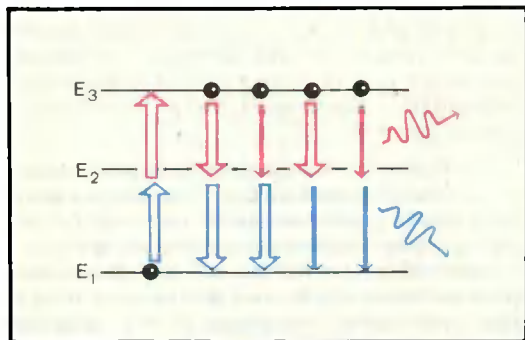
излучаемого таким усилителем в отсутствие на его входе усиливаемого сигнала, определяется обычным законом Кирхгофа при замене n_T на единицу и A на коэффициент усиления без единицы: ($G-1$). Измерив G , мы получаем эталонный источник света с яркостью, равной $n=G-1$. К сожалению, такой эталон также будет иметь большие погрешности, связанные с измерением G и отличием M_1 от нуля.

Таким образом, эталоны яркости, основанные на использовании однофотонных

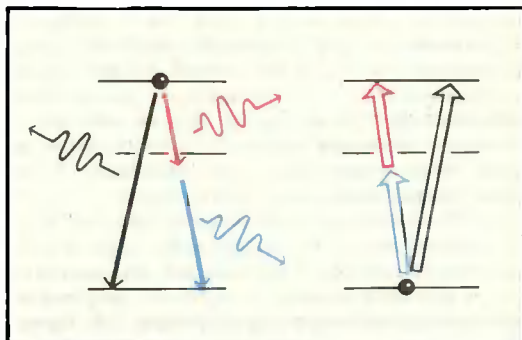
переходов, далеки от совершенства. Обратимся поэтому к рассмотрению многофотонных переходов.

ДВУХФОТОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ И ПОГЛОЩЕНИЕ

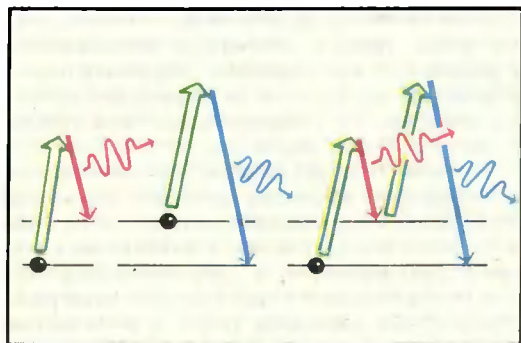
Пусть молекула первоначально была возбуждена на третий уровень с энергией E_3 , тогда она может спонтанно вернуться в основное состояние в два этапа, излучив при этом два фотона с частотами ω_{32} и ω_{21}



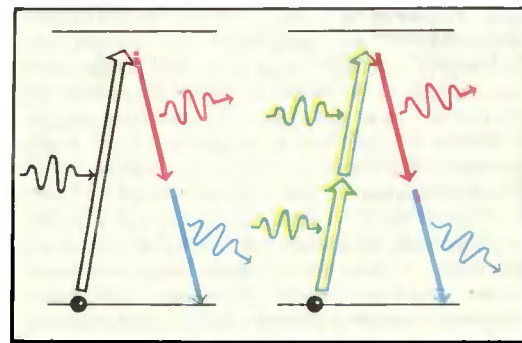
Двухфотонные процессы можно разделить на вынужденные, спонтанно-вынужденные и спонтанные. При спонтанных процессах молекула излучает почти одновременно два фотона. Эти фотоны связаны законами сохранения и могут рассматриваться как единый объект — бифотон.



В нецентросимметричных молекулах между данной парой уровней может произойти как одно-, так и двухфотонный переход. При спонтанном переходе (слева) такая молекула излучает своеобразный «гибрид» из одного и двух фотонов («трифотон»). Поле при этом является суперпозицией трех гармоник с фиксированными относительными фазами. При этом среднее значение куба напряженности электрического поля отлично от нуля: Этот эффект можно обнаружить по обратному эффекту (справа), вероятность которого будет зависеть от разности фаз между гармониками в точке наблюдения.



Переходы рамановского типа: стоксов, антистоксов и параметрический. В последнем случае излучается бифотон.



Параметрическое и гиперпараметрическое рассеяние объясняется превращением одного или двух фотонов падающего света в бифотон.

($\hbar\omega_{ij} = E_i - E_j$). Задержка во времени рождения второго фотона будет, очевидно, равна в среднем времени жизни молекулы на уровне 2. Следовательно, нагретое вещество часть фотонов излучает парами, и в тепловом излучении должна наблюдаться некоторая корреляция (согласованность) в потоках фотонов разных частот.

С помощью двух счетчиков фотонов (современные фотоэлектронные умножители — ФЭУ — позволяют регистрировать отдельные фотоны с вероятностью до 30%), соединенных со схемой совпадений, эту корреляцию можно наблюдать. В γ -спектроскопии такой метод уже давно широко применяется для изучения свойств ядер в промежуточных состояниях. Интересные эксперименты в оптическом диапазоне провели Дж. Клаузер и другие авторы⁵, которые показали неадекватность классической теории излучения для описания спонтанного двухфотонного излучения.

Рассмотрим теперь молекулу в основном состоянии. Под действием «бигармонического» света, содержащего обе частоты ω_{32} и ω_{21} , она может совершить обратный двухкаскадный переход на уровень 3. Такие переходы приводят к нелинейному поглощению света — одному из вынужденных эффектов нелинейной оптики.

Если же падающий свет содержит лишь фотоны частоты ω_{32} и молекула находится на уровне 3, то она может сперва совершить вынужденный переход на промежуточный уровень 2, а затем спонтанный — на уровень 1. Такие переходы можно назвать вынужденно-спонтанными. Возможны, очевидно, и спонтанно-вынужденные переходы под действием поля с частотой ω_{31} .

Наличие промежуточного уровня не является необходимым для двухфотонных переходов, оно лишь значительно увеличивает их вероятность. Например, молекула может перейти из основного состояния E_1 в первое возбужденное E_2 , поглотив два фотона, удовлетворяющих условию сохранения энергии для всего процесса в целом: $\omega_1 + \omega_2 = \omega_{21}$. Такие переходы называются нерезонансными. Обратный спонтанный переход приведет к практически одновременному излучению пары фотонов с тем же слабым ограничением на их частоты. Таким образом, при учете нерезонансных многофотонных переходов спектр теплового излучения становится

сплошным в отличие от линейчатого спектра молекул ω_{ij} . Вещество, прозрачное на данной частоте $\omega_1 < \omega_{21}$, все-таки излучает на этой частоте в противоречии с обычным законом Кирхгофа.

Как и в случае однофотонных переходов, вероятность спонтанно-вынужденных двухфотонных переходов в n раз больше вероятности чисто спонтанных, и их сравнение, в принципе, можно использовать для измерения яркости. К сожалению, вероятность нерезонансных двухфотонных переходов очень мала. Например, время жизни первого возбужденного уровня атомарного водорода, который может распадаться только на два фотона, составляет около 0,1 с, в то время как однофотонные переходы характеризуются временами жизни порядка 10^{-8} с.

Любопытные особенности возникают, если между уровнями E_3 и E_1 одновременно разрешены однофотонный переход (который сопровождается излучением фотонов с частотой ω_{31}) и каскадный двухфотонный (при котором возникают фотоны ω_{32} и ω_{21}). При спонтанном переходе $E_3 \rightarrow E_1$ энергия поля увеличивается на $\hbar\omega_{31}$, но мы не знаем сколько возникло фотонов — один или два. Поле перешло в состояние с определенной энергией, но с неопределенным числом фотонов. Возникающее при таких переходах тепловое поле, хотя и имеет нулевое среднее значение напряженности электрического поля ($\langle \mathcal{E} \rangle = 0$), может обладать неравным нулю средним значением куба напряженности поля: $\langle \mathcal{E}^3 \rangle \neq 0$ (в обычном же излучении отличны от нуля лишь четные степени поля).

Обнаружить этот эффект можно с помощью холодного детектора, состоящего из таких же молекул, в котором регистрируется их число на уровне E_3 . Понятно, что на этом уровне молекулы оказываются в результате вынужденных обратных переходов. Вероятность таких переходов должна зависеть от относительных фаз полей с частотами ω_{31} , ω_{32} и ω_{21} .

Итак, мы убедились, что оптическая нелинейность вещества приводит к малым, но принципиальным изменениям статистики его теплового излучения: к излучению в полосах прозрачности; к излучению бифотонов (трифотонных и т. д.) и корреляции разностотных гармоник поля, к появлению отличных от нуля средних значений нечетных степеней напряженности поля. Рассмотрим теперь некоторые особенности излучения, рассеиваемого холодным веществом.

⁵ См., например: Пауль Г. «Квантовая электроника», 1977, т. 4, с. 2513; см. также сноску 1.

ИЗЛУЧЕНИЕ БИФОТОНОВ ПРИ КОМБИНАЦИОННОМ РАССЕЯНИИ

Закон сохранения энергии при двухфотонном переходе можно обеспечить также в случае, когда один фотон поглощается, а другой — излучается. Это возможно, если частота хотя бы одного из фотонов превышает частоту ω_{21} . Именно такими переходами объясняется на фотонном языке явление комбинационного (рамановского) рассеяния света — первого эффекта нелинейной оптики, обнаруженного 53 года назад в Московском университете Г. С. Ландсбергом и Л. И. Мандельштамом. Сейчас этот эффект широко используется в спектроскопии.

Для наблюдения комбинационного рассеяния вещество облучается монохроматическим светом (сейчас для этого, как правило, применяют лазеры). Пусть частота падающего света — так называемой накачки — равна ω_1 , тогда при переходах молекул вверх будут излучаться фотоны с меньшей частотой $\omega_1 - \omega_{21} = \omega_s$ (стоксова, s-компонента рассеянного света), а при переходах вниз — с большей частотой $\omega_1 + \omega_{21} = \omega_a$ (антистоксова, а-компонента). Очевидно, что интенсивность s-компоненты пропорциональна населенности нижнего уровня M_1 , а интенсивность а-компоненты — M_2 . Рассмотренные переходы относятся к спонтанно-вынужденному типу, и их можно учесть в классической теории добавлением квантовых флуктуаций согласно правилу « $n+1$ ».

В холодном веществе $M_2=0$, и, казалось бы, а-компоненты должны отсутствовать. Однако при мощной накачке антистоксово излучение все-таки наблюдается. Оно испускается не равномерно во все стороны, как в случае обычного комбинационного рассеяния, а вдоль конуса с углом при вершине порядка нескольких градусов и с осью, параллельной лучу накачки. Это направленное а-излучение, которое можно назвать когерентным комбинационным рассеянием, объясняется каскадными четырехфотонными процессами, в каждом из которых два фотона накачки превращаются в пару из s- и а-фотонов: $2\omega_1 \rightarrow \omega_s + \omega_a$. Молекула в конце этого процесса возвращается в исходное состояние. Такие переходы называются параметрическими, или когерентными. Параметрические переходы подчиняются закону сохранения импульса фотонов в веществе: $2\vec{k}_1 = \vec{k}_s + \vec{k}_a$ (импульс фотона пропорционален $k: \vec{p} = \hbar \vec{k}$, $k = n\omega/c$, где n — показатель преломления). Этот закон и приводит

к наблюдаемой конусной структуре а-излучения с определенным углом рассеяния θ между $\vec{k}_a$ и $\vec{k}_1$. Из фотонной интерпретации следует еще одна (пока гипотетическая) особенность когерентного комбинационного рассеяния: а-фотоны при низких температурах и умеренных накачках должны возникать только в паре с s-фотонами, почти одновременно (некоторое запаздывание а-фотонов обратно пропорционально ширине уровня E_2).

Численная оценка показывает, что обнаружение этого эффекта не должно представлять больших затруднений⁶.

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕТА

Как и в случае двухфотонных процессов, промежуточный уровень не является необходимым для четырехфотонных процессов, поэтому спектр рассеяния кроме дискретных компонент $\omega_1 \pm \omega_{21}$ содержит еще сплошной спектр в интервале $\omega = 0 - 2\omega_1$. Законы сохранения энергии и импульса вместе с дисперсионной функцией $n(\omega)$ определяют однозначную связь $\theta(\omega)$ между углом рассеяния и частотой. Это явление называют четырехфотонным параметрическим рассеянием, или рассеянием света на свете в веществе. Мы будем называть его гиперпараметрическим рассеянием. Оно было обнаружено в 1968 г. группой физиков из Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе АН СССР (г. Ленинград)⁷.

Фотоны при гиперпараметрическом рассеянии, конечно, излучаются парами: каждый фотон с волновым вектором $\vec{k}$ имеет «близнеца» с волновым вектором $\vec{k}' = 2\vec{k}_1 - \vec{k}$. Когерентное комбинационное рассеяние, по существу, является частным случаем резонансного гиперпараметрического рассеяния, когда кроме законов сохранения выполняется связь $\omega \approx \omega_1 - \omega_{21}$; $\omega' \approx \omega_1 + \omega_{21}$.

В некоторых кристаллах разрешены и трехфотонные параметрические процессы, приводящие, например, к эффектам удвоения и сложения частоты света: $\vec{k} + \vec{k}' \rightarrow \vec{k}_1$. Обратный процесс может быть как вынужденным («вычитание частоты» или «параметрическое усиление»), так и спонтанным. Спонтанный распад фотонов

⁶ Клышко Д. Н. «Квантовая электроника», 1977, т. 4, с. 1341.

⁷ Гринберг А. А., Рывкин С. М., Фишман И. М., Ярошецкий И. Д. «Письма в ЖЭТФ», 1968, т. 7, с. 324.

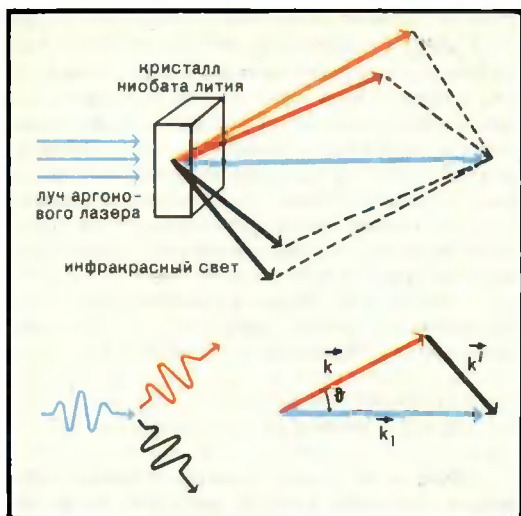


Схема эксперимента по наблюдению параметрического рассеяния. Вследствие закона сохранения импульса для трех фотонов свет параметрического рассеяния имеет вид радуги: различные цвета излучаются кристаллом под различными углами к возбуждающему лучу.

накачки на пары фотонов называется параметрическим рассеянием. Наблюдаемое излучение можно рассматривать как спонтанное излучение параметрического усилителя. Как и в случае идеального квантового усилителя, его яркость пропорциональна $(G-1)$. Существенно, однако, что параметрическое рассеяние имеет заметную величину, даже когда коэффициент усиления G близок к единице.

Согласно численной оценке, проведенной автором в 1966 г., параметрическое рассеяние легко можно было обнаружить визуально при мощности накачки в доли ватта, однако экспериментаторы не верили, что квантовые флуктуации могут дать такой заметный эффект, и он был обнаружен в 1967 г. в Московском университете случайно в ходе экспериментов с параметрическим усилителем. Одновременно он наблюдался в двух университетах США — Корнеллском и Стэнфордском⁸.

Закон сохранения импульса при параметрическом рассеянии можно выполнить

лишь за счет эффекта двулучепреломления (в случае, когда все три частоты лежат в полосе прозрачности кристалла). Связь между углом рассеяния и частотой $\theta(\omega)$ определяется дисперсией n_0^2 и n_ω^2 для двух типов волн, возможных в двулучепреломляющих кристаллах. Функция $\theta(\omega)$ зависит от частоты накачки, ориентации и температуры кристалла.

Угловой спектр параметрического рассеяния заполняет конус с раствором в несколько градусов, а частотный спектр — почти сплошной от инфракрасной области с сильным поглощением до частоты накачки ω_1 . Когда меньшая из двух частот бифотона ω' (ее называют холостой) лежит в области собственных частот решетки кристалла ($\lambda' \sim 10-100$ мкм), то эффект называется комбинационным рассеянием на поляритонах (т. е. на фотонах в среде при $n_\omega > 1$). Поляритоны сильно поглощаются, и в результате холостые фотоны при комбинационном рассеянии на поляритонах излучаются лишь поверхностными слоями кристалла, т. е. бифотоны практически отсутствуют. Заметим, что параметрическое рассеяние (как и комбинационное на поляритонах, а также гиперпараметрическое рассеяние) можно определить как рассеяние света на свете в веществе, так как рассеивающая оптическая неоднородность вызвана холостой световой волной.

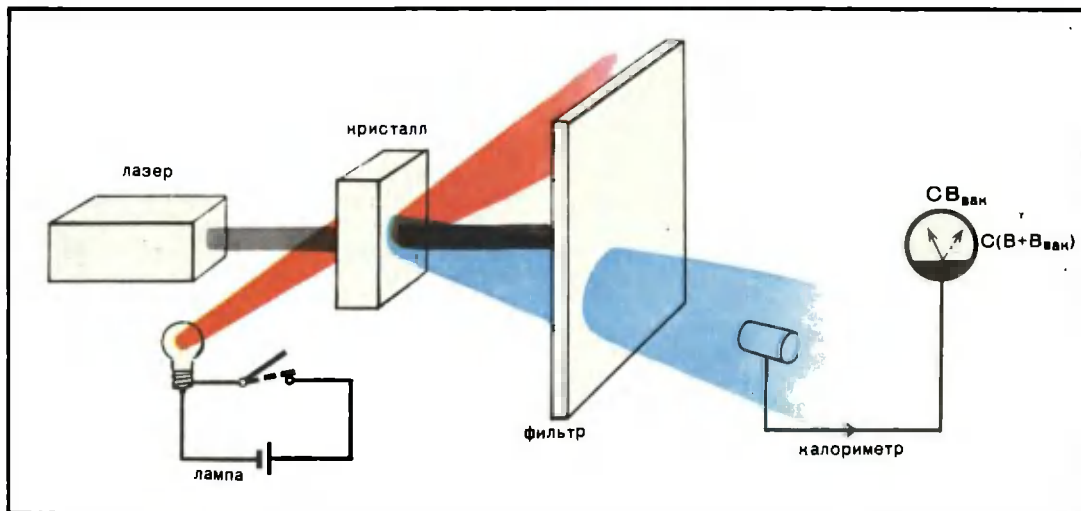
АБСОЛЮТНАЯ КВАНТОВАЯ ФОТОМЕТРИЯ

Эффект параметрического рассеяния в прозрачных кристаллах может быть использован в фотометрии для создания эталонов спектральной яркости и общего числа фотонов (т. е. световой энергии в единицах $\hbar\omega$).

Действительно, если направить на подходящий кристалл кроме луча накачки с частотой ω_1 еще некогерентный «холостой» свет с частотами $\omega' < \omega_1/2$, то вследствие вынужденных и спонтанных трехфотонных процессов кристалл будет излучать на частотах $\omega = \omega_1 - \omega' > \omega_1/2$, которые можно выделить с помощью фильтров. Согласно правилу « $n+1$ » спонтанное излучение будет в n' раз слабее вынужденного, где n' — яркость падающего на кристалл холостого света в планках.

В результате яркости сигнального света B , излучаемого кристаллом, при выключении источника измеряемого света будет уменьшаться в $n'+1$ раз. Это число можно зарегистрировать любым приемником света, показания которого пропорцио-

⁸ Акманов С. А., Фадеев В. В., Хожлов Р. В., Чунаев О. Н. «Письма в ЖЭТФ», 1967, т. 6, с. 575; Harris S. E., Oshman M. K., Byer R. L. «Phys. Rev. Lett.», 1967, v. 18, p. 732; Magde D., Mahr H. «Phys. Rev. Lett.», 1967, v. 18, p. 905.

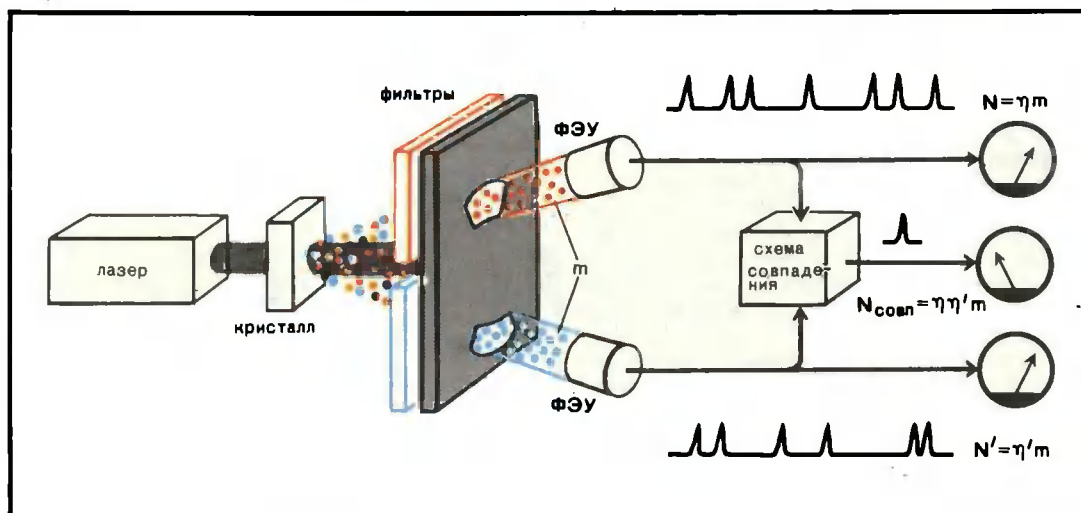


нальны B , и оно не должно зависеть от свойств накачки, кристалла, детектора и т. д. Надо только, чтобы измеряемый свет заполнял все пространство внутри кристалла, освещенное лучом накачки, а также весь интервал частот и направлений, связанных условием сохранения импульса с интервалом детектирования.

Существенно, что в предлагаемом методе в качестве репера используются флуктуации вакуума, и поэтому нашему квантовому фотометру не нужна никакая предварительная калибровка. Таким образом, метод является абсолютным и, в принципе, может быть положен в основу первичного эталона яркости вместо используемого сейчас теплового эталона, основан-

Абсолютное измерение яркости света B с помощью эффекта параметрического рассеяния. Показания детектора вследствие вынужденных и спонтанных трехфотонных процессов пропорциональны $n + 1$, и поэтому отношения «сигнал/шум» равно n [n — яркость измеряемого света в планках, т. е. отношение к яркости квантовых флуктуаций вакуума].

Абсолютное измерение эффективности счетчиков фотонов с помощью эффекта параметрического рассеяния. Так как фотоны падают на детекторы только одновременно, то число случаев, когда один детектор «выдает» импульс, а другой нет, пропорционально эффективности второго детектора.



ного на законе Кирхгофа и требующего дополнительного определения температуры и поглощательной способности. Наоборот, с помощью квантового фотометра можно по закону Кирхгофа калибровать температуру источников света.

Рассмотрим теперь другое устройство, с помощью которого можно измерить квантовую эффективность η ФЭУ и «изготовить» световое поле с известным общим числом фотонов. Пусть на кристалл падает только накачка и с помощью двух ФЭУ наблюдается спонтанное излучение на частотах и направлениях, сопряженных законами сохранения $\vec{k} + \vec{k}' = \vec{k}_1$, $\omega + \omega' = \omega_1$. Каждый фотон, падающий на рабочую поверхность ФЭУ, с какой-то вероятностью η вырывает электрон, который вызывает на выходе ФЭУ импульс тока. Поток фотонов устанавливается достаточно малым, чтобы импульсы не перекрывались. Число импульсов N и N' в каждом канале подсчитывается двумя электронными счетчиками в течение какого-то времени, скажем $\Delta t = 1$ мин. Кроме того, третий счетчик работает от схемы совпадений и считает только число импульсов N_c , появившихся в обоих каналах одновременно в интервале времени τ , определяемом разрешением схемы совпадений ($\tau \geq 10^{-8}$ с).

Если интервалы частот и углов детекторов согласованы в смысле законов сохранения, то на них фотоны падают только парами и практически одновременно: разброс, определяемый разностью времен пролета фотонов через кристалл, имеет порядок 10^{-12} с. Пусть за время Δt на детекторы попало m бифотонов, тогда показания счетчиков будут равны $N = \eta m$; $N' = \eta' m$ и $N_c = \eta \eta' m$ (так как схема совпадений срабатывает лишь в тех случаях, когда оба ФЭУ не сделали «просчета»). Вероятность двух совпадений за время τ предполагается малой.

В результате три полученных числа определяют квантовые эффективности детекторов, а также число бифотонов: $\eta = N_c/N'$; $\eta' = N_c/N$; $m = NN'/N_c$. Мы опять получили возможность абсолютной калибровки — на этот раз общего числа фотонов и квантовой эффективности счетчиков фотонов, т. е. измерителей световой энергии в единицах $\hbar\omega$.

Любопытная возможность возникает, если вместо одного ФЭУ поставить модулятор света, который открывается только в момент появления импульса на выходе оставшегося ФЭУ. Тогда свет на выходе модулятора будет содержать известное число фотонов, вылетевших в известные мо-

менты времени. Такое устройство является эталонным генератором фотонов (напомним, что все известные источники света дают флуктуирующее число фотонов).

Конечно, при практическом осуществлении квантовых фотометров высокой точности встретится немало трудностей. Сейчас на кафедре квантовой радиофизики Московского университета проводятся предварительные исследования квантовых эталонов яркости⁹ и энергии.

⁹ Китаева Г. Х., Пенин А. Н., Фадеев В. В., Янайт Ю. А. «Доклады АН СССР», 1979, т. 247, с. 586.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА. Серия «Маленькие энциклопедии». М., 1969.

Хохлов Р. В., Фадеев В. В. НЕЛИНЕЙНАЯ ОПТИКА. Международный ежегодник «Наука и человечество», М., 1970, с. 170—183.

Тарасов Л. В. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ. М., 1976.

Клышко Д. Н. ФОТОНЫ И НЕЛИНЕЙНАЯ ОПТИКА. М., 1980.

Сокровищница книг и рукописей

Н. И. Сафонова

Главный библиотекарь Научной библиотеки им. А. М. Горького МГУ

В июле 1756 г. читатели «Московских ведомостей», единственной тогда в Москве газеты, которую только что начал издавать Московский университет, могли увидеть объявление о том, что университетская «библиотека, состоящая из знатного числа книг на всех почти европейских языках, в удовольствие любителей наук и охотников до чтения книг отворена была сего июля 3 числа и впредь имеет быть отворена каждую среду и субботу, от 2 до 5 часов пополудни». Так начала свой путь библиотека, основанная, как и предлагал М. В. Ломоносов, вместе с Московским университетом в 1755 г. и в течение столетия остававшаяся единственной публичной библиотекой Москвы.

В наши дни Научная библиотека им. А. М. Горького МГУ — крупнейшая среди университетских библиотек страны, она хранит до 7 млн томов и обладает ценнейшим собранием редких книг и рукописей, образование которого неразрывно связано с историей университета. Фонд Отдела редких книг и рукописей достигает 200 тыс. единиц хранения.

Значительность этого собрания становится особенно примечательной, если вспомнить, что библиотека Московского университета почти полностью погибла в пожаре 1812 г. и ее фонд, сложившийся в XVIII в., университету пришлось воссоздавать заново. Достоин внимания и то воодушевление, с которым русская общественность отнеслась к призыву Московского университета о пожертвовании книг для восстановления его биб-

лиотеки: уже в течение 1813—1814 гг. библиотека университета получила 1200 томов от частных лиц, в том числе от И. Ф. Крузенштерна, Ю. Ф. Лисянского, Н. П. Румянцева. Кстати сказать, ценные дары — и рукописи, и книги, и целые коллекции книг — библиотека университета получала на протяжении всей своей истории. Эта замечательная традиция живет и по сей день.

В результате особой достоянием библиотеки университета собрания редких книг и рукописей стали 43 личные библиотеки, собирателями и владельцами которых были ученые, писатели, общественные деятели XVIII—XX вв. Это самое крупное в нашей стране собрание личных библиотек. Оно включает в себе огромное книжное богатство — более 160 тыс. томов. Каждая личная библиотека, отражая интересы своего владельца, тем самым сообщает нам об интересах, вкусах, знаниях читателей определенной эпохи и среды.

Здесь хранятся библиотеки декабристов Н. М. Муравьева и Н. И. Тургенева, героя Отечественной войны 1812 г. А. П. Ермолова, профессоров Московского университета Т. Н. Грановского, Ф. И. Буслаева, С. М. Соловьева, Н. Ф. Филатова и многих других. Из личных библиотек наших современников необходимо отметить большое и очень ценное собрание филолога Н. К. Гудзия.

В настоящее время в фонде Отдела редких книг и рукописей немало памятников мировой известности и ценности. Это средневековые рукописи — греческие, латинские, французские, арабские, персидские, славяно-русские и др. Значительно собрание русских рукописей и архивных материалов XVII—XX вв. Книжный фонд включает коллекции ино-

странных изданий XV—XVII вв. и отечественных — начиная от первых шагов книгопечатания в XVI в. и кончая коллекцией книг первых лет Советской власти.

В 1975 г. впервые в истории Московского университета была создана постоянная выставка редких книг и рукописей Научной библиотеки МГУ. Она открылась в помещении старинного Актового зала Московского университета (проспект Маркса, 18), т. е. в первом здании, специально построенном для университета Матвеем Федоровичем Казаковым в конце XVIII в.¹

На выставке экспонируется свыше 10 тыс. памятников мировой культуры, которые рассказывают не только о богатстве коллекций университета, но знакомят с историей книги и раскрывают многие страницы научной, учебной и издательской деятельности старейшего высшего учебного заведения нашей страны.

Вдоль стен зала, за колоннами, в сплошном ряду шкафов находится несколько личных книжных собраний — библиотеки семьи Н. М. Муравьева, Н. И. Тургенева, огромное собрание А. П. Ермолова, выделяющееся нарядностью переплетов, многие из которых сделаны руками самого владельца, библиотека Т. Н. Грановского. В центре зала расположены витрины с рукописными и архивными материалами, а в высоких витринах между колонн и у окон зала выставлены отдельные книги, дающие представление о богатстве и разнообразии университетского собрания.

Среди рукописных памятников можно видеть настоящих «юбиляров» — те не-

¹ См. статью М. Т. Белявского в этом номере журнала. — Прим. ред.



Акварели из альбома декабриста П. И. Борисова «Орнитология Восточной Сибири».

многие рукописи, что уцелели от пожара 1812 г.: большие тома «Протоколов» Конференции (Ученого совета) университета второй половины XVIII — начала XIX в.; нарядную пергаменную рукопись в форме книги в зеленом бархатном переплете, скреплен-

ную государственной печатью, — «Уставную грамоту» Московского университета (см. фото на с. 18), а также и сам «Устав» 1804 г.; два ценнейших рукописных средневековых кодекса — греческий Сборник X в. и латинскую Библию парижского письма XIII в., поступившие в университетское собрание в начале XIX в.

Представлены на выставке и бесценные университетские архивные памятники —

автографы В. Г. Белинского, Т. Н. Грановского, С. М. Соловьева, Н. Ф. Филатова, И. М. Сеченова.

В ряду рукописных памятников нельзя не отметить уникальные альбомы акварелей, выполненных декабристом Петром Ивановичем Борисовым и посвященных флоре и фауне Сибири. Эти альбомы созданы во время пребывания декабристов на поселении под Иркутском. Переплеты альбомов с большим искусством были сделаны братом П. И. Борисова, тоже декабристом, — Андреем Ивановичем. Эти альбомы напоминают нам о том, как велик вклад декабристов в изучение Сибири.

Показ книжных коллекций открывает витрина с перепечатными памятниками Западной Европы — инкунабулами. Гордостью этой ценнейшей коллекции является фрагмент латинской грамматики Э. Доната, напечатанной Иоганном Гутенбергом в 1445—1450 гг. Это было одно из самых ранних изданий Гутенберга и до наших дней оно сохранилось только в виде фрагментов. Яркая, раскрашенная от руки гравюра на дереве украшает книгу, изданную в 1485 г. Петером Шеффером — известным учеником и соратником Гутенберга. Книга эта под названием «Сад здоровья» представляет собой описание лечебных свойств растений.

Здесь можно увидеть и первое издание бессмертного труда Евклида «Элементы геометрии», вышедшее в 1482 г. в Венеции, и «Канон медицины» великого Авиценны в лионском издании 1498 г. Безупречность типографского исполнения отличает «Астрономию» — сборник произведений древних авторов, напечатанный знаменитым венецианским издателем Альдом Мануцием в 1499 г.

Университетское собрание позволяет познакомиться с изданиями и типографскими марками известнейших издателей Западной Европы — Этьеннов и Эльзевиров. На выставке также представлены редчайшие первые и прижизненные издания произведений великих ученых, писателей, имена которых

Фронтиспис из книги «Сад здоровья», напечатанной Петером Шеффером в Майнце в 1485 г. [в е р х у].

Первое издание «Элементов геометрии» Евклида. Латинский перевод. Венеция, 1482 г. [в и - з у].

вошли в золотой фонд мировой культуры. Таковы прижизненные издания «Утопии» Томаса Мора (1518) и «Адагий» Эразма Роттердамского (1518), первое издание бессмертного труда Николая Коперника «О вращении небесных тел» (1543) и лучшее прижизненное издание так называемой «Анатомии» великого Везалия (1555), украшенное великолепной гравюрой работы его друга, художника Яна Стефана ван Калькара — ученика Тициана. Среди изданий XVI в. привлекает также внимание прекрасно иллюстрированная книга «О горном деле» — труд немецкого инженера и врача Агриколы (Отто Бауэра), служивший основным руководством по технике горного дела в течение двух столетий.

Прижизненные издания произведений Томмазо Кампанеллы и Галилео Галилея являются украшением коллекции книг XVII в. Рядом с этими книгами можно увидеть под стеклом первое издание фундаментального труда великого





«Россия или Московия, а также Татария» в издании Эльзевиров. Лейден, 1630 г. Книга принадлежит к знаменитой серии, посвященной описанию отдельных стран и получившей название «Республики» (в е р х у).

Фрагмент из книги, представляющей собой латинский перевод труда арабского астролога IX в. Альбумазара «Цветы астрологии». Издание иллюстрировано гравюрами, изображающими знаки Зодиака. Венеция, ок. 1500 г. (в н и з у).



Ньютона «Математические начала натуральной философии» (1687) с рукописной правкой текста — это еще одна гордость университетского собрания. Присутствуют здесь и прижизненные издания Сервантеса, Кальдерона, Мольера.

Два больших фолианта обращают на себя внимание прекрасно выполненными гравюрами, раскрашенными от руки. Это собрание географических карт мира — «Большой атлас» голландского ученого-картографа Я. Блеу (1662) и труд голландской естествоиспытательницы Марии Сибиллы Мериан — первое описание растительного мира Суринама. Многочисленные гравюры выполнены по рисункам с натуры. Известно, что подлинные рисунки путешественницы были приобретены Петром I и хранятся ныне в Архиве АН СССР в Ленинграде².

Лучшими прижизненными изданиями представлены на выставке произведения французских просветителей XVIII в., в том числе большие тома «Энциклопедии наук, искусств и ремесел» Д'Аламбера и Дидро.

На выставке можно видеть и первые памятники славянской печати — редчайшие издания Швайпольта Фиоля — 1491 г. и знаменитую «Библию руску» Франциска Скорины 1517—1519 гг. «Анонимные»³

² См. Лукин Б. В. Рисунки Марии Сибиллы Мериан. — «Природа», 1976, № 9.

³ Так называемые «анонимные» (или «безвыходные») издания появились в Москве в 1553—1563 гг.

Андреас Везалий. О строении человеческого тела. Базель, 1555 г. Второе и лучшее прижизненное издание. Гравюра Яна Стефана ван Калькара изображает Везалия в анатомическом театре.

издания Москвы, книги Ивана Федорова и печатников XVII в. дают представление о богатстве коллекции старопечатных книг.

Наибольшую часть экспозиции занимают русские издания XVIII в., т. е. периода, когда создавались Академия наук и Московский университет, когда появились первые издания гражданской печати, первая в России газета. «Арифметика» Леонтия Магницкого и «Таблицы логарифмов», первый из сохранившихся до наших дней номер газеты «Ведомости», «Юности честное зерцало» и другие издания первой четверти XVIII в. сменяются внушительными томами академических «Комментариев» и описаниями экспедиций, организованных Академией наук. Одну из прекрасных гравюр, созданных по рисункам с натуры и изображающую Петропавловскую гавань, можно видеть на раскрытых страницах классического труда С. П. Крашенинникова «Описание земли Камчатки» (1755). Большие тома «Описания растений Российского государства с их изображениями» П. С. Палласа также раскрыты на отлично выполненных гравюрах, раскрашенных от руки акварелью. Наряду с редкими изданиями, большой интерес представляют образцы переплетов XVIII — начала XIX в. и многочисленные экслибрисы. Многие экземпляры книг несут на себе владельческие



ские и дарственные надписи, сообщающие нам об их читателях. Так, первый том «Ежемесячных сочинений к пользе и увеселению служащих»⁴ украшен владельческим автографом поэта В. К. Тредиаковского. А на экземпляре первого издания «Слова о полку Игореве» 1800 г., поступившем в собрание библиотеки вместе с книгами Н. К. Гудзия, сохранилась дарственная надпись А. И. Мусина-Пушкина: «Мило-

стивому государю Гавриилу Романовичу Державину от издателя».

Двухтомное «Собрание разных сочинений в стихах и прозе...» М. В. Ломоносова — это первые книги, напечатанные в типографии Московского университета. Они служили наградой для студентов за отличные успехи. На переплете золотым тиснением обозначено: «За прилежание». Издание интересно еще и тем, что в нем впервые в истории русского книгопечатания был помещен гравированный портрет автора.

«Объявления» о лекциях, первые учебники и первое методическое пособие, создан-

Даты выхода и имя печатника в них не указаны. Они напечатаны на той же бумаге, что и «Апостол» 1564 г. Возможно, это пробные издания Ивана Федорова.

⁴ См. Лазаревич Э. А. Как началась российская журналистика. — «Природа», 1974, № 4.

Таблица логарифмов	Таблица логарифмов	Таблица логарифмов
1. 0000000	1. 0000000	1. 0000000
2. 0000000	2. 0000000	2. 0000000
3. 0000000	3. 0000000	3. 0000000
4. 0000000	4. 0000000	4. 0000000
5. 0000000	5. 0000000	5. 0000000
6. 0000000	6. 0000000	6. 0000000
7. 0000000	7. 0000000	7. 0000000
8. 0000000	8. 0000000	8. 0000000
9. 0000000	9. 0000000	9. 0000000
10. 0000000	10. 0000000	10. 0000000
11. 0000000	11. 0000000	11. 0000000
12. 0000000	12. 0000000	12. 0000000
13. 0000000	13. 0000000	13. 0000000
14. 0000000	14. 0000000	14. 0000000
15. 0000000	15. 0000000	15. 0000000
16. 0000000	16. 0000000	16. 0000000
17. 0000000	17. 0000000	17. 0000000
18. 0000000	18. 0000000	18. 0000000
19. 0000000	19. 0000000	19. 0000000
20. 0000000	20. 0000000	20. 0000000
21. 0000000	21. 0000000	21. 0000000
22. 0000000	22. 0000000	22. 0000000
23. 0000000	23. 0000000	23. 0000000
24. 0000000	24. 0000000	24. 0000000
25. 0000000	25. 0000000	25. 0000000
26. 0000000	26. 0000000	26. 0000000
27. 0000000	27. 0000000	27. 0000000
28. 0000000	28. 0000000	28. 0000000
29. 0000000	29. 0000000	29. 0000000
30. 0000000	30. 0000000	30. 0000000
31. 0000000	31. 0000000	31. 0000000
32. 0000000	32. 0000000	32. 0000000
33. 0000000	33. 0000000	33. 0000000
34. 0000000	34. 0000000	34. 0000000
35. 0000000	35. 0000000	35. 0000000
36. 0000000	36. 0000000	36. 0000000
37. 0000000	37. 0000000	37. 0000000
38. 0000000	38. 0000000	38. 0000000
39. 0000000	39. 0000000	39. 0000000
40. 0000000	40. 0000000	40. 0000000
41. 0000000	41. 0000000	41. 0000000
42. 0000000	42. 0000000	42. 0000000
43. 0000000	43. 0000000	43. 0000000
44. 0000000	44. 0000000	44. 0000000
45. 0000000	45. 0000000	45. 0000000
46. 0000000	46. 0000000	46. 0000000
47. 0000000	47. 0000000	47. 0000000
48. 0000000	48. 0000000	48. 0000000
49. 0000000	49. 0000000	49. 0000000
50. 0000000	50. 0000000	50. 0000000
51. 0000000	51. 0000000	51. 0000000
52. 0000000	52. 0000000	52. 0000000
53. 0000000	53. 0000000	53. 0000000
54. 0000000	54. 0000000	54. 0000000
55. 0000000	55. 0000000	55. 0000000
56. 0000000	56. 0000000	56. 0000000
57. 0000000	57. 0000000	57. 0000000
58. 0000000	58. 0000000	58. 0000000
59. 0000000	59. 0000000	59. 0000000
60. 0000000	60. 0000000	60. 0000000
61. 0000000	61. 0000000	61. 0000000
62. 0000000	62. 0000000	62. 0000000
63. 0000000	63. 0000000	63. 0000000
64. 0000000	64. 0000000	64. 0000000
65. 0000000	65. 0000000	65. 0000000
66. 0000000	66. 0000000	66. 0000000
67. 0000000	67. 0000000	67. 0000000
68. 0000000	68. 0000000	68. 0000000
69. 0000000	69. 0000000	69. 0000000
70. 0000000	70. 0000000	70. 0000000
71. 0000000	71. 0000000	71. 0000000
72. 0000000	72. 0000000	72. 0000000
73. 0000000	73. 0000000	73. 0000000
74. 0000000	74. 0000000	74. 0000000
75. 0000000	75. 0000000	75. 0000000
76. 0000000	76. 0000000	76. 0000000
77. 0000000	77. 0000000	77. 0000000
78. 0000000	78. 0000000	78. 0000000
79. 0000000	79. 0000000	79. 0000000
80. 0000000	80. 0000000	80. 0000000
81. 0000000	81. 0000000	81. 0000000
82. 0000000	82. 0000000	82. 0000000
83. 0000000	83. 0000000	83. 0000000
84. 0000000	84. 0000000	84. 0000000
85. 0000000	85. 0000000	85. 0000000
86. 0000000	86. 0000000	86. 0000000
87. 0000000	87. 0000000	87. 0000000
88. 0000000	88. 0000000	88. 0000000
89. 0000000	89. 0000000	89. 0000000
90. 0000000	90. 0000000	90. 0000000
91. 0000000	91. 0000000	91. 0000000
92. 0000000	92. 0000000	92. 0000000
93. 0000000	93. 0000000	93. 0000000
94. 0000000	94. 0000000	94. 0000000
95. 0000000	95. 0000000	95. 0000000
96. 0000000	96. 0000000	96. 0000000
97. 0000000	97. 0000000	97. 0000000
98. 0000000	98. 0000000	98. 0000000
99. 0000000	99. 0000000	99. 0000000
100. 0000000	100. 0000000	100. 0000000



Таблица логарифмов, напечатанная в Москве в 1703 г. Составители — Л. Ф. Магницкий и А. Д. Фарварсон, преподаватели Навигационной школы, созданной в Москве в 1701 г. Гравюра из книги Агриколы «О горном деле». Базель, 1580 г.

Карта из «Большого атласа» Я. Блеу. Т. 1, Париж, 1662 г.



ные университетскими профессорами, периодические издания, ими издававшиеся, книги славного «новиковского десятилетия», когда великий русский просветитель арендовал университетскую типографию, типографские марки — все это позволяет представить начальные шаги старейшего русского университета.

Огромную ценность являет собой коллекция трудов, обычно в форме «речей» или

«слов», созданных профессорами университета в XVIII — начале XIX в. В этой коллекции присутствует, например, редчайший первоначальный вариант диссертации Д. С. Аничкова «Рассуждение из натуральной богословии о начале и происшествии натурального богочитания», которую ученому пришлось «исправить», «смягчив» свое материалистическое объяснение происхождения религии.

В фонде редких книг хранится много работ ученых XIX — начала XX в. с дарственными надписями университетской библиотеке или коллегам. Изящно выполненной типографией Московского университета первое издание работы профессора И. А. Давыдова «Московская флора или описание растений дико растущих в Московской губернии» (1828) было подарено автором библиотеке Москов



Лист из «Энциклопедии или толкового словаря наук, искусств и ремесел» Дидро и Д'Аламбера, издававшейся в 1751—1780 гг.

ского университета. На экземплярах книг из личной библиотеки профессора химии, основателя термохимической лаборатории Московского университета Владимира Федоровича Лугинина, передавшего свое богатейшее собрание книг библиотеке университета, можно видеть автографы известных русских ученых — Э. В. Марковникова, И. А. Каб-

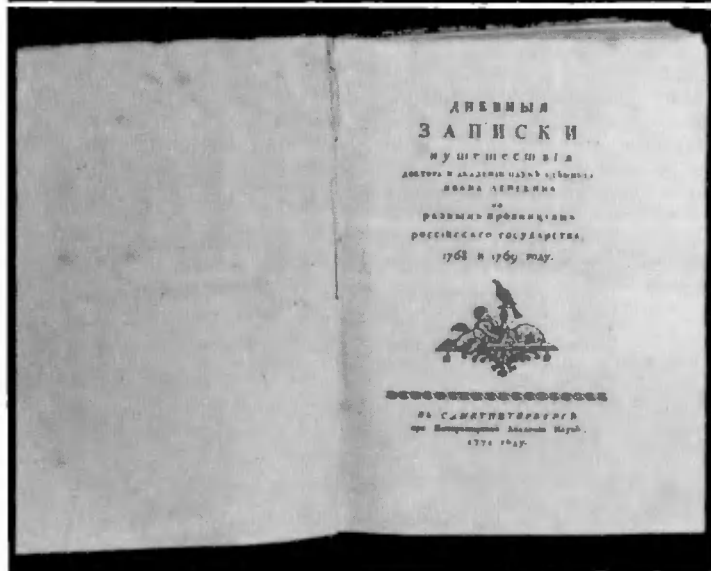
лукова и др. Имеется в собрании и драгоценный экземпляр работы К. Э. Циолковского «Аэроплан или птицеподобная (авиационная) летательная машина», изданной типографией Московского университета в 1895 г. Книга подарена К. Э. Циолковским библиотеке университета, о чем сообщает его дарственная надпись.

Особый интерес представляют издания работ, являющиеся библиографической редкостью в силу определенных обстоятельств. Таков, например, экземпляр книги К. Ф. Рулье «Жизнь животных по отношению ко внешним ус-

ловиям» — курс лекций, читанных в 1851 г. и утверждавший ведущее значение внешней среды в эволюции видов. Все издание было задержано в типографии по распоряжению министра народного просвещения и допущено к продаже только после добавления специального «заключения» о божественной сущности происхождения мира. Экземпляр же, представленный в экспозиции, принадлежит к небольшому числу книг, успевших разойтись в первоначальном виде, без «заключения». К редкостям относится и первое отдельное издание работы И. М. Сеченова «Рефлексы головного мозга» (1866). Книга, как известно, была арестована, а И. М. Сеченов избежал суда только из соображения Министерства юстиции, что «гласное развитие материалистических теорий при судопроизводстве этого дела может иметь последствием своим распространение этих теорий в обществе...». Допущенное к продаже в 1867 г. издание было все же запрещено для публичных библиотек и общественных читален.

Первые прижизненные издания В. А. Жуковского, А. С. Пушкина, А. А. Бестужева-Марлинского, К. Ф. Рылеева, В. К. Кюхельбекера, М. Ю. Лермонтова (многие из них с ценнейшими дарственными автографами) представляют в экспозиции коллекцию книг XIX в. Достаточно полно показаны на выставке издания Вольной русской типографии А. И. Герцена — благодаря, в первую очередь, дару В. Ф. Лугинина, тщательно собиравшего эти замечательные памятники бесцензурной печати. Первые и прижизненные издания произведений Н. Г. Чернышевского и Н. А. Добролюбова, Н. А. Некрасова, М. Е. Салтыкова-Щедрина, Ф. М. Достоевского, Л. Н. Толстого также составляют гордость собрания.

Почетное место на выставке занимают коллекции прижизненных изданий произведений Карла Маркса, Фридриха Энгельса и Владимира Ильича Ленина. Примечательно, что экземпляры первых изданий работ К. Маркса и



М. В. Ломоносов. Собрание разныхъ сочинений в стихах и прозе. Одна из первых книг, напечатанных в типографии Московского университета. Второе прижизненное издание (после первого петербургского 1751 г.). Датирована 1757 г., но вышла в 1758 г., тиражом 1200 экз. Гравюра, помещенная в виде фронтисписа, выполнена Фессаром и Вортманом (вверху). Первое издание труда академика И. И. Лепехина «Дневные записки путешествия по разным провинциям Российского государства в 1768 и 1769 году». Санкт-Петербург, 1771 г. (внизу).

Ф. Энгельса пришли в университетское собрание в основном в составе личных библиотек и сообщают тем самым имена своих первых читателей. Среди прижизненных изданий работ В. И. Ленина присутствует экземпляр первого издания книги «Развитие капитализма в России», приобретенный библиотекой в 1900 г. На выставке можно видеть и номера ленинской «Искры», полный комплект которой хранится в Отделе редких книг и рукописей.

Экспозиция завершается показом памятников печати первых лет Советской власти. Здесь, в частности, присут-

ствуют первые советские издания трудов академиков И. П. Павлова, К. А. Тимирязева, уникальная коллекция скромных калужских изданий работ К. Э. Циолковского, подаренная библиотеке университета родными ученого.

Хотелось бы упомянуть еще одну достопримечательность Музея книги — большой портрет М. В. Ломоносова, принесенный в дар Московскому университету семьей Раевских в 1865 г. Жена генерала Н. Н. Раевского и мать Марии Волконской Софья Алексеевна (урожд. Константинова) была внучкой Ломоносова. Единственный живописный портрет Ломоносова, созданный при его жизни, хранился у Раевских как семейная реликвия. С этой картины (до наших времен она не сохранилась) художником Ф. Н. Риссом по заказу Раевских была сделана копия, которая и была подарена Московскому университету к столетию со дня смерти ученого⁵.

Сейчас, в дни 225-летия МГУ, в экспозиции шире, чем обычно, представлены книжные дары Московскому университету и его библиотеке, полученные от различных учреждений и частных лиц и свидетельствующие об уважении к старейшему университету страны.

Выставка редких книг и рукописей Научной библиотеки МГУ «имеет быть отворена» каждый понедельник и четверг с 10 до 18 час., так что все «любители наук и охотники до чтения книг» могут познакомиться с этой сокровищницей университета.

⁵ Портрет воспроизведен на с. 2 настоящего номера журнала. — Прим. ред.

Гербарий Московского университета

В. Н. Павлов,
кандидат биологических наук,
заведующий Гербарием биологического факультета МГУ

Одно из старейших подразделений Московского государственного университета — Гербарий им. Д. П. Сырейщикова. В настоящее время здесь хранится более 700 тыс.

Мускатный шалфей на странице уникального аптекарского Гербария с рукописным текстом. Италия, конец XVII в.

листов засушенных растений, включающих ряд ценнейших коллекций известных ботаников прошлого, а также более 1700 типовых образцов, послуживших основой для первых описаний новых видов, подвидов и разновидностей.

Создание Гербария связано с началом преподавания в Московском университете ботаники. В 1765 г. один из первых профессоров Московского университета П. Д. Вениаминцов открыл на медицинском факультете курс «Ботаническая философия с гербаризацией в летнее время» — первый в России университетский курс ботаники, где необходимым элементом обучения были сборы

Гербарный экземпляр *Clematis flammula* из коллекции Ф. Рунша — нидерландского естествоиспытателя и врача. Кунсткамера Академии наук, конец XVII в.

Ломонос махровый [*Clematis* sp.] из коллекции Д. Гейля — итальянского медика второй половины XVI в. — один из древнейших гербарных образцов в мире.

Культивированный на юге России образец хлопчатника обыкновенного [*Gossypium herbaceum*] из собрания Григория Демидова. 1737 г.

Гербарный экземпляр железницы *Sideritis scordioides* из коллекции академика Российской академии наук И. Сигезбека. Первая половина XVIII в.





растений в природе, последующее их высушивание и изучение. В дальнейшем в курсах ботаники предусматривалось составление коллекций — гербаризация. Эта черта ботанического образования сохранилась и до наших дней.

Первое время Гербарий пополнялся в основном за счет частных коллекций, передаваемых ему в дар. Так, в 1789 г. вдова П. А. Демидова, известного уральского промышленника и мецената, и его сыновья подарили Московскому университету богатейший гербарий, собранный им за многие годы, а в 1802 г. ботаник П. Г. Демидов (племянник П. А. Демидова), ученик и корреспондент Карла Линнея, передал на развитие наук в университете 100 тыс. рублей, кабинет натуральной истории с прекрасной коллекцией растений и библиотеку. К сожалению, во время пожара Москвы в 1812 г. гербарии Демидовых сгорели. Только отдельные листы из этих коллекций были найдены в последнее время среди материалов других авторов, которые были приобретены уже после московского пожара.

Значительно пополнил университетский гербарий известный немецкий ботаник Георг Франц Гофман, приглашенный в 1804 г. заведовать первой самостоятельной кафедрой ботаники Московского университета. В его собрании были гербарии современников и учеников Карла Линнея: Альберта Галлера, Джона Муррея, Карла Тунберга и Фридриха Эрхарта. Среди них наиболее интересны экзикаты Эрхарта — первый специально собиравшийся во многих экземплярах гербарий для продажи или обмена, который сохранился до нашего времени довольно полно. В обширной коллекции Гофмана, помимо образцов, собранных им самим, было много растений, полученных Гофманом от известных ученых того времени, например таких, как собранные врачами и ботаниками И. и Г. Форстерами в Полинезии и Новой Зеландии во время кругосветного путешествия Джеймса Кука в 1772—1775 гг. К счастью, гербарии

Гофмана уцелели в 1812 г., так как тогда хранились еще не в здании Университета. Часть их (коллекция Эрхарта и самого Гофмана) были куплены Университетом в 1823 г., другие были переданы в Медико-хирургическую академию, откуда в 1840 г. возвратились в Гербарий вместе с большой коллекцией растений академика К. Триннуса.

В последнее время при изучении этих коллекций было обнаружено большое число типовых образцов разных авторов. Интерес к этим коллекциям не угасает по сей день; Гербарий уже много раз посылал по просьбам специалистов отдельные материалы в различные страны мира (Великобританию, Швейцарию, США, Финляндию и др.). Исследовались они и специально приезжающими из зарубежных стран учеными.

Большие гербарии накопили ученики Г. Ф. Гофмана — Л. Ф. Гольдбах и М. А. Максимович. В частности, в коллекции Гольдбаха обнаружены сборы XVIII в. ботаников Московского аптекарского огорода — И. Лерхе, Т. Гербера и Ф. Стефана, а также остатки гербариев Демидовых.

В течение XIX в. Гербарий пополнялся не только за счет покупок и пожертвований, но и в результате экспедиционных сборов. В этот период были приобретены растения Европы из коллекции Молля (1841), сборы Седакова из Иркутска (1842) и коллекция Дреша из Южной Африки, киргизские и прибикальские растения (1847). Ботаник Н. И. Анненков пожертвовал университету в 1848 г. сто растений московской флоры, в 1849 г. — еще сто. Можно упомянуть и коллекцию итальянского медика Д. Гейля (вторая половина XVI в.), подаренную Гербарию в 1887 г.

С приходом в 1861 г. на кафедру ботаники университета нового заведующего Н. Н. Кауфмана значительно усилились флористические исследования Московской области и средней полосы России, ставшие в университете традиционными и продолжающиеся и в настоящее время.

После Кауфмана флористические исследования московских ботаников в средней полосе России возглавил И. Н. Горожанкин, заведовавший кафедрой ботаники с 1872 по 1904 г. Хорошо понимая значение Гербария, Горожанкин сам участвовал в обработке гербарных коллекций, в частности проверил и этикетировал гербарий К. Триннуса, опубликовал его каталог и списки коллекций Гербария. Он добился учреждения должности ученого хранителя Гербария а также постоянно заботился о пополнении Гербария новыми коллекциями.

В 80-х годах XIX в. Московское общество испытателей природы передало свои коллекции университету. Среди них были материалы как экспедиций общества, так и многочисленные зарубежные гербарии: Д. Бентама (Великобритания), Э. Буассе (Швейцария), Т. Кочи (Австрия) и многих других известных ботаников. Они почти удвоили общий объем собрания, который к 1917 г. насчитывал уже около 100 тыс. листов.

Университетский гербарий не случайно носит имя Дмитрия Петровича Сырейщикова — известного московского ботаника, ученого хранителя Гербария с 1918 г. по 1932 г. Сырейщиков не только привел в порядок коллекции, но и значительно пополнил их, увеличив объем гербария вдвое. Из почти недоступного «хранилища трав» Гербарий превратился в научный центр, объединивший работу московских ботаников чему немало способствовали большая научная эрудиция и такт Д. П. Сырейщикова. После смерти Сырейщикова в 1932 г. Гербарий получил его имя.

Традиции Сырейщикова сохранил и продолжил П. А. Смирнов — крупнейший специалист по флоре, знаток флоры средней России, Крыма и Алтая. Помимо постоянного пополнения коллекции, в этот период были созданы отделы флоры европейской части СССР, Сибири и Дальнего Востока, Крымско-Кавказский, организована справочная библиотека из «Флор», определите

Типовой образец каналии решетчатой (*Cacalia cancellata*) с о-ва Сан-Доминго из коллекции академика Российской академии наук К. Триниуса. Конец XVIII в.



лей, монографий, специальных журналов и справочников.

При заведующем Гербарием М. И. Назарове (с 1935 по 1941 г.) было проведено районирование гербария, создан дублетный фонд для обмена, гербарий пополнился сборами самого Назарова (около 15 тыс. листов) и коллекций растений из Всесоюзного института каучука и гуттаперчи (более 30 тыс. листов).

В последние годы основным источником пополнения фондов гербария стали материалы многочисленных экспеди-

ций как сотрудников Московского университета, так и других организаций. Особенно плодотворными оказались экспедиции университетских ботаников (кафедры высших растений, геоботаники и Ботанического сада) по средней полосе европейской части СССР, работы на трассе БАМ, в горах Кавказа, на Чукотке, в Западной Сибири, в Монголии. Продолжают поступать гербарные сборы и из других организаций (экспедиции Всесоюзного института лекарственных растений, Института географии АН СССР и

т. п.). Ежегодное пополнение гербария составляет от 3 до 10 тыс. листов.

На основе коллекций Гербария за годы Советской власти был создан целый ряд определителей, иллюстрированных справочников, издано большое число других флористических и систематических работ. Материалы Гербария широко использовались при составлении 30-томной «Флоры СССР» (Л., 1934—1964), почти всех изданий (семь из девяти) «Флоры средней полосы Европейской части СССР», многих



Типовой образец астрагала Нины [*Astragalus ninae* N. Pavl.]. Флора центрального Казахстана, 1930 г.

Экспонаты Ф. Эрхарта — первый систематический гербарий. Выпуск 1780 г., посвященный К. Линнею.

Сборы Р. С. Палласа из коллекции К. Триннуса. Слева — лук поникающий (*Allium nutans*), справа — ревень волнистый (*Rheum Rhaponticum*).

региональных «Флор». В последние годы коллекции Гербария стали одним из важных источников для международного проекта «Атласа флоры Европы», а также для многотомной «Флоры Европейской части СССР».

В течение нескольких лет кропотливой работы был выделен из основных фондов Гербария типовой материал — те гербарные сборы, на основе изучения которых были описаны новые для науки виды, подвиды и разновидности. Выявление и тщательное сохранение типов — одна из почетных обязанностей Гербария.

Более двух десятилетий занимается изучением древних коллекций М. Н. Караваев, заведовавший Гербарием с 1951 по 1964 г. Тщательно просматривая тысячи листов старинных гербариев, расшифровывая латинские надписи на них, сличая надписи с автографами ботаников и текстами средневековых сочинений (часто используя графологическую экспертизу и датировку бумаги коллекций), он сумел выявить среди хранящихся в гербарии старинных материалов ряд неизвестных коллекций XVII—XVIII вв., а также уточнить содержание ряда уже достаточно хорошо из-

вестных собраний. Так, в частности, им были обнаружены: гербарий П. Ширака (Франция), собранный в конце XVII в., большая коллекция немецкого ботаника К. А. Рудольфи (XVIII в.), детально проанализированы коллекции Ф. Эрхарта, И. и Г. Форстеров. К. Триннуса. Караваев определил свыше 1100 образцов сборов долинневековского периода отечественных и зарубежных авторов.

Более чем за два века своего существования Гербарий аккумулировал в коллекциях растений из разных частей нашей страны и из других



стран труд многих поколений ботаников. Совмещение на листах гербария ценнейших исторических документов — свидетельства деятельности ученых и любителей природы разных времен и, одновременно, объектов природы, доступных для многократного научного исследования в самых различных целях, сделало гербарное собрание частью нашего национального достояния, предметом бережного хранения и тщательного изучения.

Сегодня Гербарий — ботанический научный центр, пользующийся широкой из-

вестностью не только в нашей стране, но и за рубежом. В нем сохраняются давние традиции общедоступности. Гербарий ведет обмен с рядом советских и зарубежных гербариев, служит постоянной базой для учебной и научной работы ботаников в области флористики, систематики и ботанической географии, оказывает помощь и консультации специалистам и любителям. Не бывает дня, чтобы здесь не занимались определением и исследованиями растений московские и приезжие ботаники.

ОПРЕДЕЛИТЕЛИ И СПРАВОЧНИКИ, ПОДГОТОВЛЕННЫЕ В ГЕРБАРИИ МГУ

Сырейщиков Д. П. ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ РАСТЕНИЙ МОСКОВСКОЙ ГУБЕРНИИ. М., 1927.

Павлов Н. В. ФЛОРА ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА. М.— Л., 1928—1938.

Говорухин В. С. ФЛОРА УРАЛА. Свердловск, 1937.

Смирнов П. А. ФЛОРА ПРИОКСКО-ТЕРРАСНОГО ЗАПОВЕДНИКА. М., 1958.

Караванов М. Н. КОНСПЕКТ ФЛОРЫ ЯКУТИИ. М.— Л., 1958.

Ворошилов В. Н., Скворцов А. К. Тихомиров В. Н. ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ РАСТЕНИЙ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ. М., 1966.

КОНСПЕКТ ФЛОРЫ РЯЗАНСКОЙ МЕЩЕРЫ. М., 1975.

ШКОЛЬНЫЙ БОТАНИЧЕСКИЙ АТЛАС. М., 1964.

ТРАВЯНИСТЫЕ РАСТЕНИЯ СССР. М., 1971.

ДИКОРАСТУЩИЕ ПОЛЕЗНЫЕ РАСТЕНИЯ СССР. М., 1976.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Скворцов А. К. ГЕРБАРИЙ — ОСНОВА СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ И ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ БОТАНИКИ.— «Природа», 1973, № 9.

Павлов В. Н. и др. ГЕРБАРИЙ МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. М., 1978.

Шевырев С. П. ИСТОРИЯ МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА, НАПИСАННАЯ К СТОЛЕТНЕМУ ЕГО ЮБИЛЕЮ. М., 1855.



Моржи на Аракамчеченском лежбище

В. М. Смирин, Ю. М. Смирин,
кандидаты биологических наук
Кафедра зоологии и сравнительной анатомии позвоночных животных биологического факультета МГУ

Рисунки авторов.

Судьба моржей вызывает в мире большое беспокойство. В первую очередь это относится к атлантической популяции, особенно в Баренцевом и Карском морях. Несмотря на почти полное отсутствие промысла в настоящее время, эта популяция практически не восстанавливает свою численность, сильно подорванную неумеренным промыслом в прошлом. В более благополучном состоянии находится тихоокеанская популяция — ее численность сейчас возросла примерно до 200 тыс. голов.

В последние годы изучению экологической, генетической и морфологической структуры популяций моржа уделяется большое внимание, но все же в поведении и образе жизни этого вида остается еще много неизвестного. Авторам статьи в 1977 и 1979 гг. удалось провести в общей сложности около 2 месяцев на о-ве Аракамчечен, расположенном у юго-восточной оконечности Чукотского п-ова¹, регулярно наблюдать за поведением моржей на лежбище и сделать большое количество зарисовок зверей с натуры.

Жизнь моржей большую часть года связана с морскими льдами. На лед они выходят для отдыха и для размножения. Скопления моржей на льдах обычно насчитывают от нескольких особей до нескольких сот. В кон-

це лета и осенью, когда море у побережья Чукотки на больших пространствах очищается ото льда, моржи начинают выходить для отдыха на берег, образуя порой огромные скопления. Различают постоянные и временные береговые лежбища. Первые — это залежки взрослых самцов, не совершающих летом далеких миграций на север, вторые — места отдыха зверей на миграционных путях. На временных лежбищах часто встречаются и самки с детенышами. Аракамчеченское лежбище до последнего времени относили к категории временных. Однако регулярные наблюдения на этом лежбище показали, что оно сейчас, вероятно, крупнейшее из постоянных лежбищ тихоокеанского моржа. Количество зверей на нем, по подсчетам А. А. Кибальчича, достигает 36 тыс.² Лежат на нем почти исключительно самцы.

На берегу моржи лежат всегда очень тесно. Количество и состав зверей на лежбище все время меняется. В штормовую погоду, когда волны заливают лежбище, почти все моржи уходят в море. Когда шторм утихает, группы моржей возвращаются на берег.

Однажды мы наблюдали, как происходит массовое возвращение зверей на лежбище. В середине дня в море, напротив лежбища, образовалось огромное скопление моржей, которые затем двинулись на берег тесной группой, имеющей форму клина. С флангов этой группы непрерывно выходили все новые и новые моржи, так что занятая зверями площадь неуклонно увеличи-

валась в обе стороны от передовой группы. Вышедшие из моря моржи долго стоят в напряженных позах, высоко подняв голову и почти касаясь грудью зверя, находящегося впереди. Когда они успокаиваются и ложатся, каждый из них уже настолько зажат со всех сторон, что может только опуститься там, где стоит, положив голову на находящегося впереди моржа. Поэтому первоначально на лежбище тела зверей ориентированы головой от моря.

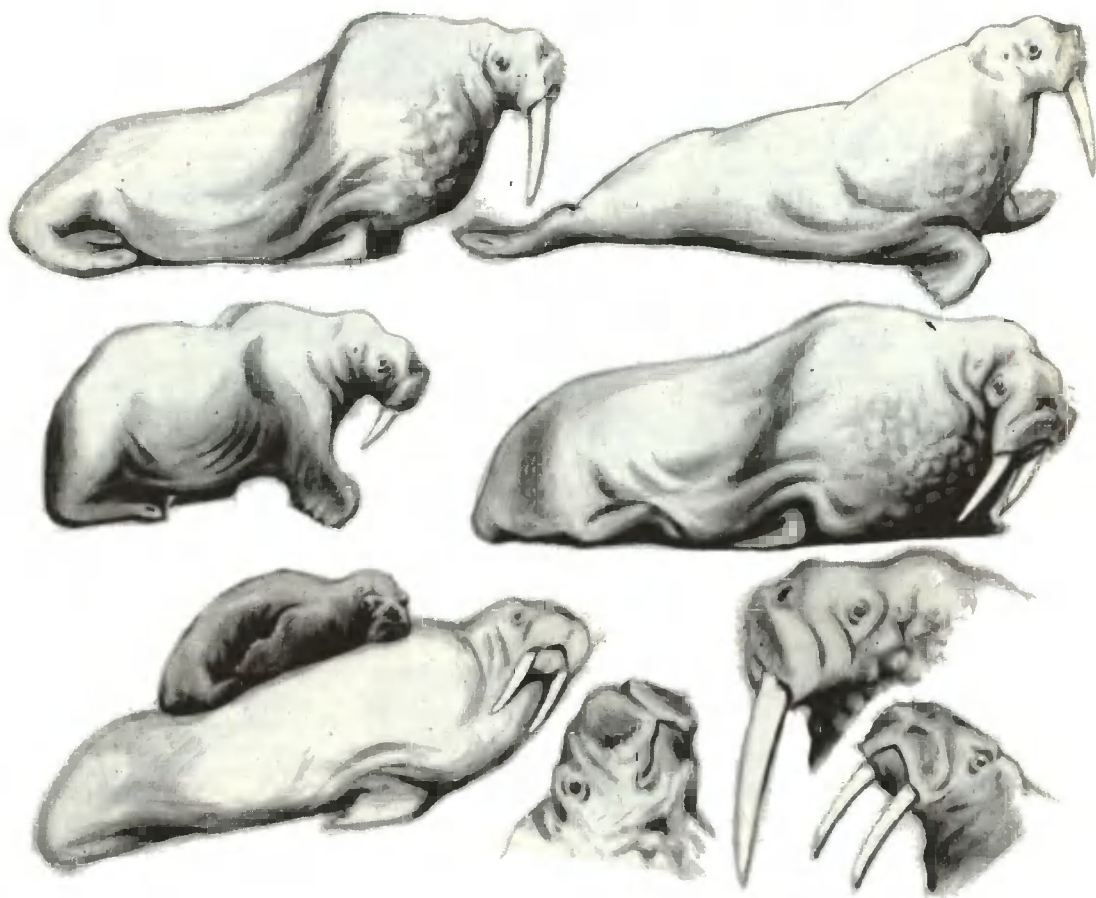
Передвигаются моржи различными способами. Как правило, в движении участвуют обе пары лап. Моржи могут как бы «шагать», переставляя лапы попеременно, причем иногда они при этом отрывают брюхо от земли и приподнимаются на лапах. Этот способ передвижения более характерен для молодых зверей, которые могут проходить так значительные отрезки пути. Крупные моржи часто передвигаются, переставляя лапы попарно, причем иногда используют для движения только передние конечности. В этом случае они одновременно выносят оба передних лапа вперед, поднимаются на них и затем как бы «перекатываются» через них грудью. Можно видеть, как звери, меняя место на лежбище, передвигаются, переставляя попарно сначала передние, а потом и задние лапы, а затем,

Расположение моржей на лежбище: моржи, вышедшие недавно на берег, обычно лежат тесно прижавшись друг к другу в направлении головой от моря [вверху], в дальнейшем первоначальное расположение моржей нарушается [в середине], когда же значительная часть моржей уходит с лежбища, оставшиеся звери попрежнему лежат, тесно прижавшись, образуя компактные группы [внизу].

¹ Богословская Л. С., Членов М. А., Юрцев Б. А. Острова пролива Сенигина — уникальный природно-культурный комплекс. — «Природа», 1979, № 9.

² Кибальчич А. А. Наблюдения на Аракамчеченском лежбище моржей. — В сб.: Морские млекопитающие. Тезисы докладов VII Всесоюзного совещания. М., 1978.

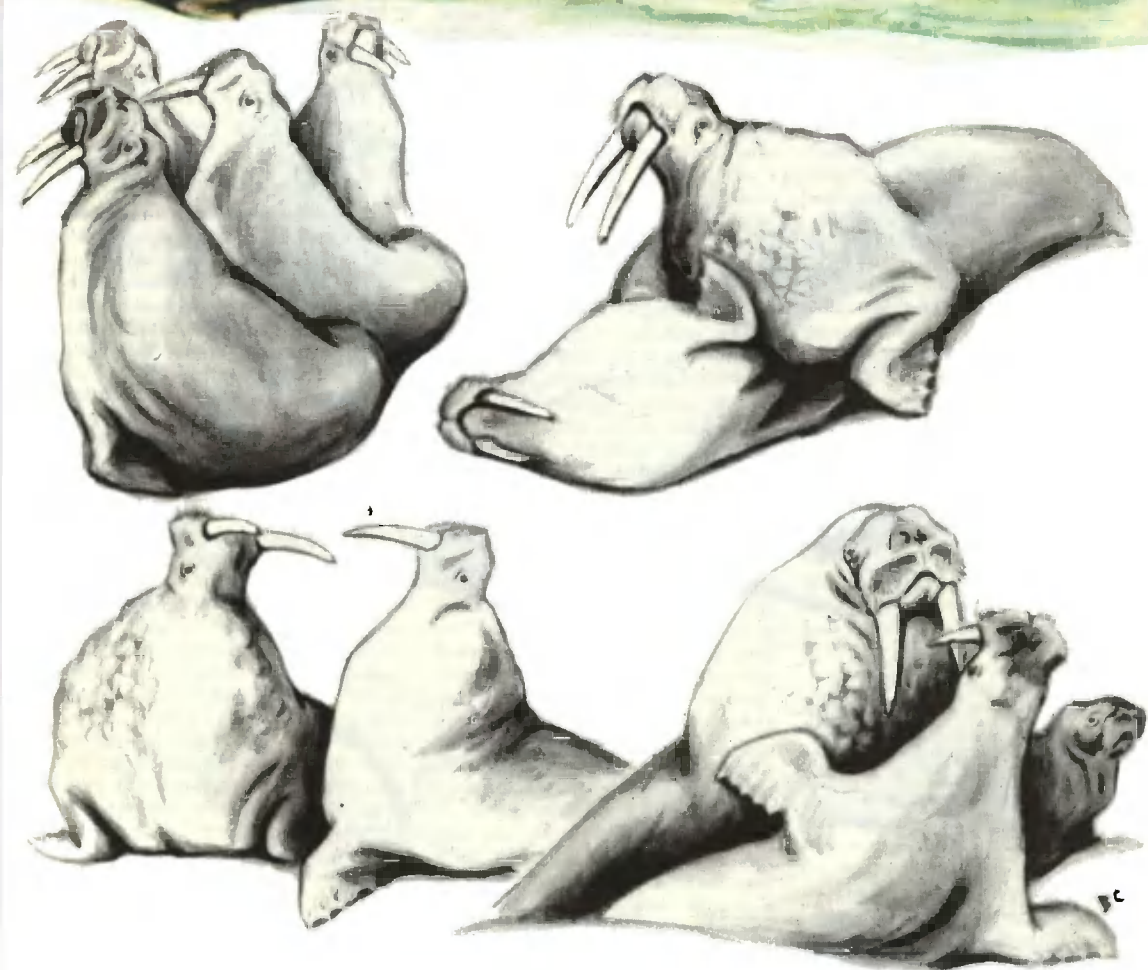




Массовый выход моржей на лежище; на заднем плане видны группы качающихся на воде зверей, «ожидających очереди» для выхода на берег (цветной рисунок).

«Походка» моржей на суше: вверху — «перекатывание» через передние лапы; в центре — молодой морж передвигается, высоко поднявшись на лапах (слева), взрос-

лый крупный самец — волоча брюхо (справа); внизу — детеныш лежит на спине матери; головы самца без клыков, крупного самца и самки.



Вверху — группа встревоженных моржей [слева]; крупный самец ищет себе место; лежащий на его пути морж пытается задержать его, упиравшись ластом в грудь [справа]; внизу —

взаимная угроза двух самцов [слева], самка пытается защитить детеныша от крупного самца, идущего по лежбищу [справа].



Позы спокойно лежащих моржей: звери чаще всего лежат, положив голову набок или уткнувшись мордой в грунт либо в соседа. Очень разнообразны движения лап: животные или почесываются, прикрывают и трут морду либо глаза, обхватывают друг друга, одиночно лежащие моржи обычно складывают лапы вместе.

Опираясь на все конечности, резко подают вперед все тело, потом снова выносят вперед сначала передние, а затем и задние лапы и т. д. Таким способом звери могут передвигаться довольно быстро.

Движение моржа по лежбищу обычно сопровождается возникающими то тут, то там очагами беспокойства; звери толкаются, бьют друг друга клыками до тех пор, пока все не найдут себе места и подходящего положения. При таких «конфликтах» часто сгоняют с места молодых моржей, и те быстро оказываются вытесненными на спины лежащих вокруг взрослых самцов. В такой ситуации молодых начинают бить клыками со всех сторон, и они, низко пригибая голову, бросаются к краю лежбища, чаще всего к подножию обрыва. Иногда им приходится даже влезать на небольшую высоту по склону. В конфликтах за место на лежбище взрослые самцы не церемонятся ни с самками, ни с маленькими детенышами.

Если в море вблизи лежбища моржи держатся группами (в среднем по 4—6 зверей), то на берегу звери занимают места независимо друг от друга. Место каждого зверя на лежбище определяется темпом его движения, его способностью вытеснить других зверей и т. д. Исключение составляют лишь детеныши, которых, однако, на Аракамченском лежбище очень мало: в 1977 г. мы видели четырех, а в 1979 г. — лишь одного. Детеныши-сеголетки, как правило, лежат на спинах взрослых моржей — у своей матери или у лежащего рядом с ней зверя.

На лежбище мы постоянно встречали моржей с одним, а иногда с двумя сломанными клыками. У некоторых зверей

были хорошо видны остатки клыков, сломанных и затем стертых до самого основания. Зверь без клыков не выглядел истощенными, и их поведение на лежбище существенно не отличалось от поведения остальных зверей, разве что им нечем было ударить побеспокоившего их моржа.

Насколько осторожны выходящие на берег моржи, говорит следующий случай. Однажды в шторм, когда на лежбище оставались разрозненные группы моржей, к одной из них присоединилась вышедшая из моря некрупная самка сивуча. Лежащие моржи не обратили на нее никакого внимания. Однако новые выходявшие из моря моржи около сивуча не ложились. Все они, подходя к сивучу, принюхивались, пятились и отползали в сторону, хотя даже молодые моржи превосходили этого сивуча по размерам, и за 5 часов наблюдений около него не лег ни один новый морж.

Долго находящиеся на лежбище звери обычно ведут себя спокойно, но и они реагируют на движение вблизи них, а особенно — на запахи. Обычно, сидя совершенно открыто в нескольких метрах от зверей, можно было спокойно наблюдать и рисовать моржей. При этом некоторые молодые звери, вытесняемые на склоны обрыва, иногда приближались к нам на 1—1,5 м, не выказывая признаков беспокойства. Чтобы не беспокоить зверей, нужно было соблюдать только два правила — садиться так, чтобы ветер дул от зверей на наблюдателя, и не делать резких движений. Что касается последнего, то нельзя было даже стряхивать воду с кисточки в 10 м от зверей. Реакция моржей на запах обычно обострялась вечером, перед заходом солнца. Не раз нам приходилось наблюдать, как звери к вечеру вдруг начинали беспокойно принюхиваться и иногда даже уходили в море. Обычно в таких случаях испуг охватывал небольшую (около десятка зверей) группу. Другие моржи, лежавшие на пути идущих к воде зверей, реагировали на них так же, как и на всех движущихся по лежбищу живот-

ных — поднимали головы и ударяли движущихся моржей клыками. Сами же испуганные звери не успокаивались, пока не достигали моря. Так было, когда испуг охватывал не более 10—15 животных. При большой панике масса движущихся моржей теснила лежащих и увлекала их за собой.

Находящиеся в воде моржи обычно спокойно подплывают к стоящему на берегу человеку. Молодые звери особенно любопытны, и нередко они пытались даже влезть на стоящую у берега лодку. В море они тоже иногда вплотную подходят к лодке, если у нее не работает мотор. Однако косаток, являющихся, по-видимому, их единственными (помимо человека) врагами, моржи боятся. По рассказам эскимосов, наиболее сильно на моржей в море действуют резкие хлопки по поверхности воды хвостового плавника ныряющих косаток. Эскимосы во время охоты используют испуг моржей при подобных звуках. Подплывая на своих байдарках к группе зверей, они несколько раз сильно хлопают по воде специально насаженной на деревянную рукоятку пластиной китового уса. Некоторые моржи реагируют на эти хлопки сильнее, чем на шум мотора, останавливаются и смотрят в глубину, ожидая нападения косаток, что дает возможность охотникам приблизиться к моржам вплотную (косатки нападают всегда снизу, из глубины).

До последних лет Аракамченское лежбище мало посещалось людьми. Однако сейчас в связи с интенсификацией освоения природных ресурсов Чукотки случаи беспокойства моржей на этом лежбище учащаются, и не исключено, что они могут принять опасные для нормального существования лежбища масштабы. Поэтому проводящиеся мероприятия по его охране приобретают особое значение, и вопрос об организации на Чукотке специального заповедника требует скорейшего решения. Аракамченское лежбище моржей должно быть сохранено.



Прозрачность атмосферы в городе

Г. М. Абакумова, Т. В. Евневич,
кандидаты географических наук
Н. П. Никольская,
кандидат технических наук
Метеорологическая обсерватория МГУ

Изучение специфики климата городов имеет большое значение для понимания закономерностей глобальных изменений климата Земли. Из всех особенностей климата города в настоящее время больше всего ухудшает гигиенические условия жизни и деятельности людей загрязнение атмосферы.

Наряду с различными естественными явлениями — извержениями вулканов, лесными пожарами, выветриванием, эрозией и т. д., ведущими к загрязнению атмосферы, все большее значение в процессе загрязнения атмосферы приобретает хозяйственная деятельность человека, нарушающая естественную природную среду.

Особенно велико воздействие хозяйственной деятельности на атмосферу в городах, где сосредоточена почти половина населения земного шара. Современный крупный город имеет, как правило, большое число постоянно действующих и мгновенных, подвижных и неподвижных, наземных и высотных источников загрязнения, неравномерно распределенных по территории. В результате работы промышленных предприятий, транспорта, тепловых электростанций, отопления домов и сжигания мусора в атмосферу города поступает большое количество твердых и жидких частиц (аэрозолей), окиси углерода, окислов азота, соединений свинца, железа, фтора, радиоактивных веществ и т. д. Значительно загрязняют атмосферу выбросы от низких источников, и в первую очередь от автотранспорта, число и мощность которого в городах постоянно возрастает. Автомобили поднимают в воздух большое количество пыли, верхние слои дорожных покрытий, загрязняя атмосферу выхлопными газами, содержащими значительное количество углеводородов, соединений свинца, окислов азота, канцерогенных веществ и т. д. Поэтому климат города может служить моделью возможных опасных изме-

нений глобального климата, обусловленных воздействием загрязнений.

Для оценки загрязнения атмосферы используют наблюдения над концентрацией различных примесей и косвенные методы, основанные на определении интегрального содержания аэрозолей в вертикальном столбе атмосферы по измерениям солнечной радиации. Характеристики прозрачности атмосферы для солнечной радиации дают представление об общем фоне загрязнения и степени загрязнения отдельных пунктов. Они служат индикатором изменчивости содержания атмосферного аэрозоля со временем.

Многочисленные данные измерений, проводимых как в нашей стране, так и за рубежом, указывают на локальный рост загрязнения атмосферы в городах, выражающийся в ухудшении прозрачности атмосферы и уменьшении прихода солнечной радиации.

Более 20 лет изменение прозрачности атмосферы в Москве и некоторых пунктах Советского Союза изучают сотрудники Метеорологической обсерватории Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Обсерватория была основана в 1954 г. метеорологами Б. П. Алисовым, М. С. Аверкиевым и А. А. Лучшевым как научная и учебная база кафедры метеорологии и климатологии географического факультета МГУ. Обсерватория расположена на Ленинских горах вблизи от основного здания университета.

Первые метеорологические и актинометрические наблюдения, были начаты в 1954 г., в дальнейшем объем наблюдений расширялся, а тематика научных работ развивалась в области актинометрии, т. е. изучался приход солнечной радиации и его изменения под влиянием растущего города. Развитие обсерватории продолжается и в настоящее время: осваивается новая ап-

паратура, разрабатываются приборы, измеряющие спектральный состав солнечной радиации, организуются наблюдения над загрязнением воздуха. Метеорологическая обсерватория МГУ — единственная метеорологическая станция в Советском Союзе, где налажена непрерывная регистрация естественной освещенности земной поверхности и ультрафиолетовой радиации Солнца и неба.

За четверть века работы обсерватории накоплен большой материал наблюдений, дающий возможность представить метеорологический и актиметрический режим юго-западного района Москвы, а также проследить его изменение за этот период времени.

Исходным материалом для изучения прозрачности атмосферы послужили результаты измерений прямой солнечной радиации, т. е. радиации, поступающей к земной поверхности непосредственно от Солнца и околосолнечной зоны радиусом 5° . Использовались измерения при диске Солнца, не закрытом облаками, проводившиеся в Метеорологической обсерватории МГУ (1955—1978 гг.), на станции им. С. И. Небольсина (1955—1974 гг.), расположенной в 40 км к юго-западу от Москвы, и на 28 станциях Советского Союза (1953—1972 гг.), расположенных в различных климатических районах с разным уровнем развития промышленности, и, следовательно, с различной степенью загрязнения атмосферы.

Станции выбирались таким образом, чтобы по возможности наиболее полно осветить всю территорию нашей страны: 12 — на Европейской территории СССР, 13 — в Сибири и на Дальнем Востоке, 5 — в Казахстане и Средней Азии. Одни станции находятся в крупных сложившихся промышленных центрах (Москва, Горький, Донбасс и др.), другие — в развивающихся городах (Джезказган, Курск, Елецкая и др.), третьи — вдали от крупных промышленных объектов (м. Челюскин, Охотск, Беки-Бент и др.). Для выявления влияния города на прозрачность атмосферы были взяты пары станций, расположенных в городе и пригороде (Москва, МГУ — станция им. С. И. Небольсина; Ашхабад — Беки-Бент; Иркутск — Хомутово).

В качестве характеристики прозрачности атмосферы для солнечной радиации использовался фактор мутности Линке. Фактор мутности представляет собой отношение коэффициентов ослабления солнечной радиации в реальной и идеальной атмосфере. Он показывает, во сколь-

ко раз мутность реальной атмосферы, содержащей все естественные примеси, больше мутности идеальной атмосферы, т. е. атмосферы, по газовому составу тождественной с реальной, но не содержащей водяного пара и аэрозольных частиц.

Исследование многолетних изменений солнечной радиации показало наличие тенденции к уменьшению прямой радиации. В среднем уменьшение прямой солнечной радиации за двадцатилетний период (1955—1974 гг.) в Москве составило 9%, а за городом — 5%. Это свидетельствует о том, что в последние два десятилетия в Москве наблюдается постепенное ухудшение прозрачности атмосферы в результате воздействия как естественных, так и антропогенных факторов. Ухудшение прозрачности атмосферы в Москве прослеживается также и по уменьшению абсолютных максимумов прямой солнечной радиации. Так, наибольшая величина прямой солнечной радиации за период с 1914 по 1921 г. была равна $1,48 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$, за период с 1957 по 1963 г. — $1,38 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$, а за последнее десятилетие не превышала $1,32 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$, т. е. была на 10% меньше, чем 50 лет назад.

Солнечная радиация, проходя через атмосферу, существенно уменьшается за счет поглощения и рассеяния атмосферными газами и различными примесями в воздухе. Оценка ослабления солнечной радиации в безоблачной атмосфере показала, что изменение величины прямой радиации от года к году определяется в основном колебаниями содержания аэрозоля в атмосфере. По данным Метеорологической обсерватории МГУ, величина прямой радиации, поступающей в среднем за год на перпендикулярную к солнечным лучам поверхность в околополуденное время, составляет 44—52% от величины солнечной радиации, поступающей на верхнюю границу атмосферы. Ослабление радиации за счет поглощения озоном составляет 2,5%, а за счет молекулярного рассеяния газовыми компонентами сухого воздуха — 14%. Величина ослабления прямой солнечной радиации водяным паром в течение двадцатилетнего периода изменялась мало и в среднем составила 12%. Радиация, поглощенная и рассеянная аэрозолем, более чем в два раза превышает радиацию, поглощенную водяным паром. Таким образом, вклад аэрозоля в ослабление солнечной радиации в городе значительно больше вклада водяного пара.

Фактор мутности в Москве в сред-

нем на 9% больше, чем за городом. Зимой, весной и летом эти различия составляют соответственно 21%, 17% и 7%. Осенью мутность атмосферы в городе и за городом практически одинакова, что можно объяснить увеличением продолжительности обложных осадков, более всего способствующих вымыванию аэрозоля, а также частой повторяемостью туманов и мороси, после которых атмосфера также становится значительно чище. Таким образом, влияние антропогенных факторов на прозрачность атмосферы наиболее сильно проявляется в зимний период, когда ясное небо чаще всего наблюдается при антициклональной погоде с характерной для нее устойчивостью стратификации нижних слоев атмосферы, вследствие чего различные загрязняющие атмосферу примеси скапливаются в нижних нескольких сотнях метрах, в основном в пределах самого города. Летом же интенсивное конвективное перемешивание воздуха расширяет ареал распространения примесей, захватывает пригородные районы и уменьшает различия в мутности атмосферы между городом и пригородом.

В течение рассматриваемого периода как в Москве, так и в пригороде наблюдается тенденция к увеличению мутности атмосферы как в целом за год, так и в отдельные сезоны, кроме зимы. В среднем за 20 лет фактор мутности в Москве увеличился на 13%, а за городом — на 9%. Таким образом, за счет более сильного влияния антропогенных факторов в городе тенденция к увеличению мутности атмосферы выражена сильнее, чем в пригороде.

Несмотря на устойчивые различия между мутностью атмосферы в Москве и пригороде, обращает на себя внимание в общем одинаковый характер изменения прозрачности атмосферы на двух станциях, что свидетельствует об определяющем влиянии на нее атмосферных процессов более крупного масштаба. На это указывает также наличие как в Москве, так и в пригороде общей тенденции к увеличению мутности атмосферы.

Наименьшая мутность атмосферы в Москве наблюдалась в 1955—1963 годах. В этот же период в Москве значительно уменьшилась концентрация сернистого газа и пыли в атмосфере, что обусловлено, очевидно, интенсивной газификацией города. Этим же, по-видимому, объясняется и наблюдаемое в этот период уменьшение различий между средними годовыми значениями фактора мутности в Москве

и пригороде, полученными по данным одновременных наблюдений в полдень. В последнее десятилетие различия между мутностью атмосферы в Москве и пригороде увеличиваются, причиной чего может быть увеличение в Москве примесей антропогенного происхождения.

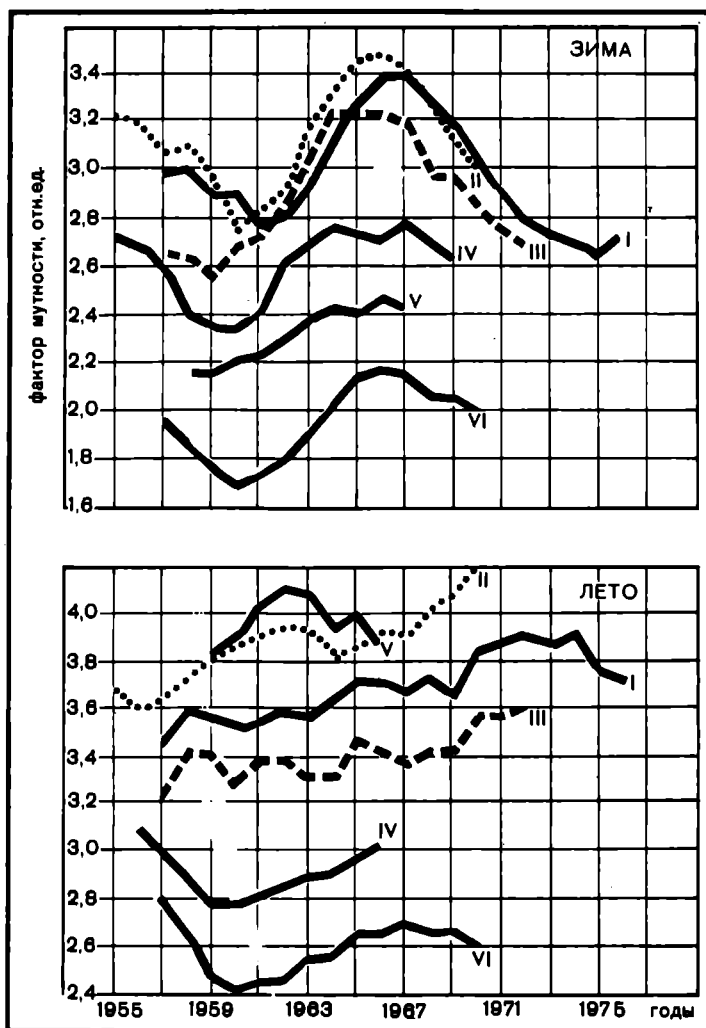
На фоне общей тенденции к увеличению мутности атмосферы имеются годы с аномальной прозрачностью, обусловленной влиянием естественных факторов. Так, одной из причин высокой прозрачности атмосферы в 1955, 1961 и 1962 гг. могло быть увеличение в эти годы повторяемости ветров северного, северо-западного и западного направлений, при которых мутность атмосферы в Москве наименьшая. Увеличение мутности атмосферы в 1964 г. вызвано глобальным помутнением атмосферы вследствие извержения вулкана Агунг в Индонезии в 1963 г. Максимум фактора мутности, отмеченный в 1972 г., обусловлен дымной мглой от лесных пожаров, в зоне выноса которой оказалась Москва в августе—сентябре. Причиной увеличения мутности атмосферы в 1974—1975 гг. могло быть резкое увеличение стратосферного аэрозоля, вызванного, вероятно, извержением вулкана Фуэго (Гватемала). Все это указывает, что на многолетние изменения прозрачности атмосферы наряду с антропогенными

Таблица

Средние сезонные значения фактора мутности

станция	зима	лето	станция	зима	лето
Алма-Ата	3,93	3,51	Курск	2,86	3,78
Архангельск	—	3,00	Москва	3,10	3,70
Ашхабад	2,94	3,96	им. С. И. Невельского	2,50	3,50
Беки-Бент	2,31	3,93	Огурцово	2,90	3,26
Велико-Андреевское	2,96	3,96	Охотск	1,97	2,64
Владивосток	2,69	3,20	Рига	2,56	2,98
Горький	3,05	3,60	Салехард	—	2,63
Дальне-Зеленая	—	2,82	Свердловск	2,68	3,20
Дзержинск	2,32	2,99	Ташкент	3,17	3,69
Елецкая	—	2,54	Хабаровск	2,67	3,20
Иркутск	2,72	3,04	Ханкайская	3,87	3,08
Карадаг	2,61	3,89	Челюскин	2,55	3,05
Киев	3,10	3,91	Чита	—	2,32
Кузнецово	3,11	3,20	Якутск	2,99	2,93
Куйбышев	2,90	3,55			

Пятилетние скользящие средние значения фактора мутности в некоторых пунктах СССР зимой и летом. I — Москва, МГУ; II — Киев; III — ст. им. С. И. Навольсина; IV — Рига; V — Беки-Бент; VI — Охотск.



факторами большое влияние оказывают также естественные факторы.

Исследования колебаний прозрачности атмосферы в других пунктах производились по средним сезонным значениям фактора мутности для зимы и лета (см. табл.).

В зимний период фактор мутности на рассмотренных станциях изменяется от 2,0 до 3,5. Обращает на себя внимание наметившийся волнообразный характер изменения фактора мутности на всей территории страны. На одних станциях он выражен более четко (Киев, Куйбышев, Москва, Рига, Охотск, Якутск), на других — слабее (Беки-Бент). Минимальные значения фактора мутности отмечаются с 1960 по 1963 г., максимальные —

с 1968 по 1970 г. Затем снова наблюдается уменьшение мутности атмосферы. В Москве, где мы имели возможность проследить изменение фактора мутности до 1978 г., виден второй минимум в 1975 г. Таким образом, уровень развития промышленности не оказывает существенного влияния на характер изменения фактора мутности, а сказывается лишь на общем уровне помутнения атмосферы.

Летом на всех станциях наблюдается увеличение мутности атмосферы за рассмотренный период. На некоторых станциях эта тенденция прослеживается особенно четко (Киев, Москва, Чита, Охотск). Величина фактора мутности колеблется от 2,0 до 4,2.

Интересно сравнить фактор мутно-

сти атмосферы зимой и летом на двух близко расположенных станциях: например, в Ашхабаде — столице Туркмении и Беки-Бенте — курортном районе в предгорьях Копет-Дага. Зимой в Ашхабаде мутность атмосферы больше, чем в Беки-Бенте, что обусловлено, по-видимому, влиянием антропогенных факторов. Летом естественное помутнение атмосферы перекрывает антропогенное и величины фактора мутности на обеих станциях равны.

Летом фактор мутности почти на всех станциях выше, чем зимой, но на Азиатской территории Союза, где зимой велика вероятность инверсий, эти различия малы, а на некоторых станциях (Якутск, Хакасская) зимой фактор мутности даже выше, чем летом. В среднем по стране как зимой, так и летом наибольшее помутнение атмосферы наблюдается на

Европейской территории Союза. В Сибири и на Дальнем Востоке, несмотря на неблагоприятные погодные условия, даже зимой фактор мутности несколько ниже.

Таким образом, однотипный характер многолетних изменений прозрачности атмосферы на всей территории Советского Союза свидетельствует о том, что причина этих изменений носит не локальный, а общий характер. Наблюдающиеся колебания прозрачности атмосферы обусловлены влиянием как естественных, так и антропогенных факторов. Вопрос о том, какие из этих факторов, естественные или антропогенные, оказывают наибольшее влияние на изменение прозрачности атмосферы в последние десятилетия остается открытым и требует дальнейших исследований.

НОВОСТИ НАУКИ



Климатология

Прошлое и будущее Антарктического оледенения

С. М. Мягков (проблемная лаборатория снежных лавин и селей географического факультета МГУ) дополняет существующие представления о взаимодействии климата и оледенения Антарктиды. По его мнению, фактические данные надежно свидетельствуют, что нынешнее покровное оледенение возникло около 25 млн лет назад, на рубеже палеогена и неогена. Оно было вызвано, прежде всего, установившейся в условиях полярного положения Антарктиды замкнутой циркумполярной системой океанических и атмосферных течений и мелководными морскими трансгрессиями, которые, в свою очередь, были обусловлены изменением рельефа под действием тектонических сил.

Антарктическое оледенение состоит из ледяного континентального покрова и простилающих его шельфовых ледников общей площадью около 15 млн км², а также морских льдов, имеющих среднюю го-

довую площадь около 10 млн км². Появление столь обширного оледенения само по себе привело к снижению средней годовой температуры в Антарктиде примерно на 40°C, во внеарктических районах — на 6—7°C, а в глубинах океана — на 10°C. Вокруг полярного оледенения создалась стабильная система океанической и атмосферной циркуляции, что определяет устойчивость его существования во времени.

Антарктическое оледенение в целом может исчезнуть, если материк потеряет свое полярное положение, на что, однако, потребуются многие миллионы лет. Вместе с тем возможно частичное разрушение континентального ледового покрова в сравнительно недалеком будущем, что привело бы к заметному поднятию уровня Мирового океана. Пока нет реальных оснований предполагать обусловленную естественными процессами нестабильность каких-либо участков антарктического покрова, однако следует обратить пристальное внимание на возможность разрушения, например, западно-антарктической части покрова вследствие техногенного увели-

чения содержания CO₂ в атмосфере и связанного с этим потепления климата. По некоторым данным, существующий и прогнозируемый расход топлива может привести к удвоению концентрации CO₂ в атмосфере уже через 50 лет¹. Это повысит температуру в Антарктике не менее чем на 5°C и может вызвать исчезновение шельфовых ледников Росса и Фильхнер-Ронне, а затем и всей западно-антарктической части оледенения; в результате уровень Мирового океана поднимется примерно на 5 м.

По расчетам Мягкова, указанное потепление возможно, однако остается не вполне ясным, повлечет ли оно за собой частичное или полное разрушение западноантарктического покрова и сколь быстрым может оказаться этот процесс. «Вестник Московского университета. Серия, география», 1979, № 3, с. 11—19.

¹ См., например: Mercer J. West Antarctic ice sheet and CO₂ greenhouse effect: a threat of disaster. — «Nature», 1978, v. 271, № 5643.

Борис Васильевич Кукаркин и московская школа звездной астрономии

П. Г. Куликовский,

доктор физико-математических наук

Н. Н. Самусь,

кандидат физико-математических наук

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга при МГУ

Писать о Борисе Васильевиче Кукаркине — одном из крупнейших советских астрономов, профессоре Московского университета — и легко, и трудно. Легко потому, что он был большим ученым, интереснейшей, многогранной личностью и его насыщенная событиями жизнь дает огромный материал для биографов. Но по этим же причинам и трудно: вышедший из-под пера портрет ученого неизбежно грешит неполнотой.

Б. В. Кукаркин родился 30 октября 1909 г. в Нижнем Новгороде (Горьком), где его отец преподавал русскую словесность в одной из городских гимназий. Мальчику не было 10 лет, когда умерла его мать. Его старшая сестра А. В. Свободова вспоминает, что Боря «с детских лет был во власти звездного неба... и пронес любовь к звездам через всю жизнь... А еще страстью Бори с ранних лет стала музыка. Бабушка (со стороны матери) была одной из лучших и любимых учениц А. И. Рубинштейна. Играла на рояле она просто изумительно, ...и чем бы Боря ни занимался, читал ли, рисовал ли небо со звездами, при звуках бабушкиной игры 5-летний мальчик замирал, как зачарованный, и слушал, слушал до последнего аккорда. Любовь к музыке, глубокое понимание серьезных музыкальных произведений он пронес через всю свою жизнь...»¹.

Детство Бориса Васильевича пришлось на бурное и славное время в истории

нашей страны. В годы революции и гражданской войны семья Кукаркиных живет на Украине, в Нежине (куда они переехали в 1913 г.); мальчику довелось много увидеть, пережить — потерю бабушки, матери, тяжелую болезнь старшей сестры. «Никогда не забыть, как сидя у моей постели, — вспоминает Свободова, — он говорил: «Ты так любишь музыку, а стихи — это ведь тоже музыка», и прибавлял: «Звезды тоже музыка, но тебе с постели звезд не видно, поэтому я тебе стихи почитаю». И он читал на память Пушкина, Лермонтова, Плещеева, Майкова, на украинском языке Шевченко. У него была блестящая память, и читал он очень выразительно. Ему было тогда 10 лет». В июле 1922 г. Свободова решила перевести Бориса и младшую сестру из Нежина в Нижний Новгород к сестре матери; здесь у Бори началась, наконец, нормальная жизнь; он поступил в 6-й класс школы, где на него сразу обратили внимание преподаватели математики и физики. Появились книги по астрономии, была куплена подзорная труба, начались наблюдения. А летом он сам смастерил подзорную трубу гораздо больше той, которая у него была.

Среди молодых энтузиастов, пришедших после Октября в астрономию, был и Кукаркин. Окончив в Нижнем Новгороде Опытную-показательную школу № 1 (в здании сейчас находится Педагогический институт), он занялся самообразованием в области астрономии, математики и физики. Уже в восемнадцатилетнем возрасте Кукаркин становится заведующим обсерваторией Нижегородского общества любии-

¹ Из семейного архива Кукаркиных.



Б. В. Куаркин [30.X.1909 — 15.IX.1977] за работой в своем кабинете в Государственном астрономическом институте им. П. К. Штернберга.

телей физики и астрономии. И хотя Борис Васильевич, в сущности, тогда был астрономом-любителем, его уже знали как активного наблюдателя переменных звезд. В 1931 г. Кукаркина приглашают в Ташкентскую обсерваторию — с этого времени начинается его работа в профессиональных астрономических учреждениях. За 13 месяцев пребывания в Ташкенте Кукаркин опубликовал 20 научных статей.

Выбор Кукаркиным для своих научных исследований переменных звезд, которые благодаря изменениям блеска легко могут быть выделены из остального звездного мира, оказался очень удачным. Ведь не надо забывать, что инструментальная

база советской астрономии тех лет была еще весьма скромной; телескопов, тем более крупных, было мало, и следовало найти такую область наблюдательной астрономии, в которой имеющееся оборудование позволило бы выполнять исследования на высоком научном уровне, не отставая от Запада, а, может быть, и опережая его. Переменные звезды в этих условиях были, по-видимому, идеальными объектами исследования: изменение их блеска можно обнаруживать и изучать с помощью небольших телескопов, без сложной светоприемной аппаратуры. Более того, пришедшая в науку плеяда молодых советских астрономов, исследователей переменных звезд — М. С. Зверев, Д. Я. Мартынов, Б. В. Кукаркин, П. П. Паренаго, Н. Ф. Флоря, В. П. Цесевич и др. — сумели выступить с передовыми идеями о связи звездной переменности с эволюцией и строением звездных систем, развить эти идеи и на их основе создать прогрессивную советскую школу исследований звездной нестационарности.

Кукаркин был в числе организаторов 1-й Всесоюзной конференции исследователей переменных звезд, состоявшейся в 1931 г., и созданного на этой конференции Центра по исследованию переменных звезд, ученым секретарем которого он бессменно оставался в течение 25 лет. В 1956 г. он стал председателем Комиссии по переменным звездам Астрономического совета АН СССР, в которую превратился упомянутый центр.

После переезда в 1932 г. в Москву, Кукаркин связал свою жизнь неразрывно с Московским университетом, где с 1938 г. он начал читать спецкурс «Переменные звезды», а также с Государственным астрономическим институтом им. П. К. Штернберга (ГАИШ) при МГУ, где он был старшим научным сотрудником, заведующим отделом, заместителем директора по научной части, а в 1952—1956 гг. — его директором.

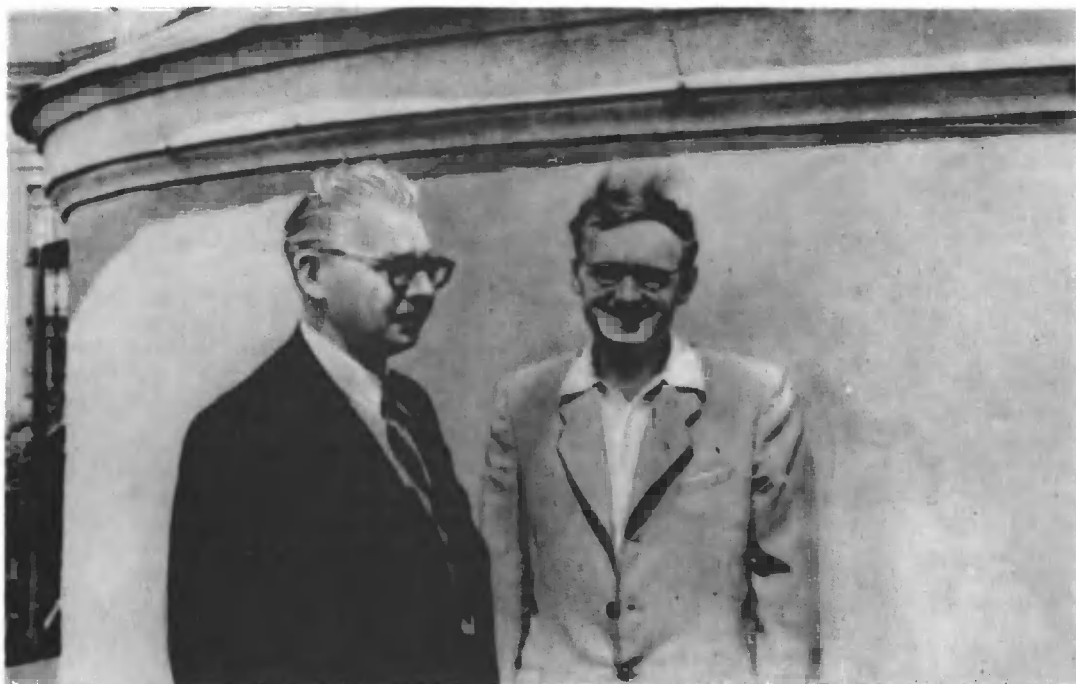
Важную роль в творческом развитии Кукаркина (а можно сказать, и в развитии всей советской школы звездной астрономии) сыграло знакомство Кукаркина в 1926 г., а затем многолетнее плодотворное сотрудничество с замечательным советским астрономом Павлом Петровичем Паренаго — большим специалистом в области изучения переменных звезд, кинематики и динамики Галактики, основателем кафедры звездной астрономии Московского университета. Общность научных интересов и убеждений прочно связывала этих двух очень разных по характеру людей — порывистого, увлекающегося Кукаркина и спокойного, уравновешенного Паренаго, — а их совместная плодотворная деятельность создала предпосылки бурного развития звездной астрономии в МГУ. «Нас сблизил общий подход к познанию», — говорил Кукаркин. Совместно Кукаркиным и Паренаго написано много фундаментальных работ. В 1960 г., после смерти Паренаго, Кукаркин стал его преемником на посту заведующего кафедрой звездной астрономии (объединенной впоследствии с кафедрой астрометрии) и оставался на этом посту до конца своих дней.

Среди довоенных совместных работ Кукаркина и Паренаго по изучению переменных звезд следует отметить открытую ими в 1934 г. статистическую зависимость между амплитудой вспышки и продолжительностью цикла между вспышками для переменных типа U Близнецов, распространение затем этой зависимости на повторные Новые звезды, и как следствие этого —

блестящее предсказание повторной вспышки Новой звезды Т Северной Короны.

В годы Великой Отечественной войны Кукаркин находился в рядах Красной Армии: сначала в авиационной школе в г. Алатайе, в 1943 г. в Высшей школе штурманов ВВС в г. Корши (Узбекская ССР), а с конца 1943 г. до середины 1944 г. — в штурманском отделе штаба авиации дальнего действия в Москве. Он часто вспоминал это время, свою работу по подготовке авиационных штурманов, которым он преподавал топографию, астронавигацию, математику, и свое участие в разведывательных полетах. Он успевал заниматься также организацией армейской самодеятельности, заново проштудировал основные философские работы классиков марксизма-ленинизма (Б. В. Кукаркин вступил в КПСС в годы войны). Широкая философская эрудиция позволила ему стать признанным авторитетом в области методологии науки; он успешно использовал свои знания в 1949—1961 гг. на посту заведующего редакцией астрономии и геофизики второго издания Большой советской энциклопедии, а также в послевоенные годы для подготовки Курса истории астрономии для студентов МГУ.

Очень плодотворными оказались военные годы и для астрономической деятельности Кукаркина. Во время войны он не терял связи с институтом, часто писал письма, старался на расстоянии руководить наблюдательной и организационной работой по переменным звездам. Во время служебных командировок и после перевода в Москву Кукаркин часто посещал ГАИШ и даже провел заседание Комиссии Астросовета АН СССР по изучению переменных звезд. В эти же годы он много размышлял о роли переменных звезд в эволюции Галактики, и, наконец, у него в законченной форме сложились представления о множественности «населений» Галактики, о связи каждого типа переменных звезд с определенным типом галактического населения. Кукаркин выдвигает концепцию, согласно которой наша Галактика, как и многие другие галактики, состоит из множества взаимопроникающих звездных населений, характеризующихся разным возрастом, химическим составом, разной степенью концентрации к плоскости симметрии и к центру звездной системы. Это — последовательно нарождавшиеся поколения звезд внутри звездной системы. Об этих результатах Борис Васильевич в 1943 — начале 1944 г. делает доклады



П. П. Паренго (слева) и Б. В. Кукаркин у башни большого астрографа обсерватории ГАИШ на Красной Пресне в Москве. Фотография 50-х годов.

в Астрономическом совете АН СССР и в ГАИШ.

В начале 1945 г. журнал «Observatory» (Великобритания) опубликовал письмо Кукаркина, написанное им своим британским коллегам. В нем рассказывалось о деятельности советских астрономов, которые, участвуя в защите Отечества, в то же время продолжали активно развивать свою науку. В письме содержалось также воззвание ко всем астрономам не пострадавшим от гитлеровского нашествия территорий продолжать свою научную деятельность, особенно астрономические наблюдения, ибо многие явления (такие, например, как звездная нестационарность) требуют именно непрерывных наблюдений. В подписи Кукаркина под этим письмом, помимо обычных для таких публикаций научных титулов, еще стояло — «капитан авиации».

Представление о множественности звездных населений легло в основу докторской диссертации Б. В. Кукаркина, успешно

защищенной им в 1947 г., и его известной монографии «Исследование строения и развития звездных систем на основе изучения переменных звезд» (1949). Система взглядов и, что особенно важно, подробно обоснованная Кукаркиным постановка перед исследователями ряда конкретных задач оказали влияние на все последующее развитие звездной астрономии и науки о переменных звездах.

Концепция множественности звездных населений окрепла в дружеских, но ожесточенных спорах Кукаркина с известным американским астрономом Вальтером Бааде, в частности, во время их первой встречи в Риме в 1952 г. на VIII съезде Международного астрономического союза. Бааде был автором идеи о двух типах звездных населений, выдвинутой после его классических работ по разрешению на отдельные звезды ядра галактики Андромеды (Большой Туманности Андромеды) и ядер нескольких самых близких к нам галактик. Бааде относил свои два типа населения к двум эпохам усиленного звездообразования в Галактике, тогда как Кукаркин утверждал, что процесс звездообразования в Галактике происходит непрерывно, иногда в ускоренном, а иногда в замедленном темпе. Любопытно отметить, что когда в 1957 г. в Ватикане происходил симпозиум, посвященный пробле-

ме звездных населений, Бааде под давлением большого числа новых фактов был вынужден признать существование по крайней мере пяти типов звездного населения.

В том же 1957 г. в Стокгольме, на совещании, посвященном координации исследований Галактики, Бааде сказал Кукаркину, что в споре о множественности звездных населений, по-видимому, победителем оказался Кукаркин. Нужно сказать, что Кукаркин с большим уважением относился к Бааде, к этому превосходному наблюдателю, непревзойденному по своему техническому мастерству. Как вспоминал Кукаркин, в Риме они говорили не только о звездных населении и эволюции, но беседовали на чисто философские темы. Бааде изложил Кукаркину свое кредо, в котором учитывались критерий практики, содружество теории и практики, взаимодействие живого созерцания и абстрактного мышления. «Знаете ли. Вы,— спросил его Кукаркин,— что Вы, фактически, изложили основные положения теории познания диалектического материализма?!» На что Бааде с улыбкой ответил: «Ну, значит, я — диалектический материалист». Вообще, личные знакомства, встречи и обширная научная переписка Бориса Васильевича с выдающимися деятелями зарубежной науки во многом способствовали созданию высокого авторитета советской астрономии на мировой арене.

Одним из важнейших направлений послевоенной деятельности Кукаркина была работа над составлением «Общего каталога переменных звезд». До войны такой каталог с 1926 г. составлялся и издавался в Германии сначала Р. Прагером, а затем Х. Шнеллером. После окончания войны перед Международным астрономическим союзом встала задача найти коллектив, способный принять на себя этот огромный труд, без которого оказалось бы невозможным ориентироваться в звездном мире: многие тысячи звезд меняют свой блеск, и необходимо найти такие переменные звезды на небе, не спутать их с постоянными звездами (которые можно использовать как стандарты блеска), подобрать переменные для исследований. Выбор Международного астрономического союза, поручившего работу над этим каталогом московским астрономам, был удачен. Благодаря обширному каталогу переменных звезд, составленному на отдельных карточках и систематически пополнявшемуся Паренаго, Кукаркиным и их коллегами из ГАИШ и Астросовета, удалось к 1948 г. подготовить его первое издание.

В 1948 г. в Цюрихе проходил съезд Международного астрономического союза, и перед его началом, до приезда советской делегации, заключались пари, «привезут ли русские каталог». Каталог был привезен, а скептики — посрамлены.

В 1958 г. вышло второе, двухтомное издание каталога. Оба издания готовились под руководством Паренаго и Кукаркина. Третье, трехтомное издание, появилось в 1969—1971 гг., уже после смерти Паренаго. Его подготовкой руководили Кукаркин и сотрудник ГАИШ П. Н. Холопов (ныне доктор физико-математических наук, заведующий отделом изучения Галактики и переменных звезд ГАИШ). О возросших масштабах этой работы говорит то, что третье издание включало 20 437 звезд (в то время как в первом издании было 10 930 звезд). При этом необходимо помнить, что работа по созданию каталога далеко не сводится к «выуживанию» информации из литературы. Зачастую, чтобы дать в каталоге всего лишь строчку, содержащую информацию об одной переменной звезде (ее периоде, пределах изменения блеска и т. п.), надо затратить много усилий на новую обработку всех опубликованных наблюдений. Результаты подобной обработки нередко публикуются в виде отдельных статей; авторы же «Общего каталога переменных звезд» дают всего лишь строчку с пометкой «0001» в столбце «Литература»².

Помимо «Общего каталога», под руководством и при участии Кукаркина были изданы два каталога звезд, заподозренных в переменности блеска, и множество регулярно издаваемых дополнений к «Общему каталогу переменных звезд».

В последние годы жизни Кукаркиным и его сотрудниками была начата работа по составлению «Нового каталога звезд, заподозренных в переменности блеска» и четвертого, многотомного издания «Общего каталога». Сейчас первый из них практически готов к печати; работу над «Общим каталогом» продолжают ученики Кукаркина.

Помимо переменных звезд, Кукаркин активно занимался исследованием ша-

² В этом столбце даны четырехзначные номера, соответствующие номерам в списке литературы, помещенном в начале каталога. Новые результаты, полученные авторами каталога, обозначаются «0001».



Б. В. Кукаркин (в первом ряду второй справа) среди делегатов Международного астрономического съезда. Москва, 1958 г.

ровых звездных скоплений. Изучение этих объектов представляет большой интерес для понимания происхождения и ранних этапов эволюции Галактики, путей эволюции звезд малой массы (порядка массы нашего Солнца), так как такие звезды составляют большинство населения нашей Галактики, в отличие от звезд массивных, которые Кукаркин, может быть, несколько увлекаясь, называл «уродами», исключением из правил. Начало этому направлению исследований Кукаркин положил еще до войны, но первая капитальная работа «Система шаровых скоплений», написанная Кукаркиным совместно с Паренаго и погибшим в первый же год войны Н. Ф. Флорей, талантливым исследователем переменных звезд, увидела свет с большим опозданием, лишь в 1949 г. (Эта работа в значительной степени предвещает будущие важные труды Кукаркина по шаровым скоплениям.) Для всего массива шаровых скоплений Галактики ими были построены

однородные системы важнейших характеристик этих объектов (интегральных звездных величин, расстояний, диаметров, величины межзвездного поглощения света), изучено распределение шаровых скоплений в зависимости от их абсолютной интегральной величины, пространственное распределение скоплений в Галактике, обнаружена важная зависимость между классом концентрации скопления (т. е. параметром, характеризующим степень концентрации звезд к центру скопления) и его интегральной величиной (суммарной светимостью звезд скопления).

Отметим некоторые наиболее интересные результаты в области изучения шаровых скоплений, полученные Кукаркиным. Он одним из первых обратил внимание, что встречающиеся в шаровых скоплениях долгопериодические цефеиды³ отличаются от «классических» цефеид и сходны с «аномальными» цефеидами типа W Девы, находящимися вне скоплений (или, как еще говорят, в галактическом поле). Действительно, по современным представлениям, «классические» цефеиды —

³ Цефеиды — пульсирующие переменные звезды, похожие на звезду δ Цефея, переменность которой была обнаружена еще в XVIII в.

это массивные, относительно молодые звезды, в то время как звезды типа W Девы, находящиеся в галактическом поле, и долгопериодические цефеиды шаровых скоплений — маломассивные, старые звезды. Кукаркин совместно со своим учеником А. В. Мироновым подробно изучил вопрос о том, как часто встречаются тесные двойные звезды в шаровых и старых расчленившихся скоплениях (в последнее время актуальность подобных исследований еще более возросла в связи с открытием в нескольких шаровых скоплениях источников рентгеновского излучения).

В результате исследований шаровых скоплений, проведенных в послевоенные годы в нашей стране и за рубежом, установлено большое разнообразие характеристик этих объектов. Имевшиеся в литературе списки шаровых скоплений с их основными параметрами были основаны на наблюдениях, проведенных в разных условиях, и потому отличающихся систематическими ошибками. Опыт работы над «Общим каталогом переменных звезд» подсказывал Кукаркину, что имеющийся материал наблюдений нуждается в творческой переработке. Кукаркин потратил много сил на приведение характеристик шаровых скоплений к однородной системе. Ряд лет ушел на составление картотеки характеристик всех известных шаровых скоплений. Кукаркин никогда не отказывал другим в возможности ознакомиться с его картотекой и использовать ее данные в работе, хотя основанный на картотеке каталог еще не был опубликован. Кукаркин быстро понял огромные возможности ЭВМ; в сложной и большой по объему работе по редукциям характеристик шаровых скоплений (т. е. приведению их к единой системе) он всегда использовал эти возможности. В результате многолетней работы им была написана монография «Шаровые звездные скопления» (1974), содержащая наиболее полный и однородный каталог шаровых скоплений нашей Галактики. На основе сначала карточного каталога, а затем книги «Шаровые звездные скопления», коллективом московских исследователей шаровых скоплений, сплотившихся вокруг Кукаркина, был выполнен большой цикл работ.

Последние три года жизни Кукаркин работал над вторым изданием каталога шаровых скоплений; сейчас эту работу продолжают его ученики. Борис Васильевич воспитал немало талантливых астрономов. Его педагогический дар проявлялся в стремлении к максимальному развитию

самостоятельности учеников, поощрении их оригинальных взглядов (пусть даже расходящихся со взглядами учителя), ориентации на самые новые, прогрессивные методы и идеи в астрономии.

Большой энтузиазм вызвало у Бориса Васильевича создание в нашей стране крупнейшего в мире шестиметрового телескопа. Кукаркин был у истока двух первых программ исследования шаровых скоплений с помощью этого телескопа: программы комплексного исследования центральных областей шаровых скоплений (предложенной совместно ГАИШ и Пулковской обсерваторией) и программы фотометрии слабых звезд в шаровых скоплениях. К сожалению, здоровье уже не позволяло Борису Васильевичу, всю жизнь активно участвовавшему в наблюдениях, самому выехать на Кавказ и принять участие в наблюдениях на шестиметровом телескопе.

Много сил отдал Борис Васильевич укреплению международного сотрудничества астрономов. Он неоднократно занимал ответственные посты в международных организациях, шесть лет был президентом Комиссии 27 (Переменные звезды) Международного астрономического союза (МАС), а в 1955—1961 гг. — вице-президентом. Кукаркин был активным участником подготовки и проведения многих международных астрономических съездов и симпозиумов. География его научной переписки исключительно обширна, она охватывает, по существу, все страны, где только занимаются астрономией. Кукаркин очень помог становлению и развитию астрономии в братских социалистических странах, во многих из них сейчас работают и возглавляют астрономические учреждения его ученики.

Важным направлением деятельности Кукаркина была его работа в составе редколлегий научных и научно-популярных журналов. Особую роль в развитии исследований переменных звезд в нашей стране сыграл основанный Кукаркиным еще в 1928 г. журнал «Переменные звезды» — первый в мире и долгое время единственный специальный журнал, посвященный этой проблематике. (Основателю журнала шел тогда девятнадцатый год.) Вначале это был информационный и научно-исследовательский бюллетень на четырех маленьких страницах, сдававшийся в типографию написанным от руки самим редактором печатным шрифтом (за неимением пишущей машинки). Ныне это солидное издание АН СССР объемом до 200 страниц; в нем публикуются статьи

Б. В. Кукаркин демонстрирует фотографию искусственной кометы. Справа — академик Л. И. Седов. Москва, 1959 г.



советских и зарубежных авторов. Бесменно находясь на посту главного редактора бюллетеня «Переменные звезды», Кукаркин возглавлял также редколлегию «Астрономического циркуляра», входил в редколлегию «Астрономического журнала» — основного советского периодического издания по астрономии. В 1949—1961 гг. Кукаркин заведовал редакцией отдела астрономии Большой советской энциклопедии, после чего оставался членом ее научного совета. В течение 26 лет Борис Васильевич был активным членом редколлегии журнала «Природа», во многом способствуя высокому уровню астрономического раздела журнала.

Кукаркин был настоящим ученым-коммунистом, требовательным к себе и к коллегам, но всегда доброжелательным и готовым прийти на помощь, нетерпимым к научной недобросовестности и небрежности в работе. Ему была свойственна активная жизненная позиция, ни одна важная проблема в жизни университета, факультета, ГАИШ не проходила мимо его внимания. Вспоминаются последние дни Бориса Васильевича: 14 сентября 1977 г.

он выступал на собрании партийной группы, потом потратил немало времени на улаживание дел студента, неожиданно оставшегося без жилья. 15 сентября смерть настигла его, когда он спешил на заседание Ученого совета ГАИШ, на котором он также собирался выступить...

Трудно представить себе, что при такой насыщенной работой жизни Борису Васильевичу удавалось выкроить время на то, что сейчас называют хобби. Тем не менее спектр увлечений Кукаркина был поразительно широк. Он очень любил музыку, театр, пробовал свои силы в художественной прозе (им были написаны две повести — о своем детстве и о музыкальных увлечениях), очень много читал, собрал превосходную библиотеку художественной литературы (помимо научной), состоящую более чем из 3000 книг, занимался киносъемкой в домашней киностудии «Кукар-кино», любил собирать грибы и коллекционировал марки.

Вот таким, энергичным, активным, доброжелательным, подлинным оптимистом и в науке, и в жизни остался в нашей памяти Борис Васильевич Кукаркин.

Астрономия

Исследования источника SS433

С. А. Гладышев (Высокогорная среднеазиатская экспедиция ГАИШ при МГУ) с помощью фотометра собственной конструкции провел фотозатемненные наблюдения в видимой и ближней инфракрасной области спектра. Он обнаружил характерные изменения формы кривой блеска удивительного объекта, известного астрофизикам как источник SS433. Этот переменный звездообразный объект, излучающий также в радио- и рентгеновском диапазоне, приковал сейчас к себе внимание всех астрономов мира: впервые в нашей Галактике обнаружена звездная система, в которой потоки газа движутся с субсветовыми скоростями. Изменение лучевых скоростей движения газа в системе, а также изменение ее оптического блеска происходят с периодами в 162 и 13 дней. Наблюдения Гладышева показали, что форма кривой блеска с 13-дневным периодом зависит от фазы 162-дневного периода. Это позволило группе астрофизиков из ИКИ АН СССР разработать модель источника SS433 в виде двойной звездной системы, в которую входят нормальная горячая звезда раннего спектрального класса и нейтронная звезда, выбрасывающая из окружающего ее аккреционного диска две газовые струи со скоростью $\sim 1/3$ с. Орбитальное движение звезд в системе происходит с периодом 13 дней, а изменение ориентации газовых струй, связанное, по-видимому, с прецессией аккреционного диска, — с периодом 162 дня.

С изменением ориентации струй наступают моменты, когда земной наблюдатель видит, как часть газовой струи из



Фотография источника SS433 (указан стрелкой).

диска попадает на оптическую звезду, прогревает ее поверхность и вызывает временное увеличение блеска всей системы. Наблюдения Гладышева указывают также на существование у источника SS433 оптических вспышек продолжительностью в несколько часов, которые пока не получили теоретического объяснения.

«Международный астрономический циркуляр», 1979, № 1086, с. 1—8.

Астрономия

Оптические исследования рентгеновских объектов

В течение последних лет В. М. Лютый и С. Ю. Шугаров (Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга при МГУ) проводят фотографические и фотозатемненные наблюдения оптических объектов, связанных с рентгеновскими источниками в нашей Галактике. Недавно, наблюдая переменную звезду V 1333 в созвездии Орла, связанную с рентгеновским источником Орел X-1, они обнаружили, что блеск этой звезды изменяется с периодом 1,3 дня. Поскольку такая

же периодичность найдена и у рентгеновского источника, его связь с данной звездой окончательно доказана. По-видимому, периодические изменения блеска связаны с орбитальным движением рентгеновского источника вокруг нормальной звезды, расстояние которой от Солнца оценивается в 10 клс.

Одновременно с изменением оптической яркости изменяется и цвет звезды: она становится краснее по мере ослабления блеска. А поток УФ-излучения от нее уменьшается с некоторым запаздыванием относительно общего падения блеска. Интересно, что такая же особенность в изменении цвета обнаружена и у другой звезды, исследованной Лютым и Шугаровым: у рентгеновской и оптической Новой, вспыхнувшей в августе 1975 г. в созвездии Единорога. После того как блеск звезды вернулся к нормальному состоянию, исследователи обнаружили у нее периодические изменения яркости, имеющие вид несимметричной двугорбой кривой и происходящие с периодом 6,36 дня¹. Изменение блеска вызвано тем, что нормальная звезда, входящая в состав этой двойной системы, имеет не шарообразную форму, а вытянута наподобие груши из-за приливного воздействия со стороны близкого компактного и невидимого в оптических лучах компонента, который и является рентгеновским источником. Вращение звезды приводит к тому, что земной наблюдатель видит ее то с бока, то с торца, соответственно изменяется и

¹ Такой тип переменности оптического блеска двойной системы, включающей рентгеновский источник, был впервые открыт и объяснен В. М. Лютым, А. М. Черепашуком и Р. А. Сюняевым.

поток фотонов от звезды в сторону Земли.

Фотоэлектрические наблюдения оптических объектов, связанных с рентгеновскими источниками, проводятся также в высокогорной Среднеазиатской экспедиции ГАИШ на г. Майданак (высота 2600 м) в условиях наилучшего в нашей стране астроклимата. В. Г. Корнилов, наблюдая известный объект Лебедь X-1 в тот момент, когда рентгеновский источник в нем, с точки зрения земного наблюдателя, находился перед оптической звездой, обнаружил дополнительное ослабление блеска звезды. Это подтвердило результат группы таджикских астрофизиков под руководством В. С. Шевченко, впервые обнаруживших затмения оптической звезды в этой системе аккреционным газовым диском, вращающимся вокруг рентгеновского источника (который, по мнению большинства астрофизиков, является черной дырой).

Изучая переменность оптического блеска другой двойной звездной системы с рентгеновским источником — АМ Геркулеса, — Корнилов обнаружил быстрые флуктуации ее блеска с характерным временем ~ 2 с. В этой звездной системе одна звезда — нормальный красный карлик, а вторая — белый карлик, обладающий магнитным полем огромной напряженности — $2 \cdot 10^8$ Гс на поверхности звезды. Значительная доля оптического излучения всей системы возникает при попадании на поверхность белого карлика горячего газа, потерянного красным карликом.

«Письма в АЖ», 1979, № 7, с. 332; № 8, с. 383; № 9, с. 456.

Физика

Совместная самофокусировка атомного и светового пучков

Ю. Л. Климонтович и С. Н. Лузгин (кафедра общей физики и волновых процессов

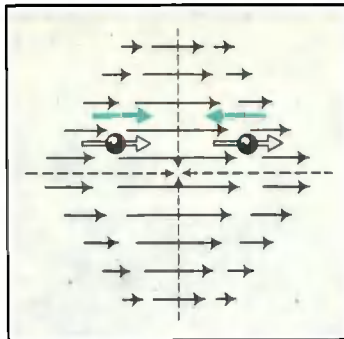


Схема действия механизма обжатия атомного пучка световым полем. Кружки — активные атомы, черные стрелки — векторы электрического поля, контурные стрелки — индуцированные дипольные моменты, цветные стрелки — силы, стягивающие атомные диполи в направлении градиента светового поля (показан пунктиром). Хотя процесс носит динамический характер, здесь дана статическая картина для определенного момента времени.

физического факультета МГУ) указали на возможность получения одновременной самофокусировки атомного пучка и соосного с ним лазерного луча. Эффект обжатия (фокусировки) одного атомного пучка с помощью поперечно неоднородного резонансного светового поля, соосного с пучком лазерного луча, был предсказан еще в 1962 г. Г. А. Аскарьяном¹. Согласно расчетам, знак эффекта зависит от разности между частотой атомного перехода в пучке и частотой лазерного излучения: когда эта разность положительна, происходит фокусировка пучка; если же разность отрицательна, пучок дефокусируется за счет выталкивания атомов из области, занятой полем. Экспериментально обжатие атомного пучка лазерным лучом наблюдалось в 1978 г.²

Физика явления, теоре-

тически предсказанного Аскарьяном, заключается в следующем. Когда частота лазерного излучения близка к частоте выделенного атомного перехода, в атомах пучка наводится переменный электрический дипольный момент. Поскольку световое поле лазерного луча поперечно, индуцированные атомные диполи ориентируются перпендикулярно оси пучка и под действием поперечно неоднородного электрического светового поля либо вытягиваются в область, занятую этим полем, либо выталкиваются за его пределы. Поскольку градиент поля луча лазера направлен обычно к его оси, направления фокусирующей дипольной силы зависит от взаимной ориентации вектора электрической напряженности световой волны и вектора атомного диполя. Как известно, вынужденные колебания осциллятора происходят в фазе с вынуждающей силой, если частота последней меньше собственной частоты осциллятора. Таким образом, когда частота лазерного излучения меньше частоты атомного перехода, индуцированные переменные диполи ориентированы вдоль вектора электрической напряженности лазерного поля. Именно при таком направлении диполей и происходит их вытягивание в область, занятую световым полем; при обратном соотношении частот на диполи действует выталкивающая сила. Эффект самофокусировки отсутствует, если поперечная скорость атомов пучка достаточно велика, чтобы преодолеть фокусирующее действие дипольной силы.

Как показали Климонтович и Лузгин, увеличение плотности атомов вблизи оси пучка может сопровождаться радикальным сжатием и самого лазерного луча. Это происходит в результате соответствующего роста в приосевой области пучка показателя преломления. Когда его величина достигает такого значения, что на внутренней границе пучка лазерный луч начинает претерпевать полное внутреннее отражение, атомный пучок превращается в световод. Лазерный луч оказывается захваченным внутри него, и его диаметр

¹ Аскарьян Г. А. «ЖЭТФ», 1962, т. 42, с. 1567.

² Bjorkholm J. E., Fræeman R. R., Ashkin A., Pearson D. «Phys. Rev. Lett.», 1978, v. 41, p. 1361.

может уменьшаться по мере сжатия атомного пучка, т. е. наблюдается эффект самоканалирования лазерного луча.

По оценкам, самоканалирование света для пучка атомов натрия возможно при световой мощности 600 мВт и погонной плотности пучка $\sim 6 \cdot 10^8$ см $^{-1}$ (площадь поперечного сечения пучка равна 10^{-4} см 2 ; расстройка $\sim 10^{11}$ с $^{-1}$). В этом случае атомы натрия захватываются лазерным лучом, если их поперечная скорость меньше 290 см/с при продольной скорости пучка $\sim 7 \cdot 10^4$ см/с.

«Письма в ЖЭТФ», 1979, т. 30, № 10, с. 645.

Физика

Плазма оптического разряда в конденсированной среде

До сих пор распространение плазменных разрядов наблюдалось лишь в газах. Однако это явление интересно исследовать в конденсированных средах, так как в них плотная плазма разряда практически не испытывает газодинамического расширения. Но здесь возникает другая трудность: в твердых диэлектриках вокруг области разряда образуется зона хрупкого разрушения.

Н. Е. Каску, В. В. Радченко, Г. М. Федорову и Д. Б. Чопорняку (НИИ ядерной физики МГУ) впервые удалось наблюдать волну поглощения лазерного излучения в плазме оптического разряда и исследовать параметры этого разряда при действии на стекла. С помощью линзы лазерное излучение фокусировалось в стеклянном образце. Разряд возник в фокальной области, в расплавленном лазерным излучением материале стекла. Волна поглощения распространялась в жидком стекле и не соприкасалась с твердой поверхностью. В результате в стекле не возникли большие градиенты температуры и не происходило хрупкого разрушения до тех пор, пока гидростатическое давление в плазме и жидком стекле не достигло предельного значения,



Фотография плазмы через 200 мкс после возникновения оптического разряда; стрелка указывает направление лазерного излучения.

равного $0,1E$, где $E = 5 \cdot 10^3$ атм — модуль Юнга. К этому моменту разряд занимал область размерами ~ 1 мм.

Волна поглощения распространялась навстречу лазерному лучу со скоростью ~ 10 м/с (при интенсивности лазерного излучения 10 МВт/см 2). Такая величина скорости свидетельствует о том, что передача тепла от плазмы к окружающим ее слоям осуществлялась за счет теплопроводности. Лазерное излучение поглощалось в тонком (менее 10 мкм) слое плазмы. Геометрия поглощающего слоя, близкая к конусной, объясняет появление струи плазмы в направлении лазерного луча как результат действия кумулятивных сил.

Если действие лазерного излучения прекращается до того, как давление достигает предельного значения, т. е. до возникновения хрупкого разрушения твердого стекла, то разрушение плазмы определяется процессами теплопроводности и ее время жизни составляет несколько десятков миллисекунд. Излучение соответствует излучению черного тела с температурой $\sim 0,5$ эВ, а ее плотность близка к плотности конденсированной среды $\sim 10^{22}$ см $^{-3}$.

«Журнал технической физики», 1980, т. 50, № 3, с. 601—607.

Физика

Самарий увеличивает намагниченность редкоземельных металлов

О. С. Галкина, Е. И. Кондорский, Л. В. Лазарева (ка-

федра магнетизма физического факультета МГУ) открыли новый физический эффект — увеличение среднего (т. е. рассчитанного на один атом металла или сплава) магнитного момента атомов гольмия, диспрозия, тербия в сверхчистых металлических образцах, а также в сплаве $\text{Ho}_{0,5} \cdot \text{Dy}_{0,5}$ при их легировании небольшим количеством слабомагнитного самария¹. Впервые наблюдалось сильное влияние малого количества атомов самария с небольшими собственными магнитными моментами на величину среднего магнитного момента, приходящегося на один атом, в редкоземельных металлах, изолированные атомы которых обладают исключительно большими магнитными моментами ($\sim 10 \mu_B$). Обнаруженный эффект качественно отличается от известной зависимости среднего момента, приходящегося на один атом переходных металлов (Fe, Co, Ni)² в их бинарных сплавах, от состава последних.

Магнитные свойства гольмия, диспрозия и тербия различны при различных температурах; так, гольмий — ферромагнетик при $0 \text{ K} < T < 20 \text{ K}$, — антиферромагнетик при $20 \text{ K} < T < 132 \text{ K}$ и парамагнетик при $T > 132 \text{ K}$. Диспрозий является ферромагнетиком при $T < 85 \text{ K}$, проявляет антиферромагнитные свойства в области $85 < T < 178 \text{ K}$ и становится парамагнитным при $T > 178 \text{ K}$. Наконец, тербий — ферромагнетик до 221 K , антиферромагнетик в интервале $221 \text{ K} < T < 229 \text{ K}$ и становится парамагнитным при более высоких температурах.

Рост магнитного момента, приходящегося на один атом матрицы, вызванный добавкой самария, наблюдался во всех трех магнитных состояниях этих элементов. Эффект увеличения намагниченности сохранялся при температурах, значительно превышавших $T_{\text{Кюри}}$ для чистого металла или сплава. Наибольшей величины эффект достигал в гольмий при введении в него ~ 1 ат. % самария. Увеличение

¹ Магнитный момент атома самария равен $\sim 1,5 \mu_B$, где μ_B — магнетон Бора.

² Атомы переходных металлов имеют магнитные моменты $\sim \mu_B$.

магнитного момента, определенное в парамагнитной области, составило $\sim 10,5\%$. Когда количество самария превышало 5 ат.%, эффект исчезал, и при дальнейшем росте концентрации самария величина среднего атомного момента атомов матрицы падала.

Эксперимент выполнялся на цилиндрических поликристаллических образцах с чистотой исходного металла $\sim 99,98\%$. Температура образцов менялась в интервале 4,2 — 400 К. Исследовалась зависимость намагниченности образцов от величины внешнего магнитного поля вплоть до 50 кЭ; по намагниченности в поле 50 кЭ вычислялись магнитные моменты на один атом металла или сплава.

Как считают авторы, эффект обусловлен увеличением поляризации электронов проводимости редкоземельных металлов под действием примесных атомов самария.

«Письма в ЖЭТФ», 1979, т. 30, вып. 11, с. 611.

Физика

Лазер измеряет СВЧ-поля

В. Б. Брагинский и В. В. Колесов (кафедра колебаний физического факультета МГУ) предложили использовать эффект вращения плоскости поляризации (эффект Фарадея) импульса лазерного излучения, бегущего по расположенному в СВЧ-резонаторе волоконному световоду, для измерения слабых переменных магнитных полей СВЧ-диапазона (длина волны ~ 10 см).

Известно, что эффект Фарадея имеет место, когда линейно поляризованная световая волна распространяется вдоль внешнего постоянного магнитного поля. Угол поворота $\Delta\phi$ плоскости поляризации пропорционален константе среды V_B (постоянная Верде), длине пути l , проходимого светом в магнитном поле, и напряженности магнитного поля H . Зная $\Delta\phi$, V_B , l , можно определить величину напряженности H . Однако, если светопровод с бегущим по нему

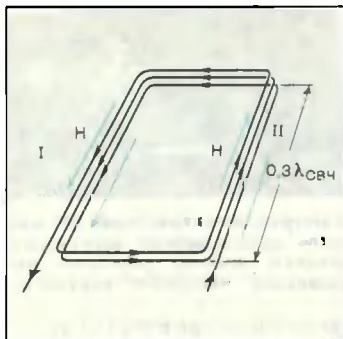


Схема размещения волоконной катушки в СВЧ-резонаторе: I и II — соседние пучности магнитного СВЧ-поля; цветными стрелками показано направление магнитных силовых линий; черные стрелки на световоде — направление распространения лазерного излучения.

световым импульсом просто поместить в переменное магнитное поле СВЧ-излучения, эффекта не будет ввиду переменности знака и малости $\Delta\phi$.

Чтобы получить заметный набег $\Delta\phi$ в переменном поле, предложено пропускать импульс света от лазера длительностью порядка полупериода колебания поля по волоконному световоду длиной ~ 10 км, смотанному в катушку прямоугольной формы. Катушка помещается в СВЧ-резонатор таким образом, чтобы две ее противоположные стороны, каждая длиной $\sim 0,3 \lambda$ (длина СВЧ-волны), находились в соседних пучностях переменного магнитного поля. В каждый момент времени поле в пучностях антипараллельно друг другу и параллельно (или антипараллельно) направлению обхода контура катушки. Размер витков подбирается так, чтобы световой импульс совершал один обход витка за период колебания СВЧ-поля. Максимальный поворот плоскости поляризации лазерного излучения будет в этом случае равен произведению $V_B \cdot H_m \cdot l$, где l — суммарная длина витков в области пучности, H_m — амплитуда напряженности.

Если в СВЧ-резонаторе объемом ~ 1 см³ находится один квант излучения с длиной волны ~ 10 см, напряженность его магнитного поля равна $\sim 10^{-8}$ Э. При использовании силикатного волокна длиной 10 км ($V_B \sim$

$\sim 10^{-5}$ рад/см · Э) угол $\Delta\phi$ должен достигать $\sim 10^{-7}$ рад, что в настоящее время уже доступно измерению; таким образом, метод позволяет считать отдельные кванты.

Возможности метода ограничены, в первую очередь, отсутствием данных о технической стабильности плоскости поляризации сигнала, распространяющегося по световоду. Кроме того, требуется малость разброса относительной длины каждого витка $\Delta l_0/l_0$: должно выполняться соотношение $\Delta l_0/l_0 \leq \lambda/4l \sim 2,5 \cdot 10^{-6}$ для $\lambda \sim 10$ см. При нарушении этого требования неконтролируемый разброс угла поворота будет превышать измеряемое значение $\Delta\phi$.

«Письма в ЖЭТФ», 1979, т. 5, № 17, с. 1057.

Физика

Растяжение превращает полупроводник в металл

При всестороннем сжатии полупроводника, уменьшающем без нарушения симметрии кристаллической решетки межатомные расстояния, происходит обратимый переход полупроводника в полуметалл и металл. Н. Б. Брандт, В. Н. Колосов, В. А. Кульбачинский и Н. Я. Минина (кафедра низких температур физического факультета МГУ) обнаружили, что переход полупроводника $Bi_{0,925}Sb_{0,075}$ в металл происходит и при одноосном растяжении кристалла, причем эффект сопровождается особенностями, связанными с изменением кристаллической симметрии¹.

В эксперименте использовался новый метод, разработанный теми же авторами в 1977 г.²: образцы сурьмянистого

¹ В. Н. Колосов, выпускник МГУ, получил за работу Диплом 1-й степени на 17 Всесоюзном конкурсе студенческих научно-исследовательских работ в 1979 г.

² Брандт Н. Б., Кульбачинский В. А., Минина Н. Я. «Письма в ЖЭТФ», 1977, т. 26, № 3, с. 173.

висмута в форме дисков диаметром 3 мм и толщиной 0,7 мм закреплялись с помощью полимеризованной смолы «Аральдит» в кольцевой обойме из немагнитной стали; вся система подвергалась растяжению при $T=4,2$ К. Применение этого метода позволило впервые осуществить большие упругие деформации монокристаллов сурьмянистого висмута с относительным удлинением до 0,7%.

В одной серии опытов кристаллы растягивались вдоль оси симметрии C_2 , в другой — вдоль C_1 . Когда растягивающее усилие превышало ~ 10 кг, электрическое сопротивление образца резко падало, что свидетельствовало о появлении металлического состояния. Согласно оценкам, концентрация носителей возрастала от $\sim 10^{15}$ см $^{-3}$ до $\sim 2,5 \cdot 10^{16}$ см $^{-3}$. Металлизация полупроводника приводила также к осцилляциям магнитосопротивления образцов (так называемый эффект Шубникова — де Гааза), характерным для вырожденных носителей.

Так как металлизация возникает при перекрытии дна зоны проводимости и потолка валентной зоны, то для выяснения характера этого перекрытия была определена зависимость осцилляций от ориентации внешнего магнитного поля. На образец накладывалось поле напряженностью до 45 кЭ в плоскости, перпендикулярной оси нагрузки; поле вращалось относительно этой плоскости.

Как показали результаты измерений, при растяжении кристалла вдоль оси C_2 происходит опускание одного из минимумов

зоны проводимости (так называемого L-минимума) ниже потолка валентной зоны. (Отметим, что в обычных условиях минимальный зазор между зонами составляет ~ 10 мэВ.) При растяжении вдоль оси C_1 опускались уже два симметрично расположенных электронных минимума в пространстве волновых векторов электронов.

Таким образом, получена новая информация о взаимосвязи кристаллической и электронной структур полупроводниковых соединений данного вида и их поведении при деформациях кристаллов.

«Физика твердого тела», 1979, т. 21, вып. 7, с. 1971.

Химия

Биоэлектрокатализ

Ферментативный катализ, основанный на способности ферментов с высокой эффективностью ускорять химические процессы, позволяет создавать принципиально новые технологические схемы химических производств или вводить существенные коррективы в традиционные. Примером может служить новая область химии — биоэлектрокатализ. Его становление связано с эффектом ускорения в присутствии биологических катализаторов реакций, протекающих на электродах. Этот эффект был обнаружен И. В. Березиным, С. Д. Варфоломеевым, А. И. Ярополовым (межфакультетская лаборатория биоорганической химии им. А. Н. Белозерского и кафедре энзимологии химического факультета МГУ) и В. А. Богдановской, М. Р. Тарасевичем (Институт электрохимии АН СССР).

При изучении реакции электрохимического разложения воды в присутствии окислительно-восстановительных ферментов — гидрогеназ было установлено, что их эффективность значительно возрастает, если фермент включен в полимерные матрицы, обладающие электронной проводимостью. Такой

матрицей является, например, гель комплекса поли-1-пропилпиридиний-тетрациан-хинодиметан (P-1-PP-TCNQ), обладающего, благодаря наличию системы сопряженных связей, полупроводниковыми свойствами. Пока, по мнению авторов, механизм активации гидрогеназы в полупроводниковых матрицах с электронной проводимостью еще недостаточно ясен. Возможно, в них облегчается контролирующей активностью фермента перенос электронов с активного центра гидрогеназы на электрод.

Обнаруженный эффект может найти применение при разработке электрохимических преобразователей энергии, сенсоров, ячеек электролиза воды для получения водорода. (Напомним, что, согласно оценке экспертов многих стран, именно водород является одним из самых перспективных видов топлива.)

«Applied Biochemistry and Bioengineering», 1979, v. 2, p. 1259 (США).

Химия

Полимеры в борьбе с эрозией почв

Один из путей в борьбе с ветровой и водной эрозией почв — использование полимерных веществ, позволяющих склеивать частицы почв друг с другом. Такие частицы имеют на своей поверхности достаточно протяженные гидрофильные и гидрофобные области. Поэтому все использовавшиеся до сих пор химические средства закрепления почв и грунтов были основаны на обработке закрепляемых поверхностей либо гидрофильными водорастворимыми полимерами (полиакриламидом, гидролизованном полиакрилонитрилом и т. п.), либо гидрофобными веществами (латексами, нерозинам). Первая группа веществ взаимодействует с гидрофильными областями на поверхности дисперсных частиц и склеивает их, вторая группа вызывает тот же эффект, но только в отношении

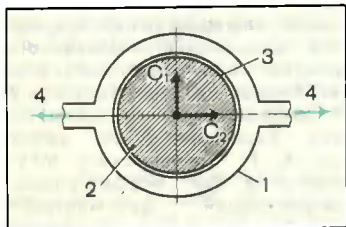


Схема обоймы с закрепленным в ней образцом BiSb (вид сверху): 1 — кольцо-обойма, 2 — образец, 3 — слой смолы толщиной 20 мкм, 4 — растягивающее усилие, C_1 и C_2 — кристаллографические оси.

гидрофобных поверхностей. Оптимальный результат может быть достигнут, если макромолекулы закрепляющего вещества будут сочетать в себе протажные гидрофобные и гидрофильные участки. Тогда вступают в действие сразу оба типа поверхностей, что должно привести к очень резкому увеличению эффективности связывания и уменьшению расхода связующего вещества.

На кафедре высокомолекулярных соединений химического факультета МГУ под руководством В. А. Кабанова разработаны принципы создания комплексных макромолекул, сочетающих в себе эти качества¹; с помощью таких макромолекул осуществляются очень быстрые межповерхностные реакции непосредственно в закрепляемом слое. Для этого достаточно обработать закрепляемый слой сильно разбавленными водными растворами исходных компонентов; на обработанной поверхности создается связующее покрытие, нерастворимое, но набухающее в воде, которое обладает превосходными закрепляющими свойствами. Предложенный метод дал, в частности, многообещающие результаты при обработке укрытых валов виноградников. При норме расхода препарата 10—20 кг на гектар удается предотвратить унос почвы и гибель посадок даже при ураганных ветрах до 30 м/с.

«Высокомолекулярные соединения», 1979, т. 21А, с. 243—281, 2319—2333.

Химия

Интерметаллические соединения — аккумуляторы водорода

Водород — перспективный вид топлива и сырья для химической технологии. Расширение сферы его использования позволило бы не только

решить острые сырьевые проблемы, но и предотвратить рост загрязненности воздушного бассейна отходами ряда химических производств и продуктами неполного сгорания жидкого углеводородного горючего в двигателях. Однако на пути использования водорода, наряду с задачами создания его крупнотоннажного производства, встает проблема хранения и транспортировки. Поэтому закономерен интерес, проявляемый исследователями к водородным аккумуляторам, где водород находится в химически связанном состоянии в виде соединений, легко образующихся, но и легко разлагающихся при изменениях внешних условий (температуры, давления и т. д.). Обратимо действующие аккумуляторы водорода могут быть созданы на основе интерметаллических соединений (ИМС), интенсивно адсорбирующих водород с образованием гидридных фаз: твердых растворов водорода в интерметаллидах, бинарных (MgH_2) или тройных гидридов ($TiFeH_2$). Интерметаллиды для водородных аккумуляторов должны обладать большой «емкостью» и обеспечивать высокое давление водорода при разложении гидридных фаз в относительно мягких условиях.

Как показали результаты работы, проведенной под руководством К. Н. Семененко на кафедре физики и химии высоких давлений химического факультета МГУ и в Институте новых химических проблем АН СССР, целенаправленный отбор интерметаллидов для водородных аккумуляторов и априорная оценка их эксплуатационных характеристик могут быть основаны на анализе кристаллографических свойств ИМС, размеров пустот в кристаллических решетках интерметаллидов, а главное, их способности к расширению и деформации в процессе адсорбции водорода. В качестве критерия деформируемости матрицы ИМС предлагается использовать «степень сжатия» межатомных расстояний, пропорциональную разности между суммой атомных радиусов соответствующих металлов

и межатомными расстояниями в кристаллах ИМС. Чем меньше степень сжатия, тем больше «емкость» ИМС и выше равновесное давление водорода при разложении гидридных фаз. В ИМС с различными типами межатомных расстояний деформируемость кристалла определяется наименее сжатыми связями.

Хотя деформируемость кристалла ИМС, по-видимому, не является единственным показателем эффективности адсорбции водорода, с помощью этого параметра можно достаточно надежно оценить эксплуатационные характеристики также изоструктурных ИМС и гомологических рядов однотипных интерметаллических соединений. Так, на основе оценки деформируемости кристаллов ИМС и «степени сжатия» созданы эффективные гидридные фазы (например, ZrV_2H_4), с большой «емкостью», содержащие ~ 2% водорода. Такое объемное содержание водорода в гидридных фазах в 1,5—2 раза выше, чем в жидком или твердом молекулярном водороде.

«Доклады АН СССР», 1979, т. 245, № 5, с. 1127.

Биохимия

Направленная фрагментация РНК

Группа специалистов под руководством И. Г. Атабекова, А. А. Богданова и З. А. Шабаровой (кафедра химии природных соединений химического факультета, кафедра вирусологии биологического факультета и межфакультетская лаборатория биорганической химии им. А. Н. Белозерского МГУ) сообщила об осуществлении направленной фрагментации РНК. Такая фрагментация полинуклеотидных цепей — эффективный способ изучения первичной структуры нуклеиновых кислот, а также особенностей выражения генетической информации ДНК- и РНК-содер-

¹ Бюллетень «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1976, № 26, с. 6.

жащих вирусов. Однако, если для ДНК задача расщепления на заданные фрагменты уже была решена ранее с помощью ферментов — рестриктаз, то для РНК провести подобное расщепление долгое время не удавалось.

При разработке нового метода учитывались два обстоятельства: во-первых, в условиях, оптимальных для образования двойных спиралей, открытые участки природных РНК с помощью водородных связей соединяются с комплементарными олигонуклеотидами, образуя гетеродуплексы; во-вторых, при действии на эти гетеродуплексы фермента РНК-азы Н происходит разрыв полинуклеотидных цепей в местах их соединения с олигонуклеотидами. Авторы предположили, что если последовательно провести два процесса — образование гетеродуплекса на заданном участке РНК, подобрав к нему олигонуклеотид соответствующего строения и длины, а затем осуществить ферментативный гидролиз полученного гетеродуплекса, можно расщепить РНК в заданном положении.

Метод был проверен на РНК бактериофага MS2, содержащего 3569 нуклеотидов, и на синтетических олигонуклеосирибонуклеотидах, комплементарных различным участкам фага. Для разрушения цепи РНК в полученных гетеродуплексах использовали фермент РНК-азу Н, выделенную из клеток кишечной палочки. Исследование продуктов ферментативного гидролиза методом электрофореза подтвердило, что расщепление цепи РНК шло по заданным положениям и фрагменты имели молекулярные веса, близкие к ожидаемым:

По мнению авторов, разработанный способ позволяет расщеплять РНК в любом участке, открытом для комплексообразования, если этот участок не включен в протяженный двуспиральный фрагмент РНК.

«FEBS Letters», 1979, v. 103, № 1, p. 197 (Нидерланды).

Физиология

Неферментативное растворение сгустков фибрина в организме человека и животных

О растворении фибринового сгустка (фибринолизе) стало известно науке с 1769 г. В 1889 г. был описан фермент фибринолизин, или плазмин, растворяющий чистый фибрин и кровяные сгустки (тромбы). Более двухсот лет принято было считать, что естественный процесс фибринолиза в организме осуществляется лишь ферментативной системой.

Поиски иного подхода к пониманию процесса фибринолиза были начаты в МГУ в 1964 г. группой биологов под руководством заведующего кафедрой физиологии человека и животных Б. А. Кудряшова. Изучая природу естественной физиологической реакции организма человека и животных, направленной против образования тромбов внутри сосудов, Б. А. Кудряшову, Т. М. Калишевской и автору этого сообщения удалось открыть явление неферментативного растворения фибрина в организме¹.

Сущность явления состоит в том, что при физиологических реакциях, сопровождающихся выбросом в кровоток гепарина (например, при тромбоцитопении, в условиях интеллектуального и эмоционального напряжения, при больших физических нагрузках, при некоторых патологических состояниях), в кровотоке образуются комплексные соединения гепарина с белками крови и аминами. Именно эти соединения предупреждают образование фибрина из фибрин-мономера; они способны растворять нестабилизированные сгустки фибрина в присутствии блокаторов ферментативного фибринолиза².

С помощью современных методов исследования (электронномикроскопического, изотопного анализа, химического анализа NH_2 -концевых аминокислот) нам удалось установить механизм действия комплексных соединений гепарина на фибрин и отличие ферментативного фибринолиза от неферментативного³. При ферментативном фибринолизе молекулы белка (фибрина) расщепляются на части, а при неферментативном фибрин сохраняет свою аминокислотную структуру неизменной; происходит молекулярная диссоциация частиц фибрина, которые под воздействием комплексных соединений гепарина переходят из фибриллярного состояния в глобулярное.

Явление неферментативного фибринолиза имеет прямое отношение к процессу физиологической регуляции жидкого состояния крови в кровеносном русле и к обеспечению естественной профилактики тромбообразования. Комплексные соединения гепарина способствуют быстрому выведению свертывающего агента тромбина из кровотока и распаду его в ретикулоэндотелиальной системе печени. Неферментативный фибринолиз может быть блокирован при развитии атеросклероза, при длительном утомлении и других случаях, способных создать угрозу образования тромбов⁴.

Неферментативный фибринолиз или его ингибирование были изучены медиками-клиницистами при ишемической болезни сердца, гипертонии, токсическом зобе, аллергических состояниях, почечных и печеночных заболеваниях, злокачественных образованиях, акушерских кровотечениях. Полученные данные имеют практическое значение, в частности для диагностики и профилактики некоторых осложнений при различных заболеваниях.

¹ 20 декабря 1979 г. это неизвестное прежде явление внесено Государственным комитетом по делам изобретений и открытий в Государственный реестр открытий за № 223.

² Подробнее см.: «Вопросы медицинской химии», 1979, т. 25, № 1, с. 41.

³ «Биохимия», 1979, № 12, с. 1196.

⁴ «Кардиология», 1977, № 2, с. 120.

Нам удалось экспериментально разработать ряд методов воздействия на большой организм, которые позволяют частично восстанавливать его способность к быстрому синтезу комплексных соединений гепарина. На основе открытия нами найдены способы определения неферментативной фибринолитической активности и разработаны методы получения некоторых лекарственных препаратов, защищающих организм от тромбоза.

Л. А. Лапина,
кандидат биологических наук

Микробиология

Микробиологическое окисление нефти в водных экосистемах

Исследования, проведенные в морских и пресных водоемах сотрудниками кафедры физиологии растений биологического факультета МГУ, показали, что разложение нефти и нефтепродуктов осуществляют в основном сапрофитные микробактерии и родственные им микроорганизмы, а также бактерии рода *Pseudomonas*. Однако оставалось неясным, какова роль различных групп этих микроорганизмов в осуществлении начального этапа окисления углеводородов.

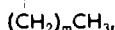
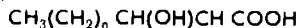
Известно, что нефть представляет собой сложную смесь различных углеводородов — парафиновых (алкановых), наftenовых (циклоалкановых) и ароматических. Нефтепродукты (топливо и смазочные масла) также в основном состоят из углеводородов. Названные группы различаются по своей токсичности, и отношение к ним микроорганизмов неодинаково.

Сейчас не подлежит сомнению, что углеводороды окисляются внутриклеточно. Известно два пути транспорта веществ в клетку: пассивный перенос, происходящий без энергетических затрат, при этом скорость процесса зависит от концентрации субстрата в среде; активный перенос, требу-

ющий затрат энергии, его осуществляют специфические белки-переносчики даже при минимальном содержании субстрата в среде.

Наблюдения с помощью оптического и электронного микроскопов показали, что для поглощения парафиновых углеводородов, которые имеют более 10 углеродных атомов в цепи и практически нерастворимы в воде, необходим их прямой контакт с клетками микроорганизмов. В нашей лаборатории установлено, что при таком контакте углеводород проходит через клеточные стенки микробактерий. Этот процесс идет пассивно, без затрат энергии, и осуществляется даже в том случае, когда клетки мертвы. Ферментные системы, ответственные за окисление алкановых углеводородов, сосредоточены в цитоплазматической мембране — тонкой пленке, ограничивающей протоплазму. Чтобы началось окисление углеводорода в клетке микробактерии, оболочка клетки должна пропитаться им вплоть до участков мембраны, где расположены углеводородоокисляющие ферменты. При какой концентрации углеводорода в среде осуществляется такое полное первичное насыщение? Динамика поглощения углеводорода гексадекана клетками микробактерий показала, что эта величина составляет 1 г углеводорода на 1 л среды. Это количество характеризует ту емкость поглощения клеткой углеводородного субстрата, которая необходима, чтобы начался процесс ферментативного окисления.

Нами выяснено, что сапрофитные микробактерии содержат в своих клеточных стенках много липидов, количество которых увеличивается при росте на среде, содержащей углеводород. Незаменимой составной частью «стеночных» липидов являются миколовые кислоты



общее число углеродных атомов в молекуле которых 32—42. Именно эти вещества, имеющие длинные алифатические

цепи, придают клеточным стенкам микробактерий гидрофобность, необходимую для поглощения углеводорода. Если биосинтез миколовых кислот подавлять с помощью специфического ингибитора, гидрофобность стенки снижается, а это прямо ведет к прекращению роста микробактерий в среде с углеводородом.

Таким образом, мы установили, что у микробактерий поверхностный слой клетки и клеточная стенка играют чрезвычайно важную функциональную роль: они обеспечивают прямой контакт клеток с углеводородом и поглощают его путем прямой диффузии. Отсюда следует, что далеко не все обитающие в водной экосистеме микроорганизмы могут окислять парафиновые углеводороды нефти. Липофильная клеточная стенкой и способностью пассивно поглощать углеводороды обладают главным образом сапрофитные микробактерии и родственные им формы.

Две другие группы углеводородов нефти — наftenовые и ароматические — также подвергаются микробиологическому окислению, но эти процессы менее изучены. Здесь, по-видимому, большее значение имеют представители рода *Pseudomonas*. Ароматические углеводороды лучше, чем парафиновые, растворяются в воде, возможно, они и поступают в клетку иным путем.

Исходя из полученных результатов, микробиологическое окисление нефти и нефтепродуктов мы можем представить в виде двух этапов, связанных плавным переходом. Вначале в нефтяной пленке активно развиваются микробактерии. Постепенно концентрация углеводородов снижается до уровня, нетоксичного для других микроорганизмов. Одновременно среда обогащается витаминами, липидами и другими органическими соединениями, которые образуются в ходе жизнедеятельности первых поселенцев. Это создает благоприятные условия для развития новых групп микроорганизмов: во-первых, способных к активному транспорту углеводоро-

дов, а во-вторых, окисляющих углеводороды лишь в присутствии других органических соединений.

М. В. Гусев,
доктор биологических наук
Т. В. Кароналли,
кандидат химических наук

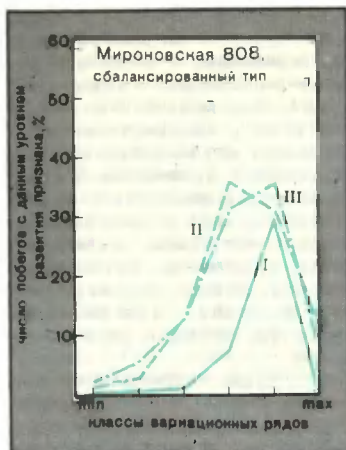
Морфология

Перспективность сорта пшеницы определяется ее морфогенетическим типом

Морфогенетические исследования становления жизненной формы пшеницы, проведенные ботаниками кафедры дарвинизма МГУ, показали, что у пшеницы, как и у всех жизненных форм, в процессе эволюции выработалась чрезвычайно стабильная и необычайно подвижная саморегулирующаяся система морфогенеза. Нами прослежен механизм такой саморегуляции: ее стабильность определяется автономностью процесса формирования зачаточного главного побега, а подвижность — большим разнообразием разворачивания зачаточных органов в функционирующее.

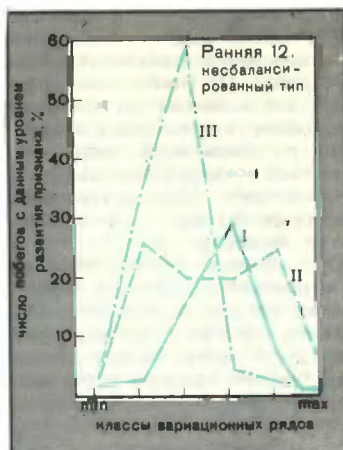
Современные сорта пшеницы возникли в результате совокупного воздействия факторов естественного и искусственного отбора, причем естественный отбор определяет родовые и видовые особенности морфогенеза растения (тип колоса, окраску, опушение и т. д.), а искусственный приводит к смещению, видоизменению формообразовательных процессов в течение индивидуального развития (увеличению числа колосков или числа зерновок в колосе, повышению процента белка в зерне и т. п.). Поэтому для получения высокоэффективных результатов в селекционной работе необходимо ясно представлять себе основные закономерности морфогенеза пшеницы на всех этапах индивидуального развития формы.

Каждый сорт — это единая морфофизиологическая система, которая характеризуется определенным темпом роста, своей биоритмикой физио-



Крайние типы морфогенетических систем у сортов озимей пшеницы, выявленные по вариационным кривым: I — кривая числа колосков в колосе; отражает особенность морфогенетических процессов в период от посева до перехода к формированию зачаточного колоса; II — кривая числа зерновок в колосе; отражает характер органообразовательных процессов в период от формирования зачаточного колоса до оплодотворения; III — кривая веса одной зер-

логических и морфологических процессов, уровнем продуктивности. Нами разработаны методы выявления типов морфогенетических систем сортов пшеницы¹. Первый метод основан на анализе растений в процессе их вегетации. Он включает учет особенностей закладки (число закладок, скорость процессов) зачаточных органов растения и особенностей их разворачивания во взрослые органы (листовых зачатков — в функционирующие листья, пазушных почек — в побеги ку-



новки колоса [мг]; отражает интенсивность оттока питательных веществ из вегетирующих органов в колос в период от оплодотворения до созревания. Однотипность и смещение кривых к максимальному выражению признака характеризует сбалансированность процессов органоогенеза. Многовершинность и смещение кривых к минимальному выражению признака свидетельствуют о несбалансированном типе органоогенеза.

щения, органов зачаточного колоса — в колосья созревших растений). Хотя эффективность этого метода высока, он трудоемок и связан с уничтожением анализируемых растений.

Второй метод ретроспективный: он позволяет определять тип морфогенетических систем селекционных форм по созревшим растениям. Каждое растение представляет собой результат формообразовательных, ростовых и биоритмических процессов у особи на протяжении всего онтогенеза, т. е. своего рода морфограмму. Для определения типа морфогенетической системы сорта используется элементарный статистический анализ количественных характеристик созревших растений: числа колосков в колосе, числа зерновок в колосе, веса зерновок. Нами выявлено несколько типов морфогенетических систем, крайние из которых обозначены как сбалансированный и несбалансированный (см. рис.). Сорта со сбалансированной системой — это сорта перспективные, хорошо

¹ Дворянкин Ф. А., Морозова З. А. Метод структурного анализа продуктивности возмозможностей сортов пшеницы и ржи по элементам продуктивности. — В сб.: Экология и биоценология. М., 1974, с. 17; Морозова З. А., Дворянкин Ф. А. Морфогенетический анализ динамики структуры сортовых популяций культурных злаков. — В сб.: Экологическая физиология и биоценология. М., 1979, с. 50.

приспособляющиеся к различным условиям выращивания (например, Мироновская 808 и Безостая 1). Несбалансированный тип указывает на ненадежность сорта даже при его высокой потенциальной продуктивности. В новых районах выращивания такой сорт оказывается непродуктивным (например, сорт Аврора).

Самым существенным в предложенных методах является то, что они позволяют уже на ранних этапах селекционного процесса прогнозировать перспективность формы и определять стратегию улучшающего отбора.

Экспериментальная проверка этих методов в течение ряда лет проводилась в трех селекционных центрах: под Москвой (в Научно-исследовательском институте сельского хозяйства центральных районов Нечерноземной зоны), под Киевом (в Мироновском научно-исследовательском институте селекции и семеноводства пшеницы) и под Краснодаром (в Краснодарском научно-исследовательском институте сельского хозяйства).

З. А. Морозова,
кандидат биологических наук

Геология

Поиски вулканогенных месторождений на Рудном Алтае

Сотрудники кафедры полезных ископаемых геологического факультета МГУ в последние годы проводили комплексные исследования колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая, закономерностей их размещения и локализации. Долгое время считалось, что эти месторождения возникли при формировании гранитных массивов молодого возраста. Однако оказалось, что они связаны с древним вулканизмом.

Все известные месторождения расположены среди вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород, образовавшихся в результате подводного вулканизма в среднем и верх-

нем девоне. Палеовулканологический анализ и палеовулканологические реконструкции свидетельствуют о том, что вулканизм развивался неравномерно, концентрируясь в пределах крупных вулканотектонических депрессий. Эти депрессии формировались независимо друг от друга: образовавшиеся здесь вулканические комплексы различаются по химическому составу, типу и масштабу вулканических структур, времени их образования.

Руды колчеданно-полиметаллических месторождений накапливались в процессе деятельности постмагматических растворов, проникавших из глубинных вулканических очагов. Поднимаясь к поверхности по трещинным структурам, рудоносные растворы взаимодействовали в благоприятных условиях с породами, замещающая их рудой. В других случаях растворы изливались на морское дно, откладывая руды в виде осадков, похожих на современные рудоносные осадки Красного моря.

Участки концентрации рудного вещества занимают определенное положение: они располагаются либо в прикряевой части вулканов (в депрессионных структурах вершинного типа), либо на склонах вулканических куполов, либо на экструзивных куполах¹ и у их подножий. В связи с этим рудные тела имеют различную форму: пластообразную и линзовидную — если они образовались в результате гидротермально-осадочного процесса, и сложную изометричную — если возникли гидротермально-метасоматическим путем. Нами установлено, что пластовые тела часто сопровождаются породами специфического состава — оолитовыми доломитами, серицитолитами, хлоритолитами и др.

Связь месторождений с вулканогенными комплексами проявляется не только в зако-

номерной приуроченности их к вулканическим структурам. Оказалось, что состав руд зависит от петрохимических особенностей рудоносных комплексов. Например, чем больше калия содержится в вулканогенных породах, тем выше концентрация свинца в рудах, связанных с этими породами.

Выявленные нами закономерности строения и размещения вулканогенных колчеданно-полиметаллических месторождений позволяют установить новые поисковые предпосылки и признаки, использование которых повысит эффективность поисково-разведочных работ и надежность прогнозов. Ближайшая задача — составить специальные палеовулканологические карты, на которых найдут отражение формационные, фациальные, структурные особенности вулканогенных толщ, а также размещение вулканических построек на различных этапах развития рудоносных комплексов. Эти карты послужат основой для выявления наиболее перспективных рудоносных структур.

В. В. Авдонин,
кандидат геолого-минералогических наук



Экология

Скорость самоочищения почв от нефти в различных природных зонах

Сотрудники географического факультета МГУ, совместно со специалистами Сектора микробиологии при Президиуме АН Азербайджанской Республики, Института географии АН Азербайджанской Республики, лаборатории геохимии растений Института экологии растений и животных Уральского научного центра АН СССР начали совместные экспериментальные исследования скорости самоочищения почв от нефти в различных природных зонах страны. Эксперимент проводится одновременно в тундре (низовья Оби), северной тайге (среднее Приобье), южной тайге (западное Приуралье) и по-

¹ Купол, образованный выжатой на поверхность лавой (в частности, и на поверхность морского дна).

лупустынной зоне сухих субтропиков (Закавказье). На всех участках по единой программе через определенные интервалы времени (3—6 мес.) изучаются изменения в содержании и составе нефти, попавшей в почву, количество и состав микроорганизмов, химические и морфологические изменения в почвах. Исследование проводится на модельных площадках, где точно известно время загрязнения, состав и количество нефти, попавшей в почву; одновременно отбираются пробы на аналогичных контрольных площадках.

За 15 месяцев наблюдений нами выявлены как общие, так и отличительные черты деградации нефти в почвах различных природных зон (см. рис.). На юге, в серокоричневых солонцеватых почвах, содержание нефти за первые 12 мес. снизилось на 65%, тогда как содержание органического углерода, попавшего в почву в составе нефти, уменьшилось только на 27%. Таким образом, за год полностью минерализова-

лось менее 1/3 оказавшейся в почве нефти, а около 40% превратилось в различные органические продукты ее метаболизма. В подзолистых и дерново-подзолистых почвах северных районов, в условиях переувлажнения, количество нефти на участке загрязнения уменьшилось в большей степени, чем на юге. Но это произошло не столько за счет разложения самой нефти, сколько за счет ее интритпочвенного рассеяния циркулирующими водами. При этом, с одной стороны, снижается первоначальная концентрация нефти в почве, с другой — значительно расширяется по сравнению с первоначальным ареалом загрязнения, подвергаются опасности грунтовые воды.

Спустя некоторое время после загрязнения в почве постепенно возрастает численность и активность многих групп микроорганизмов, в первую очередь нефтеокисляющих. Параллельно с этим происходит все более глубокое окисление содержащейся в почве нефти. В южных районах

активность микроорганизмов на загрязненных участках оказалась гораздо выше, чем в северных, что указывает на ведущую роль микробиологической деградации нефти в этой природной зоне.

Таким образом, методы защиты почв от загрязнения нефтью и нефтепродуктами станут гораздо успешнее, если учитывать естественные механизмы и скорость самоочищения почв. Наши исследования будут продолжены, они позволят наметить наиболее рациональные пути борьбы с загрязнением почв нефтью в различных природных зонах СССР.

М. А. Глазовская,

доктор географических наук

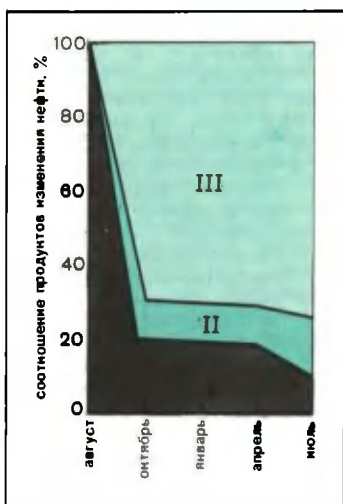
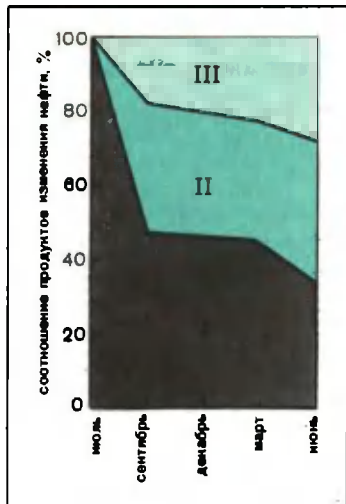
Ю. И. Пиковский,

кандидат геолого-минералогических наук

Охрана природы

Программа «Фауна» в действии

Чтобы сохранить более разнообразие фауны Подмосковья, где перестали гнездиться беркуты и черные аисты, под угрозой исчезновения оказались филины, подорлики и некоторые другие виды птиц, необходимо создать сеть областных заказников. Задачу их проектирования поставила перед собой Дружина биологического факультета МГУ по охране природы. В 1977 г. она начала исследования по программе «Фауна», разработанной Молодежным советом МГУ по охране природы¹. Работа ведется



¹ Совет создан в 1974 г. для организации и координации оперативной, практической и научно-исследовательской работы студентов МГУ по природоохранительной тематике. Советом разработан целый ряд научно-практических программ для дружин по охране природы и других молодежных природоохранительных организаций, в том числе программы «Выстрел», «Фауна», «Рекреация».

в тесном контакте с Московским областным советом Всероссийского общества охраны природы.

За три года студенты обнаружили интереснейшие орнитологические комплексы в пойме р. Нарской, на Нарских прудах (система искусственных прудов в долинах рек Нары и Трасны), в некоторых местах Шатурского и Талдомского районов. Благодаря конкурсу «Беркут», который был проведен в 1978—1979 гг. с целью отыскания гнездовой редких видов птиц Подмоскovie, удалось сделать более 20 новых фаунистических находок.

Оказалось, что орнитофауна Московской области все же не так бедна, как можно было предполагать в связи с усиливающимся пресом хозяйственной деятельности человека и огромной рекреационной нагрузкой. Считалось, например, что колонии серых цапель совсем исчезли с территории области еще в начале века, однако студенческими экспедициями обнаружено 8 таких колоний. Найдено 25 колоний озерных чаек общей численностью не менее 28 тыс. пар, 18 колоний сизых чаек, несколько колоний речных, черных и белокрылых крачек. В настоящее время в Подмоскovie гнездятся также малые чайки и турухтаны; сохранились на гнездовье крайне редкие для области большие кроншнепы и большие веретенники; обнаружены четыре гнезда белых аистов — этот вид сейчас расселяется из западных областей Европейской части СССР на восток и уже проник в Московскую область. В Егорьевском районе, на затопленных водой торфяных карьерах, обнаружены единственные в области гнездовья черношейной поганки.

Относительно благополучным в сравнении с другими видами редких птиц оказалось положение серых журавлей, хотя их число за последние годы резко сократилось, в основном в связи с мелиорацией. Сейчас в Подмоскovie известно 12 мест, где все лето держится в общей сложности 40—50 пар этих птиц. Больше всего их (20—30 пар) в Дуб-



Одна из колоний серых цапель, найденная в Егорьевском районе Московской области.

ненском болотном массиве. На этой территории в 1979 г. создан областной заказник «Журавлиная родина» площадью около 11 тыс. га. Он спроектирован Дружиной биофака МГУ. Помимо болот, где гнездятся журавли, в заказник вошли окрестные поля, на которых эти птицы скапливаются на кормежке во время осеннего пролета. 16 сентября 1979 г. здесь было отмечено около 1700 журавлей. По-видимому, столь крупное скопление журавлей — единственное в Европейской части СССР.

Помимо заказника «Журавлиная родина», по итогам фаунистического обследования Подмоскovie студенты МГУ спроектировали еще четыре новых областных заказника и предложили увеличить площадь или изменить статус у четырех действующих. При непосредственном участии Дружины составлен список охраняемых редких видов животных Московской области, утвержденный специальным решением Мособлисполкома.

Начиная с 1975 г. Дружина биофака МГУ совместно с Центром кольцевания АН СССР ежегодно ведет наблюдения за состоянием уникальной колонии озерных чаек на оз. Киёво, в районе интенсивной застройки г. Лобня под Москвой. За четыре года число гнезд в колонии увеличилось с 8200 до 14 700. Наши наблюдения показали, что с уменьшением беспокойства со стороны человека колония чаек может существовать и даже расти в условиях города.

В 1977 и 1978 гг. Молодежный совет МГУ организовал две дальние экспедиции по изучению экологии редких видов птиц, включенных в «Красную Книгу СССР», — на Памир и в северо-восточную Якутию. Памирская экспедиция определила численность гнездящейся у нас в стране популяции буроголовых чаек — одного из наименее изученных видов чайковых. В общей сложности найдено 331 гнездо; собраны также сведения по экологии и поведению этой чайки. Якутской экспедицией получены новые данные о демонстрационном поведении розовой чайки, ее гнездовой биологии, питании и развитии птенцов.

В. А. Зубакин,
кандидат биологических наук



Охрана природы

Программа «Рекреация»

Группа охраны природы географического факультета МГУ в течение трех последних лет проводила комплексные научно-исследовательские работы в районах, где предполагается создать национальные парки: «Каракол» и «Чон-Аксу» — в Прииссыкулье, «Арсланбоб» — на склонах Тянь-Шаня, спускающихся к Ферганской долине, и Среднеуральской. Эти исследования осуществлялись в соответствии с программой «Рекреация», которая была разработана в 1977 г. Молодежным советом МГУ по охране природы.



Ландшафт в районе реки Чон-Аксу, впадающей с севера в озеро Иссык-Куль. Здесь предполагается создать национальный парк.

Нам предстояло на местах составить предпроектные обоснования парков, т. е. дать физико-географическое описание природных ресурсов, их современного хозяйственного, в том числе рекреационного, использования, установить характер изменения природной среды под воздействием такого использования и определить предельно допустимые нормы нагрузки, сделать прогноз состояния природной среды на ближайшее будущее, создать экспериментальные зоны отдыха, где можно было бы учесть разработанные рекомендации и проверить их действенность. Территорию будущего парка необходимо было разделить на функциональные зоны: массового отдыха, организованного туризма, заповедную, заказную. В условиях высокогорья дополнительно выделялась спортивно-альпинистская зона; в интенсивно осваиваемых районах — сельскохозяй-

ственные и жилые. Для каждой зоны определялся свой особый режим, разрабатывались мероприятия по охране природы в процессе ее использования для туризма и отдыха, ограниченных хозяйственных нужд или научных целей.

Самая большая по площади зона выделялась для организованного туризма. Здесь сосредоточены главные природные и культурно-исторические достопримечательности парка, основные потоки посетителей. Чтобы туризм не оказывал разрушающего воздействия на охраняемые объекты и природу парка в целом, нами были спроектированы специальные, так называемые учебные, тропы; они преследуют тройственную цель: рекреация, обучение, воспитание. Проходя по ним, посетитель (турист или экскурсант) не только удовлетворяет потребность в активном отдыхе, но и получает новые сведения о природе, законах ее развития; кроме того, благодаря умело выбранному маршруту, особому оборудованию тропы, специально оформленным буклетам и устному интересному рассказу проводника

достигается еще одна цель: воспитывается ответственность за судьбу родной природы.

По завершении работ свои научные отчеты, составленные карты и предпроектные обоснования мы передали в соответствующие организации, по заданию которых работали (в Киргизии — в Государственный комитет лесного хозяйства Киргизской ССР, на Урале — в Совет молодых специалистов при Свердловском обкоме ВЛКСМ). Опыт нашей работы показывает, что программа «Рекреация» вполне посильна студенческим природоохранительным объединениям. В перспективе намечены подобные же исследования в других проектируемых парках, а также научно-исследовательская помощь студентов в организации уже утвержденных парков. Это способствует научному росту студентов и помогает сохранить красоту и богатство наиболее привлекательных, живописных мест нашей страны при одновременном развитии активного отдыха и спортивно-познавательного туризма.

В. П. Чижова,
кандидат географических наук

НОВЫЕ КНИГИ

Юбилейные книги

Издательства Московского университета

История МГУ

МОСКОВСКОМУ УНИВЕРСИТЕТУ — 225 ЛЕТ. Отв. секр. издания Н. С. Борисов. М., 1979, 344 с., ц. 1 р. 60 к.

Библиография истории Московского университета довольно обширна. Она включает обобщающие работы, очерки, посвященные отдельным проблемам, а также мемуарную литературу. Первая «История Московского университета» С. П. Шевырева вышла в 1855 г., среди работ советского периода отметим двухтомную «Историю Московского университета» (1955), книги «Московский университет за 50 лет Советской власти» (М., 1967), «Московский университет в Великой Отечественной войне» (М., 1975).

Представленная здесь книга, созданная коллективом авторов из МГУ, состоит из двух частей. Первая часть, занимающая примерно треть объема, рассказывает о пройденном пути, а вторая посвящена основным направлениям современной деятельности.

Книга дает представление о современной структуре университета, перспективах его развития, организации учебного процесса, научно-исследо-

вательской деятельности, вкладе МГУ и его ученых в развитие советской науки. Читатель найдет в ней страницы, посвященные международным контактам МГУ.

История МГУ

ЛЕТОПИСЬ МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. 1755—1979. Отв. ред. И. А. Федосов. М., 1979, 536 с., ц. 2 р. 60 к.

Этот обширный справочник, созданный коллективом историков МГУ, касается всех сторон университетской жизни. Факты изложены в нем в хронологическом порядке.

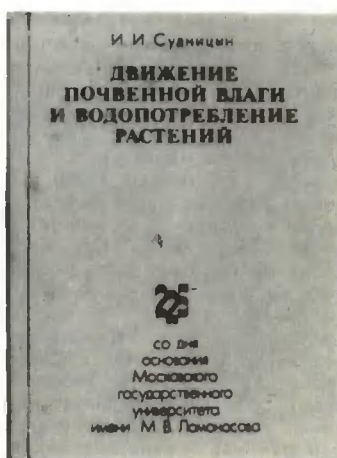
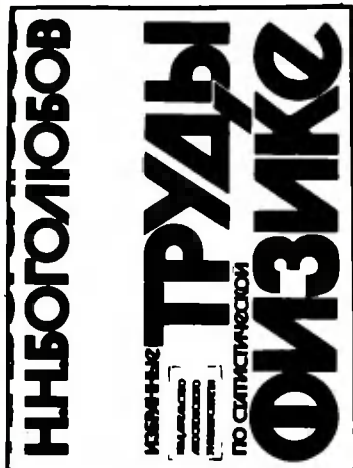
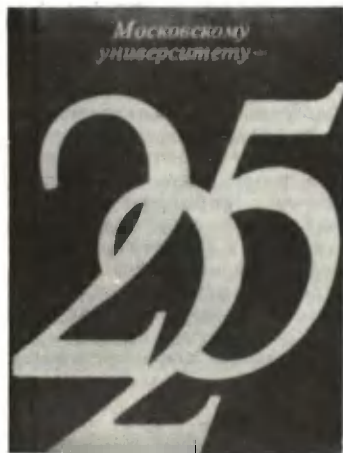
«Летопись» начинается с 1724 г., т. е. со времени основания Академии наук, когда начали складываться предпосылки для возникновения Московского университета. В книге получили отражение обстоятельства, связанные с созданием университета, его первоначальная структура и все ее дальнейшие изменения. Говорится о возникновении новых факультетов, кафедр, лабораторий, кабинетов, музеев. Отмечены появление новых научных дисциплин, организации новых учебных курсов, говорится о первых руководителях новых учебных и научных

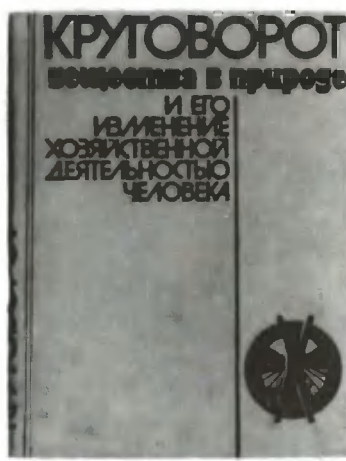
подразделений. Приведены даты крупнейших научных открытий, даты первых изданий университетских учебников. Сообщается о правительственных постановлениях, связанных с деятельностью университета, даются систематические сведения о присуждении ученым университета премий, почетных званий и т. п. В книгу включены наиболее важные данные, свидетельствующие об участии университета в общественно-политической и культурной жизни страны.

Физика

Н. Н. Боголюбов. ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ ПО СТАТИСТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ. М., 1979, 343 с., ц. 3 р. 80 к.

Автор книги — выдающийся советский физик-теоретик и математик, академик-секретарь отделения математики АН СССР, профессор Московского университета, заведующий кафедрой квантовой статистики физического факультета. Книга содержит избранные труды Н. Н. Боголюбова по статистической физике, ныне ставшие классическими. Каждая из этих работ знаменовала собой новый этап развития современной





физики многочастичных систем, от обоснования и уточнения классических кинетических уравнений до новейшей теории квантовых макросистем и теории ядерной материи.

Геология

В. И. Осипов. ПРИРОДА ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД. М., 1979, 235 с., ц. 2 р. 70 к.

Свыше половины общего объема осадочных пород земной коры составляют глины. Поэтому неудивительно, что к настоящему времени уже выработаны основные принципы проведения изысканий и инженерных расчетов при строительстве на глинистых породах. Тем не менее, изучая поведение этих пород под нагрузками, многие авторы не учитывают особенностей состава, строения и состояния глин, а зачастую используют готовые решения различных разделов механики сплошных сред.

В своей монографии В. И. Осипов, профессор геологического факультета МГУ, подчеркивает, что прочностное и деформационное поведение глинистых пород необходимо исследовать с позиций физико-химической механики дисперсных сред. Этот подход позволяет раскрыть закономерности таких свойств глинистых пород, как сжимаемость, сопротивление сдвигу, ползучесть, длительная проч-

ность, набухание, усадка и т. д.

Автором рассмотрены также кристаллографические закономерности, обуславливающие такие характерные свойства глинистых минералов, как гидрофильность, обменная способность и другие. Кроме того, подробно описано микроскопическое строение глинистых осадков и глин различного генезиса.

География

КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ В ПРИРОДЕ И ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ЧЕЛОВЕКА. Под ред. А. М. Рябчикова. М., 1980, 272 с., ц. 3 р. 20 к.

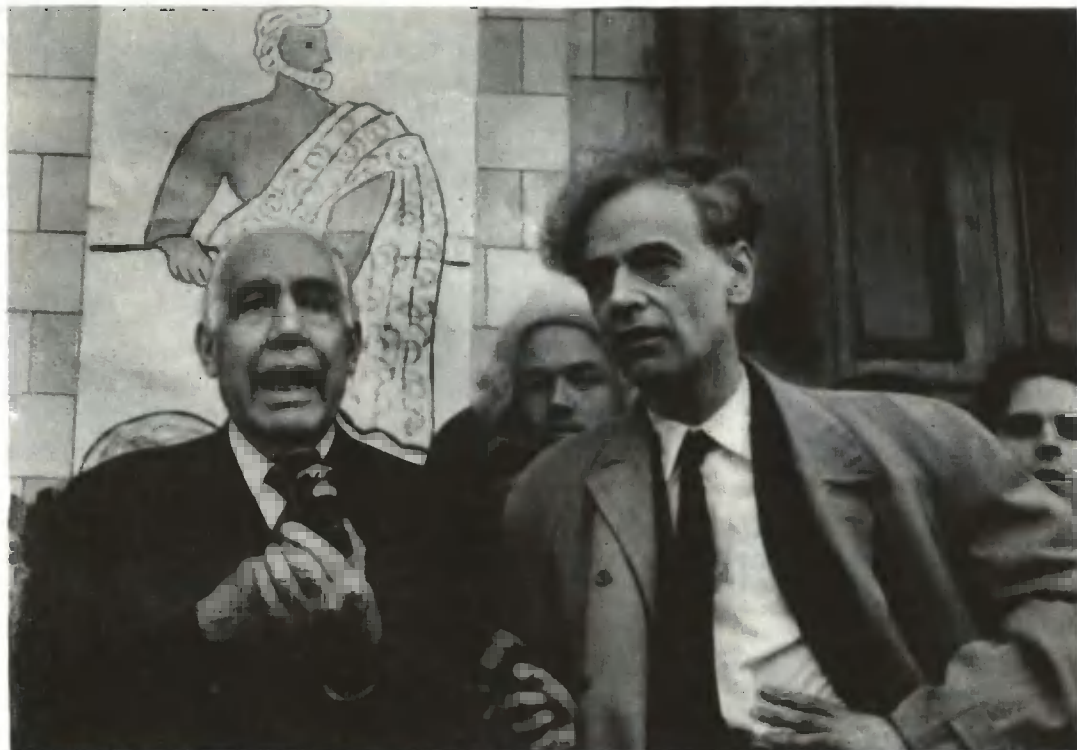
Хозяйственная деятельность человека оказывает все большее влияние на природные циклы важнейших элементов и их соединений в геосфере, и поэтому даже частичное решение этой сложной проблемы имеет большое научное и практическое значение. В настоящей монографии, подготовленной группой сотрудников географического факультета МГУ, сделана попытка обобщить имеющиеся научные данные по круговороту веществ и энергии в геосфере. В самой структуре книги отражены различные аспекты функционирования географической оболочки. Книга включает восемь глав, где рассмотрены особенности природных циклов воды, основных элементов биосферы, органического вещества, некоторых металлов, миграции нефти, пестицидов и твердых ве-

ществ отходов, а также особенности энергетического баланса. Количественные оценки изменений в природных циклах, вызванные хозяйственной деятельностью человека, убеждают в том, что нарушения в отдельных звеньях круговорота веществ и энергии оказывают влияние на весь ландшафт. По-видимому, по мере увеличения мирового производства, антропогенное вмешательство в природные циклы будет возрастать, а значит, проблема регуляции круговорота веществ в геосфере должна стать одной из центральных проблем человечества.

Почвоведение

И. И. Судницин. ДВИЖЕНИЕ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ РАСТЕНИЙ. М., 1979, 255 с., ц. 2 р. 80 к.

Автор книги, старший научный сотрудник почвенного факультета, более 40 лет изучает фазовые состояния и движение почвенной влаги. Этой важной стороне жизни биосферы и посвящена его монография. В четырех главах рассмотрены различные этапы движения влаги. Использование термодинамики помогло автору дать общую картину водного режима в единой биогеоценотической системе «почва — растение — атмосфера». Помимо теоретического обзора, книга содержит ценные описания новых приборов, установок, а также современных методов измерения термодинамических свойств влаги.



В КОНЦЕ НОМЕРА



«День физика» в МГУ

В. В. Канер, В. А. Милыев

Москва

Рисунки В. В. Михайлина

...Провести праздник «День рождения физики». Считать днем физика день рождения Архимеда. Постановить, что Архимед родился 7 мая 287 г. до н. э.

Из решения комсомольской конференции
физического факультета МГУ, 1958 г.

Сказано — сделано. Создается штаб подготовки к празднику. Два года имя Архимед, словно призрак, бродит по общежитию студентов-физиков. В почтовых ящиках они находят незапечатанные конверты с интригующей надписью «Физики! Архимед!» Изображения великого старца с факелом в руке, развешанные по всему факультету, напоминают о том, что затевается нечто грандиозное.

И вот в мае 1960 г. серебряные звуки фанфар впервые возвестили о появлении Архимеда на ступенях физфака. Он вышел из огромного, величественной с парадную дверь факультета, тома «Основ физики».

«Звика!» — трижды провозгласил великий физик. Началось торжественное шествование, которое возглавили настоящие Архимед, Рентген, Ломоносов и настоящий Л. Д. Ландау. А вечером в университетском Доме культуры состоялось первое представление комической оперы «Архимед». Так родилась традиция.

С тех пор не раз ступеньки физического факультета превращались в дни праздника в фантастическую сцену. Отмечался на этих ступенях и юбилей великого грека, когда вход физфака украшал огромный плакат «Старику стукнуло 2250 лет! Привет юбиляру!» и когда сотни студентов в античных костюмах рапортовали Архимеду о жизни своего курса и вручали соответствующие времени и месту хитрофизические подарки.

Бывало и так, что дымовая завеса, организованная с помощью пиротехников из подшефной воинской части, окутывала памятник Ломоносову и он оживал: из клубов дыма выезжал традиционный электрокар, а на нем — Михайло Васильевич Ломоносов (аспирант физфака Игорь Алексеев, ныне доктор философских наук).

Случалась и экскурсия на обратную сторону Луны, где в связи с нехваткой места для лабораторий учреждался филиал физфака. Фасад факультета был закрыт грандиозным занавесом небесного цвета с блестящими звездами, а когда занавес падал, открывалась огромная ракета от первого этажа до крыши. Из люка этой ракеты на втором этаже появлялся Архимед, неуверенно спускаясь по трапу спиной к публике, а приглашенный на праздник космонавт Герман Титов говорил очень тепло о том, что он рад возможности побывать на обратной стороне Луны, и, не касаясь руками лестницы, лицом к зрителям, спускался к рукоплещущей многотысячной толпе...

Сотни участников, многие тысячи зрителей, множество известных физиков на ступеньках физфака — все это создавало атмосферу настоящего праздника. «Вершиной праздника, — вспоминает наш бывший преподаватель математики на физфаке Н. Н. Константинов, — всегда была опера. Здесь энергия достигала максимума. После оперы люди изнемогали и слабели, и никакие праздничные мероприятия после оперы не могли произойти. Как же мог жить человек, который не пошел на оперу? Для всех,

Нильс Бор и Л. Д. Ландау на ступенях физического факультета МГУ во время праздника «День Архимеда». 1961 г.

Фото А. П. Бажулина.

Начало первого праздника. 1960 г.

Фото А. П. Бажулина

кто знал, что к чему, попасть на оперу было необходимо. Но главное, что это всегда было трудно. Один раз я придумал, как всех перехитрить. Днем, когда бдительность клубных работников еще дремала, я решил залезть в оркестр и там спрятаться, с тем чтобы перед началом представления выйти в зал и занять место. Но я оказался не первым — оркестр был уже полным. Все мы уже не могли остаться незамеченными... Затем переполненный зал, где заняты все сидячие и стоячие места, ждет. Начинать нельзя, так как в дверях творится что-то невообразимое, и тщетные попытки закрыть двери безнадежны. Наконец, несмотря ни на что, выходит ведущий и начинает читать знакомое до единого слова либретто. Началось!»

Ходит шутка, что успех оперы определялся по числу сломанных в зале кресел и что в тот майский день 1961 г., когда в зале находился Нильс Бор и Ландау переводил ему происходящее на сцене, это число перевалило за десяток. На пригласительном билете, врученном Бору, было напечатано: «Ты займешь кусочек кресла лишь ценой больших побед, потому что в зале тесном появился Архимед!» И это вполне соответствовало действительности. Но когда из-за кулис вышел Архимед, кто-то сказал: «Не знаешь, куда смотреть: то ли на сцену, то ли в зал — три великих физика сразу».

«Это остроумно, это замечательно, это что-то необыкновенное...» — заявил Бор после праздника. — Если студенты работают так же, как велелся, я спокоен за завтрашнюю науку».

Прошло немало лет. Двадцатый раз отмечается праздник в этом году, свыше трехсот представлений выдержала опера «Архимед». Коллекция оперы, работающей ныне при Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова под бесценным руководством неутомимого энтузиаста «физического искусства», ученого секретаря отдела института Юрия Гапонова, пополняется сту-



Карнавальное шествие. 1960 г.
Фото А. П. Бажупина.

дентами и выпускниками физфака. Оперу много возили. В Краковский университет, в Ленинград, Таллин, Дубну, на Сахалин, на Воронежскую АЭС, в Ригу, Обнинск, Пушкино, пригласили в Париж... Оперу показывали почти во всех крупных вузах столицы, в концертном зале Института им. Гнесиных, в Центральном Доме литераторов. После просмотра Константин Симонов сказал: «Трех Анд за одного Архимеда».

Есть документальный фильм «Гвоздики нужны влюбленным», рассказывающий о традициях студентов всего мира. Тут и «похоронная процессия» через всю Вену (хоронят конспекты после сессии), и французские студенты, сжигающие карету с такими же отслужившими свою службу тетрадями в дворе Парижского университета, и многое другое. А из студенческих

традиций нашей страны выбрана одна — день рождения Архимеда... Сменялись поколения студентов-физиков, но опера оставалась жить. Многие участники ее первых представлений теперь известные физики, для некоторых опера стала шагом в большое искусство: одна из первых исполнительниц роли Венеры в «Архимеде» Л. Богданова — ныне солистка Большого театра.

Что же это за опера, в чем секрет ее успеха?

Секрет нехитрый. Его знает каждый, кому доводилось погрузиться в атмосферу студенческого капустника.

Но именно поэтому мы оказались в затруднении, когда нас как авторов либретто «Архимеда» (а поскольку музыка заимствована у многих авторов, то, стало быть, и композиторов) попросили отобрать отрывки из оперы для публикации в «Природе». Без сценического действия с греческим хором, Архимедом, таскающим в руке огромный подковообразный магнит, без декораций, изображающих вход на физический факультет, где на пьедесталах памятников Лебедеву и Столетову восседают Марс и Венера (посаженные туда первым режиссером физических опер Степаном Солуяном, теперь профессором), а главное — без музыки (вернее, без, казалось бы, нелепого чередования песенных и оперных мелодий, рождающего комический эффект) пародийный стихотворный текст оперы воспринимается плохо.

Может быть, после нашего рассказа некоторые представления об опере даст «канонический текст» вступлений, которые перед каждым действием читал на авансцене одетый в черное высокий и элегантный Александр Кессених (ныне доктор физико-математических наук) — автор двух предыдущих студенческих опер физфака, «Дубинушки» и «Серого камня».

Рисунки к предлагаемому тексту по просьбе редакции «Природы» нарисовал доктор физико-математических наук В. В. Михайлин, принимавший участие в оформлении первых праздников на физфаке. Итак:



Архимед
О, дайте точку мне опоры...

Архимед

ОПЕРА В ЧЕТЫРЕХ ДЕЙСТВИЯХ, ПЯТИ КАРТИНАХ

Действующие лица

Архимед, древнегреческий ученый.
Боги Марс, Венера, Аполлон.
Бахус, бывший бог, а ныне зам. декана факультета по хозяйственной части.
Божий отпрыск
Жители Сиракуз, певцы, танцоры, халтурщики, филоны — студенты факультета.

Краткое содержание оперы

Первое действие происходит на блистающих высотах Олимпа. Перед зрителем — привычная картина из будничной жизни богов периода упадка античной религии... Пред сонмом богов предстает Архимед. Он уже избрал в душе жизненный путь физика, но требуется соблюсти традиционную формальность и утвердить зачисление Архимеда на Олимпийском совете...

Боги затаили злобу и жаждут уничтожить Архимеда, который, закладывая краеугольный камень физики, грозит не оставить камня на камне от власти богов. Победная, жизнеутверждающая мелодия хора провожает Архимеда на бой за истину.

Во втором действии перед нами Архимед в момент своего творческого расцвета. Уже открыт закон Архимеда и уже основан физфак. Идут приемные экзамены... Появляется Бахус... Как всегда, он навеселе. С готовностью берется Бахус за прием



Боги
Внемлите, боги, второй вопрос
Синклита: родился Архимед!



Архимед
Когда на небе огонь погас,
Все замерло без огня.
И только физик пустился в пляс —
Сменил он пробки и всех потряс,
А также меня...



Сцена из первого действия оперы «Архимед». Венера — Л. Богданова.

Фото С. В. Рылова.



Венера
Какая прелесть есть в молчанье
ночи темной —
С ней реостат сравнится разве
многоомный!

экзаменов и, следуя внушениям богов, принимает на факультет всех без разбора: певцов, танцоров, халтурщиков по протекции и просто халтурщиков. На фоне их жалкого лепета гордо и убедительно звучит продуманный и полный понимания физической сущности явлений хор добросовестных абитуриентов «Архимед в воде лежал». Боги не смогли преградить им путь в науку.

Первая картина третьего действия. Улеченный научной и административной деятельностью, Архимед забыл о студентах...

Как бы очнувшись ото сна, Архимед видит картину развала учебной работы на вверенном ему факультете. Наивный Бахус, не предполагая, какое горе он причиняет Архимеду, выбалтывает правду о жизни студентов. «Зашел я в общежитие», — поет он. Архимед потрясен. Простая печальная мелодия ударной установки раскрывает тоскливое душевное состояние героя. «Декан я или не декан!» — восклицает Архимед и решается на отчаянный шаг — самому пойти в общежитие.

Вторая картина третьего действия происходит в общежитии. Архимед неожиданно столкнулся с житейской прозой. Увы! — он забыл пропуск и тщетно пытается доказать стойким вахтерам, что он — это он...

Соблазненные богами студенты на какую-то минуту теряют человеческий облик. Начинается всеобщая свистопляска. И эту уродливую, чуждую нам картину застает пробившийся сюда, наконец, Архимед.

Трагизм создавшегося положения подчеркивается молчащим оркестром. Но гений Архимеда подсказывает ему смелое решение, и он восклицает: «Эврика! Наука требует труда; мы не можем учить их науке, не научив трудиться!» Итак, принято решение: всех — в Сахару, на строительство римского водопровода!..

Четвертое действие разворачивается под небом знойной Сахары. Архимед вместе с Бахусом последовал сюда, чтобы лично заняться воспитанием студентов. Бодрая, жизнерадостная молодежь песнями встречает трудовой день. Мы видим трогательные и вдохновляющие сцены труда и отдыха студентов. Как всегда в минуты отдыха и приема пищи, студенты вспоминают о том, что близко их сердцу, о физике, беседуют о нерешенных проблемах. Глубоко прочувствованная, богатая в ритмическом отношении мелодия хора «Ах, эта Африка» позволяет слушателю понять, что студенты ничего больше не желают, как вернуться к своим приборам и учебникам. Архимед счастлив — он видит повседневный идейный и моральный рост студентов...

Козни врагов не приносят больше успеха. И тогда они решаются на злодейство. Воспользовавшись кухонным очагом. Венеры, Марс кует антимагнитный меч и замышляет злодейское убийство Архимеда.

В тот момент, когда, углубленный в новую научную проблему, Архимед сидит на скамеечке, Марс коварно нападает на него и наносит герою смертельную рану. Но, умирая, Архимед бросает гордый вызов бесчестным богам. И набегающие студенты подхватывают на руки умирающего героя и его великое дело.

Гремит хор студентов, славящий физику. Правда восторжествовала.

Занавес.

Художник П. Г. АБЕЛИН
Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Корректоры:
Т. М. АФОНИНА, Т. Д. МИРЛИС

Адрес редакции:
117049 Москва, В-49,
Мароновский пер., 26.
Тел. 237-50-30, 237-22-97.

Сдано в набор 29.02.80
Подписано к печати 4.03.80
Т-02587
Формат бумаги 70×100 1/16.
Офсет
Усл.-печ. л. 10,4 Уч.-изд. л. 15,2
Бум. л. 4
Тираж 85 000 экз. Зак. 574

Чеховский полиграфический
комбинат Союзполиграфпрома
Государственного комитета СССР
по делам издательства,
полиграфии и книжной торговли.
г. Чехов, Московской области.



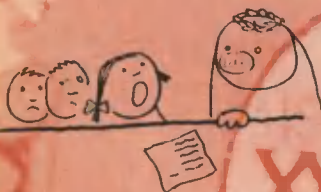
Бахус
Раз возвращаюсь к себе на
физфак.
Вдруг замечаю я: чтой-то
не так!



Архимед
Какой вам пропуск, я — ректор
адедшний!



Аполлон
Я веселый Аполлон —
у меня есть свой закон...



Бахус
Ну-с, что такое идеальная
жидкость!



Архимед
Не трогай моих кругов!



Архимед
Куда, куда, куда все удалились,
И почему вы здесь один!

А кто физпрактикум готовит,
Его мой взор напрасно ловит...



Хор
Архимед в воде лежал и
открытые искал,
И пузырьки пускал в забвенье...



Хор
Будь жив, будь здрав, наш
физфак!

Цена 50 коп.
Индекс 70707

