

ПРИРОДА

2.72



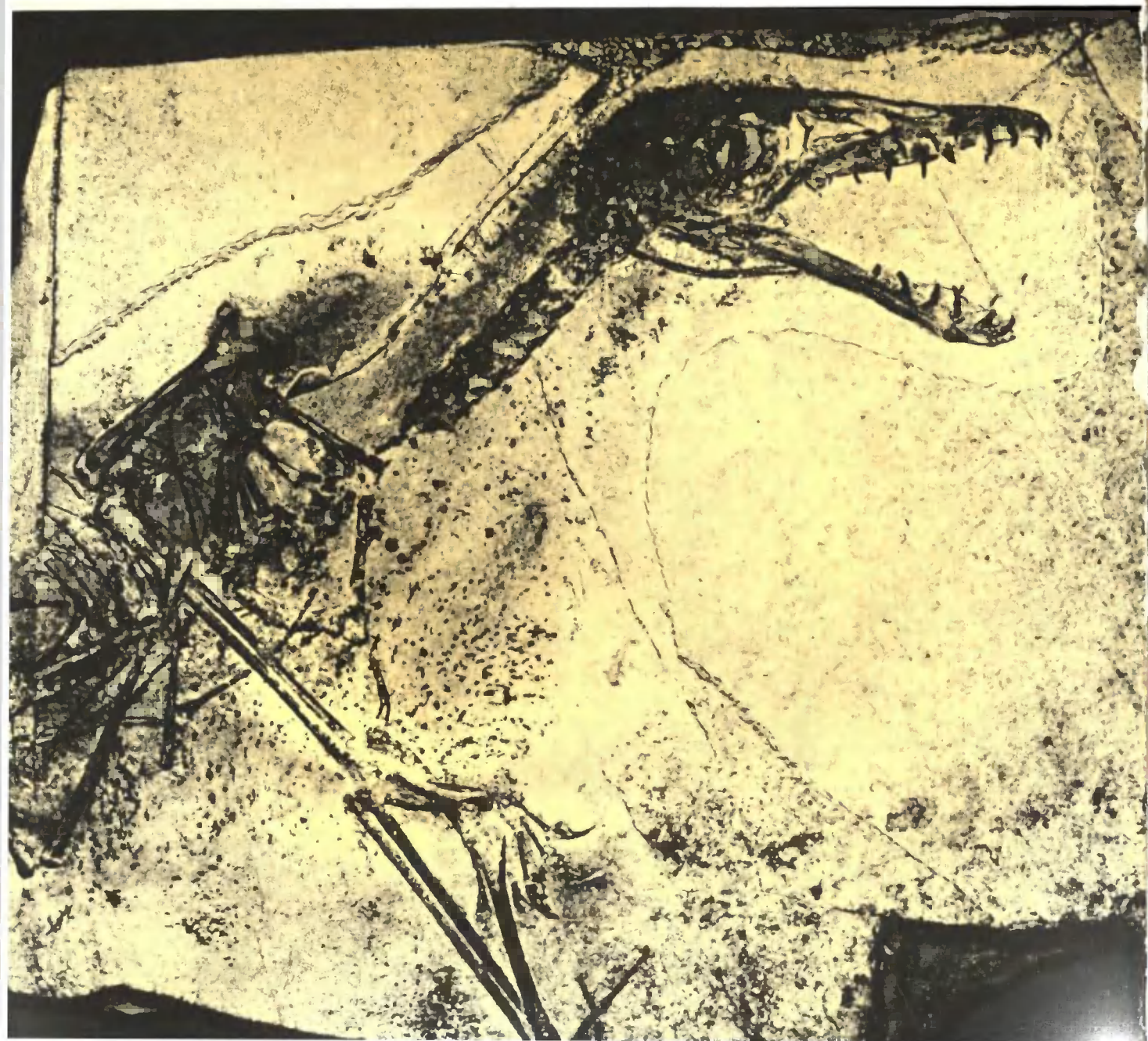
Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

ПРИРОДА

Основан в 1912 году



Издательство
«Наука»
Москва



Главный редактор

академик
Н. Г. БАСОВДоктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВАкадемик
Б. Л. АСТАУРОВДоктор биологических наук
А. Г. БАННИКОВАкадемик
А. И. БЕРГАкадемик
А. П. ВИНОГРАДОВЗам. главного редактора
доктор физико-математических наук
В. М. ГАЛИЦКИЙЧлен-корреспондент АН СССР
Б. Н. ДЕЛОНЕДоктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦААкадемик
Б. М. КЕДРОВАкадемик
И. К. КИКОИНЧлен-корреспондент АН СССР
Н. К. КОЧЕТКОВЧлен-корреспондент АН СССР
В. Л. КРЕТОВИЧДоктор физико-математических наук
Б. В. КУКАРКИНДоктор философских наук
Г. А. КУРСАНОВАкадемик
К. К. МАРКОВДоктор философских наук
Н. Ф. ОВЧИНИКОВОтветственный секретарь
В. М. ПОЛЫНИНЗам. главного редактора
доктор геолого-минералогических наук
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙЗам. главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВРЦОВДоктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯЗам. главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВДоктор биологических наук
К. К. ФЛЕРОВДоктор биологических наук
А. Н. ФОРМОЗОВАкадемик
Г. М. ФРАНКЧлен-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИНАкадемик
Н. В. ЦИЦИНДоктор географических наук
Л. А. ЧУБУКОВАкадемик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРТДоктор биологических наук
А. В. ЯБЛОКОВОформление П. Г. АБЕЛИНА
Художественный редактор Д. И. СКЛЯР
Корректоры: Ю. И. ГЛАЗУНОВА,
Л. А. ЛЕДНИКОВААдрес редакции: Москва, Ж-127,
ул. Осипенко, 52, тел. 231-76-80, 231-71-60
Формат бумаги 84×108/16. Уч.-изд. л. 17,1
Усл. печ. л. 13,44. Бум. л. 4+2 вкл.
Тираж 51 000 экз. Зак. 3125
Подписано в печать 20/II-1972 г. Т-011502-я типография издательства «Наука»
Москва Г-99, Шубинский пер., 10

- 2 Н. А. Хрущов. Экономические основы охраны недр
- 9 Я. Д. Киршенблат. Экологическая эндокринология
- 20 А. С. Девдариани. Прием сигналов из геологического прошлого
- 28 Б. М. Кедров. Идеи прерывности и непрерывности в физике и химии
- 33 Г. Сиборг. Металлоорганические соединения трансуранов
- 40 В. Б. Возжинская. Растительность прибрежной зоны моря
- 46 С. А. Паршенков. Технология и охрана среды
- 52 Я. Я. Рогинский. Можно ли связать строение тела с характером?
- 60 В. А. Фриш. Торейский «эксперимент»
- 67 Группа по изучению жидких кристаллов Университета Орсе. Жидкие кристаллы
- 76 И. Г. Чистяков, Л. К. Вистинь. Симметрия, структура и свойства жидких кристаллов
- 82 Е. М. Ильичева, Ю. Н. Шварева. Когда приходит и уходит зима

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

- 89 В. И. Саврин. Новые результаты на Серпуховском ускорителе
- 92 К. Ф. Елкин. «Мертвые» колонии байбаков
- 94 А. П. Кушлин. Электронно-вычислительная машина «читает» геологические карты
- 96 Г. М. Русанов. Искусственные гнезда для крякв

На первой странице обложки. Микрофотография в поляризованном свете твердых сферокристаллов, выросших из жидкокристаллической фазы холестерилцетата. См. статью И. Г. Чистякова и Л. К. Вистинь «Симметрия, структура и свойства жидких кристаллов», стр. 76.

Фото Б. В. Клищенко

На второй странице обложки. Череп и скелет ящера *Sordes pilosus* Shar., найденный в горах Каратау (Каз.ССР) экспедицией Палеонтологического института АН СССР. См. заметку «Летающий ящер», стр. 109.

Фото А. Г. Шарова

- 98 Е. К. Еськов. Сигналы пчел в процессе роения
- 101 Ч. М. Колесников. Ископаемый жемчуг

НОВОСТИ НАУКИ

КНИГИ

- 114 В. И. Купцов, В. В. Пирожков, В. А. Шейкин. Мыслители прошлого о математике XX века
- 118 Д. В. Лебедев. О наследовании приобретенных признаков в последний раз...
- 120 А. В. Яблоков. Теория эволюции для миллионов
- 121 Н. Н. Локтев. Новый резерв урожайности
- 122 Новые книги

ЗАМЕТКИ, НАБЛЮДЕНИЯ

- 124 Н. Н. Дроздов. Оригинальный способ добывания пищи у вьюрка
- 124 М. С. Адамян, А. А. Абрамян, Г. В. Казарян. Пенопластовые дуплянки для птиц

РЕДАКЦИОННАЯ ПОЧТА

- 126 Существует ли «электронное» испарение воды растениями?
- 127 Почему не может быть возрожден мамонт

В КОНЦЕ НОМЕРА

- 128 Ф. К. Величко. Непризнанный Демзельбен

На четвертой странице обложки. Скопления водорослей: бурых — *Fucus distichus*, *Ascorphyllum nodosum* (сверху и внизу), красных — *Porphyra*, *Lithothamnion* (розовая корка на камне) и зеленых — *Spongomorpha* и *Ulva* («мох», окаймляющий камень). Среди них двенадцатилучевая морская звезда *Crossaster*. См. статью В. Б. Возжинской «Растительность прибрежной зоны моря», стр. 40.

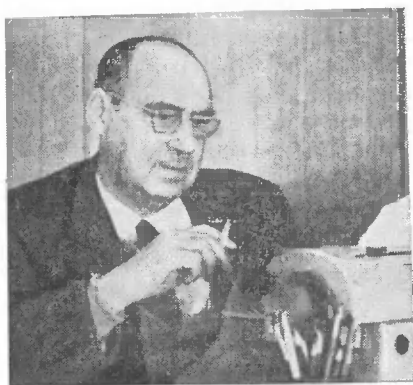
Фото А. А. Рогова

При перепечатке ссылка на журнал «ПРИРОДА» обязательна.

Редакция рукописей не возвращает.

Экономические основы охраны недр

Профессор Н. А. Хрущов



Николай Александрович Хрущов, доктор геолого-минералогических наук, заведующий отделом методики разведки и оценки месторождений твердых полезных ископаемых Всесоюзного института экономики минерального сырья и геологоразведочных работ. Много лет посвятил исследованиям по эксплуатации наиболее крупных молибденовых и вольфрамовых месторождений на Дальнем Востоке, в Забайкалье и на Северном Кавказе. Последние годы работает в области экономики минерального сырья и геологоразведочных работ. Имеет свыше 40 печатных работ, в основном посвященных генетической и промышленной классификации молибденовых месторождений, вопросам их поисков, разведки и оценки.

Небывалый в истории рост выявленных богатств недр в нашей стране и их разработка явились материальным базисом индустриализации советских республик, бывших когда-то отсталыми окраинами царской России. Огромную роль в их развитии сыграло объединение всех республик в единый Союз, пятидесятилетие которого мы отмечаем в этом году. Гигантские масштабы освоения минеральной базы ставят на современном этапе развития народного хозяйства совершенно новые задачи. Автор статьи показывает, что интенсивная эксплуатация месторождений полезных ископаемых заставляет внедрять экономические расчеты во все звенья поисков, разведки и добычи минерального сырья. А это в свою очередь послужит надежным критерием в деле охраны богатств недр.

Проблема охраны окружающей нас естественной среды и правильного использования природных ресурсов становится одной из важнейших проблем современности. В настоящее время во всем мире добыча полезных ископаемых достигает огромных масштабов. И уже одно то обстоятельство, что ресурсы невосполнимы (а темпы добычи продолжают расти), вызывает необходимость предпринимать срочные меры по охране недр. Попробуем показать, что во многом здесь должно помочь установление цен на «даровые богатства», заключенные в земной коре.

Посмотрим сначала, какие изменения произошли в самом характере геологоразведочных работ. Насколько велика разница между тем, как они велись в начале XX в., и тем, что имеет место сейчас, видно хотя бы из беглого сопоставления следующих цифр. В первые годы нашего века в Геологическом Комитете, который был создан в России в 1882 г.¹, рабо-

тало всего 50 геологов, а ассигнования на геологические исследования не превышали 250 тыс. рублей в год. К 1917 г. работами Геологического Комитета — геологическими съемками мелкого масштаба — было заснято всего около 10% территории России, и проведены геологические исследования только в главнейших горно-промышленных районах того времени — на Урале и в Донецком бассейне. По огромной территории Сибири и Дальнего Востока исследования ограничивались геологической съемкой вдоль железнодорожной магистрали и на основных золоторудных площадях. Более значительные работы по поискам и разведке месторождений полезных ископаемых в это время проводились частными владельцами рудников, акционерными компаниями и иностранными концессионерами. Такие скромные работы привели к столь же скромным результатам. В страну, занимающую огромную территорию, на которой еще не были выявлены богатства недр, ввозили уголь и кокс, фосфориты и калийные соли, медь и свинец. Положение резко изменилось только после Октябрь-

¹ В те времена Геологический Комитет состоял из 8 штатных геологов, общий бюджет составлял 35 тыс. руб. в год.

ской революции. Объемы геологоразведочных работ и затраты на них с каждым годом увеличивались. В 1940 г. эти затраты достигли 58 млн руб., в 1950 г. они составили уже 618 млн руб., к 1960 г. достигли 1,5 млрд руб. и в настоящее время общие затраты на геологоразведочные работы в СССР превышают 3 млрд руб. в год.

Что же кроется за этими цифрами? В настоящее время на обширной территории Советского Союза работают свыше 10 тыс. геологоразведочных экспедиций, партий, отрядов, в которых занято до 500 тыс. человек и среди них около 100 тыс. инженеров и техников. На вооружении полумиллионной армии геологов-разведчиков свыше 15 тыс. буровых станков, которыми ежегодно пробуривается свыше 23 тыс. км буровых скважин. Современное горнопроходческое оборудование позволяет проходить в год свыше 500 км подземных выработок. Для определения качества минерального сырья ежегодно отбираются и анализируются десятки миллионов проб. Если ранее геологи были вооружены только горным компасом, лупами и геологическими молотками, то на современном вооружении — новейшие геофизические и геохимические приборы и большое количество автомашин, тракторов, вездеходов, вертолетов и самолетов. В настоящее время геологоразведочные работы из подсобной ветви горнодобывающей промышленности (которой они и остались в большинстве капиталистических стран) превратились в крупную и самостоятельную отрасль промышленности. Основная задача этой отрасли — геологическое изучение территории страны, поиски и разведка полезных ископаемых в недрах. А практические результаты — разведанные запасы минерального сырья для горнодобывающей промышленности и удовлетворения потребностей народного хозяйства всеми видами полезных ископаемых.

Совершенно ясно, что при таком размахе геологоразведочных работ особое значение имеет повышение их экономической эффективности, а главное — рациональное использование разведанных запасов при их добыче и переработке.

Основы процесса геологоразведочных работ

В настоящее время процесс геологоразведочных работ начинается с геологической съемки территории страны. На основе всестороннего изучения горных пород, слагающих поверхность земли, геохимических и геофизических исследований, составляют геологические карты различных масштабов, которые позволяют судить о строении, а также и о составе земной коры. Проверка теоретических представлений о структуре и составе глубин верхней части земной коры производится бурением специальных скважин глубиной в 5—7 км и проектируемых до 10 км. Анализ формирования земной коры и отдельных ее регионов (с применением многочисленных ветвей геологических и смежных наук) позволяет научно обосновать, в каких участках земной коры и на каких ее глубинах наиболее вероятно залегание тех или иных видов полезных ископаемых.

Например, установлено, что наиболее богатые и крупные месторождения железных руд приурочены к древнейшим породам докембрийского времени (образовавшимся свыше миллиарда лет назад). Максимальные скопления каменных углей связаны с песчано-сланцевыми отложениями лагун в основном каменноугольного периода (250 млн лет назад). Отложения натриевых и калиевых солей обычно приурочены к породам пермского и триасового возраста (160 млн лет), когда на больших территориях преобладал засушливый климат. Месторождения алмазов во всем мире находятся в весьма своеобразных глубинных магматических породах — кимберлитах. Месторождения платины, хрома и никеля всегда образуются вблизи породивших их ультраосновных пород типа перидотитов, пироксенитов и траппов, бедных кремнекислотой. В отличие от них месторождения олова, вольфрама, молибдена всегда приурочены к интрузивным породам кислого состава.

Но необходимо иметь в виду, что обычная форма нахождения всех элементов в земной коре — рассеянная.

Например, железо и алюминий присутствуют практически во всех горных породах. Но их концентрации промышленного значения образуются значительно реже и только при благоприятном сочетании многочисленных рудоконтролирующих факторов, которые способствуют этой концентрации. Чтобы выявить такие участки в местах, перспективных по всем показателям, составляются детальные геологические карты, ведется геохимическое и геофизическое изучение участков, они вскрываются канавами, шурфами и разбуриваются. Полученный материал позволяет составлять вертикальные разрезы до глубин технически возможной добычи минерального сырья. Вероятные места залегания полезных ископаемых проверяются бурением поисковых скважин глубиной до первых сотен метров для большинства месторождений твердых полезных ископаемых и до 3—7 км — для поисков нефти и газа.

Однако подобные поисковые работы далеко не всегда приводят к открытию промышленных скоплений минерального сырья в недрах. Большая часть выявленных проявлений отбраковывается, как явно не имеющая практического значения (или из-за малого количества, или из-за неудовлетворительного качества или труднодоступности залежей, связанной с особенностями их залегания). Только на лучших из обнаруженных скоплений проводится предварительная разведка, в процессе которой буровыми скважинами и горными выработками проверяется, достаточно ли здесь полезного ископаемого и пригодно ли его качество для промышленного использования.

В результате часть месторождений вновь отбраковывается, а оставшиеся оцениваются положительно. Для них уже проводятся детальные разведочные работы. Определяются границы распространения тел минерального сырья, глубины их залегания, общее количество его в недрах, качество полезного ископаемого, его технологические свойства. По результатам детальной разведки определяют, что разработка исследуемого месторождения технически возможна, экономически целесообразна и что затраты на строительство горнодобывающего

предприятия (достигающие для крупных месторождений сотен миллионов рублей) окупятся прибылями от эксплуатации за нормативный срок (обычно 6—7 лет).

Для детально разведанных месторождений утверждаются запасы Государственной комиссией по запасам при Совете Министров СССР и, наконец, месторождения передаются промышленным организациям, которые строят горнодобывающие предприятия, и уже ведут его эксплуатацию.

Нетрудно заметить, что геологоразведочные работы — это весьма длительный, сложный и, главное, дорогостоящий процесс.

Стоимость разведки полезных ископаемых в недрах весьма различна. Она составляет копейки для разведки 1 т общераспространенных видов минерального сырья (уголь, соли, железные руды) и менее 1% от их себестоимости при добыче. Для цветных и редких металлов эта стоимость разведки единицы запасов в недрах повышается уже до десятков и сотен рублей, составляя 5—10% от себестоимости получения этих металлов из недр. Для некоторых же видов минерального сырья, особо дефицитных или образующих весьма сложные или глубоко залегающие месторождения, стоимость разведки достигает 25—30% от стоимости самого полезного ископаемого.

Основные результаты и эффективность геологоразведочных работ

В грубом приближении можно определить, что за последние 40 лет затраты на геологоразведочные работы по СССР в целом составили, примерно 30 млрд руб. Какую же пользу государству принесли эти крупные затраты и с какой экономической эффективностью работает в настоящее время полумиллионная армия геологов? К сожалению, точно ответить на этот вопрос пока невозможно, так как еще не разработаны общепринятые показатели экономической эффективности геологоразведочных работ. Однако по некоторым косвенным показателям все же можно оп-

ределить их суммарную экономическую эффективность.

Прежде всего следует отметить, что в результате геологоразведочных работ, проведенных за последние 40 лет, наша страна не только обеспечена всеми видами минерального сырья, но и многие из них может экспортировать.

Для сравнения отметим, что и в США запасы полезных ископаемых далеко не так велики и разнообразны. По данным Ф. Фриденсбурга¹, из ведущих видов минерального сырья в США только 8 полностью обеспечены собственной сырьевой базой (это нефть, газ, уголь, медные и молибденовые руды, сера, фосфатное сырье и калийные соли). Железные и вольфрамовые руды США принуждены импортировать на 25% своей потребности, а по свинцу, цинку, никелю, кобальту, бокситам, урану и асбесту импортируется от 50 до 90% их потребности. Что же касается таких полезных ископаемых, как олово, марганец, хром и алмазы, то в США сырьевая их база практически отсутствует.

Но вернемся к экономическим показателям. Суммарная стоимость продукции горнодобывающей промышленности России в 1913 г. по среднемировым ценам 1952 г. определялась всего в 0,5 млрд долларов, что составляло 4,5% от мировой продукции, в 2—3 раза меньше, чем в Англии и Германии, и в 9 раз меньше, чем в США. В настоящее время в СССР добывается 17—20% от мировой стоимости добываемого минерального сырья, в 9 раз больше, чем в Англии и ФРГ, и с 1938 г. СССР прочно занимает второе место в мире по стоимости добытого минерального сырья, уступая только США. Если до 1913 г. стоимость добытого минерального сырья в России составляла всего 12% от этой стоимости в США, то уже в 1962 г. этот процент повысился до 71, а в настоящее время он еще выше. Другими словами, затраты на геологоразведочные работы в 30 млрд руб. явились той материальной базой, которые позво-

лили превратить нашу страну из отсталой аграрной в передовую индустриальную державу.

Далее. Исходя из оптовых цен на минеральное сырье, утвержденных в 1967 г., за истекшие 40 лет из разведанных запасов добыто минерального сырья на сумму, превышающую 150 млрд рублей, и из разведанных запасов (оставшихся в недрах) может быть еще добыто минерального сырья не менее чем на 350 млрд руб., т. е. в сумме при затратах на разведку полезных ископаемых 30 млрд руб. страна может добыть из разведанных запасов минерального сырья на сумму порядка 500 млрд руб. Иначе говоря, каждый рубль затрат на разведку дает прирост разведанных запасов, из которых можно добыть полезных ископаемых на 17 руб. и получить при этом значительную прибыль.

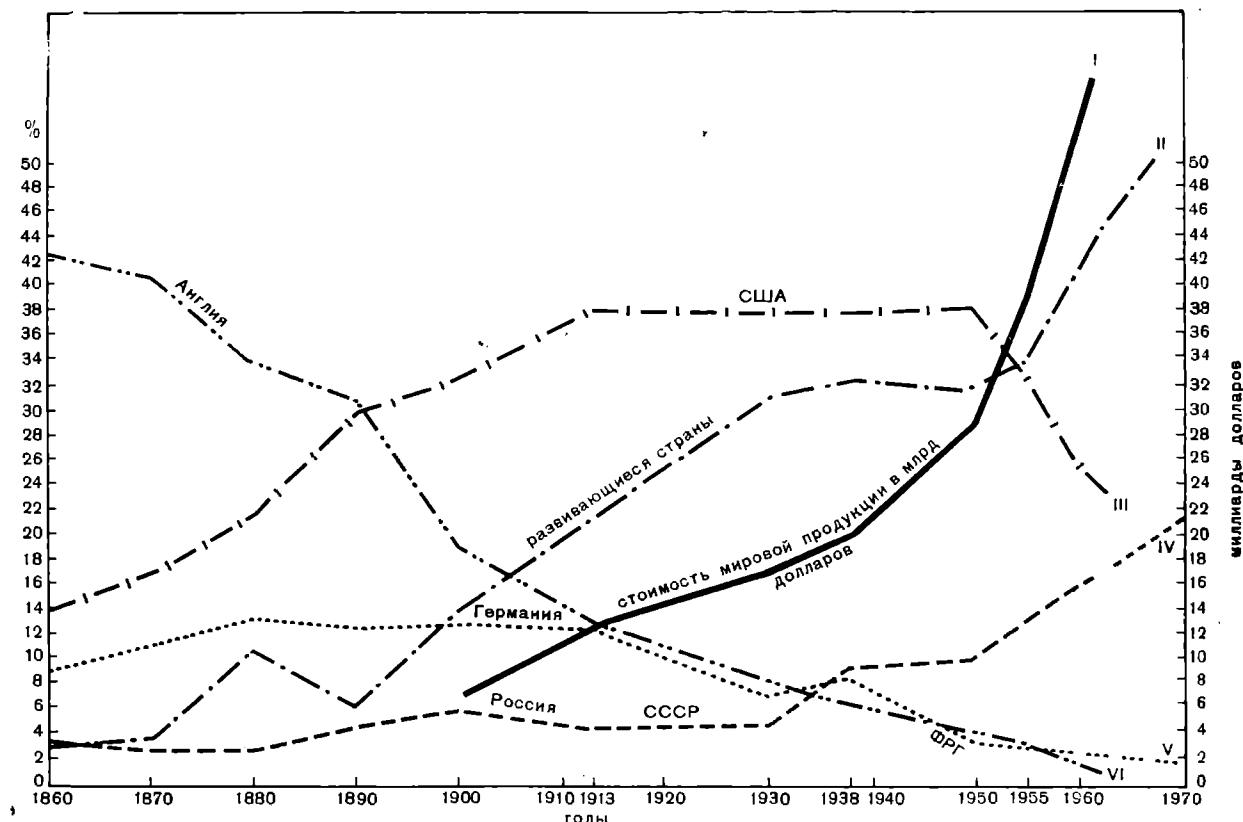
И, наконец, последнее. Более 50% от всех затрат на геологоразведочные работы направлены на поиски и разведку нефти и природного газа, что привело к открытию крупнейших месторождений, промышленное освоение которых позволило резко изменить структуру топливно-энергетического баланса страны. Вот как выглядит изменение структуры топливно-энергетического баланса в СССР в процентах от общего потребления по Н. А. Быховеру (1969):

Виды топлива	1950 г.	1960 г.	1970 г.
Уголь	65,3	52,1	33,3
Нефть	17,2	29,5	38,5
Газ природный	2,3	7,6	25,1
Прочие виды, сланцы, торф, дрова	14,2	10,8	3,1

Такое изменение структуры топливно-энергетического баланса и рост доли нефти и газа за последние 10 лет с 37,1 до 63,6% привело к весьма значительной экономии во всех отраслях народного хозяйства, и сумма этой экономии во много раз превышает все затраты на геологоразведочные работы.

Все эти примеры только в общем виде показывают, что результаты геологоразведочных работ приносят большую пользу государству и позволяют развивать все отрасли горнодобывающей промышленности для

¹ Ф. Фриденсбург. Развитие горной промышленности мира за последние 100 лет. «Глюкауф», 1955, № 1.



I — кривая роста стоимости мировой продукции минерального сырья в миллиардах долларов (среднемировые цены 1956 г.). II—VI — кривые стоимостей продукции горнодобывающей промышленности в разных странах (в % к мировой добыче).

удовлетворения все возрастающей потребности народного хозяйства во всех видах минерального сырья. Но все это только косвенные и общие показатели. Необходима же разработка прямых стоимостных показателей экономической эффективности геологоразведочных работ.

Разведанные запасы

Потенциальная ценность разведанных запасов всех видов минерального сырья в недрах СССР определяется многими сотнями миллиардов рублей, а потому рациональное использование этого богатства имеет огромное общегосударственное значение. Анализ же фактического положения показывает, что потери полезных ископаемых при их добыче и переработке за последние 15 лет не только не сокращаются, но даже увеличиваются.

Вот несколько характерных примеров.

В 1968 г. при общей добыче твердых полезных ископаемых в стране свыше 1,5 млрд т (без строительных материалов) общие потери составили около 500 млн т. Принимая сверхнормативные, экономически не оправданные потери равными $\frac{1}{4}$ общих потерь и среднюю ценность 1 т потерянного полезного ископаемого не менее 10 руб., ежегодный экономический ущерб народному хозяйству от потерь этих полезных ископаемых исчисляется цифрой порядка 1,5 млрд руб.¹ А ведь эта цифра еще не учитывает огромных сверхнормативных

потерь нефти и природного газа, извлечение которых из недр составляет всего 30—40% от общего их количества в разведанных запасах.

Потери каменного угля при добыче в среднем составляют около 25%, достигая даже для наиболее ценных коксующихся углей на отдельных шахтах 44%. При подземной разработке рудных месторождений в недрах остается до 25% черных, цветных и редких металлов, а потери калийных солей достигают даже 60%.

Сложное залегание большей части полезных ископаемых в недрах предопределяет невозможность их добычи без потерь. Но если применять более рациональные способы добычи, можно резко сократить эти потери. Оценим в грубом приближении общую стоимость всех добываемых в СССР за год важнейших видов минерального сырья цифрой порядка 20 млрд руб., тогда сокращение по-

¹ М. И. Агошков. Техико-экономическая оценка полноты и качества извлечения при добыче твердых полезных ископаемых. В кн.: Проблемы рационального использования минеральных ресурсов СССР. М., 1969.

терь только на 1% даст годовую экономию около 200 млн руб. Исходя из расчетов М. И. Агошкова, при рациональном подходе к эксплуатации месторождений можно добиться снижения потерь не на 1—2%, а на 5—10%, что соответственно может увеличить дополнительную добычу полезных ископаемых из недр на сумму свыше 1 млрд руб. в год.

Уже давно разрабатываются методы определения потерь, устанавливаются технологические нормы потерь для различных видов минерального сырья и способов их добычи. Для предприятий и лиц, допускающих сверхнормативные потери, применяются административные взыскания. Но практика показывает, что таких мер недостаточно, поскольку потери полезных ископаемых продолжают расти.

С нашей точки зрения, единственная действенная мера борьбы за рациональное выявление и использование богатств недр — это быстрее внедрение хозяйственного расчета во всех звеньях разведки, добычи и переработки минерального сырья.

Пока нет такого хозяйственного расчета, геологическим организациям «выгодно» как можно дешевле разведать месторождение, вне зависимости от его качества и рентабельности разработки. А горнодобывающим предприятиям «выгодно» как можно дешевле добыть и переработать извлеченное из недр полезное ископаемое, вне зависимости от его потерь. Разумеется, новая техника, применяемая в горнодобывающей промышленности, облегчает труд человека, снижает себестоимость добычных работ, но в то же время приводит к увеличению потерь минерального сырья при добыче, а при экономических расчетах это во внимание не принимается. Вот и получается, что «выгода» геологических и промышленных предприятий далеко не всегда совпадает с эффективным выявлением и рациональным использованием недр и общим экономическим эффектом в народном хозяйстве.

Основной причиной такого разрыва интересов геологоразведочных и горнодобывающих предприятий с интересами народного хозяйства в целом служит отсутствие экономической

(денежной) оценки разведанных запасов минерального сырья в недрах. Эти запасы, на выявление и разведку которых затрачено свыше 30 млрд руб. (из них государство может получить товарную продукцию из минерального сырья на сумму порядка 500 млрд руб), не имеют денежной оценки и передаются промышленности безвозмездно. В этом — основная причина роста потерь полезных ископаемых при их добыче. Ведь главной заботой коллективов горнодобывающих предприятий является снижение себестоимости добытого сырья, без учета экономического ущерба от сверхнормативных потерь разведанных и подготовленных к добыче запасов минерального сырья в недрах, получаемых ими бесплатно.

Экономическая (денежная) оценка

Вопрос денежной оценки природных богатств весьма сложен. Вокруг него в нашей стране уже десяток лет ведутся научные дискуссии, в основном касающиеся оценки земельных угодий, леса, воды, а совсем недавно заговорили и об оценке полезных ископаемых в недрах¹. Подводя итоги одной дискуссии, Т. С. Хачатуров пишет: «Применение экономической оценки природных ресурсов в экономических расчетах окажет большое влияние на правильность решений при выборе вариантов. Экономическая оценка земли будет способствовать принятию более экономичных решений при проектировании гидростанций, заставит ограничить затопление земли... При постройке шахт, карьеров станет невыгодным занимать большие площади под стволы. Под промышленное строительство будут отводиться преимущественно неудобные земли... Экономическая оценка залежей ископаемого сырья имеет много общего с экономической оценкой земли, и в ее основе лежат различия в уровне производительности труда, обусловленные качеством и расположением полезных ископаемых»².

Но, к сожалению, еще и в настоящее время не изжита точка зрения,

что богатства недр существовали извечно и что труд геолога-разведчика не создает этих богатств, а получает только информацию о них. Поэтому и считалось, что результаты геологоразведочных работ не создают материальных ценностей, а следовательно, эти работы не должны относиться к сфере материального производства. Такая в корне неверная точка зрения, как с теоретических (стоимостная оценка по затратам труда), так и с практических позиций приводит к невозможности определения народнохозяйственной экономической эффективности деятельности полумиллионной армии геологоразведчиков и, главное, к нерациональному использованию богатств наших недр.

Концентрации полезных ископаемых в недрах Земли действительно существовали миллиарды лет. Но пока мы не узнаем, где лежат эти богатства, сколько их и какого они качества, эти концентрации являются «вещью в себе». Чтобы превратить их в «вещи для нас», надо вложить огромный научный и физический труд. Десятки крупных научно-исследовательских институтов решают проблемы условий образования и закономерности размещения месторождений полезных ископаемых.

Армия геологоразведчиков, оснащенная современной техникой, затрачивает свыше 3 млрд руб в год, промышленность же получает бесплатно десятки и сотни месторождений для добычи. Для некоторых видов минерального сырья затраты труда геологов составляют иногда до 25—50% от общих затрат по получению из минерального сырья товарной продукции (руды, концентрата, минерала, металла). Вот и получается, что игнорирование средств и труда геолога искажает истинную себестоимость получения той или иной продукции и ни в какой мере не способствует бережному отношению к недрам со стороны промышленных организаций.

Частично это положение было исправлено при установлении новых государственных оптовых цен в 1967 г., когда в себестоимости продукции и в ценах на минеральное сырье стали учитывать часть затрат на геологоразведочные работы. Однако такая мера привела к далеко неполному учету

¹ «Вопросы экономики», 1969, № 1.

² Там же, стр. 68.

затрат на разведку в себестоимости.

О необходимости стоимостной оценки минерального сырья в недрах пишет и старейший экономист нашей страны С. Г. Струмилин: «К числу даровых благ природы относят и все ископаемые рудные и нерудные богатства до тех пор, пока они покоятся в недрах. На этом основании все поисковые геологические работы по разведке полезных ископаемых месторождений не включаются в нашей практике ни в основные фонды добывающей промышленности, ни в издержки производства уже добытых руд, угля, нефти и природных газов. А это несомненная ошибка, и немалая. Даровыми ископаемыми богатства остаются только до тех пор, пока мы о них ничего не знаем. Но уже первая поисковая разведка о том, где они лежат, сколько их и какого они качества — это уже первый трудовой вклад в их общественную стоимость, игнорировать который совершенно непозволительно, независимо от результатов поиска»¹.

Цена разведанных запасов

В настоящее время большая часть геологов, горняков и экономистов пришла к выводу о необходимости стоимостной оценки минерального сырья, т. е. разработки цен на запасы в недрах. Эти цены должны быть использованы не для купли-продажи месторождений, как в капиталистических странах, а должны служить действенным рычагом повышения рациональности использования недр (экономические расчеты по ущербу от потери минерального сырья при добыче) и измерителем экономической эффективности геологоразведочных работ.

Цена разведанных запасов должна состоять из двух ее составляющих частей. В первой части должны быть отражены общественно необходимые затраты по воспроизводству этих запасов. Во второй же части должна быть величина, отражающая качество запасов, которую, с экономической точки зрения, следует определять

расчетной прибылью от разработки этих запасов.

Общественно необходимые затраты на разведку единицы запасов каждого вида минерального сырья могут быть определены статистической обработкой учета затрат на поиски и разведку месторождений этих видов полезных ископаемых и отношением этих затрат к количеству разведанных запасов в месторождениях промышленного значения.

Вторая составляющая часть цены запасов — расчетная прибыль, которая может быть получена в результате разработки месторождения, всегда определяется при промышленной оценке месторождений. Но эта прибыль возникает не только за счет труда и средств на разведку месторождения, но и за счет капиталовложений в его промышленное освоение, а также труда по добыче и переработке минерального сырья до получения товарной продукции. Вот здесь и возникает спорный вопрос: какая же часть этой расчетной прибыли должна быть отнесена за счет разведки и какая — за счет эксплуатации месторождения. В литературе имеются диаметрально противоположные предложения по этому вопросу. Одни считают, что вся прибыль от эксплуатации месторождения, как дифференциальная рента, должна быть отнесена за счет труда геолога-разведчика¹. Ф. Штамбергер (ГДР) относит прибыль только за счет труда коллектива горнодобывающих предприятий. Нам представляется более правильным делить расчетную прибыль от разработки месторождений между геологоразведочной и горнодобывающей отраслями пропорционально капиталовложениям в разведку и промышленное освоение месторождения. В этом случае формула цены разведанных запасов будет иметь следующее выражение:

$$Цз = ОНЗР + А \times Пр \times Кв$$

где Цз — цена единицы (в рублях), разведанных запасов минерального сырья в недрах; ОНЗР — общественно необходимые затраты (в рублях)

на разведку этой единицы запасов. А — доля затрат на разведку в общих капиталовложениях на разведку и промышленное освоение месторождения, в долях единицы (в среднем для всей отрасли данного вида минерального сырья); Пр — расчетная прибыль (в рублях), возникающая при разработке 1 г сырья, и Кв — коэффициент фактора времени, учитывающий разрыв во времени между затратами на разведку и получением прибылей от эксплуатации.

При применении таких цен на минеральное сырье в недрах (кстати, они должны быть также дифференцированы по степени детальности проведенных геологоразведочных работ), геологам будет выгодно искать и разведывать месторождения с наиболее богатыми рудами, расположенные в благоприятных географо-экономических условиях и обладающие хорошими горнотехническими условиями разработки. Горнодобывающим предприятиям необходимо будет сопоставлять экономическую эффективность от снижения себестоимости добычи, при внедрении иных систем разработки, с экономическим ущербом от дополнительных потерь полезных ископаемых. Чем выше будет качество разведанных запасов, переданных в промышленное освоение, тем выше будет их цена и тем больше внимания горнодобывающими предприятиями должно быть обращено на возможное снижение потерь полезного ископаемого (иногда даже за счет удорожания себестоимости его добычи и переработки).

Таким образом, применение предлагаемой цены разведанных запасов в расчетах экономической эффективности работы как геологоразведочных, так и горнодобывающих предприятий приведет к тому, что выгода этих предприятий и их коллективов будет всегда совпадать с выгодой для народного хозяйства в целом. А это должно привести к повышению экономической эффективности геологоразведочных работ и сокращению сверхнормативных потерь полезных ископаемых при их добыче.

Вот несколько упрощенных примеров, которые наглядно покажут, к каким результатам приведет применение цен на разведанные запасы, ос-

¹ С. Г. Струмилин. О цене даровых благ природы. «Вопросы экономики», 1967, № 8, стр. 68—69.

¹ К. Л. Пожарицкий. Критерии экономической эффективности геологоразведочных работ и их роль в хозяйстве. «Советская геология», 1970, № 2.

нованное на предлагаемом принципе. Предположим, что фактические затраты на поиски и разведку месторождений какого-либо металла по стране в целом за предыдущие 10—15 лет составили 550 млн руб. Анализ этих затрат показал, что порядка 10% из них было затрачено неэффективно, что их можно было избежать, а потому общественно необходимые затраты принимаем равными 500 млн руб. В результате проведенных работ общий прирост разведанных запасов этого металла составил 12 млн т в месторождениях промышленного значения, из которых может быть извлечено в товарную продукцию (концентрат или готовый металл) 10 млн т. Принимая эти цифры, определяем первую составляющую величину цены разведанных запасов — 50 руб. (500:10). Предположим также, что металл в товарной продукции имеет цену 500 руб. за 1 т, а среднеотраслевая себестоимость получения этого металла из разведанных месторождений рассчитана в 400 руб., т. е. при реализации товарной продукции из каждой тонны будет получена прибыль в 100 руб. (Пр нашей формулы). Капиталовложения в промышленное освоение разведанных месторождений по расчету определены в 200 руб. на 1 т извлекаемого из недр металла, а вместе с затратами на разведку — 250 руб., затраты на разведку от этой суммы составляют 20%, т. е. коэффициент А в формуле в данном примере равен 0,2. Опуская для простоты расчета применение коэффициента фактора времени и подставляя полученные в примеры величины в формулу, получаем:

$$\text{Ца } 50 + 0,2 \times 100 = 70 \text{ руб.}$$

Это — среднеотраслевая цена 1 т извлекаемой части разведанного металла в недрах, при которой геологоразведочные предприятия на каждый рубль затрат на разведку будут получать стоимость продукции на 1 руб. 40 коп.

Предположим теперь, что при тех же среднеотраслевых затратах на разведку будет разведано более бедное месторождение, которое при его разработке обеспечит прибыль в 2 раза меньшую, чем в среднем по

отрасли, т. е. не 100 руб., а всего 50 руб. В этом случае на 1 руб. затрат на разведку будет получено всего 1 руб. 20 коп. стоимости продукции. Если же будет разведано месторождение более богатое, чем в среднем по отрасли, с каждой тонны полезного ископаемого которого прибыль составит 200 руб., то на рубль затрат на разведку будет получено продукции на 1 руб. 80 коп. На разведку более богатого месторождения или расположенного в более благоприятных условиях вместо 50 руб. можно затратить 65 руб. и получить среднеотраслевую прибыль.

Приведенный пример показывает, что применение такой цены на разведанные запасы позволяет правильно оценить экономическую эффективность затрат на геологоразведочные работы и, следовательно, «выгода» геологических организаций и их коллективов будет совпадать и с выгодой государства.

Воспользуемся этим же примером и попробуем показать, как установление цены на разведанные запасы сказывается на оценке экономического ущерба от сверхнормативных потерь разведанных запасов при их добыче.

Предположим, что горнодобывающему предприятию передано рудное месторождение, цена на металл в недрах которого определена также в 70 руб., а его себестоимость в добытой руде — 400 руб.

Предприятие разработало новую систему добычи руды, при которой себестоимость металла в добытой руде снижается на 3%, но эта система разработки одновременно приводит к увеличению потерь, против нормативных на 5%. При годовой производительности в 10 тыс. т металла в руде экономия от внедрения новой системы разработки определяется

$$\frac{10\,000 \times 400 \times 3}{100} = 120 \text{ тыс. руб.}$$

Потери в недрах возрастут на 500 т, т. е. экономический ущерб от потерь разведанных запасов (без учета затрат на подготовку запасов к добыче) составит 35 тыс. руб. и внедрение новой системы разработки рационально.

Если же разрабатывается месторождение с более ценным полезным

ископаемым, цена на разведанные запасы которого не 70 руб., а, предположим, 300 руб., то внедрение новой системы отработки уже экономически нецелесообразно, так как экономия от ее внедрения составит те же 120 тыс. руб., а экономический ущерб от потерь — 150 тыс. руб., и, таким образом, превысит экономию. Совершенно очевидно, что применение рекомендуемых цен на разведанные запасы создаст стимул для более рационального использования этих запасов и сокращения их потерь, и чем ценнее разрабатываемое полезное ископаемое, тем больше должна быть борьба за сокращение потерь.

Итак, чтобы повысить экономическую эффективность геологоразведочных работ, а главное, разумнее использовать и эффективнее охранять минеральные ресурсы в недрах, необходимо признать, что так называемые «даровые блага природы» должны иметь определенную цену.

УДК 553

Рекомендуемая литература

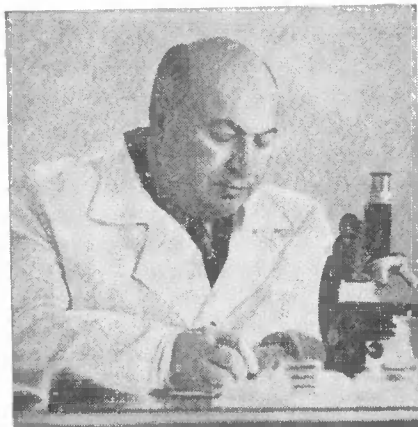
Л. П. Кобахидзе. О ЦЕНЕ РАЗВЕДАННЫХ ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В НЕДРАХ. Советская геология, 1970, № 2.

К. Л. Пожарицкий. КРИТЕРИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ И ИХ РОЛЬ В ХОЗРАСЧЕТЕ. Советская геология, 1968, № 12.

Н. А. Хрущов. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАТРАТ НА ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ И ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЦЕНЫ РАЗВЕДАННЫХ ЗАПАСОВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В НЕДРАХ. Советская геология, 1967, № 8.

Экологическая эндокринология

Профессор Я. Д. Киршенблат



Яков Давидович Киршенблат, доктор биологических наук, заведующий кафедрой нормальной физиологии Черновицкого медицинского института. Ученик В. А. Догеля. Занимался зоологией, паразитологией, энтомологией. Изучает физиологию желез внутренней секреции и роль гормонов в регуляции функций организма. Автор монографий: Закономерности динамики паразитофауны мышевидных грызунов (Л., 1938); Общая эндокринология (М., 1965); Телергоны — химические средства воздействия на животных (М., 1968).

Эндокринология — наука о железах внутренней секреции и вырабатываемых ими гормонах. Ее значение для медицины и ряда областей народного хозяйства (животноводства, рыбоводства) несомненно. Многие вопросы эндокринологии тесно связаны с важнейшими проблемами общей биологии. Поэтому эндокринология уже давно привлекла к себе внимание ученых многих специальностей. Эндокринологические исследования в нашей стране и за рубежом ведутся широким фронтом во многих научных учреждениях с помощью разнообразных морфологических, физиологических, физико-химических, биохимических и других методов.

Экологический подход к регуляции функций организма

Изучение строения и жизнедеятельности организма немислимо без учета его конкретных взаимоотношений с окружающей средой. Экологический подход широко применяется в разных областях биологических наук и оказывается особенно плодотворным в тех случаях, когда сочетается с применением точных экспериментальных методов. Он позволяет установить зависимость морфологических и функциональных изменений организма от определенного комплекса условий окружающей среды, вскрыть пути и механизмы приспособления (адаптации) к этим условиям и на основании установленных закономерностей — найти возможности целенаправленных воздействий на организм с целью повышения его устойчивости к неблагоприятным факторам или повышения его продуктивности в жела-

емом направлении, что особенно важно в отношении сельскохозяйственных животных.

Изменения строения, функций и поведения животных, вызванные действием на них различных факторов окружающей среды, подробно описываются морфологами, физиологами, экологами и этологами. При этом изучается влияние как абиотических (свет, температура, влажность воздуха, соленость воды и др.), так и биотических факторов (растительность, пища, специфические сексуальные раздражители и др.). Однако физиологические механизмы, благодаря которым происходят эти изменения, выяснены еще очень мало. До последнего времени исследователи главным образом выясняли роль нервной системы в механизмах физиологической адаптации животных и человека к условиям окружающей среды. Благодаря работам Л. А. Орбели, Х. С. Коштойнца, Д. А. Бирюкова, П. К. Анохина, А. Д. Слонима, их сотрудников и учеников создано особое направление — экологическая физиология нервной деятельности¹. Представители этого направления изучают нервные механизмы физиологической адаптации животных и человека к разнообразным природным условиям

¹ Л. А. Орбели. Избранные труды, т. I, Вопросы эволюционной физиологии. М., Изд-во АН СССР, 1961; Х. С. Коштойнец. Основы сравнительной физиологии. т. I, М., Изд-во АН СССР, 1950; Д. А. Бирюков. Экологическая физиология нервной деятельности. Л., Медгиз, 1960; П. К. Анохин. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М., «Медицина», 1968; А. Д. Слоним. Экологическая физиология животных. М., «Высшая школа», 1971.

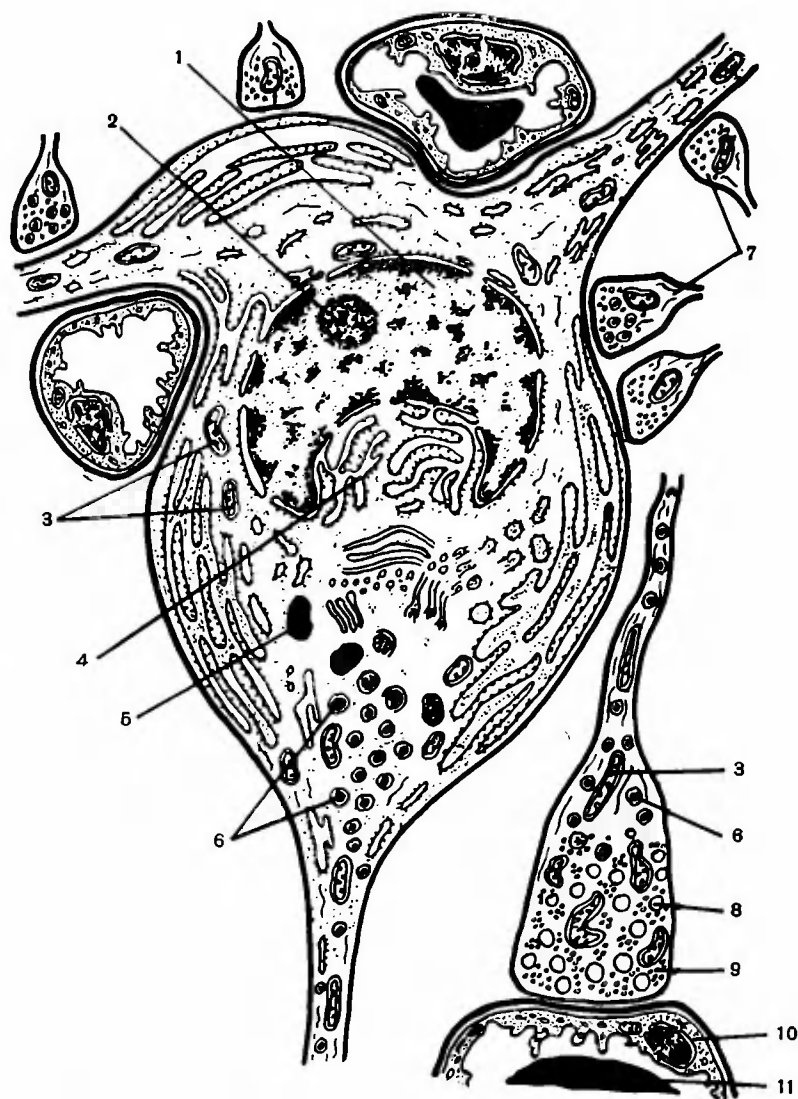


Рис. 1. Схема строения нейросекреторной клетки гипоталамуса и окончания ее аксона, контактирующего с кровеносным капилляром (по Поленову). 1 — ядро; 2 — ядрышко; 3 — митохондрии; 4 — эндоплазматическая сеть; 5 — лизосомоподобные крупные гранулы; 6 — «зрелые» гранулы нейросекрета; 7 — синаптические бляшки; 8 — «остаточные» нейросекреторные гранулы; 9 — синаптические пузырьки; 10 — стенка кровеносного капилляра; 11 — эритроцит.

их обитания, а также к чрезвычайным, экстремальным (крайним) условиям существования.

Эндокринным факторам, участвующим в осуществлении адаптивных реакций организма на изменения условий окружающей среды, физиологи и экологи до сих пор уделяли значительно меньше внимания.

Между тем изменения функций эндокринных желез и связанные с ними

изменения содержания гормонов в крови служат необходимыми звеньями во многих рефлекторных реакциях организма на раздражения разных экстеро- и интероцепторов.

Связь гипоталамуса и гипофиза

При действии адекватных раздражителей в рецепторах возникает возбуждение, которое по центростреми-

тельным (афферентным) волокнам передается в центральную нервную систему и через ряд вставочных нейронов может достигать гипоталамической области промежуточного мозга. Нервные клетки определенных ядер этой области мозга, обычно называемой гипоталамусом, обладают способностью к нейросекреции¹. Наряду со способностью возбуждаться и проводить возбуждение, они образуют зерна или капли нейросекрета, содержащие физиологически активные вещества, которые увлекаются из центральной части клетки током цитоплазмы в ее длинный отросток (аксон) и достигают его окончаний (рис. 1). В нервных окончаниях нейросекреты могут накапливаться и при возбуждении выводиться в окружающую ткань. Окончания аксонов большинства нейросекреторных клеток находятся в тесном контакте со стенками кровеносных сосудов, благодаря чему нейросекрет легко попадает в кровь. Задняя доля гипофиза содержит множество расширенных окончаний аксонов нейросекреторных клеток. В них накапливаются вазопрессин и окситоцин — гормоны, образующиеся путем нейросекреции в супраоптических и паравентрикулярных ядрах гипоталамуса и выводимые в кровь в задней доле гипофиза при поступлении импульсов возбуждения с определенных рецепторов.

Гипоталамус и передняя доля гипофиза имеют общую систему кровеносных сосудов. Эта гипоталамическо-гипофизарная воротная система характеризуется наличием двух сетей синусоидно расширенных капилляров (рис. 2). Сначала кровь попадает в первую сеть сосудов в области срединного возвышения серого бугра и воронки, где в кровь выводятся нейросекреты из окончаний аксонов нейросекреторных клеток гипоталамуса. Затем через отводящие сосуды кровь попадает во вторую сеть капилляров, находящуюся в передней доле гипофиза, где содержащиеся в крови гипоталамические нейросекреты оказывают непосредственное действие на гормонообразующие клетки, регули-

¹ А. Л. Поленов. Гипоталамическая нейросекреция. Л., «Наука», 1968.

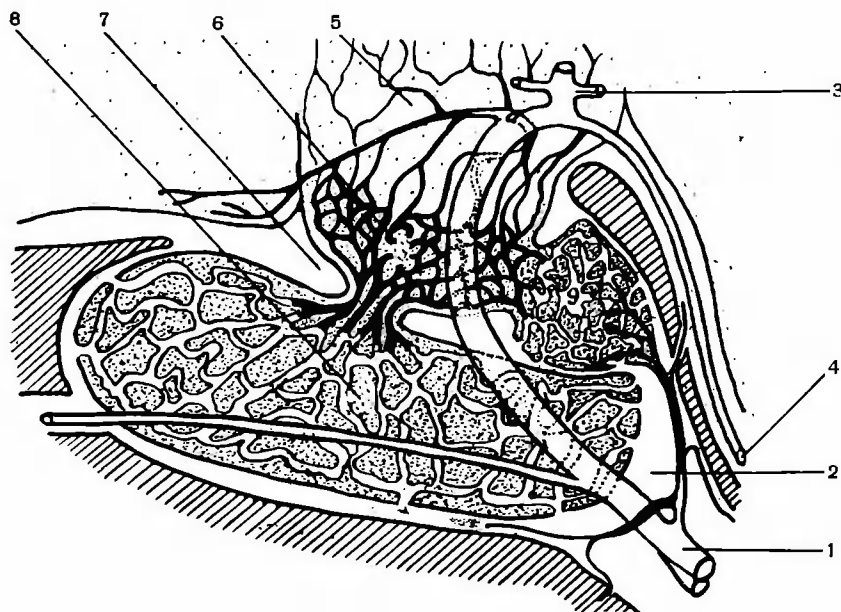


Рис. 2. Схема кровоснабжения гипофиза у голубя (по Вингстранду). 1 — внутренняя сонная артерия; 2 — нижняя гипофизарная артерия; 3 и 4 — передние ветви и задняя ветвь внутренней сонной артерии; 5 — инфундибулярная артерия; 6 — первичная сеть капилляров в области срединного возвышения; 7 — венулы гипоталамическо-гипофизарной воротной системы; 8 — вторичная сеть капилляров в передней доле гипофиза; 9 — сеть капилляров в задней доле гипофиза.

руя образование и выведение их гормонов.

В нейросекретах гипоталамуса установлено наличие нескольких физиологически активных веществ, каждое из которых обладает специфическим действием на клетки гипофиза, регулируя секрецию одного из его гормонов. Эти вещества представляют собой низкомолекулярные полипептиды, отличающиеся по химическому составу и физиологическому действию от вазопрессина, окситоцина и других близких к ним гормонов, которые вместе с нейросекретами ядер гипоталамуса поступают в заднюю долю гипофиза и оттуда выводятся в кровь. В зависимости от того, стимулируют ли эти вещества поступление в кровь гормонов гипофиза или тормозят его, их называют освобождающими (releasing factors) или задерживающими (inhibiting factors). Сейчас известны «релизинг-факторы», стимулирующие секрецию соматотропного, фолликулостимулирующего, лютеинизирующего, тиреотропного и адренокортикотропного гормонов гипофиза, и «ингибитинг-факторы», тормозящие

выведение в кровь пролактина¹ и меланофорного гормона. В свою очередь, гормоны передней доли стимулируют некоторые «периферические» эндокринные железы (щитовидную, половые, кору надпочечников), а также функции других органов и тканей.

Гормональные и нервные звенья регуляторных механизмов

Гормоны участвуют в регуляции обмена веществ, деятельности различных органов и функциональных си-

¹ Пролактин называют также лактогенным, или лютеотропным, гормоном гипофиза. У всех позвоночных он участвует в регуляции процессов, связанных с родительской заботой о потомстве. У млекопитающих пролактин регулирует секрецию молока, у птиц — насиживание яиц и кормление птенцов, у тритонов — миграцию половозрелых особей в водоемы для размножения, у многих рыб — защиту икры и мальков и т. д. У некоторых млекопитающих пролактин действует непосредственно на яичники, стимулируя секрецию желтыми телами гормона прогестерона.

стем, процессов роста, дифференциации и развития организма¹. Они осуществляют свое влияние на эти процессы при посредстве разнообразных ферментных систем, путем изменения проницаемости клеточных мембран для определенных веществ или воздействуя на молекулярные механизмы осуществления передачи генетической информации с ДНК на РНК или с молекул РНК на программированный синтез белков (рис. 3).

В единой регуляции функций организма позвоночных нервные и гормональные звенья регуляторных механизмов находятся в сложном динамическом взаимодействии друг с другом. Железы внутренней секреции регулируются центральной нервной системой не только через нейросекреторные ядра гипоталамуса, нейросекреты которых изменяют уровень секреции определенных гормонов гипофиза. Гормонообразующие клетки некоторых эндокринных желез могут стимулироваться непосредственно секреторными нервными волокнами. Например, секреция адреналина мозговым веществом надпочечников возбуждается симпатическими волокнами, идущими в составе чревных нервов, а секреция инсулина клетками островков поджелудочной железы — парасимпатическими волокнами, проходящими в составе блуждающих нервов. Кроме того, нервные влияния могут значительно изменять чувствительность тканей к гормонам. С другой стороны, гормоны могут оказывать сильное влияние на функциональное состояние различных образований центральной нервной системы и изменять чувствительность эффекторных органов к нервным импульсам.

Физиолог А. А. Ухтомский весьма четко указал на главные различия в регуляции, осуществляемой нервно-проводниковым и гуморальным путями². Нервный импульс направлен лишь определенному «адресату» по морфологически определенному пути. Он очень скоро доходит до эф-

¹ Я. Д. Киршенблат. Общая эндокринология. 2-е изд., М., Изд-во «Высшая школа», 1971.

² А. А. Ухтомский. Собр. соч., т. 4. Очерк физиологии нервной системы. Л., 1954.

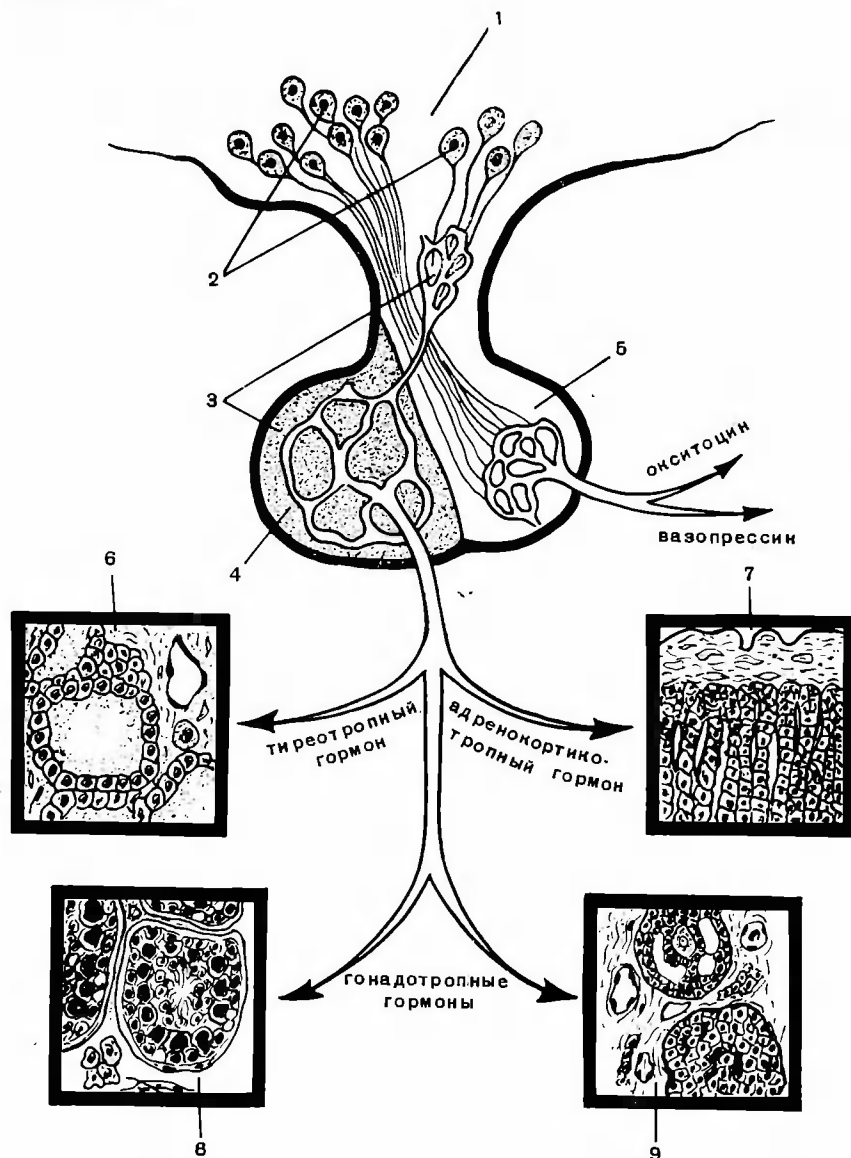


Рис. 3. Схема влияния гипоталамуса и гипофиза на другие эндокринные железы. 1 — гипоталамус; 2 — нейросекреторные клетки; 3 — гипоталамическо-гипофизарная воротная система кровеносных сосудов; 4 — передняя доля гипофиза; 5 — задняя доля гипофиза; 6 — щитовидная железа; 7 — кора надпочечников; 8 — семенник; 9 — яичник.

фекторного органа и вызывает быстрые, но в большинстве случаев кратковременные изменения его деятельности. Гормоны разносятся кровью по всему организму и могут оказывать свое действие на чувствительные к ним ткани в разных частях тела. Изменения, вызванные гормонами, обычно наступают через более длительный срок после их поступления в кровь, но продолжают осуще-

ствляться еще в течение значительно времени, даже после разрушения или выведения гормона, и могут вести к серьезным морфологическим и функциональным перестройкам организма.

Например, гормон проторакальных желез насекомых экдизон вызывает первые признаки линьки или метаморфоза лишь через много часов после его поступления в гемолимфу.

Окукливание изолированного брюшка личинки красноголовой синей мухи (*Calliphora erythrocephala*) происходит через 24—30 час. после введения этого гормона. Однократное введение гормонов щитовидной железы тироксина и трийодтиронина начинает сказываться на организме животных и человека после длительного скрытого (латентного) периода. Изменения энергетического обмена выявляются лишь через 12—15 час., ритм сокращений сердца учащается через 2 суток, внеочередная линька у птиц (рис. 4) начинается через 5—7 дней, через такой же срок наступает метаморфоз у головастиков лягушек (рис. 5). Действие гормонов щитовидной железы очень продолжительно и прекращается только через много дней после однократного введения.

Есть однако гормоны, действие которых на органы и ткани начинается уже через несколько десятков секунд, но оказывается непродолжительным, так как они довольно быстро разрушаются специфическими ферментами. Скорым, но кратковременным действием обладают адреналин, норадреналин, окситоцин, вазопрессин, адренокортикотропный и некоторые другие гормоны. Их иногда называют «гормонами короткого действия».

Сильные, но кратковременные воздействия различных внешних или внутренних раздражителей на рецепторы обычно вызывают срочные ответные реакции организма, которые представляют собой рефлексы, осуществляющиеся благодаря передаче возбуждения по нервным проводникам. Некоторые из этих реакций протекают при участии «гормонов короткого действия», секретируемых в кровь из эндокринной железы при поступлении нервных импульсов к ее клеткам.

Адаптация организма животных к более продолжительным изменениям окружающей среды, связанная с существенной перестройкой функции, а иногда и со значительными морфологическими изменениями, осуществляется у позвоночных, насекомых и ракообразных при участии желез внутренней секреции. В этих случаях функция эндокринных желез возбуждается или тормозится импульсами,

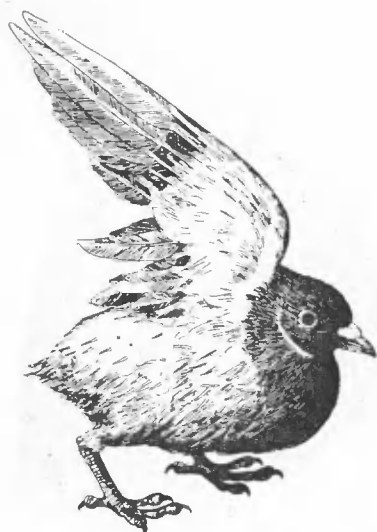
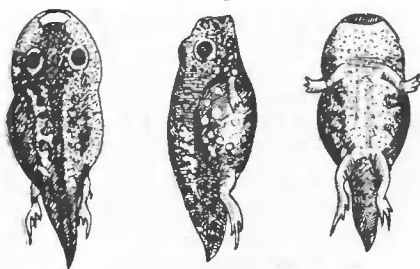
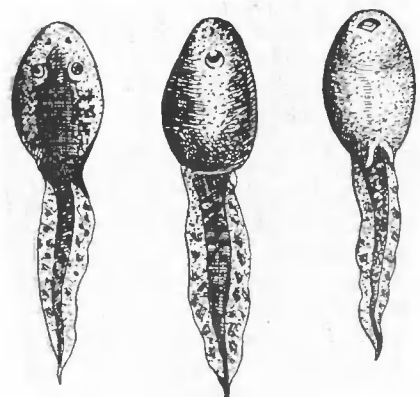


Рис. 4. Внеочередная линька у голубя на 11-й день после однократного скормливания препарата щитовидной железы тиреоидина.



а



б

Рис. 5. Действие тиреоидина на метаморфоз головастика озерной лягушки (вид сверху, сбоку и снизу). а — головастик на 7-й день после помещения в воду, куда был добавлен тиреоидин; б — головастик такого же возраста, находившийся в воде без тиреоидина.

поступающими по нервам из центральной нервной системы, или нейро-секретами, приносимыми кровью или гемолимфой, а образуемые ими гормоны оказывают длительное действие на чувствительные к ним органы и ткани.

Функция щитовидной железы и особенности онтогенеза

Различия в функции нейросекреторных ядер гипоталамуса и эндокринных желез в онтогенезе у разных видов позвоночных, близких друг к другу филогенетически, но существенно различающихся конкретным образом жизни и адаптациями к условиям окружающей среды, могут зависеть от их экологических особенностей.

Время наступления функциональной активности определенных желез внутренней секреции у разных животных неодинаково и зависит от того, насколько быстро они после выхода из яиц или после рождения (у живородящих форм) оказываются способными к самостоятельному передвижению и активным реакциям на воздействия окружающей среды. Это показал эндокринолог М. С. Мицкевич в отношении щитовидной железы во время эмбриогенеза у птиц и млекопитающих¹. У выводковых птиц (например, у кур), птенцы которых могут бегать и самостоятельно питаться сразу же после вылупления из яйца, щитовидная железа к этому времени уже хорошо развита. У голубей и воробьев, птенцы которых вылупляются из яйца совсем беспомощными, со слабо координированными движениями, активность щитовидной железы резко возрастает только после вылупления. У овец и морской свинки, детеныши которых сразу после рождения могут самостоятельно передвигаться, щитовидная железа во время эмбрионального развития начинает функционировать рано и к моменту рождения оказывается хорошо развитой. У крыс, мышей и некоторых других млекопитающих, детеныши которых рождаются слепыми и покрыты-

¹ М. С. Мицкевич. Железы внутренней секреции в зародышевом развитии птиц и млекопитающих. М., Изд-во АН СССР, 1957.

ми коротким пушком, функция щитовидной железы начинает проявляться лишь за несколько дней до рождения.

Если развитие животного происходит с метаморфозом, то определенные эндокринные железы играют важную роль в стимуляции этого процесса. У большинства амфибий метаморфоз стимулируется щитовидной железой. Перед началом метаморфоза в ней могут быть установлены морфологические признаки высокой функциональной активности. Введение гормонов щитовидной железы головастикам вызывает их быстрое преждевременное превращение в маленьких лягушек.

В Северной Америке широко распространена хвостатая амфибия амбlistома (*Ambystoma tigrinum*), личинки которой называются аксолотлями. В тех частях области распространения этой амфибии, где климат более засушлив, встречается форма, которая всю жизнь остается в личиночном состоянии, живет в воде, дышит с помощью наружных жабер и размножается на стадии личинки. Ее щитовидные железы все время находятся в неактивном состоянии и не выводят в кровь тироксина и трийодтиронина. Однако введение этих гормонов аксолотлям или кормление их щитовидной железой других видов животных вызывает метаморфоз — через несколько недель они превращаются во взрослую амбlistому (рис. 6).

Существуют хвостатые амфибии, размножающиеся на стадии личинки, которых до сих пор так и не удалось искусственно превратить во взрослую форму. К ним относятся протей (*Proteus anguinus*), живущий в пещерных водоемах Югославии, и несколько американских родов — *Necturus*, *Siren*, *Pseudobranchius Typhlomolge*. Их щитовидные железы никогда не бывают в состоянии функциональной активности. Эти амфибии нечувствительны даже к большим дозам гормонов щитовидной железы.

Гормоны и биологические ритмы

У многих животных установлены закономерные суточные, сезонные и другие ритмические изменения морфологических и функциональных по-

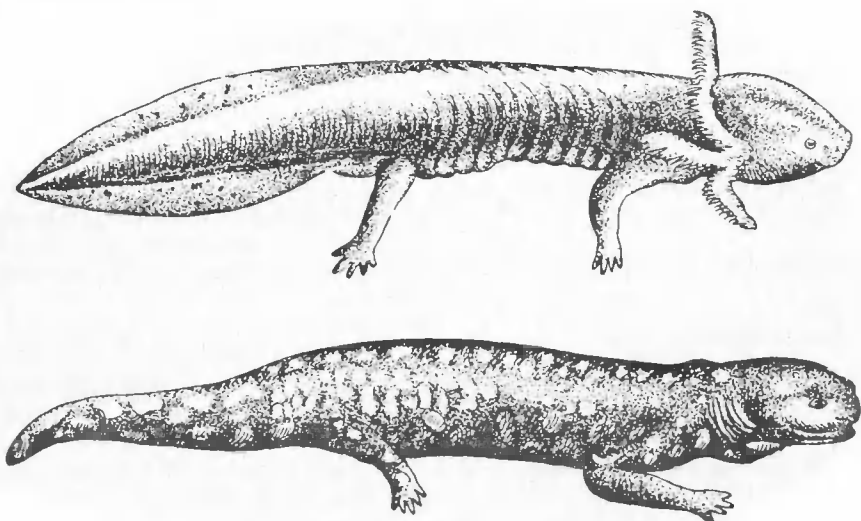


Рис. 6. Аксолотль и амблистома. Личинка амблистомы, называемая аксолотлем (вверху), имеет наружные жабры, продольный гребень на спине и уплощенный с боков хвост. У взрослой амблистомы (внизу) наружные жабры исчезли, голова более плоская, хвост цилиндрический, окраска черная с рыжими пятнами.

казателей. В большинстве случаев они бывают связаны с циклическими изменениями определенных факторов окружающей среды. Конкретные физиологические механизмы осуществления воздействий этих факторов на животных еще мало изучены. Основное внимание исследователей до сих пор было направлено на установление нервных образований, входящих в состав таких механизмов, образно называемых «биологическими часами». Изменения в железах внутренней секреции и колебания содержания гормонов в крови обычно рассматривались не как необходимые звенья в работе этих механизмов, а лишь в качестве необязательных факторов, создающих для них более благоприятные условия. Между тем имеются факты, указывающие на немаловажную роль нейросекретов и гормонов в механизмах биологических ритмов животных.

Широко известно, что двигательная активность тараканов ритмически изменяется на протяжении суток, причем она особенно велика в первые часы ночи. Оказалось, что наступление фазы повышенной двигательной активности зависит от особого нейросекрета, который образуется определенными клетками подглоточного ганглия. У американского таракана (Pe-

riplaneta americana) выведение указанного нейросекрета в гемолимфу стимулируется наступлением темноты. Чем больше выводится нейросекрета, тем оживленнее двигаются тараканы. Если у таракана отрезать голову, где расположен подглоточный ганглий, то его двигательная активность перестает изменяться в течение суток. Если пересадить подглоточный ганглий в грудь или брюшко безголового таракана, то суточные изменения двигательной активности у него восстанавливаются.

По данным американской исследовательницы Ж. Харкер, трансплантированный подглоточный ганглий обычно сохраняет свой первоначальный ритм нейросекреции. Но его можно «выключить» на определенное время охлаждением. Если охладить подглоточный ганглий до 3°C , а затем пересадить его в безголового таракана, полностью утратившего суточный ритм, то у этого таракана ритм двигательной активности восстанавливается. Однако фазы ритма смещаются и опаздывают на столько часов, сколько ганглий до пересадки находился в охлажденном состоянии¹.

¹ J. E. Harker. Endocrine and nervous factors in insect circadian rhythms. Cold Spring Harbor Symp. quant. Biol., v. 25, 1960, pp. 279—286.

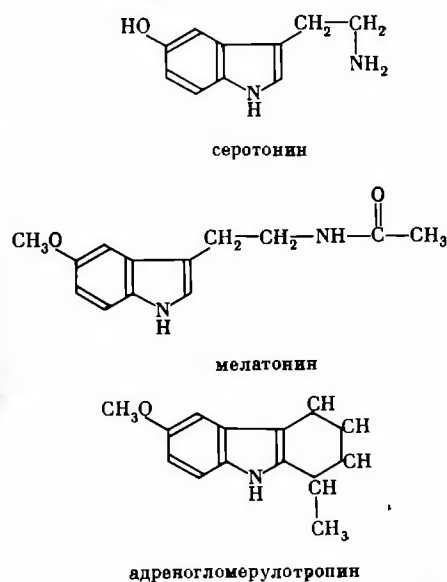


Рис. 7. Структурные формулы серотонина, мелатонина и адреногломерулотропина.

У позвоночных особенно четкие суточные изменения содержания гормонов и других физиологически активных веществ установлены в эпифизе. Здесь содержатся серотонин, мелатонин и адреногломерулотропин, которые представляют собой производные аминокислоты триптофана (рис. 7).

Серотонин образуется, кроме эпифиза, и в других органах (головном мозге, стенке кишечника, селезенке), а также в тучных клетках и кровяных пластинках. Однако в эпифизе серотонина содержится гораздо больше, чем в любом другом органе. Он действует на многие физиологические процессы — вызывает сужение мелких артерий и артериол, что приводит к повышению кровяного давления, усиливает движения кишечника, а в некоторых синапсах головного мозга участвует в передаче возбуждения.

Мелатонин оказывает тормозящее влияние на функции половых желез как непосредственно, так и путем угнетения секреции гонадотропных гормонов гипофиза (фолликулостимулирующего и лютеинизирующего). У рыб, амфибий и рептилий он вызывает концентрацию зерен пигмента в пигментных клетках, что ведет к осветлению окраски тела.

Таблица

Важнейшие гормоны, образуемые железами внутренней секреции позвоночных

Место образования	Название гормонов	Главное физиологическое действие
Щитовидная железа	тироксин	усиление энергетического обмена; регуляция процессов роста и развития; у амфибий — стимуляция метаморфоза
»	триодтиронин	
»	тиреокальцитонин	регуляция обмена кальция
Околощитовидные железы	паратгормон	регуляция обмена кальция и фосфора
Островки поджелудочной железы	{ инсулин	регуляция углеводного обмена
	{ глюкагон	регуляция углеводного обмена
Кора надпочечников	альдостерон	регуляция обмена натрия и калия
»	гидрокортизон	регуляция углеводного и белкового обмена; увеличение работоспособности мышц и повышение стойкости организма к действию неблагоприятных факторов среды
»	кортикостерон	
Мозговое вещество надпочечников	адреналин	сходно с действием большинства симпатических нервных волокон (усиление энергетического обмена, деятельность сердца, повышение кровяного давления и др.)
	норадреналин	
Семенники	тестостерон	стимуляция развития и функций органов мужской половой системы и мужских вторичных половых признаков
Яичники	эстрадиол	стимуляция развития и функций органов женской половой системы и женских вторичных половых признаков
»	прогестерон	подготовка матки к имплантации и обеспечение сохранения беременности
Гипофиз (передняя доля)	соматотропный (гормон роста)	стимуляция роста тела и синтеза белка
»	фолликулостимулирующий (ФСГ)	стимуляция в семенниках роста семенных канальцев, в яичниках — роста пузырчатых фолликулов
»	лютеинизирующий (ЛГ)	стимуляция в семенниках развития интерстициальной ткани и секреции тестостерона, в яичниках — образования желтых тел (при одновременном действии ФСГ и ЛГ в яичниках происходят созревание и овуляция крупных фолликулов и секреция эстрадиола)
»	лактогенный (пролактин)	возбуждение родительских инстинктов заботы о потомстве, у млекопитающих — молокообразования, а у некоторых видов — секреции прогестерона
»	тиреотропный	стимуляция функций щитовидной железы
»	адренокортикотропный (АКТГ)	стимуляция секреции гидрокортизона и кортикостерона надпочечниками
Гипофиз (промежуточная доля)	меланофорный (интермедин)	у рыб, амфибий и рептилий вызывает потемнение окраски
Нейросекреторные клетки ядер гипоталамуса (гормоны накапливаются в задней доле гипофиза и оттуда выводятся в кровь)	вазопрессин (антидиуретический)	регуляция водного обмена (стимуляция обратного всасывания воды в канальцах почки); сужение артериол и капилляров
»	окситоцин	усиление сокращений матки и стимуляция молокоотдачи
Эпифиз	адреногломерулотропин	стимуляция секреции альдостерона надпочечниками
»	мелатонин	угнетение секреции ФСГ и ЛГ гипофизом и функций половых желез; у рыб, амфибий и рептилий вызывает резкое посветление окраски

Адреногломерулотропин участвует в регуляции минерального обмена. Он действует на клубочковую зону коры надпочечников, стимулируя образование и выведение в кровь альдостерона — гормона, влияющего на со-

отношения натрия и калия в клетках и межклеточной жидкости, стимулирующего реабсорбцию (обратное всасывание) натрия и секрецию калия в почечных канальцах.

Мелатонин образуется из серотони-

на при участии фермента оксиндол-О-метилтрансферазы. Содержание этого фермента в эпифизе изменяется в зависимости от действия света на животных. В эпифизе крыс, находившихся в течение 50 суток в по-

стоянной темноте, оксиндол-О-метилтрансферазы в десять раз больше, чем у крыс, содержавшихся в течение такого же срока при постоянном освещении. От количества этого фермента зависят соотношения серотонина и мелатонина в эпифизе. Ночью мелатонина в эпифизе в 3 раза больше, а серотонина в 7–9 раз меньше, чем днем.

У крыс, живущих в условиях непрерывного освещения, закономерно уменьшается вес эпифиза и увеличиваются размеры половых желез. Если самцов хомяка освещать только в течение одного часа в сутки, а остальные 23 часа держать в темноте, то у них уменьшаются размеры и подавляется функция семенников. Удаление эпифиза предотвращает наступление этих изменений. Очевидно, условия освещения, в первую очередь, отражаются на продукции мелатонина эпифизом.

У млекопитающих описаны также закономерные суточные изменения состояния некоторых других эндокринных желез. Такие данные имеются в отношении содержания адренокортикотропного гормона гипофиза, аскорбиновой кислоты в надпочечниках и стероидных гормонов в моче. Адренокортикотропный гормон стимулирует функцию пучковой зоны коры надпочечников, которая вырабатывает кортикостерон и гидрокортизон. При образовании этих гормонов в надпочечниках происходит уменьшение содержания аскорбиновой кислоты. Гормоны, образуемые пучковой зоной, называются глюкокортикоидами. Они влияют на углеводный и белковый обмен, а также на многие другие процессы. Одним из проявлений действия глюкокортикоидов служит уменьшение числа эозинофилов в периферической крови, которое используется в качестве относительного показателя интенсивности секреции этих гормонов корой надпочечников.

Установлено, что у крыс число эозинофилов в 1 мм³ крови в вечерние часы гораздо выше, чем в утренние. Если изменить условия освещения таким образом, чтобы в течение всей ночи крысы освещались электрическим светом, а днем находились бы в полной темноте, то приблизительно

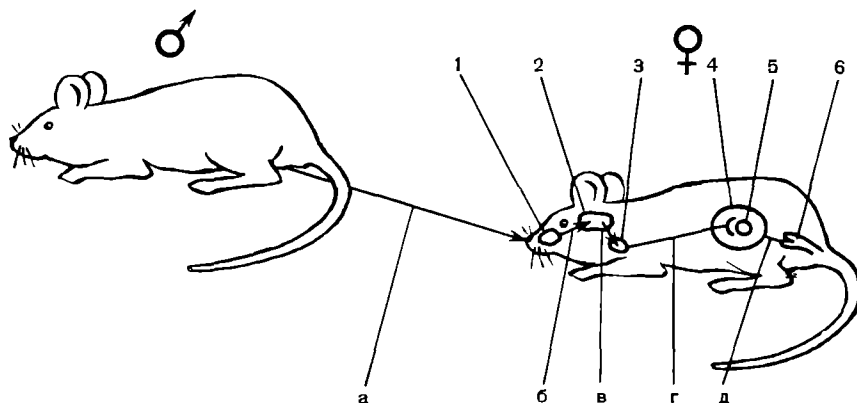


Рис. 8. Механизм действия запаха телергона «чужого» самца на беременную самку мыши. 1 — обонятельные рецепторы; 2 — гипоталамус; 3 — гипофиз; 4 — яичник; 5 — желтое тело; 6 — рог матки; а — запах пахучего телергона самца действует на обонятельные рецепторы самки; б — по нервным путям возбуждение передается в гипоталамус; в — гипоталамус выделяет в кровь воротной системы «фактор, тормозящий секрецию пролактина»; г — отсутствие пролактина прекращает секрецию прогестерона желтыми телами; д — без прогестерона в матке не происходит изменений, необходимых для возникновения и сохранения беременности.

через месяц у них устанавливается новый суточный ритм изменений числа эозинофилов, который оказывается диаметрально противоположным прежнему. После удаления надпочечников у крыс вообще исчезают суточные изменения числа эозинофилов в крови, связанные с действием света на животных.

Среда и процессы размножения

Сезонные изменения условий освещения оказывают значительное влияние на железы внутренней секреции у многих животных, обитающих в умеренных широтах. Особенно подробно изучено влияние изменений продолжительности «светового дня» на половые железы и процессы размножения¹.

Было установлено, что у некоторых видов птиц и млекопитающих удлинение «светового дня» путем дополнительного их освещения электрическим светом вызывает увеличение размеров половых желез, созревание половых клеток и начало половых циклов на несколько месяцев раньше естественного наступления процессов размножения в природных условиях. Та-

кие результаты были получены в опытах на скворцах, воробьях, хорьках и некоторых других видах, у которых размножение происходит в конце зимы или весной, когда день становится длиннее. У тех животных (козы, овцы), сезон половой активности которых приходится на осень и связан с укорочением светового дня, развитие половых желез и наступление процессов размножения могут быть вызваны значительно раньше обычного срока искусственным уменьшением ежедневной продолжительности освещения.

В указанных случаях изменяющаяся продолжительность действия света на сетчатку глаз рефлекторно вызывает изменения функций определенных нейросекреторных ядер гипоталамуса, регулирующих секрецию гонадотропных гормонов гипофиза. Одновременно изменяется также функция эпифиза, гормон которого мелатонин в ряде отношений действует как антагонист гонадотропных гормонов и тормозит развитие и функцию половых желез. Под влиянием гонадотропных гормонов происходит рост семенников и яичников, в них осуществляют процессы созревания половых клеток и образование гормонов. Эти гормоны, в свою очередь, стимулируют рост и функции всех остальных частей полового аппарата,

¹ Д. К. Беляев. Роль света в управлении биологическими ритмами. Журн. общ. биологии, 1950, № 1.

развитие соответствующих вторичных половых признаков и осуществление рефлексов, связанных с процессами размножения.

Нередко сезонные изменения в гипофизе и половых железах стимулируются изменениями температуры, влажности и других метеорологических факторов, определенными пищевыми объектами или специфическими раздражителями, связанными с присутствием и поведением половозрелых особей противоположного пола.

Половозрелые самцы и самки многих видов животных вырабатывают специальные химические вещества (телергоны), действующие на других особей своего вида и стимулирующие у них развитие половых желез и наступление характерных реакций, связанных с размножением¹. У насекомых такие вещества чаще всего действуют на обонятельные рецепторы и служат для привлечения особей противоположного пола. Нередко они вызывают характерные изменения функций прилежащих тел (*corpora allata*), гормон которых стимулирует развитие половых желез. У позвоночных пахучие телергоны действуют на семенники и яичники через гипоталамус и гипофиз.

Действие пахучих телергонов самцов на гипофиз и половые железы самок изучалось в экспериментах на белых мышах. При скученном содержании большого числа самок белых мышей в одной клетке половые циклы у них становятся неправильными, а течки наступают очень редко. Если в ту же клетку поместить одного половозрелого самца, то его присутствие быстро нормализует половые циклы у всех самок. Как показали исследования, на самок действует при этом запах самца, стимулирующий секрецию гонадотропных гормонов.

Однако, если самку мыши, оплодотворенную одним самцом, в течение ближайших пяти суток после оплодотворения поместить в клетку, в которой находится или незадолго до этого содержался другой самец, то беременность у нее прерывается и наступает очередная течка (рис. 8). Запах «чужого» самца, действуя на обо-

нятельные рецепторы самки, рефлекторно тормозит поступление из гипофиза в кровь лютеотропного гормона (пролактина). А без этого гормона образовавшиеся в яичниках желтые тела не вырабатывают прогестерона, в результате чего в слизистой оболочке матки не происходит изменений, необходимых для имплантации оплодотворенных яиц и для сохранения беременности.

Участие надпочечников в адаптивных реакциях

Железы внутренней секреции могут участвовать и в других физиологических механизмах, играющих важную роль в групповых и популяционных отношениях определенных видов животных. Имеются данные о связи между колебаниями численности особей в естественных популяциях и функциональным состоянием некоторых эндокринных желез. Например, у серых крыс, мышей, полевок, ондатр и оленей при увеличении числа особей в популяции наблюдается повышение веса надпочечников, а при уменьшении числа особей — снижение веса этих желез. Увеличение размеров и веса надпочечников сопровождается усилением секреции глюкокортикоидов (кортикостерона и гидрокортизона), показателями чего могут служить уменьшение вилочковой железы (тимуса) и падение числа эозинофилов в периферической крови.

Здесь мы имеем перед собой одно из проявлений неспецифической адаптивной реакции организма позвоночных, получившей название «общий адаптационный синдром»¹. Она возникает при действии разнообразных неблагоприятных факторов (механических травм, ожогов, отравлений, инфекций, охлаждения, значительной мышечной деятельности, сильного эмоционального возбуждения и многих других). Каждый из этих факторов может вызвать специфическую для него ответную реакцию организма. Но, кроме того, он вызывает неспецифическую реакцию, которая выражается в гипертрофии коры надпочечников, уменьшении размеров ви-

лочковой железы, селезенки и лимфатических узлов, усилении распада белков и повышении содержания гликогена в печени и уровня сахара в крови, увеличении работоспособности скелетных мышц и ряде других признаков. Эта реакция названа «адаптационным синдромом» потому, что она повышает устойчивость организма к указанным неблагоприятным воздействиям, вызывающим состояние «напряжения», или стресса¹. Если предотвратить ее наступление, то устойчивость организма окажется пониженной и может наступить смерть животного.

Изучение механизма «общего адаптационного синдрома» показало, что все факторы, которые его вызывают, действуют прежде всего на рецепторы. Возникающее в них возбуждение проводится по афферентным волокнам в центральную нервную систему и, переключаясь через контактные нейроны, достигает ядер гипоталамуса, клетки которых образуют нейросекрет, содержащий «релизинг-фактор» (CRF), стимулирующий секрецию адrenoкортикотропного гормона передней доли гипофиза. Адrenoкортикотропный гормон действует на пучковую зону коры надпочечников и вызывает там образование и выведение в кровь глюкокортикоидов. Таким образом, в физиологическом механизме «общего адаптационного синдрома» участвуют гипоталамус, гипофиз и кора надпочечников (рис. 9).

Сезонная спячка животных

У млекопитающих, впадающих в состояние сезонной спячки, наблюдаются определенные изменения в железах внутренней секреции². Происходит увеличение числа и размеров островков Лангерганса в поджелудочной железе, что сопровождается повышением секреции инсулина. Во время спячки резко падает уровень глюкозы в крови, достигая 35—40 мг%. У ежей введение инсулина вызывает уже через три часа состояние, сходное с сезонной спячкой, причем

¹ Я. Д. Киршенблат. Телергоны — химические средства воздействия животных. М., «Наука», 1968.

¹ Г. Селье. Очерки об адаптационном синдроме. М., «Медгиз», 1960.

² Г. Селье. Некоторые аспекты учения о стрессе. «Природа», 1970, № 1.
² Н. И. Калабухов. Спячка животных. Харьков, 1956.

температура их тела снижается почти до уровня температуры окружающей среды.

Как известно, щитовидная железа принимает значительное участие в механизмах терморегуляции у гомойотермных животных (млекопитающих и птиц). Раздражение холодовых рецепторов кожи рефлекторно приводит к усилению секреции тиреотропного гормона гипофиза, который стимулирует функцию щитовидной железы. Ее гормоны повышают общий уровень энергетического обмена и усиливают теплообразование в организме. Благодаря усилению теплообразования температура тела остается постоянной при охлаждении животных, несмотря на увеличение теплоотдачи.

Для животных, впадающих в зимнюю спячку, характерно резкое ослабление функции щитовидной железы, значительно уменьшающее способность организма к терморегуляции. При пробуждении от спячки происходит быстрое повышение функций щитовидной железы и мозгового вещества надпочечников, сопровождающееся увеличением содержания в крови тироксина, трийодтиронина, адреналина и норадреналина. Это приводит к резкому усилению энергетического обмена и быстрому повышению температуры тела до нормальной. Введение тироксина или норадреналина животному, находящемуся в состоянии зимней спячки, может привести к быстрому его пробуждению.

Сейчас большинство экологов считает, что определенное функциональное состояние эндокринных желез и уровень секреции гормонов лишь создают благоприятные условия для впадения животных в спячку или для пробуждения от нее. Однако следует признать, что значение изменений нейросекреции ядер промежуточного мозга и роль эндокринных желез в физиологических механизмах сезонной спячки еще недостаточно выяснены.

Изменения эндокринных желез при миграциях

Также недостаточно исследована роль желез внутренней секреции в физиологических изменениях, связанных с сезонными перелетами птиц.

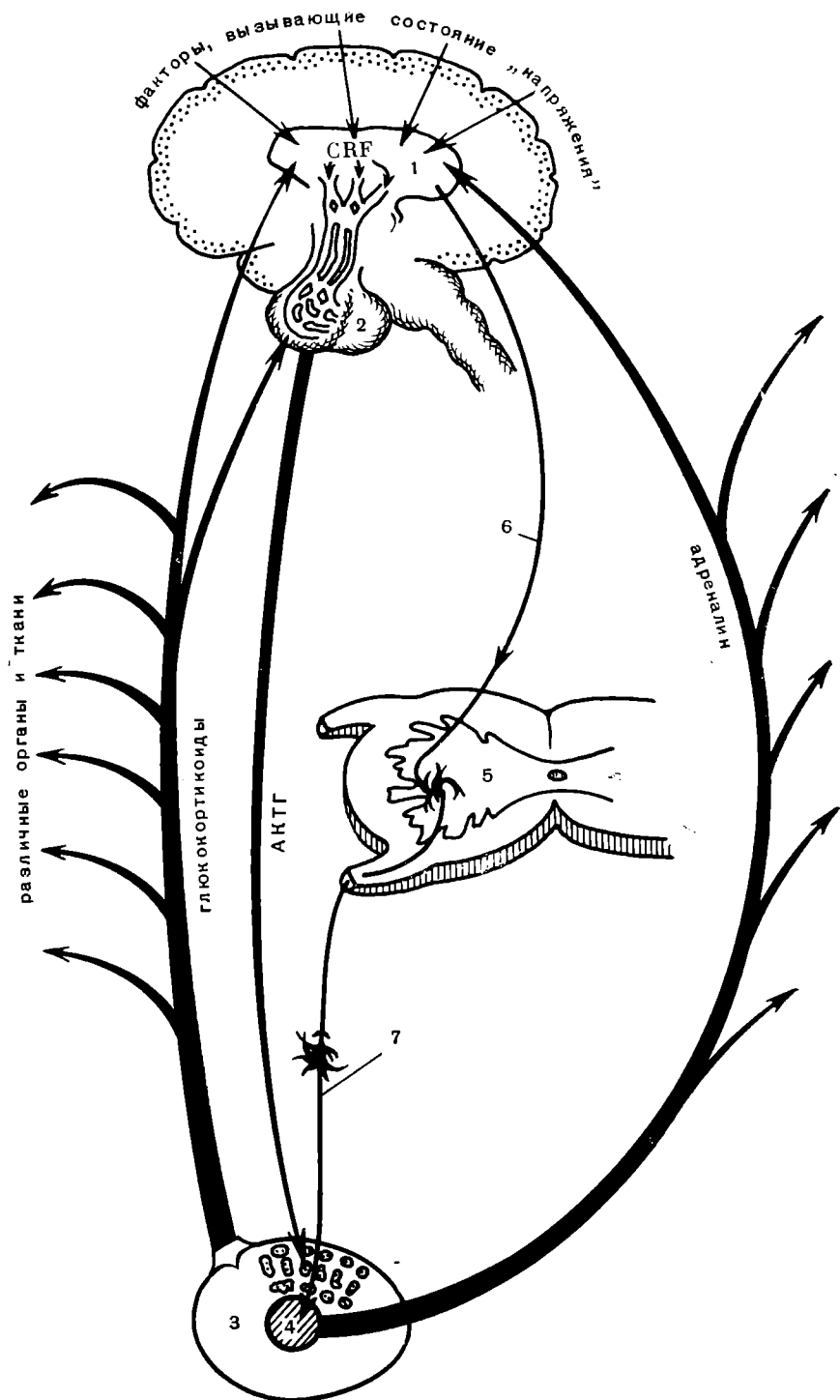


Рис. 9. Схема участия гипоталамуса, гипофиза и надпочечников в механизме общего адаптационного синдрома. 1 — гипоталамус; 2 — гипофиз; 3 — кора надпочечников; 4 — мозговое вещество надпочечников; 5 — поперечный разрез надпочечников; 6 — нисходящий нервный путь; 7 — симпатический нерв.

Установлено, что у некоторых птиц наступление миграционной активности совпадает с определенными изменениями состояния нейросекреторных ядер гипоталамуса, щитовидных и половых желез. Введение небольших доз тиреотропного гормона или тироксина может вызвать у птиц так называемое «предперелетное беспокойство» (Zugunruhe немецких авторов), но предположение о «ведущей роли» щитовидной железы для миграционной готовности птиц не подтвердилось при экспериментальной проверке.

У рыб, которые поднимаются для нереста из морей в реки, а потом «скатываются» обратно в море, во время этих миграций наблюдаются закономерные морфологические изменения в нейросекреторных образованиях и эндокринных железах, участвующих в регуляции водного и солевого обмена. Осмотическое давление плазмы крови и межклеточной жидкости таких рыб остается одинаковым при значительных изменениях солености окружающей воды. Здесь мы имеем перед собой явление акклимации — компенсаторных изменений в организме, благодаря которым определенный функциональный уровень и состав внутренней среды сохраняются постоянными, несмотря на значительное и длительное отклонение факторов окружающей среды от первоначального уровня¹. Акклимация у рыб, совершающих миграции из соленой воды в пресную и обратно, осуществляется благодаря нескольким физиологическим механизмам, регулирующим водно-солевой обмен. В регуляции выведения воды и солей из организма рыб принимают участие: 1) преоптические ядра гипоталамуса, вырабатывающие гормон вазотоцин, накапливающийся в корнях нейрогипофиза; 2) каудальная нейросекреторная система, где образуется гормон уротензин, накапливающийся в терминальном выпячивании спинного мозга — урогипофизе (рис. 10); 3) интерренальные железы и тельца Станниуса, представляющие собой ор-

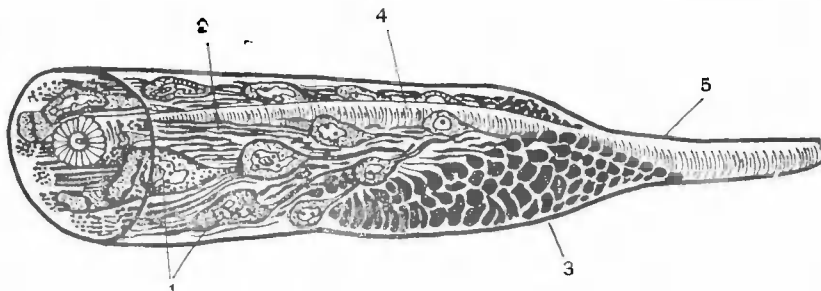


Рис. 10. Схема каудальной нейросекреторной системы угря (по Энами). 1 — нейросекреторные клетки; 2 — нейросекреторные волокна; 3 — урогипофиз; 4 — слой эпэндимы; 5 — терминальная нить.

ганы, гомологичные коре надпочечников наземных позвоночных и продуцирующие стероидные гормоны.

В настоящее время хорошо изучены морфологические изменения в нейросекреторных образованиях гипоталамуса и в гипофизе у некоторых осетровых и лососевых рыб во время их анадромных миграций¹. У тех видов рыб (горбуша, семга, кумжа), которые входят в реки для нереста из моря, при переходе из соленой воды в пресную в клетках преоптических ядер гипоталамуса наблюдается бурное выведение нейросекрета вдоль аксонов в корни нейрогипофиза. У озерного же лосося, который входит в реки из озера, где вода тоже пресная, клетки преоптических ядер содержат много нейросекреторных зерен, но такого интенсивного выведения нейросекрета во время миграции не происходит.

Экологический подход и вопросы эволюции

Сравнительная анатомия, эмбриология и палеонтология дали возможность ученым воссоздать общую картину развития животного мира и установить главные морфологические закономерности эволюционного процесса. Но в области физиологии животных, несмотря на наличие очень большого и разнообразного сравнительного материала, еще не сделано таких эволюционных обобщений и не установлены основные закономерности эволюции функций, хотя вопрос об этом уже давно ставился такими

биологами-эволюционистами, как А. Н. Северцов, И. И. Шмальгаузен и Л. А. Орбели¹.

Важным этапом на пути выяснения закономерностей эволюции функций является установление механизмов влияния окружающей среды и изменений внутренней среды организма на деятельность его органов и функциональных систем. Изучение этих механизмов у животных разного возраста, относящихся к видам, обитающим в разнообразных условиях и ведущим неодинаковый образ жизни, может дать ценный материал для установления определенных экологических закономерностей. Экологический подход к сравнительному изучению регуляции функций у животных, относящихся к одной таксономической группе, может пролить свет на многие стороны «микроразвития» физиологических процессов.

Изучение желез внутренней секреции и действия их гормонов на различные морфологические и физиологические процессы, с учетом их значения в адаптации организма на разных стадиях онтогенеза к определенным условиям окружающей среды, необходимо для выяснения многих вопросов общей и сравнительной эндокринологии. Оно может дать также ценный фактический материал для установления путей эволюции механизмов регуляции функций организма у позвоночных, что представляет собой сейчас одну из наиболее важных проблем эволюционной физиологии.

¹ Л. Проссер и Ф. Браун. Сравнительная физиология животных. М., «Мир», 1967.

¹ И. А. Баранникова. Экологическая гистофизиология эндокринных желез у рыб. «Архив анат., гистол. и эмбриол.», т. 48, 1965, № 1.

¹ А. Н. Северцов. Морфологические закономерности эволюции. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1939; И. И. Шмальгаузен. Проблемы дарвинизма. М., «Наука», 1969. УДК 591.147:591.5

Прием сигналов из геологического прошлого

А. С. Девдариани
Доктор географических наук



Анатолий Сеитович Девдариани, старший научный сотрудник Института океанологии АН СССР. Много лет работал в области инженерной геологии и одновременно занимался вопросами применения математических методов в геоморфологии. В настоящее время ищет пути использования теории передачи информации для реконструкции геологической истории. Автор многих научных статей и книг: «Измерение перемещений земной поверхности» (1964), «Математические методы в геоморфологии» (1967) и др.

Одним из краеугольных камней современной научно-технической революции явилось признание особенно важного значения, наряду с массой и энергией, еще одной, столь же фундаментальной категории — информации. Теория информации, или теория передачи информации, или общая теория связи, — эта молодая наука не имеет еще ни четких границ, ни общепринятого названия, — возникла из техники связи. Оттуда она заимствовала слова своего условного языка: сигнал, помехи, кодирование, система передачи, канал, линия связи и др. Право на самостоятельное существование она приобрела, когда оказалось, что на этом языке могут быть описаны процессы передачи информации, происходящие по одним и тем же законам в живых организмах и сообществах, в человеческом обществе и общественном производстве, в автоматических системах управления.

В этом отношении теорию передачи информации можно сравнить с математической физикой, возникшей благодаря поразительной аналогии между многими физическими процессами, описываемыми в точности одинаковыми уравнениями. Например, так называемому уравнению теплопроводности подчиняется не только распространение тепла в твердых телах, но и диффузия в жидкостях и газах, и даже такие геологические процессы как уплотнение глинистых грунтов, формирование речных долин и морских берегов.

Аналогия между процессами передачи информации в различных материальных системах также позволила создать единый математический аппа-

рат, переносимый по мере надобности из одной области знания в другую. Это единство математического аппарата является главной притягательной силой представлений о передаче информации, постепенно проникающих во все области знания.

Среди геологических наук эти представления раньше всего проникли в геофизику, которая имеет дело с системой передачи информации из недр Земли на поверхность. Геофизик судит о строении земных недр и залегающих в них полезных ископаемых, принимая сигналы, посланные им самим в виде взрывных волн, радиоволн, электрического тока, ядерного излучения. В других случаях в качестве сигналов, передающих сообщения о внутреннем строении Земли, он рассматривает ее естественные поля — гравитационное, магнитное, тепловое. Такими же сигналами являются по существу геохимические поля и рельеф земной поверхности.

Однако более эффективным и, может быть, более эффективным кажется использование представлений о передаче информации в исторической геологии. Действительно, за много сотен миллионов лет до появления не только человека, но и вообще жизни на Земле, по существу начал работать передатчик грандиознейшей из всех известных в настоящее время систем передачи информации (рис. 1). Как и в любых других системах связи, этот передатчик состоит из блока кодирования и запоминающего устройства. В блоке кодирования сообщения о событиях геологического прошлого преобразовывались посредством геологических процессов в сигналы, которые посту-

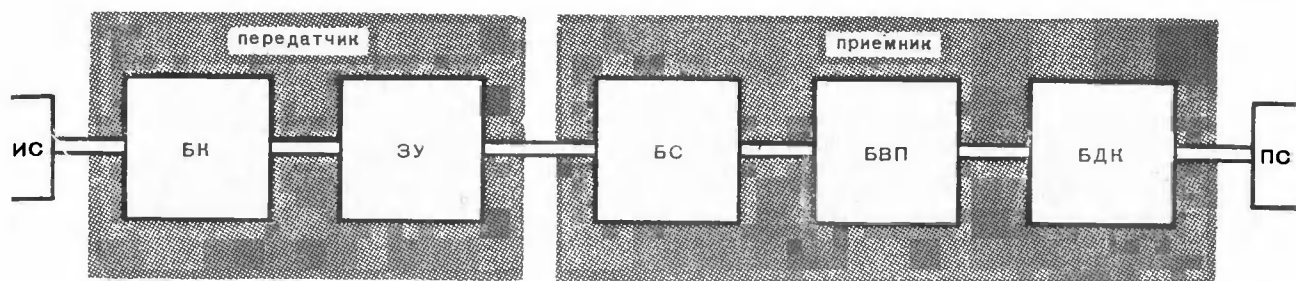


Рис. 1. Блок-схема передачи информации из геологического прошлого. ИС — источник сообщений — события геологического прошлого; БК — блок кодирования посредством геологических процессов; ЗУ — запоминающее устройство — земная кора; БС — блок считывания сигналов посредством полевых и лабораторных геологических исследований; БВП — блок выделения полезных сигналов на фоне помех; БДК — декодирование полезных сигналов на основе метода актуализма; ПС — получатель сообщений.

пали на хранение в запоминающее устройство — земную кору. Начало извлечения сигналов из запоминающего устройства этой системы явилось вместе с тем рождением геологии как науки об истории Земли.

Основоположники этой науки ясно представляли себе ее информационную сущность. Они сравнивали слои горных пород со страницами каменной книги, испещренными непонятными буквами неизвестного языка. По их словам, в эту книгу природы записывались события геологической истории. Но даже в каменной книге, если она пролежала в земле миллионы лет, страницы ветшают, буквы стираются. Многие страницы ее спалены подземными пожарами, вырваны ветром, унесены водой...

Геологи прошлого века видели свою задачу в том, чтобы, разгадав таинственные знаки в сохранившихся обрывках слов неизвестного языка, прочитать каменную летопись Земли. И они эту задачу решили. Изумленному человечеству открылись изменяющиеся очертания неведомых материков и морей, невиданные леса и бродящие по ним гигантские чудовища, раскаленные пески там, где сейчас текут полноводные реки, вечные льды на месте современных городов. В науке восторжествовала идея всеобщего развития. Познавание прошлого Земли дало ключ к пониманию современного строения ее недр. В руки промышленности была вложена путеводная нить, ведущая в кладовые земных сокровищ.

Как же происходит передача сообщений об истории Земли в свете со-

временных представлений о процессах преобразования информации? Источником сообщений служат сами события геологического прошлого (см. рис. 1). Передача сообщений происходит во времени посредством запоминающего устройства, в качестве которого выступает земная кора. Носителями сигналов в этом запоминающем устройстве служат состав и свойства горных пород. Кодирование сообщений — преобразование их в сигналы — осуществляется посредством процессов, формирующих горные породы и их составные элементы. Следы хвоста доисторического чудовища, отпечатавшиеся в болотном иле юрского периода, служат для палеонтолога сигналом, передающим сообщение об облике и образе жизни древнего ящера. Содержания различных химических элементов в изверженных породах представляют собой сигналы о ходе магматических процессов, а в осадочных породах — о тектонических движениях и изменениях климата.

Любая передача информации неизбежно сопровождается помехами. При кодировании сообщений из геологического прошлого помехи возникают вследствие того, что каждая характеристика горной породы формируется под воздействием, вообще говоря, всей совокупности породообразующих процессов. Так, укрупнение обломочного материала может передавать сообщения и о возрастании количества атмосферных осадков в области сноса, и об увеличении уклона рек, и об обмелении бассейна, в котором происходило осадконакопление. В разных условиях одни из этих

факторов сказываются сильнее, другие слабее.

В запоминающем устройстве Земли помехи вызываются старением записей вследствие взаимодействия между составными частями осадка. Более того, порода после своего образования продолжает подвергаться внешним воздействиям: обжигу при внедрениях магмы, давлению при горообразовании, выветриванию при выходе на поверхность. Недаром геологи прошлого века сравнивали страницы каменной летописи Земли с палимпсестами — древними пергамен-тами, на которых средневековые монахи делали новые записи поверх старых. А сейчас мы сравнили бы горную породу с магнитной лентой, на которой неопытный владелец магнитофона сделал вторичную запись, и не один раз. Однако вторичные записи в каменной летописи Земли не только создают помехи. Они вместе с тем передают информацию о событиях, которые происходили после образования породы как таковой.

Наконец, помехи возникают при извлечении, или считывании, геологом информации из запоминающего устройства за счет неточностей определений, инструментальных ошибок, погрешностей анализов.

Чтобы правильно истолковать полученные сигналы, надо избавиться от искажений, вносимых помехами. Эта процедура называется в теории связи «выделением полезных сигналов на фоне помех». Понятие полезного сигнала относительно. Для геолога полезны все сигналы, приходящие из геологического прошлого. Но при выделении каждого из них остальные

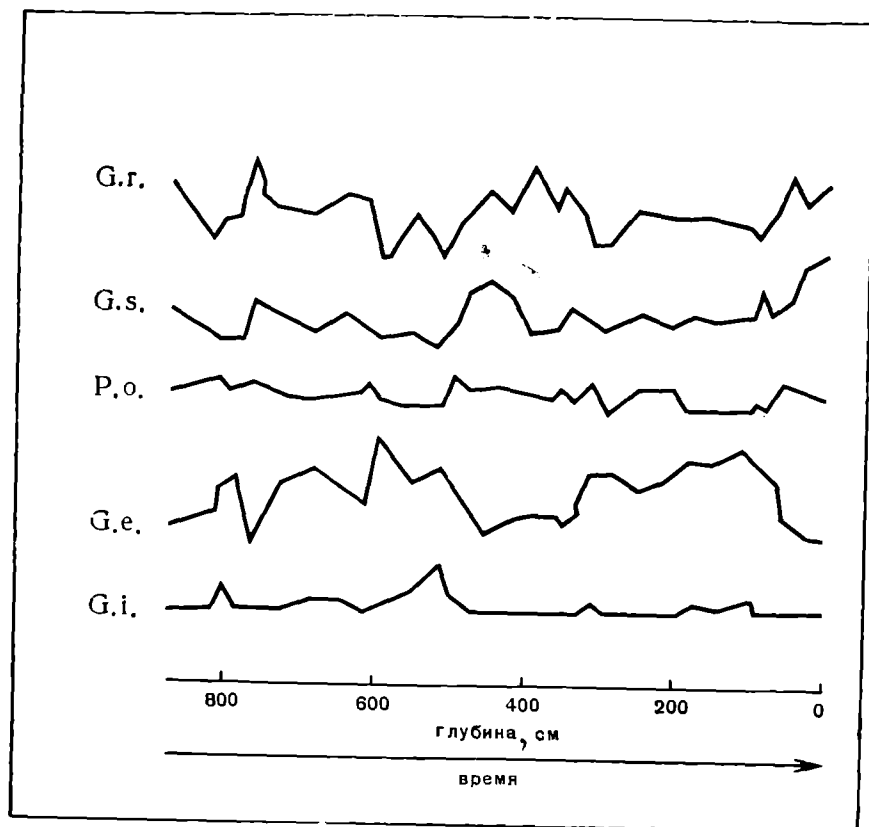


Рис. 2. Типичная запись сигналов из геологического прошлого: графики изменения в колонке грунта из экваториальной зоны Атлантического океана процентного содержания раковин различных видов фораминифер. *G.r.* — *Globigerinoides rubra*; *G.s.* — *G. sacculifera*; *P.o.* — *Puleniatina obliquiloculara*; *G.e.* — *Globigerina eggeri*; *G.i.* — *G. inflata*. Геолог обычно вычерчивает такие графики относительно вертикальной оси глубин. Мы вычертили их относительно горизонтальной оси времени, чтобы подчеркнуть сходство с изображениями сигналов в технической литературе. Масштаб по оси ординат для упрощения рисунка не показан, поскольку полезная информация передается посредством формы сигналов, а не их интенсивности, обусловленной особенностями носителей информации.

сигналы, поступающие по той же линии связи, служат помехами.

Система передачи информации из геологического прошлого отличается особенностями, которые не позволяют непосредственно перенести в геологию методы, известные в технике связи. Однако, руководствуясь здравым смыслом, опытом и интуицией, геологи собирают и мысленно перерабатывают информацию именно с расчетом на борьбу с помехами.

Когда геолог на каждом из образцов определяет несколько характеристик породы и анализирует совместное поведение этих характеристик, он интуитивно пользуется известным в технике связи методом накопления

сигналов. Сущность этого метода состоит в том, что один и тот же сигнал передается несколько раз и принятые сигналы суммируются. При этом случайные помехи гасят друг друга, а полезный сигнал, повторяющийся в каждом из принятых сигналов, проступает более четко.

Совершенствование технических средств современной геологии привело к тому, что сигналов поступает больше, чем их может одновременно обозреть человеческий глаз и переработать мозг. В результате та или иная часть полезной информации теряется. Единственный выход из этой ситуации — переход от так называемых интуитивных к алгоритмическим,

в частности к машинным, способам переработки информации. Надо составить алгоритм, т. е. такую последовательность точно определенных элементарных действий, которые, будучи применены к одним и тем же исходным данным, приводили бы всегда к одинаковым, или, как говорят математики, однозначным результатам. И вот тут-то представление о системе передачи информации из геологического прошлого перестает быть только лишь любопытной аналогией. Это представление подсказывает технические термины, в которых могут быть описаны мысленно выполняемые геологом операции. Причем эти термины заимствуются из языка, хорошо знакомого современному человеку, в повседневный обиход которого вошли такие средства передачи информации, как телеграф, телефон, магнитофон, радио, телевидение. И современному человеку, даже если он не знаком с математикой, легко представить себе, что операции, описанные в терминах техники связи, могут быть переведены далее на математический язык, лежащий в основе теории связи.

Микрофауна и история климата

Проследим этот путь на конкретном примере реконструкции истории климата по данным об изменении содержания раковин планктонных фораминифер (микроорганизмов, обитающих в поверхностных слоях океана) в колонке грунта из экваториальной зоны Атлантического океана¹ (рис. 2). Важнейший экологический фактор этой среды обитания — температура воды. Раковины отмерших фораминифер погружаются на дно и захороняются в осадках. В эпохи потеплений в осадках возрастает содержание теплолюбивых форм, в эпохи похолоданий — холодолюбивых.

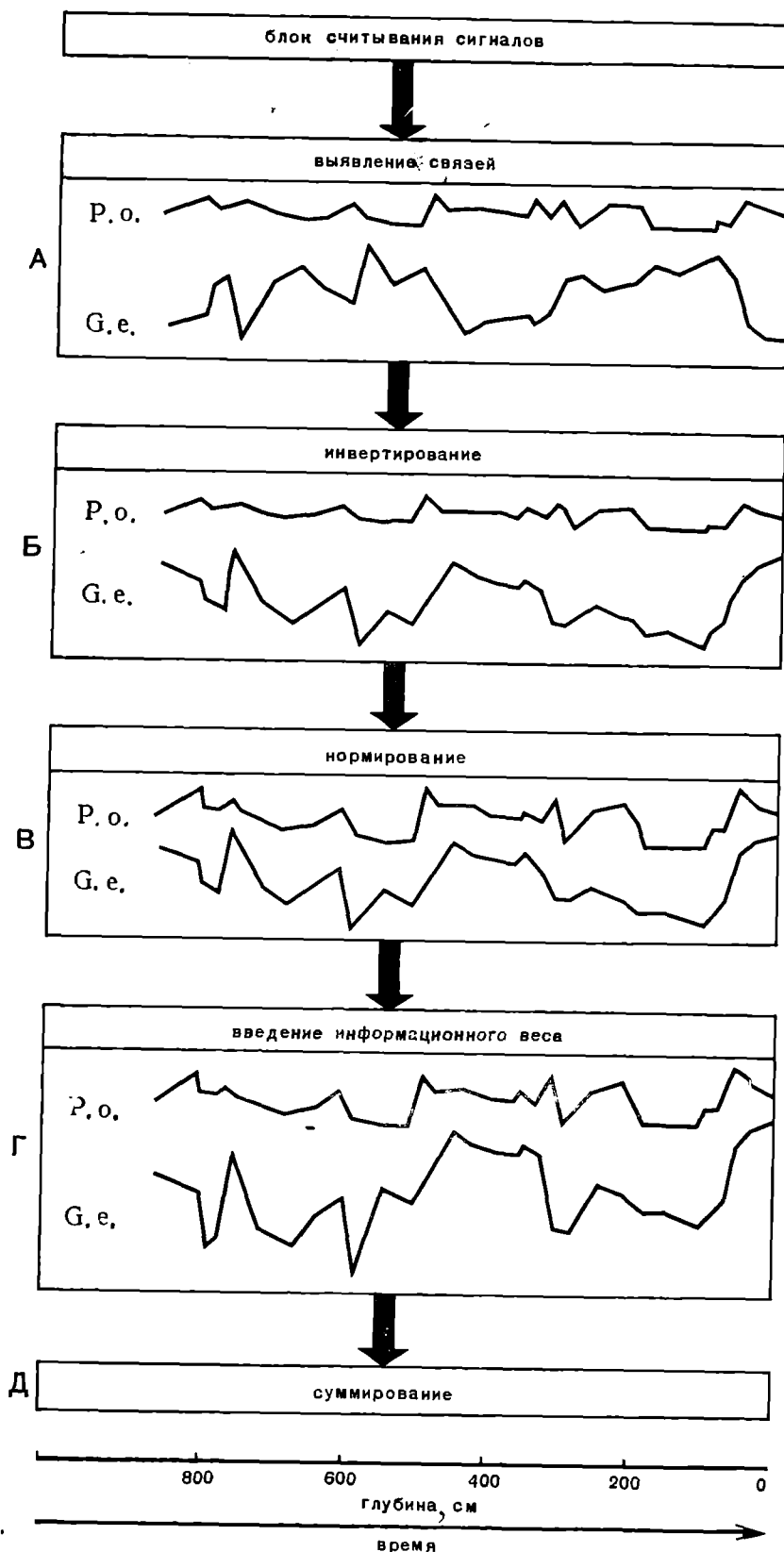
В толще осадка частицы, находящиеся выше, отложились позже, чем располагающиеся под ними. Поэтому

¹ F. B. Phleger, F. L. Parker, Y. F. Pierson. North Atlantik foraminifera. Reports of the Swedish deep-sea expedition 1947—1948, v. VII, fasc 1. Göteborg, 1953.

Рис. 3. Преобразования сигналов из геологического прошлого, выполняемые в блоке выделения полезных сигналов на фоне помех. А — наблюдается зрительное сходство между сигналом Р.о. и зеркальным отражением сигнала Г.е., свидетельствующее, что оба сигнала передают одно и то же сообщение; расчеты показывают, что между этими сигналами существует статистически значимая отрицательная связь. Б — сходство стало более заметным, после того как сигнал Г.е. инвертирован, т. е. путем умножения на -1 преобразован в свое зеркальное отражение. В — сходство увеличилось еще больше после того, как произведено нормирование — математическая операция, приводящая к выравниванию интенсивности сигналов, в данном случае за счет усиления сигнала Р.о. Г — суммировать надо не только сигналы Р.о. и Г.е., но и сигналы Г.т., Г.з. и Г.и., изображенные на рис. 2 и передающие то же самое сообщение; поэтому результаты суммирования показаны на рис. 4.

глубину залегания осадка можно рассматривать как сигнал, которым закодировано время образования осадка, и отношение «раньше — позже» преобразовано в отношении «ниже — выше». Продолжительность промежутков времени при кодировании искажена неодинаковой скоростью осадконакопления и уплотнением осадков с глубиной.

В таком случае графики изменения содержания фораминифер по глубине можно рассматривать как записи сигналов, передающих сообщение об изменении во времени обстановки осадкообразования. Следуя методу накопления сигналов, мы должны были бы их попросту сложить. Однако из геологического прошлого каждый сигнал передается посредством особого носителя информации. В рассматриваемом примере носителями информации являются различные виды фораминифер, по-разному реагировавшие на изменения температуры. Геолог мысленно или в ходе графического изображения сигналов выполняет операции, позволяющие



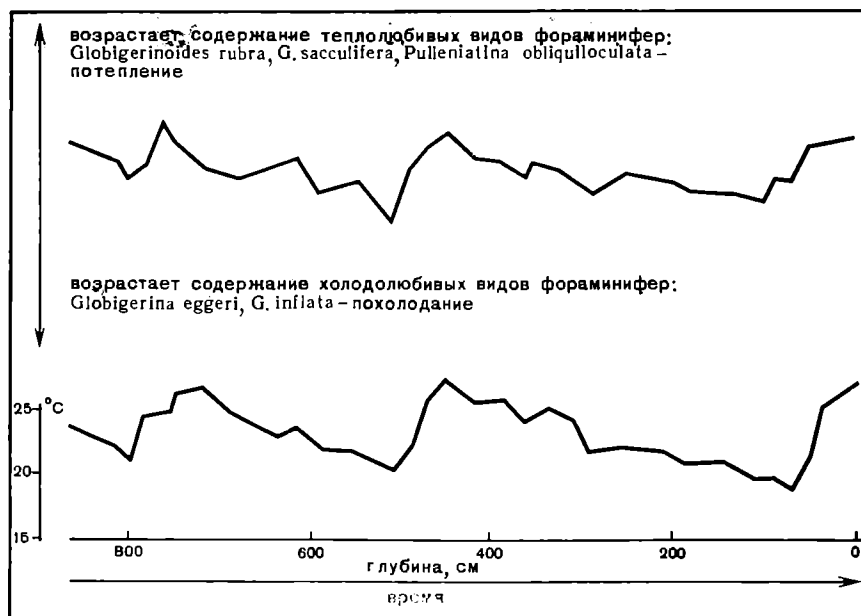


Рис. 4. Вверху — полезный сигнал об изменениях климата, по данным фораминиферного анализа колонки грунта из экваториальной зоны Атлантического океана. Выделен путем суммирования сигналов, изображенных на рис. 2. Перед суммированием сигналы подвергнуты преобразованиям, показанным на рис. 3. Масштаб по оси ординат не дается, поскольку полезный сигнал указывает только на относительные изменения климата в сторону потепления или похолодания, но ничего не говорит об абсолютной величине температур. Внизу — график изменения палеотемператур, по данным изотопного анализа проб из той же колонки. Двумя независимыми методами реконструкции климата получены близкие результаты.

устранить влияние особенностей носителей информации.

Алгоритмизация таких интуитивно выполняемых операций производится при помощи эвристического метода. Специалист, в данном случае геолог, рассказывает математику ход своих мыслей, а математик старается расчленить их на элементарные операции, поддающиеся математическому описанию. Эвристический метод действует наиболее эффективно, когда геолог и математик объединяются в одном лице.

В рассматриваемой задаче важная операция заключается в выявлении сигналов, записи которых имеют похожие очертания. Сходство очертаний сигналов свидетельствует о том, что они передают на фоне помех одно и то же сообщение. Из 25 видов фораминифер, описанных в данной колонке, только пять видов несут сигналы со сходными очертаниями. Именно эти сигналы изображены на рис. 2. Они могут быть разбиты на

две группы: $G.r.$, $G.s.$, $P.o.$, носителями которых являются относительно теплолюбивые виды, и $G.e.$ и $G.t.$, передаваемые посредством более холодолюбивых видов. В каждой из этих групп статистические связи между сигналами положительные. Но между сигналами из разных групп связи — отрицательные: на потепление указывает возрастание содержания теплолюбивых видов и убывание содержания холодолюбивых, на похолодание — обратные соотношения. Влияние особенностей носителей информации можно устранить путем преобразования сигналов (рис. 3).

После выполнения преобразований мы получаем право просуммировать сигналы, передающие одно и то же сообщение. В результате суммирования, как было сказано, случайные помехи окажутся в какой-то мере подавленными, а полезный сигнал выступит более четко. Полезный сигнал, выделенный путем суммирования сигналов $G.r.$, $G.s.$, $P.o.$, которые ука-

зывают на потепление, и сигналов $G.e.$, $G.t.$, указывающих на похолодание, можно записать символической формулой:

$$\Phi = (G.r. + G.s. + P.o.) - (G.e. + G.t.).$$

Если содержание теплолюбивых форм возрастает быстрее, чем холодолюбивых, значения сигнала Φ (передающего сообщение о потеплении климата) увеличиваются, указывая на потепление. При обратном соотношении значения сигнала Φ убывают, указывая на похолодание. Таким образом, сигналом Φ описываются относительные изменения климата в геологическом прошлом (рис. 4, сверху).

Сразу же возникает вопрос: насколько можно доверять результатам, полученным после стольких преобразований первичной информации? Ответ можно получить только путем сопоставления их с результатами, полученными другими методами. В этом примере в качестве контроля были использованы данные об абсолютных палеотемпературах, вычисленных по той же колонке исходя из отношения содержаний изотопов кислорода $^{18}O/^{16}O$ в раковинах фораминифер¹ (рис. 4, внизу). Результаты оказались близкими.

Растительность, история климата и тектонические движения

Для реконструкции климатов геологического прошлого используются также панцири диатомовых водорослей. По данным диатомового анализа колонки грунта из центральной части Японского моря² алгоритмическим путем был выделен полезный сигнал Φ_1 (рис. 5).

Изменения климата создаются взаимоналожением флуктуаций различных порядков, которые на протяжении четвертичного периода обуславливали смену ледниковых эпох и межледниковий, стадий оледенений и

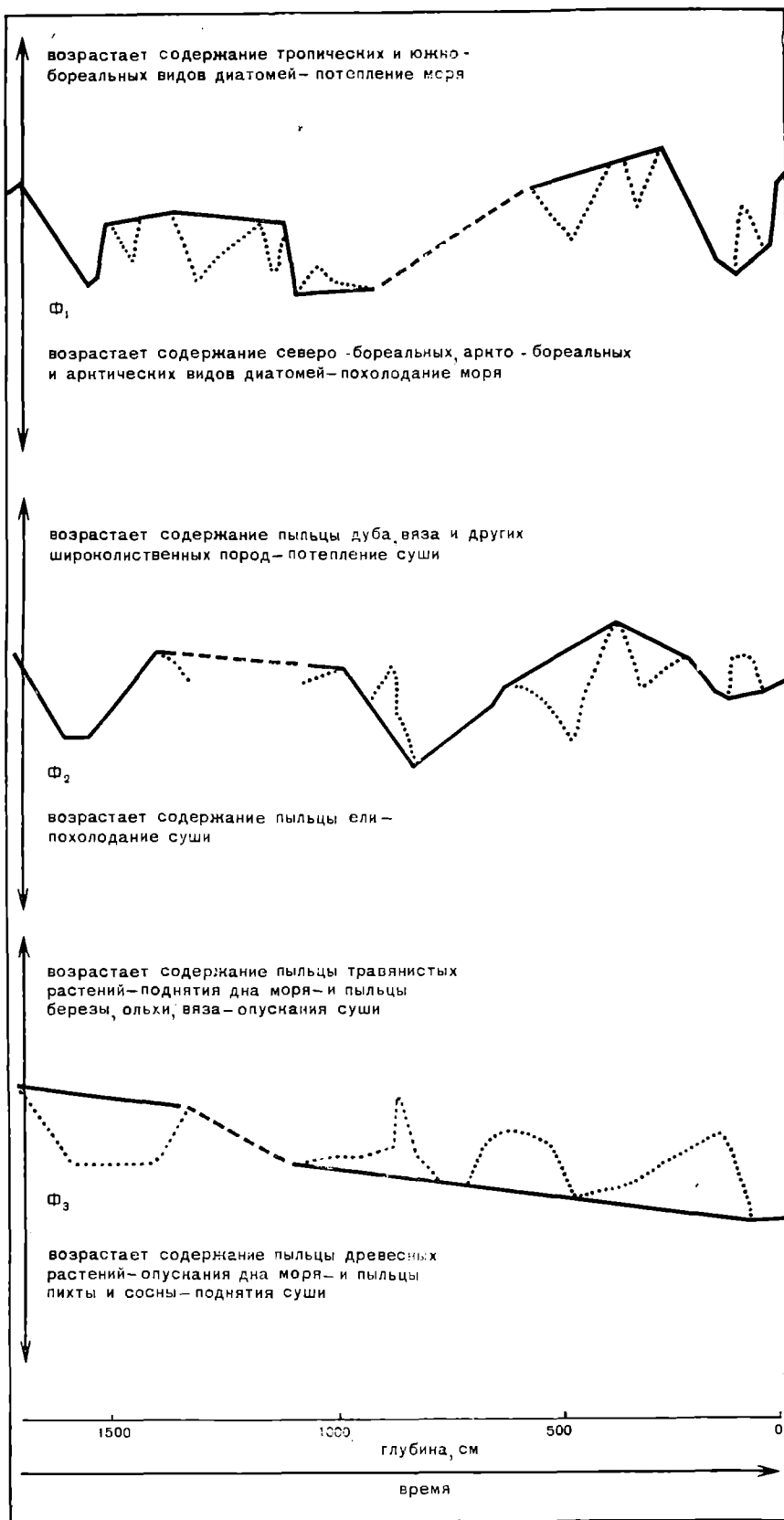
¹ С. Emiliani. Pleistocene temperatures, «J. Geol.», v. 63, 1955, № 6.

² Т. В. Сечкина. Диатомовые в длинной колонке донных отложений из Японского моря. ДАН, т. 126, № 6, 1959.

Рис. 5. Реконструкция истории климата и тектонических движений в Японском море и на обрамляющей суше, по данным о содержании диатомовых водорослей и пыльцы наземных растений в колонке грунта из центральной части моря. Сигналы, передающие сообщения об изменении климата: Φ_1 — в Японском море. Φ_2 — на обрамляющей суше. Φ_3 — сигнал, передающий сообщения об одновременных, но противоположных тектонических движениях дна моря и обрамляющей суши. Сплошными линиями показана главная тенденция изменения климата и тектонические колебания, или флуктуации первого порядка; пунктирными — отклонения от главной тенденции, или флуктуации второго порядка; прерывистыми линиями — участки с «пустыми» пробами. Флуктуации более высоких порядков на рисунке опущены. Разделение каналов выполнено при помощи эвристического алгоритма, построенного путем расчленения мысленных операций, выполняемых геологом при решении задач такого рода.

интерстадиалов и т. д. Здесь можно провести аналогию с многоканальной передачей нескольких сигналов по одной и той же электрической линии связи, когда сигналы образованы последовательностью импульсов тока с неперекрывающимися диапазонами размеров. По такой схеме производится, например, одновременная передача по одному проводу нескольких телефонных разговоров. Возможность вести самостоятельный разговор абонент получает благодаря операции разделения каналов, осуществляемой в приемном устройстве. При анализе сигналов, приходящих из геологического прошлого, разделение каналов производится при помощи специального эвристического алгоритма. Этот алгоритм позволил разложить выделенный по этой колонке сигнал Φ_1 на флуктуации различных порядков.

По той же колонке были произведены определения содержания пыльцы и спор наземных растений¹. В от-



¹ Е. В. Коренева. Исследование методом спорово-пыльцевого анализа двух колонок морских отложений из Японского моря. «Океанология», т. 1, 1961, вып. 4.

личие от предыдущих примеров данные спорово-пыльцевого анализа позволили выделить не один, а два полезных сигнала: Φ_2 и Φ_3 (см. рис. 5).

Какие же сообщения передаются посредством этих двух сигналов? Чтобы ответить на этот вопрос надо произвести декодирование сигналов. В предыдущих примерах мы не сосредоточивали внимания на этой задаче, касаясь ее попутно с выделением полезного сигнала. Но вообще при выделении полезного сигнала вовсе не обязательно заранее знать содержание сообщения. Процедура выделения полезного сигнала остается неизменной, какое бы он не передавал сообщение. Задача декодирования полезного сигнала встает, строго говоря, уже после его выделения.

Декодирование представляет собой операцию, обратную кодированию. Ключ к геологическим кодам отыскивается путем наблюдений за тем, как современные события кодируются в составе и свойствах современных отложений посредством современных процессов. В геологии этот прием известен под названием метода актуализма.

Следовательно, для декодирования сигналов Φ_2 и Φ_3 необходимо обратиться к наблюдениям над современной растительностью. Исходя из этих наблюдений, при декодировании сигнала Φ_2 дуб, вяз и другие широколиственные породы как теплолюбивые следует противопоставить холодолюбивой ели. Видимо, сигнал Φ_2 передает сообщение об изменениях климата в сторону потепления или похолодания. Справедливость этого предположения подтверждается сходством очертаний сигнала Φ_2 с сигналом Φ_1 , декодируемым тоже как сигнал об изменениях температур. Различия в очертаниях этих сигналов частично обусловлены отбором проб для обоих видов анализа с разных глубин и довольно большими участками с «пустыми» пробами.

При декодировании сигнала Φ_3 обратим внимание прежде всего на то, что в настоящее время на суше, обрамляющей Японское море, пихтовые и сосновые леса преобладают в горах, а лиственные — на низменностях. Следовательно, возрастание со-

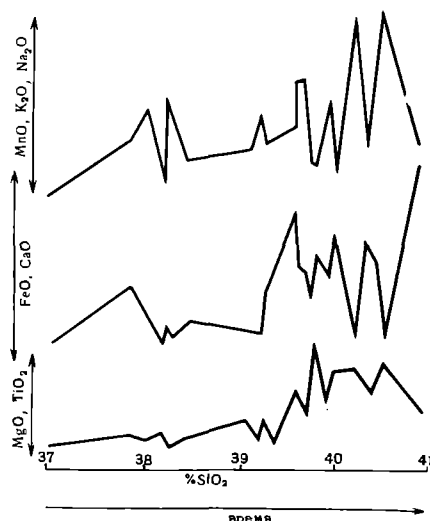


Рис. 6. Сигналы об эволюции вещества мантии Земли, поднимающегося из недр Индоокеанского срединного хребта. Очертания сигналов повторяют друг друга со сдвигом фаз, описывая единый пульсационно-циклический процесс. Общая тенденция процесса — уменьшение по мере остывания интенсивности выделения магния и возрастание интенсивности выделения остальных, относительно более легкоплавких окислов. В течение каждого цикла последовательно сменяются этапы относительно более интенсивного выделения сначала магния, потом кальция и железа, затем титана и, наконец, марганца, калия и натрия.

держания пыльцы пихты и сосны указывает на увеличение площади, занятой гористым рельефом, вследствие тектонических поднятий. Возрастание же содержания пыльцы березы, ольхи и вяза свидетельствует об увеличении площади низменностей, образующихся при замедлении тектонических поднятий или смены их опусканиями.

Что касается пыльцы травянистых растений, то она не разносится далеко от берегов. Большое ее содержание в отложениях центральной части моря объясняют тем, что подводная возвышенность Ямато, расположенная неподалеку от места взятия колонки, некогда была островом. Вследствие тектонических колебаний дна Японского моря площадь острова то уве-

личивалась, то уменьшалась. Соответственно увеличивалось или уменьшалось содержание в осадках пыльцы травянистых растений.

Таким образом, оказывается, что сигнал Φ_3 передает два сообщения об одновременных и прямо противоположных тектонических движениях дна Японского моря и обрамляющей суши. Общей тенденцией является при этом поднятие суши и погружение дна моря.

Если выделение полезного сигнала может быть выполнено однозначно посредством строгой алгоритмической процедуры, то в декодировании выделенного сигнала сохраняется существенная доля гипотетичности.

Эволюция вещества мантии

Случилось так, что в рассмотренных примерах реконструкции истории климата и тектонических движений носителями сигналов оказались остатки организмов. Тут сыграло свою роль то, что организмы реагируют на изменения обстановки более чутко, чем неорганические компоненты горных пород. Но сигналы из геологического прошлого передаются посредством уже отмерших организмов и не могут, таким образом, обуславливаться информационными процессами в живой природе.

Чтобы у читателя не осталось на этот счет никаких сомнений, рассмотрим еще пример, касающийся эволюции вещества мантии. Оно поднимается из раскаленных недр Земли, где не может существовать ничего живого.

Сигналом, которым закодирована последовательность событий — геологическое время, в изверженных породах служит содержание SiO_2 . Геологические наблюдения и эксперименты свидетельствуют, что в ходе застывания магмы содержание SiO_2 , как правило, возрастает. Если расположить образцы в последовательности возрастания содержания SiO_2 , такой ряд будет отражать последовательные стадии формирования изверженной породы. Содержания остальных окислов, представленные в виде функций содержания SiO_2 , можно

рассматривать как записи сигналов, передающих сообщения о ходе эволюции изверженной породы.

В последнее время внимание геологов привлекает обнаруженная в Мировом океане единая система срединно-океанических хребтов протяжением свыше 60 тыс. км. В осевых зонах этих хребтов происходит подъем вещества мантии Земли и застывание его в виде ультрабазитовых пород. Реконструкция хода этого процесса затрудняется тем, что геологи располагают пока еще поистине ничтожным числом образцов, поднятых драгами со дна Мирового океана.

Совместно с петрографом Г. Б. Рудником нами была произведена алгоритмическая обработка данных химических анализов ультрабазитов Индо-океанского срединного хребта. Описанным выше способом было получено три полезных сигнала (рис. 6). Как видим, окислы марганца, калия и натрия выделяются из магмы совместно. Интенсивность их выделения имеет общую тенденцию к возрастанию с течением времени, т. е. по мере остывания магмы. Аналогично ведут себя окислы железа и кальция. Окислы титана и магния связаны обратной зависимостью, и если интенсивность выделения титана по мере охлаждения возрастает, то интенсивность выделения магния падает. Таким образом, окись магния противостоит окислам остальных элементов как относительно тугоплавкий компонент.

Более глубокое исследование показывает, что зубчатые очертания сигналов обусловлены далеко не одними лишь случайными отклонениями от общей закономерности. Очертания сигналов повторяют друг друга, но со сдвигом фаз. Подсчеты показывают, что наиболее вероятна такая последовательность максимумов и минимумов зазубрин: MgO ; FeO , CaO ; TiO_2 ; MnO_2 , K_2O , Na_2O ; MgO . Таким образом, эволюция ультрабазитов Индо-океанского срединного хребта имела пульсационно-циклический характер. В течение каждого цикла последовательно сменялись этапы относительно более интенсивного выделения сначала магния, потом железа и кальция, затем титана и, наконец, марганца, калия и натрия. Подтверждение этого заключения можно найти в ана-

логичных закономерностях, установленных на большом фактическом материале изучения ультрабазитовых массивов суши.

До сих пор шла речь об одномерных сигналах, передающих сообщения о ходе процессов во времени. При построении палеогеографических карт геолог осуществляет прием двумерных сигналов, выражающихся в изменениях состава и свойств пород на площади распространения разновозрастных горизонтов земной коры. Методика алгоритмического приема таких сигналов сейчас отрабатывается на примерах восстановления процессов, формировавших современные морские осадки, по данным об их механическом, химическом и минералогическом составе. Выделяемые при этом полезные сигналы изображаются на картах изолиниями, которые декодируются как линии равной интенсивности процессов, участвовавших в формировании состава осадков.

Эксперимент над самим собой

Человеческий мозг представляет собой очень емкий и гибкий аппарат переработки информации. Поэтому заранее нельзя утверждать, что алгоритмические методы окажутся всегда более эффективными, чем интуитивные. Критерием тут может служить только опыт. Выше опытным путем на нескольких примерах было показано, каких результатов можно достичь за счет алгоритмизации приема сигналов из геологического прошлого. Теперь надо, опять-таки опытным путем, убедиться в том, что интуитивными методами из того же фактического материала могут быть сделаны гораздо более скромные выводы. Посоветуем читателю произвести с этой целью в часы досуга небольшой эксперимент. Попробуйте на основании пяти графиков, приведенных на рис. 2, построить обобщенный график изменений климата вроде того, который изображен на рис. 4 (вверху). Ваша задача значительно облегчена тем, что на рис. 2 из 25 сигналов уже отобраны те пять, которые передают сообщение об изменениях кли-

мата. Предложите далее кому-нибудь из Ваших друзей сделать то же самое или повторите опыт сами. Затем сравните оба графика. Если Вам не пришлось иметь дело с такого рода задачами и Вы попадетесь на удочку, то третий график строить уже не станете. Вы своими глазами увидите, как выглядит та неоднозначность интуитивных решений, которую призвана устранять алгоритмизация. И Вам станет понятно, почему геологи редко строят такие обобщенные графики. Обычно они ограничиваются проведением границ между эпохами потеплений и похолоданий, поднятий и опусканий, осолонений и опреснений и т. п. Но даже при таком упрощении у геолога всегда остается какая-то доля неуверенности в произведенном им самим расчленении и значительная доля уверенности в том, что его коллега ту же толщу, на основании того же фактического материала расчленит не совсем так или даже совсем не так.

Таким образом, алгоритмизация приема сигналов из геологического прошлого позволяет увеличить подробность и уменьшить неоднозначность реконструкций истории Земли. Кроме того, операции, выполняемые сейчас специалистами высокой квалификации, могут быть переложены на технических работников или вычислительные машины.

Но в данном случае алгоритмизация позволяет получать и совершенно новое знание. Действительно, при интуитивном подходе геолог, как правило, выделяет полезные сигналы из числа только тех полученных сигналов, которые он умеет декодировать. Алгоритмические методы дают возможность выделить, в меру своей разрешающей способности, все полезные сигналы. Перед геологом, которому больше не надо тратить время и силы на борьбу с помехами, открывается широкое поле приложения его опыта и интуиции к выяснению того, какие же сообщения передаются алгоритмически выделенными полезными сигналами. И успешное решение этой задачи дает ему новые, ранее недоступные знания о геологическом прошлом Земли.

Идеи прерывности и непрерывности в физике и химии

Академик Б. М. Кедров



Бонифатий Михайлович Кедров, директор Института истории естествознания и техники АН СССР. Работает над проблемами материалистической диалектики и диалектической логики, над философскими вопросами естествознания и истории науки; ряд работ посвящен психологии научного творчества и логике научных открытий. Монографии: О количественных и качественных изменениях в природе. М., 1946; Эволюция понятия элемента в химии. М., 1956; День одного великого открытия. М., 1958; Философский анализ первых трудов Д. И. Менделеева о периодическом законе. М., 1959; Классификация наук, т. I—II. М., 1961—1965; Предмет и взаимосвязь естественных наук, изд. 2. М., 1967; Единство диалектики, логики и теории познания. М., 1963; Три аспекта атомистики, тт. 1—3. М., 1969; Ленин и революция в естествознании. М., 1969; Ленин и диалектика естествознания. М., 1971.

В реальном мире противоположности — прерывное и непрерывное — существуют всегда в нераздельном единстве. Однако их единство не может быть раскрыто и воспринято научной непосредственно, но всегда так, что сначала оно аналитически расчленяется на противоположные стороны, которые познаются изолированно и даже в их взаимном противопоставлении. Лишь затем, на основе познанных частных, восстанавливается синтетически то их единство, которое было нарушено предшествующим анализом. Таким образом, здесь, как и в истории всего научного познания, анализ предшествует синтезу и подготавливает его, а синтез углубляет то, что было достигнуто на стадии аналитического исследования, и преодолевает те нарушения в предмете познания, которые были внесены в него на предшествующей, аналитической стадии.

Сказанное распространяется и на те противоречивые стороны действительности, которые выражаются в категориях прерывности и непрерывности. Исторический путь естествознания шел через первоначальное раздвоение единого на его противоречивые стороны, или части, которые сначала разрывались между собой и противопоставлялись одна другой. При этом в одном случае какая-либо сторона реального противоречия абсолютизировалась, а вторая, противоположная ей сторона, подчинялась первой, сводилась к ней или даже отрицалась вовсе. В другом же случае, напротив, абсолютизировалась вторая сторона при перечеркивании первой. На этой почве возникали односторонние, диатетально противоположные концеп-

ции в науке, которые взаимно исключали друг друга и сторонники которых вступали в острую борьбу между собой, занимая крайние позиции.

Говоря об определениях непрерывности и дискретности, Гегель в «Науке Логики» писал, что «ни одно из этих определений, взятое отдельно, не истинно, а истинно лишь их единство. Таково,— заключал он,— истинно диалектическое рассмотрение их, так же как их истинный результат»¹.

Развитие физики и химии в XVII и XVIII вв. шло к разрыву и противопоставлению обоих противоположных определений, в XIX же столетии оно было направлено от сложившегося уже к этому времени разрыва прерывности и непрерывности к восстановлению их исходного единства и взаимопроникновения, не достигая, однако, этого единства в достаточной степени. Полностью его восстановление произошло лишь в XX в. (квантовая механика, учение об элементарных частицах). Весь этот пройденный познанием путь можно проследить на истории учения о веществе и учения о свете и об энергии.

Физика и химия XVII и XVIII веков

Вопрос о прерывности и непрерывности в физике и химии встал прежде всего в связи со взглядами на строение материи. В древнегреческой философии сложились два противоположных воззрения. Левкипп и Демокрит признавали атомистическое, дискретное строение материи: по их

¹ Гегель. Соч., т. V, М., 1937, стр. 214.

учению, мир состоит из атомов и пустоты. Напротив, Аристотель отрицал прорывистый характер строения материи, считая, что она сплошь заполняет пространство и может быть делима до бесконечности.

В XVII—XVIII вв. спор между сторонниками непрерывности и дискретности принял более конкретную форму. Ньютон построил свое учение на идее дискретности материи: Вселенная, по Ньютону, представляет собой систему дискретных тел, взаимодействующих между собой в пустом пространстве. Напротив, Декарт развил учение о непрерывной среде, которая заполняет мировое пространство. В этой среде происходят потоки и вихри, которые и приводят к образованию дискретных тел. Эмпирической основой таких воззрений на непрерывность среды могли служить тогда гидромеханика и аэромеханика. В области оптики Ньютон придерживался идеи светового вещества, которое истекает из светящихся тел в виде корпускул. Напротив, Гюйгенс выдвинул идею геометрической оптики, которая, исходя из представления о непрерывной среде.

Корпускулярная теория света была частным случаем общей концепции атомистического, дискретного строения материи, которая занимала доминирующее положение в неорганическом естествознании XVII и XVIII вв. Под знаком такой концепции фактически развивались возникшие в XVII в. физика и химия. Атомизм, приняв механический характер, вполне гармонизировал с механическим материализмом того времени, что нашло свое выражение, в частности, у Бойля (Англия, XVII в.) и особенно у Ломоносова (Россия, XVIII в.), который — в противовес идеалистической монадологии Лейбница — развил на почве материализма свою «физическую монадологию». Исходя из этого, Ломоносов сумел в гипотетической форме разработать основные положения будущей химической и физической атомистики XIX в. и выдвинуть в связи с этим ряд замечательных прогнозов.

Напротив, «принцип непрерывности», в частности по отношению к неживой природе, в качестве всеобщего принципа отстаивал Лейбниц (XVII в.), хотя он же выдвинул идею

духовных (бестелесных) монад как дискретных образований («душ») в живой природе. Позднее, в XVIII в., идею непрерывности сил и построенных якобы из них материальных образований выдвинул Кант в форме динамической теории. Так в конце XVIII в. в естествознании столкнулись две конкретные концепции строения материи — динамическая и атомистическая, каждая из которых методологически опиралась на односторонне истолкованную категорию: первая — на абстрактную непрерывность, вторая — на абстрактную дискретность.

Замечательно, что в это же время идею синтеза обеих противоположных сторон материи выдвинул в натурфилософской форме хорватский физик Р. Бошкович. Он ввел понятие «динамиды» (точки приложения непрерывных сил) как дискретного образования, соединив этим основные посылки учения Лейбница (принцип непрерывности и принцип монад) с учением Ньютона о силах притяжения и отталкивания, т. е. с его динамикой. Главная идея Бошковича о нераздельной связи материи и движения и вся его динамическая атомистика, построенная на этой основе, получили положительную оценку со стороны Пристли («История оптики», 1772); позднее взгляды Бошковича оказали известное влияние на Томсона — Кельвина (XIX в.) и особенно на Дж. Дж. Томсона, открывшего электрон (1897) и предложившего первую (статическую) модель атома (1903). Менделеев в конце XIX в. писал, что современное ему учение о веществе можно рассматривать как «попытку примирить и согласовать динамизм с атомизмом», а потому Бошковича «ныне повсюду считают в некотором смысле основателем современных представлений о веществе»¹.

Такова была в самых общих чертах картина в естествознании и философии к началу XIX в., когда уже развернулась борьба, опиравшаяся на членение прерывности и непрерывности, на абстрактно противопоставляемые противоположности, но когда прямых и решающих экспериментальных подтверждений ни та, ни другая

концепция еще не получила. Поэтому тогда еще не был ясен исход борьбы ни в физике, ни в химии. Только в первой четверти XIX в. пришло, казалось бы, однозначное решение указанных спорных проблем. Начну с химии.

Химия XIX в.: временная победа идеи прерывности

В самом начале XIX в. (1801—1807) в химии вспыхнул спор между Прустом, последователем Лавуазье, и Бертолле. Спор шел о том, соединяются ли вещества в результате химических реакций в постоянных (дискретных) отношениях, как утверждал Пруст, или же в переменных (непрерывных) отношениях, на чем настаивал его противник. Экспериментально была подтверждена первая точка зрения, и она утвердилась надолго в химии. В это же время Дальтон создает основы химической атомистики и устанавливает ее эмпирический фундамент, открывает закон простых кратных (следовательно, резко прорывистых) отношений (1803). Тогда же он вводит центральное понятие всей химии XIX в. — понятие атомного веса.

Тем самым в пользу атомистики, как учения о дискретном строении материи, решился спор не только между Прустом и Бертолле, но и между атомистами и динамистами. Динамическое учение, опиравшееся на идею о непрерывных силах, не в состоянии было объяснить прерывность, а тем более целочисленность (кратность) отношений между химическими элементами, входящими в состав химического соединения. Химик У. Хиггинс, непосредственный предшественник Дальтона, близко подошел к открытию закона простых кратных отношений, но не смог сделать этого, так как находился под влиянием динамизма. Биограф Дальтона Смитс писал позднее, что «динамизм не находил места в химии. Он опрокидывал своих собственных друзей, и Хиггинс пал его жертвой»¹.

Попытка Гегеля отвергнуть атомизм и гальванизировать динамизм

¹ Д. И. Менделеев. Периодический закон. Изд-во АН СССР, 1958, стр. 555, 561.

¹ Цит. по кн.: Джон Дальтон. Сборник избранных работ по атомистике. Л., 1940, стр. 199.

потерпела полную неудачу: закон простых кратных отношений оказался несовместимым с динамизмом и органически сочетался только с атомизмом. Это блестяще показал Берцелиус.

Дальнейшее бурное развитие химии XIX в., в особенности органической, не только утверждало атомистику Дальтона в качестве общетеоретической основы всей химии, но и распространило идею дискретности на представление о химической связи между атомами. Понятие валентности («атомности»), выросшее из теории типов Жерара, опиралось на признание, что каждый атом того или иного элемента может соединиться лишь с целым числом атомов водорода, валентность которого была принята за единицу. Тем самым исходная идея Дальтона о прерывности и кратности отношений воплотилась в понятие валентности.

Принцип дискретности и кратности отношений в химии с особой силой проявился в периодическом законе, который был открыт Менделеевым (1869). Сам Менделеев говорил в своем «Фарадеевском чтении»: «Связав понятие о химических элементах новыми узлами с Дальтоновым учением о кратном или атомном составе тел, периодический закон открыл в естественной философии новую область для мышления». Этот закон показал, что «масса атомов растет не непрерывно, а скачками, явно или прямо связанными с теми скачками, которые Дальтон открыл законом кратных отношений, ибо периоды элементов выражены переходом от RX к RX_2 , RX_3 , RX_4 и так далее до RX_8 , где истощается энергия связующих сил и отсюда опять начинается вновь RX , RX_2 и т. д.». Менделеев заключает: «Периоды элементов носят, таким образом, иной характер, чем привычные периоды, геометриями столь просто выражаемые. Это точки, числа, это скачки массы, а не ее непрерывные эволюции»¹.

Итак, в течение XIX в. идея прерывности (дискретности) утвердилась в химии, где, казалось бы, окончательно взяло верх атомистическое учение, получившее прямое эксперимен-

тальное подтверждение. Однако, как оказалось позднее, победа атомистики в химии на самом деле была временной. Уже при изучении растворов в конце XIX в. стало обнаруживаться единство обеих противоположных сторон химического состава вещества — его прерывности и непрерывности. Тот же Менделеев в своем «Исследовании водных растворов по удельному весу» (1887) показал, что за кажущейся непрерывностью в изменении состава водных растворов различных веществ скрываются определенные химические соединения между молекулами растворенного вещества и молекулами растворителя. Тем самым дискретность вводилась в ту область химии и физической химии, где до тех пор безраздельно господствовала непрерывность, так что обе противоположности как бы проникали друг в друга и дополняли одна другую.

В конце XIX в. это направление начал развивать в России химик Курнаков, создавший физико-химический анализ. Полное развитие его учение получило в XX в. Изучая область сплавов, стекол и растворов, он нашел, что кроме химических соединений с определенным, дискретным составом, которые он назвал «дальтонидами», существуют химические соединения с переменным, непрерывно изменяющимся в определенных пределах составом, которым он дал название «бертоллидов».

Таким образом, на проверку оказалось, что позиция Бертолле не была ошибочной в целом, что и она содержала в себе долю истины. Позиция же Пруста не была полностью правильной в ее абстрактном виде, поскольку она нацело исключала из химии момент непрерывности. Поэтому победа Пруста могла быть только временной. Сам Курнаков подчеркивал, что «в равновесных системах дискретность и непрерывность взаимно сочетаются и существуют рядом друг с другом. Диаграммы, относящиеся к однородному, непрерывному состоянию, в конце концов характеризуют изломы и разрывы свойств тех определенных химических соединений, которые могут быть выделены при охлаждении в твердом виде. Мы видим,— заключает Курнаков,— прило-

жение диалектического принципа единства противоположностей. Замечательная мысль Гегеля о том, что «величина в непрерывности имеет непосредственно момент дискретности», получает здесь реальное осуществление»¹.

Итак, если Менделеев показал прерывное в непрерывном, то Курнаков раскрыл непрерывное в прерывном применительно к растворам и сплавам.

Не менее наглядно в том же направлении шло развитие учения о химической связи. Первоначальная абстрактная дискретность валентных «черточек», соединяющих атомы между собой, стала уступать место представлениям о дробной (парциальной) валентности у ненасыщенных органических соединений, что вело к представлению о валентных силах, создающих вокруг себя своеобразное непрерывное поле. Такое представление получило подтверждение после того, как Сванте Аррениусом (1885—1887) была создана теория электролитической диссоциации, и особенно после открытия валентных электронов, что позволило связать химические процессы с физическими (электрическими).

Так развитие химии в XIX в. шло от первоначального разрыва прерывности и непрерывности и одностороннего превалирования первой над второй к их синтезу, к раскрытию их внутреннего единства.

Физика XIX в.: временная победа идеи непрерывности

С противоположного полюса к раскрытию того же единства двигалась в XIX в. физика. Если в начале XIX в. в химии одержала победу концепция дискретности (учение Дальтона), то в это же время в оптике благодаря открытиям Френеля утвердилась волновая теория света. Эта теория основывалась на идее непрерывности в применении к среде (световому эфиру) и к световым волнам, возникающим в этой среде. Экспериментальное открытие Френелем и объясне-

¹ Д. И. Менделеев. Периодический закон, стр. 218, 216.

¹ Н. С. Курнаков. Введение в физико-химический анализ. М., 1936, стр. 152—153.

ние им на основе волновой теории явлений дифракции света, влияния поляризации на интерференцию, объяснение явления вращения плоскости поляризации и другие открытия, казалось бы, полностью отвергли корпускулярную теорию света и безраздельно утвердили волновую теорию. На основе концепции непрерывности Фарадей развивает представление об электромагнитном поле, а позднее Максвелл создает электромагнитную теорию света.

Не менее ясно линия непрерывности проявилась в области термодинамики, которая родилась в XIX в. В ее основу легли непрерывные функции состояния термодинамических систем; на первом месте среди них стояла полная внутренняя энергия системы. Исключительно большую роль играла чисто математическая функция — энтропия, введенная Клаузиусом (1865), связанная со вторым началом термодинамики. Вся термодинамика развивалась как чисто дедуктивная наука, представляющая собой математизированную отрасль физики, где, казалось бы, безраздельно господствовал принцип математической непрерывности.

Таким образом, в физике XIX в. временно взяла верх идея непрерывности физических величин и свойств. Однако и здесь противоположный момент дискретности получил отражение в молекулярно-кинетической теории газов, а затем в физической статистике. В этих областях физики находила свое отражение идея дискретного строения материи, так что термодинамические свойства систем выводились путем суммирования значения свойств и движения образующих эти системы частиц (молекул). Такие идеи дискретности в физике развивали Клаузиус, Максвелл, Больцман, Гиббс, а позднее Эйнштейн, Смолуховский и другие. Особенно важное значение имело открытие Больцманом связи между энтропией системы, состоящей из многих частиц материи, и вероятностью ее состояния (1877). Тем самым одно из основных термодинамических понятий — энтропия — получило чисто статистическое толкование и количественное определение, основанное на принципе дискретности. Тем не ме-

нее почти до самого конца XIX в. идея прерывности ставилась в методологии физики далеко позади идеи непрерывности как господствующей, лидирующей.

В год открытия электрона (1897) Макс Планк писал: «Прерывистость в изменении эквивалентного веса является, следовательно, характерной для химической природы вещества, в противовес его физическим свойствам; более того, кратко резюмируя, можно сказать, что физические изменения протекают непрерывно, химические же — прерывисто. Поэтому в физике приходится иметь дело преимущественно с непрерывными переменными величинами, в химии же — преимущественно с целыми числами»¹.

С таких позиций Планк объяснял известный парадокс Гиббса, касающийся энтропии газовой смеси. Он писал, что «химическое различие двух газов, или вообще двух веществ, не может быть представлено непрерывно изменяющейся величиной, но что в данном случае можно говорить об отношениях, изменяющихся скачками: о равенстве или неравенстве. В этом обстоятельстве, — по мнению Планка, — и заключается коренное различие между химическими и физическими свойствами, так как последние всегда должны рассматриваться, как изменяющиеся непрерывно»².

Мы уже видели, что монопольное положение дискретности в химии исчерпало себя к концу XIX в. и еще больше в XX в. То же можно сказать и о монопольном положении непрерывности в физике: о ее крушении свидетельствовало открытие электрона. Это было началом наступления на идею абсолютной непрерывности в учении об электричестве. Ф. Энгельс (1882) в «Диалектике природы» предвидел, что «в области электричества еще только предстоит сделать открытие, подобное открытию Дальтона, открытие, дающее всей науке средоточие, а исследованию — прочную основу». Речь шла о том, по словам Энгельса, чтобы «выяснить, что является собственно вещественным субстратом электрического движения, что

собственно за вещь вызывает своим движением электрические явления»¹.

Открытие электрона Дж. Дж. Томсоном сделало для учения об электричестве то же самое, что сделало открытие Дальтона для учения о химическом веществе. С этих пор расширилось общее понятие о веществе, включив в себя и понятие электрона, на чем позднее особенно настаивал Рамзай.

Еще более важное значение для физики имело открытие, сделанное Планком (1900), который обнаружил дискретный характер теплового излучения и ввел в качестве новой универсальной константы квант действия h . Вскоре затем Эйнштейн выдвинул представление о фотоне, или световом кванте, как своеобразной «частице» («корпускуле») света. С этих пор берет начало квантовая физика XX в., опирающаяся на принцип дискретности. Следовательно, в физике, как и в химии, победа одной полярной противоположности, в данном случае — непрерывности, оказалась временной. Подобно тому как химия XX в. показала относительную справедливость идей Бертолле, так квантовая физика начала XX в. в части оптики частично реабилитировала ньютоновскую идею корпускулярной природы света. Сам же Планк, считавший незадолго перед тем физику цитаделью непрерывности, нанес своей теорией квантов сокрушительный удар по такому одностороннему воззрению. Так разрушались раздельные перегородки между прерывностью и непрерывностью и в химии, и в физике, а значит, и между самими этими науками.

Наиболее же решительный удар по этим перегородкам был нанесен уже в XX в. квантовой механикой, которая сняла бывшее противопоставление прерывности и непрерывности, корпускулы и волны, сняла их как в учении о микрочастицах вещества, так и в учении о свете. Луи де Бройль (1923) выдвинул фундаментальную идею, что всякой микрочастице (вещества или света) с массой m , движущейся с определенной скоростью, всегда соответствует волна опреде-

¹ М. Планк. Термодинамика. Л.— М., 1925, стр. 30.

² Там же, стр. 237.

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 434, 439.

ленной длины. Позднее эта идея получила экспериментальное подтверждение в опытах по дифракции электронов, атомов и других частиц, что привело, в частности, к созданию электронного микроскопа.

В конце XIX в. в физике и химии вспыхнул рецидив идеалистического отрицания дискретного строения материи и даже отрицания самой материи как объективной реальности. Энергетики повели ожесточенное наступление против атомистики, видя в ней конкретное воплощение материалистического учения. Опираясь на феноменологически истолкованную термодинамику, они отстаивали идею непрерывности физических величин, в частности энергии. Активную борьбу против антиатомистического поветрия вели физики-материалисты (Больцман, Планк, Столетов и др.) и химики (Менделеев, Вант-Гофф). Открытие электрона, развитие коллоидной химии и другие успехи науки, опиравшиеся на атомистику, опровергли энергетику и вынудили Оствальда признать свое поражение (1908). В книге «Материализм и эмпириокритицизм» (1909) В. И. Ленин дал глубокий философский анализ всех этих процессов, происходивших в тогдешнем естествознании.

Так на рубеже XIX и XX вв. повторилась ситуация, сложившаяся за 100 лет перед тем: философские концепции материализма ассоциировались с идеей дискретности в отношении строения материи; концепции же идеализма связывались с идеей непрерывности сил и энергии. Но позднее, в XX в., такие ассоциации уже больше не повторялись, так что защита атомистики уже не совпадала с защитой материализма в физике и химии.

*

Анализ развития физики и химии XIX в., рассмотренного в рамках категорий прерывности и непрерывности, дает возможность в порядке обобщения сделать следующие выводы.

Познание физического или химического объекта природы или вообще любого внутреннего противоречивого объекта природы совершается как бы «по дуге» или «по букве U» — в порядке встречного движения от двух ее верхних концов вниз к области

перехода одной ее стороны в другую (в области, соответствующей нижней части буквы U). При этом возможны различные варианты, которые, однако, по существу сводятся к одной общей схеме: от первоначального аналитически расчлененного представления об объекте изучения (от признания либо только его прерывности, либо только его непрерывности) к раскрытию в конце концов их единства, взаимообусловленности и перехода друг в друга.

В качестве вариантов такого познавательного движения «по дуге» («по букве U»), как об этом свидетельствует история физики и химии, могут быть и реально наблюдаются следующие четыре типовых случая: 1 — движение начинается сразу с двух противоположных концов, но затем временную победу одерживает одна противоположность, которая становится на время господствующей. Только спустя сравнительно долгое время обнаруживается, что эта победившая сторона содержит в себе свою противоположность и переходит в нее; 2 — начавшееся с двух сторон движение не разрешается в форме временной победы одной из борющихся сторон, а продолжается в обоих встречных направлениях, приводя в конце концов к слиянию противоположностей (но не к примирению борющихся учений), т. е. к раскрытию их внутреннего единства, присущего самому изучаемому объекту; 3 — движение познания начинается сначала с одного конца «дуги», а затем, спустя некоторое время, перебрасывается на другой ее конец. Дальнейшее движение может совершаться согласно либо п. 1, либо п. 2; 4 — движение познания начинается и совершается дальше только с одного конца «дуги» («буквы U»). Однако углубление познания этой одной стороны обнаруживает, что она содержит в себе свою противоположность. Поэтому углубляющееся познание рано или поздно через нижнюю перемычку «дуги» («буквы U») вынуждено из одной стороны перейти в другую.

Особенности самого изучаемого объекта позволяют понять, почему временную победу в данной области науки одерживает определенная односторонняя концепция. В объекте

химии (химическом веществе) на первый план выступает дискретность отношений составных частей (например, простые кратные отношения) по причине относительной немногочисленности атомов, входящих в состав молекул простейших химических соединений. В объекте же физики, напротив, по причине многочисленности образующих его дискретных образований или же по причине особого их характера выступает в первую очередь кажущаяся непрерывность. Только в ходе дальнейшего развития науки обнаруживается, что победа односторонней концепции была временной.

В итоге ход научного развития ведет не только к познанию единства обеих противоречивых сторон внутри каждой отдельно взятой науки, в частности физики или химии, но и к установлению методологического единства самих этих наук. Поэтому нельзя строить на прежнем разъединении физики и химии объяснение парадокса Гиббса, как это сделал Планк. Напротив, нужно исходить из наличия единства как обеих противоположных сторон объекта, так и наук, изучающих эти стороны.

Начало общего противоречивого хода познания хорошо выразил Менделеев. Он писал: «Замечательна судьба нашей науки, что важнейшие открытия эпохи ведут в начале к крайним гипотезам»¹. Очевидно, впоследствии эти крайности преодолеваются в ходе дальнейшего познания, и это составляет не менее «замечательную судьбу» нашей науки.

¹ Д. И. Менделеев. Избранные сочинения, т. 2, М.—Л., 1934, стр. 206. УДК 100.2, 113.50

Рекомендуемая литература

- С. Я. Лурье. ДЕМОКРИТ. Л., 1970.
Аристотель. ФИЗИКА. М., 1937.
Р. Декарт. НАЧАЛА ФИЛОСОФИИ. В кн.: Р. Декарт. Избранные произведения. М., 1950.
И. Ньютон. ОПТИКА. М., 1954.
Д. И. Менделеев. ОСНОВЫ ХИМИИ, ч. I—II. М.—Л., 1934.
Н. С. Курнаков. ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. М.—Л., 1940.
А. Н. Вальцев. ДИСКРЕТНОЕ ПРОСТРАНСТВО — ВРЕМЯ. М., 1965.

Металлоорганические соединения трансуранов

Профессор Г. Сиборг



Гленн Теодор Сиборг, американский ученый; участник работ по проблемам атомной энергии (в течение многих лет был председателем комиссии по атомной энергии США); с 1944 по 1961 гг. — профессор, а затем ректор Калифорнийского университета. С именем Г. Сиборга связано открытие и исследование многих свойств трансурановых элементов. Удостоен Нобелевской премии (1951 г.) и других высоких международных научных наград. Иностранч. член АН СССР. На русском языке опубликованы его монография «Химия актиноидных элементов» (совместно с Д. Д. Кацем), школьный учебник химии под его редакцией и многие статьи и выступления.

Химики-металлоорганики систематически собираются на международных научных конгрессах. Последний из них — V международный конгресс по металлоорганической химии — состоялся в Москве в августе 1971 г.

Как известно, существуют две классические области химии: органическая и неорганическая. Параллельно этим двум направлениям исподволь развивалась химия органических соединений с различными химическими элементами — соединений, не имеющих аналогий в живой природе. Таковы, например, некоторые классы органических соединений фосфора, мышьяка, кремния, бора. Еще более неожиданными оказались органические соединения металлов, особенно переходных. Специфика химического поведения этих соединений и методов работы с ними помогли формированию третьей области — химии элементоорганических, и в частности металлоорганических, соединений. Выдающийся вклад в эту новую область химии внесли советские ученые. В элементоорганических соединениях наиболее интересен характер связи органического остатка с элементом (металлом). Связь эта для разных объектов меняется от характерно ионной до характерно ковалентной. Эта особенность позволяет использовать металлоорганические соединения в качестве моделей для изучения механизмов химических реакций. В органических соединениях переходных металлов появляется новый для химии тип связи, приводящий к образованию совершенно необычных π -комплексных соединений вроде ферроцена и др. Эту область химии А. Н. Несмеянов образно назвал мостом между органической и неорганической химией.

Исключительный интерес представляют исследования металлоорганических соединений трансуранов, так как именно с их помощью можно наиболее полно познать химическую природу этих новых элементов. Как известно, фундаментальный вклад в синтез зафермиевых элементов внесен учеными ОИЯИ в Дубне.

Публикуемый пленарный доклад, любезно присланный Г. Сиборгом нашему журналу, содержит сведения о методических работах в области металлоорганических соединений трансуранов.

Металлоорганическая химия ведет свое начало от работ Э. Франкланда, который в 1849 г. впервые получил диэтилцинк, и, пожалуй, даже от еще более ранних работ датского химика Г. Цейзе по химии платины. Однако специалисты по переходным элементам обратились к металлоорганической химии только с 1951 г. — года открытия ферроцена. Вслед за тем были синтезированы «сэндвичевые» соединения других переходных металлов d-группы, а также ионного характера соединения цикlopентадиена с

4f-переходными металлами — лантаноидами.

Изучая возможность металлуглеродной связи в ряду 5f-элементов — актиноидов, Л. Рейнольдс и Г. Уилкинсон, используя методы металлоорганической химии, в 1956 г. получили хлорид трициклопентадиенил урана. В результате реакции между четыреххлористым ураном и цикlopентадиенидом натрия в тетрагидрофуране были выделены темно-красные легко сублимирующиеся кристаллы, отвечающие по составу формуле

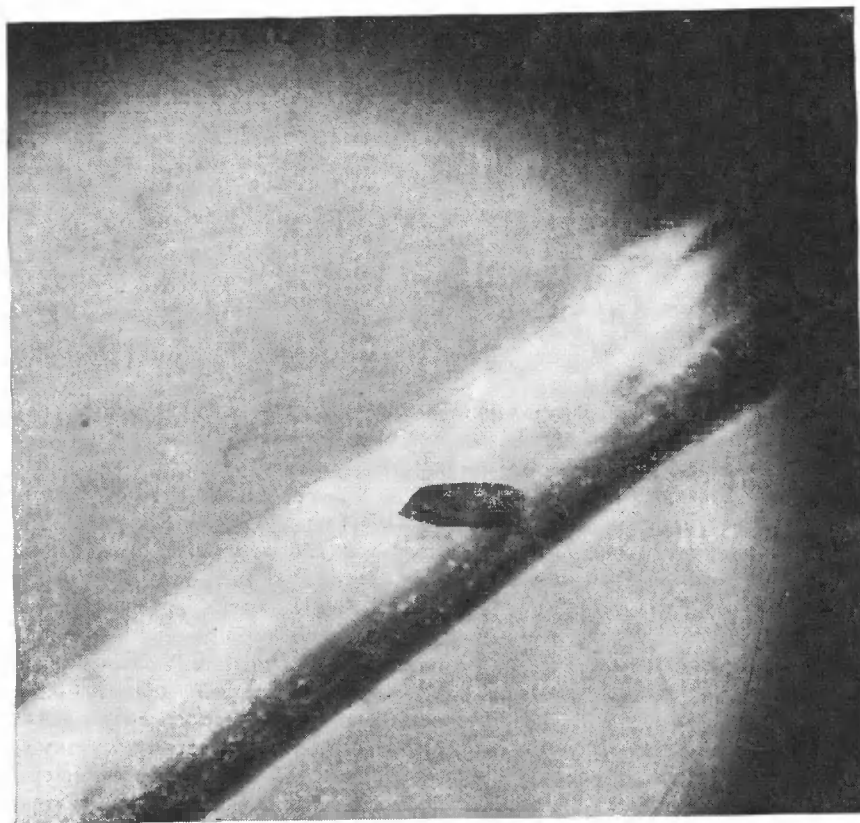


Рис. 1. Микрофотография одиночного кристалла трициклопентадиенида калифорния — $\text{Cf}(\text{Cp})_3$. Кристалл виден в капилляре как резко очерченное темное пятно. В натуре кристалл окрашен и светится.

$\text{U}(\text{Cp})_3\text{Cl}$ (где $\text{Cp} = \text{C}_5\text{H}_5$). Циклопентадиенильные (ЦПД) соединения редкоземельных элементов (лантаноидов) носят ионный характер, и при их взаимодействии с FeCl_2 в тетрагидрофуране образуется ферроцен. В противоположность этому при взаимодействии хлористого железа с ЦПД-соединениями актиноидов ферроцен не образуется. Это и другие химические и физические свойства свидетельствуют, что в ЦПД-соединениях актиноидов имеют место скорее ковалентные, а не ионные связи. Например, спектры поглощения циклопентадиенидов лантаноидов в тетрагидрофуране обнаруживают очень узкие полосы, напоминающие спектр трехвалентных ионов в водном растворе. В то же время спектр поглощения $\text{U}(\text{Cp})_3\text{Cl}$ не обнаруживает сходства со спектром гидратированного иона урана.

Начало изучению металлоорганических соединений еще более тяжелых элементов было положено работой группы исследователей в Карлсруэ (ФРГ), которые в 1965 г. получили первый металлоорганический комплекс трансуранового элемента — $\text{Pu}(\text{Cp})_3$. Используемый в этой работе препаративный метод был последовательно применен и к другим трансурановым элементам, вплоть до элемента 98 — калифорния. Химики этой группы вводили в реакцию PuCl_3 с расплавленным $\text{Be}(\text{Cp})_3$ в вакуумной установке. При этом получался $\text{Pu}(\text{Cp})_3$ — необычайно чувствительное к воздуху пирофорное соединение, возгорающееся в пределах от 140 до 165°С с образованием пушистых зеленых кристаллов. В 1966 г. группа химиков из Карлсруэ объявила о первом металлоорганическом соединении элемента 95 — америция. Это соеди-

нение — $\text{Am}(\text{Cp})_3$ — было получено тем же способом, что и соединение плутония. Телесного цвета кристаллы ярко светились вследствие α -излучения, присущего ^{241}Am с периодом полураспада 434 года.

Чтобы приготовить поддающиеся взвешиванию количества ЦПД-соединений следующих трех высших актиноидов, пришлось разработать специальную микротехнику, так как в то время были доступны только микрограммовые количества ^{249}Bk и ^{249}Cf . Доступный в наибольших количествах изотоп кюрия — ^{244}Cm слишком радиоактивен (период полураспада 17,8 лет) и непригоден для металлоорганической химии. В течение многих лет химия трансурановых элементов характеризовалась синтезами на микрограммовом уровне, и методы, разработанные в то время, важны и в современной практике. На рис. 1 представлена микрофотография единичного кристалла $^{249}\text{Cf}(\text{Cp})_3$, весящего около 1 мкг. Он находится в капилляре диаметром 0,3 мм, в котором и был приготовлен. Это соединение, синтезированное в 1970 г. Р. Лоберо и Дж. Бернсом, характеризует нынешнюю верхнюю границу атомных номеров в металлоорганической химии.

Для синтеза соединений такого типа потребовалась специальная техника, которую отработывали в течение ряда лет, главным образом Б. Кэнингхэм и его ученики. Эта группа разрабатывала также спектроскопические, магнитные и другие методики, пригодные для изучения микрограммовых количеств веществ. Основное требование химии микрограммовых количеств заключается в максимальном исключении примесей. Реагенты должны быть высочайшей чистоты, реакционные сосуды — тщательно отобраны и предварительно обработаны. При синтезах в микрограммовом масштабе те несколько микрограммов примесей, которые выщелачиваются из реакционных сосудов, могут совершенно скомпрометировать результаты. Аналогично требуется тщательнейшая предварительная очистка исходных актиноидных веществ.

Точный анализ примесей в микрограммовых количествах актиноидов —

уже сам по себе проблема. Хотя в прошлом нередко применялись методы эмиссионной спектроскопии, их использование в данном случае сильно затруднено, а порой и невозможно вследствие существования у трансурановых элементов многих интенсивных и, зачастую, близко расположенных линий. Лучшими оказываются масс-спектрометрические аналитические методы. Несколько микрограммов ^{248}Cm , использованных для получения $^{248}\text{Cm}(\text{Cr})_3$, были тщательно очищены в Ок-Ридже. Проведенный там масс-спектрометрический анализ принес следующие значения примесей, указанных в табл. 1 (в %).

Следует подчеркнуть, что здесь в ряде случаев приведены верхние пределы, определение которых ограничено возможностями приборов. Примеси в тяжелых элементах имеют большее значение еще и потому, что, например, один весовой процент примеси железа в кюрии соответствует уже четырем молярным процентам.

Синтезы в микрограммовом масштабе зачастую удобно начинать с нанесения актиноида на одиночный тщательно очищенный шарик ионообменного материала. Такая методика позволяет поддерживать высокую чистоту в дальнейших манипуляциях. Для вычисления ионообменной емкости отдельного шарика удобно установить ее зависимость от диаметра (табл. 2).

Хорошей иллюстрацией техники микрограммовой химии могут служить работы П. Лоберо и Дж. Бернса. Например, работая с кюрием, на одиночный шарик тщательно очищенной ионообменной смолы (Дауэкс 50 $\times$ 4) они наносили 7 мг кюри-248. Этот шарик переводили в платиновую лодочку, которую осторожно нагревали в индукционной печи до 1200°C , сжигая органическую часть. При этом получался бесцветный шарик Cm_2O_3 . Эта стадия иллюстрируется рис. 2, где изображено нагревание микрогорелкой. Далее, как показано на рис. 3, шарик переводили в капилляр диаметром около 0,3 мм. Шарик окиси укрепляли на платиновой проволоке, слегка смазанной глицерином. Затем его переносили в капилляр, установленный под микроскопом, и сбрасывали кварцевой нитью манипу-

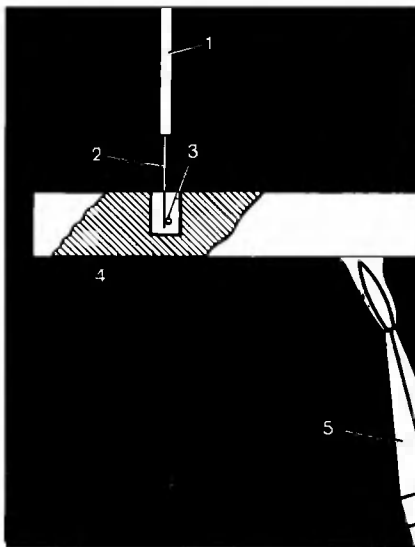


Рис. 2. Прокаливание актиноида, нанесенного на микрошарик ионообменной смолы: 1 — платиновая проволока диаметром 0,081 мм; 2 — платиновая проволока диаметром 0,013 мм; 3 — шарик ионообменной смолы; 4 — платиновый стержень диаметром 3,2 мм; 5 — микрогорелка.

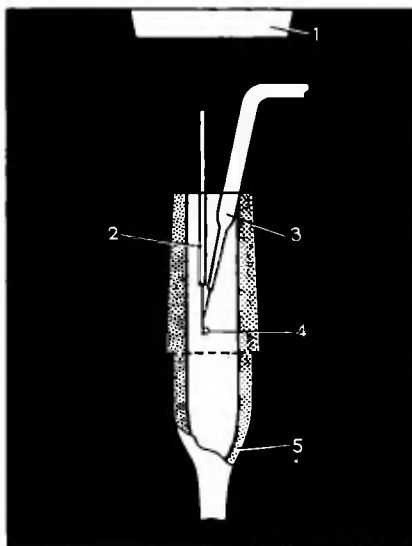


Рис. 3. Перенос шарика окиси актиноида в капилляр: 1 — стереомикроскоп; 2 — стационарная платиновая проволока, поддерживающая шарик; 3 — кварцевая нить (рабочая часть манипулятора, сбрасывающая шарик); 4 — прокаленный шарик окиси; 5 — кварцевый капилляр для рентгенографического исследования (конец оттянут на микроманипуляторе).

Таблица 1

V — 0,05	Zr — 0,1
Cr — 0,1	Ba < 0,5
Fe < 1,0	La — 0,02
Cu — 0,05	Ce — 0,05
Zn < 0,5	Прочие редкие
Sn — 0,1	земли < 0,02

Таблица 2

Диаметр воздушно-сухого шарика, (микроны)	Ионообменная емкость набухшего шарика, (нанограммы)
20	2,2
40	17,1
60	58
80	138
100	270
155	1000
195	2000

лятора. Кварцевый капилляр присоединяли к вакуумной линии, где производилась откачка до давления 10^{-6} мм, затем нагревали до 530°C и начинали пропускать тщательно очищенный хлористый водород, чтобы перевести окисел кюри в CmCl_3 . Было найдено, что для полного превращения необходимо провести 3 цикла — при 530 , 560 и 630°C . Летучие компоненты удаляли, выдерживая вещество несколько минут в высоком вакууме при температуре 380°C . При температурах ниже 640°C плавления CmCl_3 не наблюдалось, хотя для этого вещества в литературе указывается температура плавления 500°C . Готовый хлорид вводили в реакцию с $\text{Be}(\text{Cr})_2$, переводя последний в реакционный капилляр путем возгонки из другого сосуда. Эту процедуру проводили при нормальном давлении в атмосфере аргона. Реакция шла в течение 17 час. при температуре 70°C ; ее заканчивали 30-минутным нагреванием при 120°C . Все это время реакционная смесь оставалась бесцветной. Бесцветный $\text{Cm}(\text{Cr})_3$ отделяли в виде небольшого кристалла в верхней части капилляра путем фракционированной возгонки. Выращенный одиночный кристалл подвергали рентгеноструктурному анализу, с помощью которого были определены пространственная группа и элементарная ячейка.

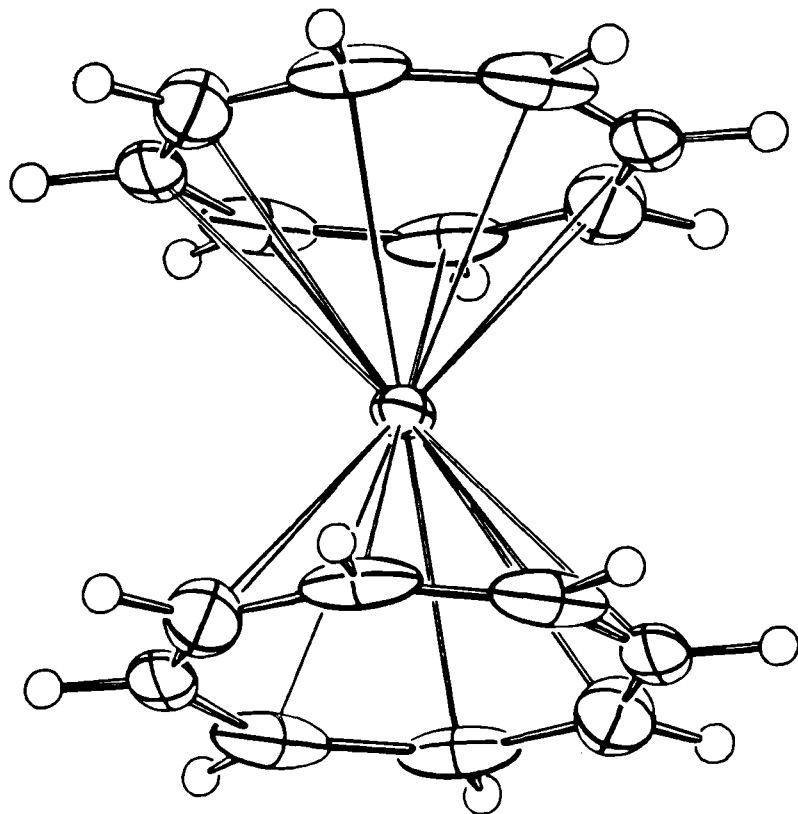


Рис. 4. Структура молекулы бисциклооктатетраенила урана — $U(COT)_2$. В центре рисунка изображен атом урана; верхнее и нижнее кольца образованы восемью атомами углерода каждое; маленькие кружочки — атомы водорода; линии, связывающие атом урана с кольцами, символизируют химическую связь 10-электронной системы каждого кольца с атомом урана. (Воспроизводится с разрешения Американского химического общества.)

ка. Ниже приводятся полученные данные в сравнении с трициклопентадиенидом празеодима (табл. 3):

Таблица 3

	a, Å	b, Å	c, Å	Кристаллограф. группы
$Cm(Cp)_3$	14,16	17,66	9,69	$Pbcm$
$Pr(Cp)_3$	14,21	17,62	9,79	$Pbcm$

По этим данным была вычислена теоретическая порошковая рентгенограмма, которую сравнивали с экспериментальной и с порошковой рентгенограммой $Pr(Cp)_3$. В порошковой рентгенограмме $Cm(Cp)_3$ были найдены все 19 линий, предусматриваемые теорией. Эти линии хорошо согласовались по положению и интенсивности с линиями $Pr(Cp)_3$, что позволило

идентифицировать $Cm(Cp)_3$ как химическое соединение.

Несмотря на трудности, группе исследователей в Карлсруэ удалось масс-спектрометрически идентифицировать $Cm(Cp)_3$, полученный из кюрия-244. Эта работа, проводившаяся независимо и одновременно с работой П. Лоберо и Дж. Бернса, заслуживает быть отмеченной, так как для нее потребовалось получить препаративные количества долгоживущего изотопа кюрия.

Первоначально интерес к ЦПД-соединениям актиноидов был порожден, в частности, желанием узнать, действительно ли химические связи в них более ковалентны, чем у их лантаноидных аналогов. Как уже отмечалось, это справедливо в случае $U(Cp)_3Cl$. В противоположность урану, ЦПД-соединения трансурановых

элементов от плутония до калифорния, по данным химиков Карлсруэ, Ок-Риджа и Аргоннской лаборатории, оказываются более ионными. Например, по данным Л. Ньюгена с сотрудниками, спектры поглощения микрокристаллов $Cm(Cp)_3$ обнаруживают относительно малое повышение ковалентности по сравнению с Cm^{3+} в водном растворе. Подобные же заключения были сделаны относительно $Am(Cp)_3$ на основании работы Р. Паппалардо с сотрудниками. Таким образом, хотя химические связи в этих соединениях актиноидов более ковалентны, чем в соответствующих соединениях лантаноидов, их все же правильнее охарактеризовать как высокоионные, и, вероятно, следовало бы называть не трициклопентадиенилы, а трициклопентадиениды.

Новую область металлоорганической химии актиноидов открыли в 1968 г. А. Стрейтвайзер и У. Мюллер-Вестергоф, получившие бисциклооктатетраенил урана — $U(COT)_2$. Это новое соединение было синтезировано взаимодействием четыреххлористого урана с циклооктатетраенидом калия в тетрагидрофуране. Зеленые пластинчатые кристаллы оказывались пирофорными, но устойчивыми в воде, уксусной кислоте и водном растворе едкого натра. $U(COT)_2$ термически устойчив и возгорается при $180^\circ C$ и давлении 0,03 мм. Таким образом, химические свойства свидетельствуют о бесспорной ковалентности соединения, так как даже малейшая диссоциация привела бы к гидролизу. А. Стрейтвайзер и У. Мюллер-Вестергоф в своей первой публикации утверждали, что $U(COT)_2$ — сандвичевый π -комплекс, подобный ферроцену, и даже предложили называть его ураценом. Симметрия системы 12 π -электронов двухзарядного аниона циклооктатетраенила позволяет им заполнить некоторые вакантные f-орбитали урана. В частности, возможна симметричная комбинация;

$$E_{2U} \rightarrow f_{xy^2}, f_z(x^2-y^2)$$

Два внешних электрона иона U^{4+} также могут взаимодействовать по обратной схеме:

$$E_{3U} \leftarrow f_{x(x^2-3y^2)}, f_{y(3x^2-y^2)}$$

Эта интерпретация, если она правильна, означала бы, что $U(\text{ЦОТ})_2$ представляет собой первый пример π -сандвичевого комплекса с участием f-электронных связей. А. Залкин и К. Реймонд, изучая монокристалл $U(\text{ЦОТ})_2$ методами рентгеноструктурного анализа, получили результаты, согласующиеся с гипотезой π -комплекса. Было найдено (рис. 4), что молекула имеет симметрию D_{3h} , как это и требуется для π -сандвичевого комплекса; длины урануглеродных связей все одинаковы и составляют $2,648 \pm 0,005$ Å. Установлено, что отдельные углеродные кольца плоски в пределах около 0,02 Å. Равенство длин связей и планарность лигандов подкрепляют химические доказательства того, что $U(\text{ЦОТ})_2$, действительно, следует назвать ураноцеом. Эта интерпретация, однако, была недавно подвергнута сомнению. Н. Эдельштейн, Г. Ла-Мар, Ф. Маре и А. Стрейтвайзер, используя протонный магнитный резонанс, пришли к заключению, что в $U(\text{ЦОТ})_2$ преобладают не π -, а σ -связи. Таким образом, чтобы решить вопрос об участии 5f-электронных связей в этой молекуле, необходимо получить количественные данные.

Развиваются работы и с более тяжелыми актиноидами. Д. Карракер, Дж. Стоун, Е. Джонс и Н. Эдельштейн провели предварительное изучение $Np(\text{ЦОТ})_2$ и $Pu(\text{ЦОТ})_2$. Было установлено, что оба они устойчивы к действию воды и разбавленных щелочей. Измерение эффекта Мессбауэра, спектров поглощения и магнитной восприимчивости свидетельствует о существенном отличии этих соединений от ионных. Однако, прежде чем станет возможной количественная интерпретация, следует еще провести более подробные исследования.

Недавно Ф. Маре, К. Ходжсон и А. Стрейтвайзер синтезировали ЦОТ-комплексы нескольких лананоидов. Эти соединения имели общую формулу $K\mathcal{E}(\text{ЦОТ})_2$, где $\mathcal{E}$ — церий, празеодим, неодим, тербий и самарий, а K — калий. Все они легко реагируют с водой и спиртами. Цериевое соединение растворяется в тетрагидрофуране и быстро реагирует с четыреххлористым ураном, образуя $U(\text{ЦОТ})_2$. Эти химические реакции, бесспорно, сви-

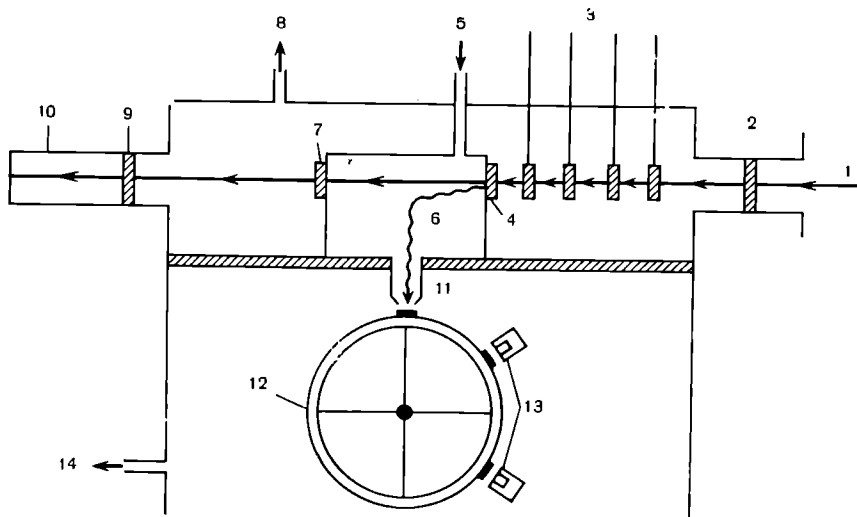


Рис. 5. Схема газоструйной системы (вид сверху): 1 — пучок частиц из ускорителя; 2 — окошко, закрытое дюралевой фольгой; 3 — поглотители; 4 — мишень; 5 — ввод гелия; 6 — траектория выбитых атомов; 7 — окошко, закрытое фольгой; 8 — отвод к вакуумной системе; 9 — изолирующая перегородка; 10 — ячейка Фарадея; 11 — сопло; 12 — быстро вращающееся колесо; 13 — детекторы; 14 — отвод к высокопроизводительному вакуумному насосу.

детельствуют, что связи в ЦОТ-комплексах лананоидов имеют ионный характер.

Изучение связей в ЦОТ-комплексах еще только начинается. Было бы весьма интересно получить такие комплексы с высшими актиноидами. Представляется возможным приготовить взвешиваемые количества их по крайней мере до калифорния.

Вопрос о металлоорганических соединениях элементов с высшими атомными номерами остается открытым, так как успешные опыты с ними пока не описаны. Эти элементы конца ряда актиноидов и начала трансактиноидного ряда получают пока лишь по одному атому за длительные промежутки времени, используя ускорители тяжелых ионов, например NILAC в Беркли (вскоре войдет в строй Super-NILAC), U-300 в Дубне (вскоре — U-400), ORIC в Ок-Ридже. Поатомные химические исследования, проводимые в лабораториях, дают представление о том, как в этой трудной для экспериментов области может быть реализована металлоорганическая химия. Разрабатываемые сейчас методы потребуются также и для химического изучения сверхтяжелых элементов,

если их удастся получить с помощью новых ускорителей.

Первая проблема, подлежащая рассмотрению при планировании химических экспериментов со сверхтяжелыми элементами, — это время их жизни. Например, для установления валентного состояния элемента 102 в водных растворах, оказавшегося равным +2, был использован изотоп с массовым числом 255. Период его полураспада составляет 3 мин. Эта классическая работа, выполненная Р. Дж. Сильвой и его сотрудниками, весьма поучительна. В эксперименте при бомбардировке мишени, содержащей 74% плутония-244, ионами кислорода-16 было получено несколько атомов элемента $^{255}102$. Применялась типовая газоструйная система, схематически представленная на рис. 5. Пучок ионов ^{16}O из ускорителя пропускali через фильтр, чтобы снизить их энергию до необходимого в данной реакции уровня (97 Мэв), а затем направляли в мишень. Плутониевый материал мишени был нанесен на тонкую бериллиевую фольгу. Атомы элемента 102, образующиеся при захвате иона кислорода, вылетали из мишени и подхватывались потоком газа-носителя

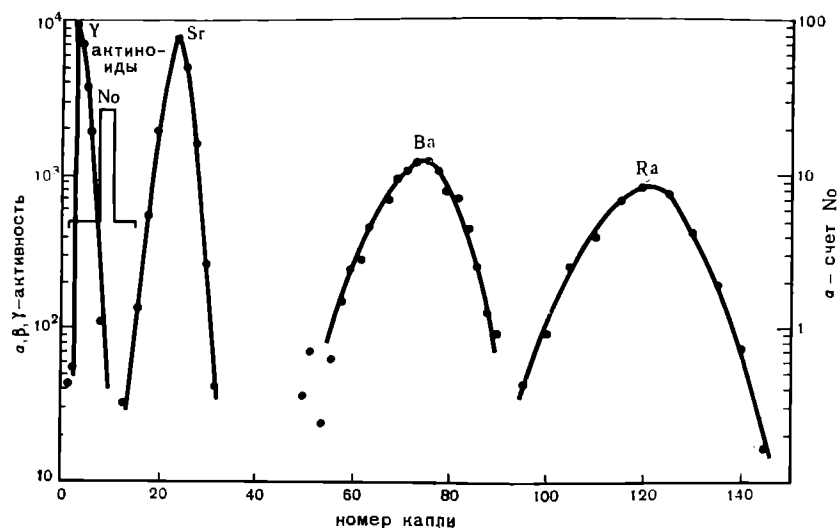


Рис. 6. Картина вымывания нобелия с ионообменной смолы в сравнении с вымыванием других актиноидов и щелочноземельных элементов. (Воспроизводится с разрешения Американской ассоциации развития науки.)

(гелия), который выносил их через сопло к коллектору. Установка, изображенная на рис. 5, пригодна для различных ядерных экспериментов. Для химических экспериментов применялась система пневмопочты, транспортировавшей захваченные атомы элемента 102 в химическую лабораторию, где их смывали и затем изучали химически с помощью ионообменников.

На рис. 6 представлена картина вымывания элемента 102 с ионообменной колонки вместе с другими актино-

идами и щелочноземельными металлами. Нагреваемую ионообменную колонку заполняли катионитом (Дуэкс 50×12), а вымывание вели раствором α -оксиизобутиратом аммония. Трехвалентный ион элемента 102 должен был вымываться где-то перед эйнштейнием и, следовательно, оказаться за левым краем рис. 6. В действительности он занимает положение на правом краю актиноидов, рядом с двухвалентными щелочноземельными металлами. Таким образом, в обычном водном растворе элемент 102 не

обнаруживает сходства с трехвалентными актиноидами и свидетельствует скорее о стабильности в водном растворе двухвалентного состояния. Это открытие экспериментально подтвердило предсказание, сделанное автором за 20 лет до осуществления эксперимента. Согласно этому предсказанию, вследствие особой устойчивости $5f^{14}$ -электронной конфигурации у элемента 102 должно оказаться более устойчивым валентное состояние +2.

У элементов 104 и 105 еще более короткий срок жизни, чем у элемента 102. Наиболее долгоживущий изотоп элемента 104 с массовым числом 261 имеет период полураспада около 1 мин. Сообщалось об изотопе элемента 105 с периодом полураспада около 1,6 сек.

Разумеется, очень важно найти изотопы этих тяжелых элементов с возможно более продолжительным сроком жизни, что позволило бы расширить пробелы в изучении их химических свойств. Ведется работа над изотопом элемента 102 с массовым числом 259 и периодом полураспада около одного часа. Как будто обнаружена возможность синтеза изотопа элемента 103 с периодом полураспада в 3 мин. Эти новые изотопы, если их существование подтвердится, позволят провести более сложные эксперименты, чем те, которые были до сих пор возможны.

Для изотопов с очень коротким

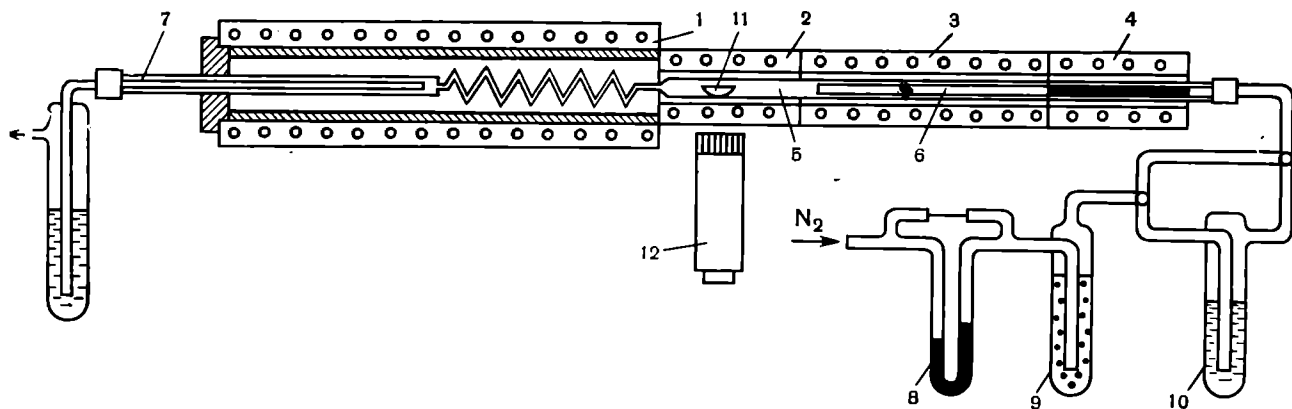


Рис. 7. Газохроматографическая аппаратура, разработанная в Объединенном институте ядерных исследований, в лаборатории Г. Н. Флерова, Т. Зваровой и И. Зварой: 1 — термостат; 2, 3, 4 — печи, 5 — основная трубка; 6 — вставная трубка, зачерненная ее часть заполнена тлористым диоксидом; 7 — трубка для отбора конденсата; 8 — реометр; 9 — осушитель, заполненный цеолитом; 10 — барботер с тлористым тионилем; 11 — лодочка; 12 — сцинтилляционный счетчик.

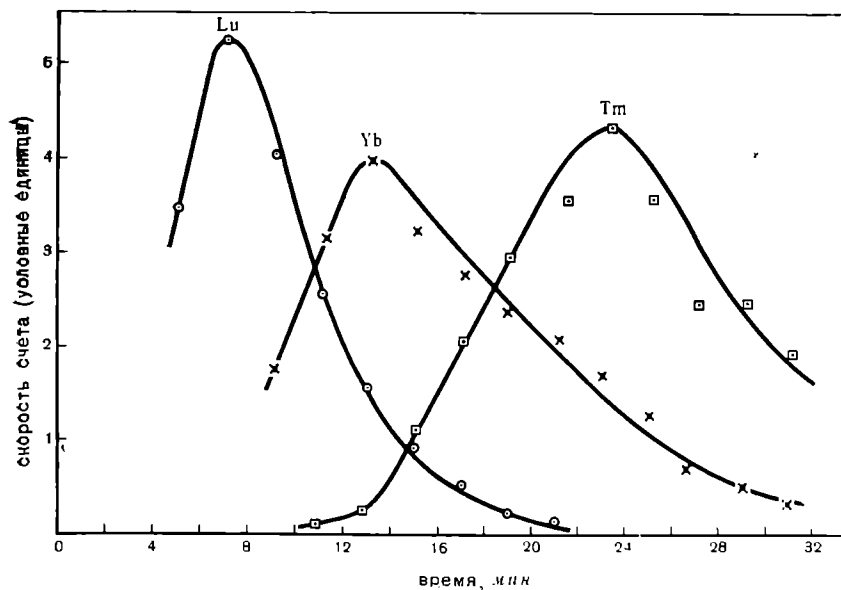


Рис. 8. Разделение смеси тулий — иттербий — лютеций.

ление элементов может фиксироваться непосредственно вдоль трубки. Для α -излучателей фракцию из каждой части трубки растворяют в HCl и подсчитывают число α -частиц, излучаемых из раствора. На рис. 8 представлены некоторые результаты исследования наиболее тяжелых лантаноидов. Производят впечатление результаты, полученные для лютеция, тербия и тулия, так как более тяжелые лантаноиды и актиноиды весьма трудно разделять. И. Звара и Т. Зварова получили также интересные результаты в ряду актиноидов. На рис. 9 показано, как хорошо по их методике разделяются плутоний, америций и кюрий.

Пионерские методики, разработанные под руководством Р. Дж. Сильвы и И. Звары, прокладывают путь к изучению металлоорганической химии в области тяжелейших элементов.

Можно полагать, что понимание природы металлуглеродной связи в конце ряда актиноидов и в начале ряда трансакиноидов позволит химикам в будущем отважиться на постановку перед металлоорганической химией чрезвычайно важных задач.

Перевод с английского
А. М. Цукермана

УДК 547.1'3

Рекомендуемая литература
по металлоорганическим
соединениям

V МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ПО МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ. Тезисы докладов, т. I и II; Тезисы пленарных и секционных заседаний, т. III. М., ВИНТИ, 1971.

А. Н. Несмеянов, Н. А. Несмеянов. НАЧАЛА ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ. М., «Химия», 1969.

О. Ю. Охлыбин. ТРЕТЬЯ ХИМИЯ. М., «Знание», 1968.

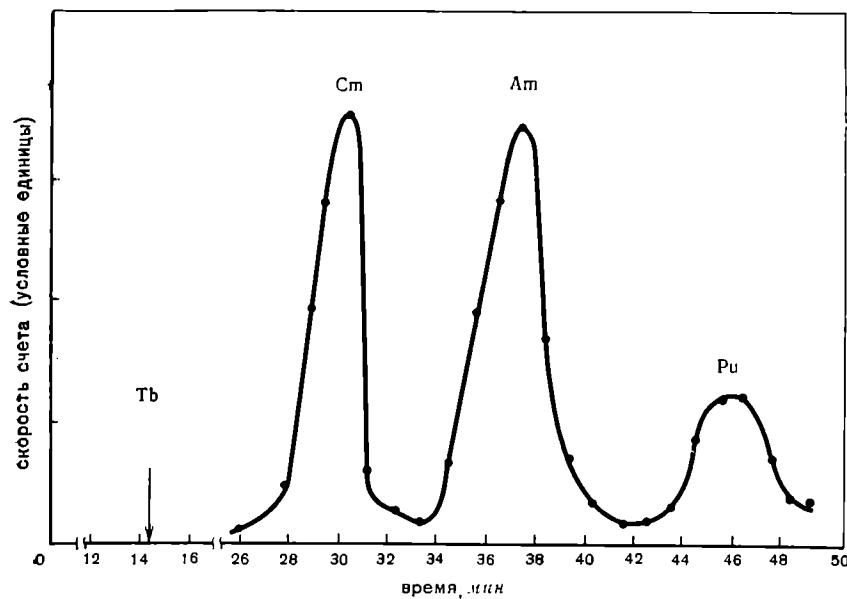


Рис. 9. Разделение смеси кюрий — америций — плутоний.

сроком жизни И. Звара и Т. Зварова разработали многообещающую газохроматографическую методику исследования изотопов, получающихся при помощи ускорителей (рис. 7). Пары хлористого алюминия — Al_2Cl_6 — реагируют с хлоридами лантаноидов или актиноидов в нагреваемой стеклянной

лодке (11). Образующееся летучее соединение (или соединения) проводится током газа через спиральную хроматографическую колонку, нагреваемую термостатом (1). Фракции конденсата отбираются через трубку (7) — один сантиметр каждые 2 мин. Для β - и γ -активных изотопов разде-

Растительность прибрежной зоны моря

В. Б. Возжинская
Кандидат биологических наук



Вера Борисовна Возжинская, старший научный сотрудник Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР, гидробиотаник. Ученица Л. А. Зенкевича. Занимается изучением морских растений (донных водорослей-макрофитов). Руководила биологическими прибрежными экспедициями Института на Белом, Баренцевом и морях Дальнего Востока. Автор более 50 научных работ, в том числе двух монографий по морским водорослям СССР.

В прибрежных зонах морей простираются богатейшие подводные нивы. Особенно богата морскими водорослями наша страна: ее омывают 14 морей, берега которых окаймляет мощный водорослевый пояс, состоящий из сотен видов морских растений¹. Достаточно сказать, что длина морского побережья СССР составляет около 60 тыс. км, а вместе с многочисленными островами — более 108 тыс. км.

Роль водорослей в природе очень велика — ведь это именно они продуцируют органическое вещество в водоемах. Согласно новейшим данным, морские водоросли фиксируют столько же органического углерода (10^{11} т) в год, сколько и наземные растения. Крупные водоросли дают приют и пищу многим беспозвоночным животным и рыбам, особенно их молоди. И мы не ошибемся, если скажем, что от водорослей прямо или косвенно зависит существование всего живого в воде.

Известно около 28 тыс. видов водорослей. Современная классификация водорослей построена на их пигментации, а также биохимическом и морфологическом строении. Водоросли делят на три пигментные группы: зеленые, бурые и сине-зелено-красные (см. табл.).

Важнейшими признаками, положенными в основу классификации, являются содержание хлорофилла (a, b, c, d, e), каротина (α, β, γ — флаваксина), ксантофиллов, фикобиллинов (γ — фикоэритрина, γ- и с-фикоцианина),

полисахаридов, запасных продуктов отложения (жиры, маннитол, физоды), состав стеролов (ситостерол, эргостерол, хондрилостерол), состав и строение оболочки клетки (целлюлоза, пектин, кремний, хитин, альгин, фукоидин, полигалактозы).

По морфологическим и биологическим признакам и пигментному составу различают несколько типов водорослей: от простых одноклеточных до многоклеточных, имеющих сложное строение, напоминающее строение высших наземных растений; от микроскопических форм, не различимых невооруженным глазом, до гигантов, размеры которых достигают десятков и даже сотни метров. Подводные леса, формируемые бурными ламинариевыми водорослями (аля-

Таблица

Водоросли в морях СССР
(по А. Зиновой, 1962)

	Кол-во видов	Зеленых	Бурых	Красных
Северные моря, в т. ч. Белое	277 191	65 45	109 84	103 62
Моря Дальнего Востока	550	91	160	299
Южные моря	291	96	56	139
Всего	836	163	246	429

На вклейке.

Вверху — замерзший аскофиллум (*Ascophyllum*) на прибрежном льду; Внизу — камень с фукоидным ковром (*Fucus vesiculosus*) во время отлива.

Фото А. А. Рогова

¹ Промысловые водоросли СССР. Справочник. Предисловие Л. А. Зенкевича. «Пищевая промышленность», М., 1971.





рии, ламинарии, макроцистис, нереоцистис, эклонии, лессонии), напоминают джунгли и простираются на сотни километров.

Крупные морские водоросли-макрофиты приурочены к сравнительно узкой зоне моря — мелководью, континентальному шельфу и, развиваясь в массе в верхнем слое воды до глубины 50—60 м, лишь в редких случаях опускаются до 100—130 м.

Водоросли и травы, особенно в умеренных широтах, образуют массовые заросли; некоторые виды ламинариевых и фукусовых формируют настоящие подводные леса. Густота и ширина таких «лесов» обусловлена очертаниями береговой линии и геоморфологией дна.

Водоросли встречаются самой различной формы и размеров, распределение их в море — ярусное и мозаичное, а наибольшее качественное разнообразие наблюдается на мелководье, на глубине от 0 до 15 м. Водоросли содержат 6—29% белка, 17—60% углеводов, до 4% липидов, в них содержатся различные витамины (А, В, С), органический иод, бром, редкие микроэлементы. Морские водоросли — наиболее «урожайные» растения на Земле: в течение вегетационного периода они дают до 150 т зеленой массы, или 48—64 т сухого вещества с 1 га.

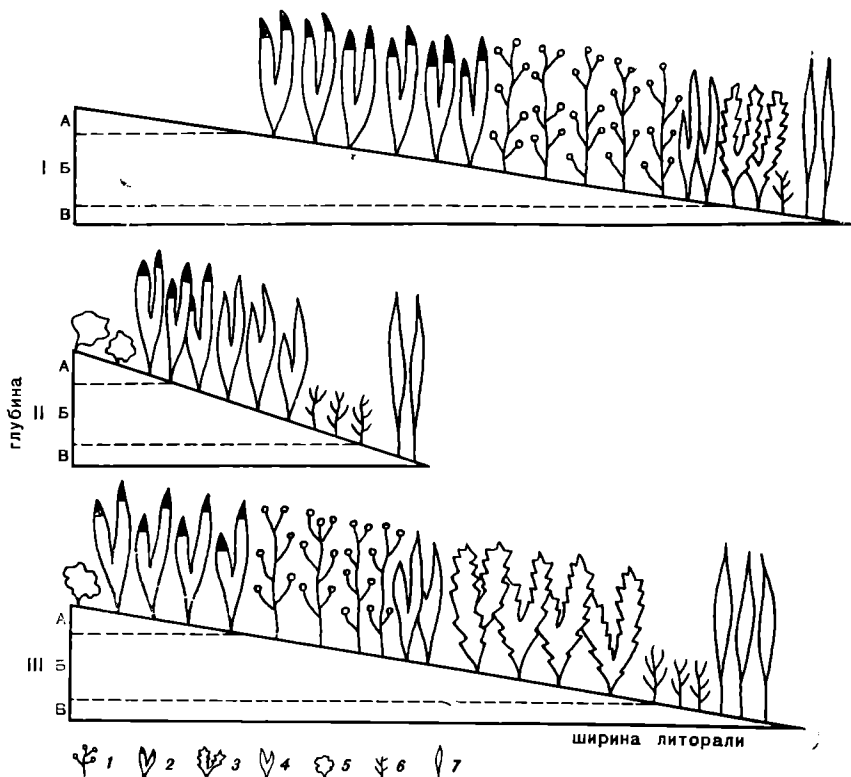
Но хотя моря СССР и богаты растительными ресурсами (их оценивают примерно в 25 млн т), однако эти запасы отнюдь не неисчерпаемы, равно как и остальные богатства океана.

Проблема оценки продуктивности океана — одна из важнейших в морских биологических исследованиях. Но во время океанических рейсов, где проводятся биологические исследования, как правило, не всегда могут быть тщательно выполнены прибрежные работы, хотя известно, что именно в прибрежной зоне встречается наибольшая масса растительности и донных животных.

На вклейке.

Пояс ламинариевых водорослей под водой на глубине 5—7 м.

Фото А. А. Розова



Профили литорали, I — на защищенной от прибою каменистой литорали; II — на полузащищенной от прибою скалистой и каменистой литорали; III — на открытой прибою скалистой и каменистой отлогой литорали. А — верхняя литораль; Б — средняя литораль; В — нижняя литораль. Виды водорослей: 1 — *Ascophyllum nodosum*; 2 — *Fucus vesiculosus*; 3 — *F. serratus*; 4 — *F. distichus*; 5 — *Porphyra umbilicalis*; 6 — багрянки (др. красные водоросли); 7 — ламинариевые (по Е. Блиновой.)

Чтобы восполнить этот пробел, Институтом океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР по предложению Л. А. Зенкевича была создана Беломорская биологическая (прибрежная) экспедиция, которая и проводилась под его руководством и при его непосредственном участии, ежегодно, начиная с 1965 г.

Основное внимание в работах экспедиции было обращено на изучение первичной продукции и дальнейшей трансформации органического вещества в море.

Почему для исследований было выбрано именно Белое море? Белое море занимает, по словам Л. А. Зенкевича, «исключительное место среди бассейнов, находящихся на переходе от арктической зоны к умеренной». Это море представляет для океано-

логов интерес еще и потому, что это водоем с небольшой поверхностью и большой береговой линией (в отличие от океана, где соотношение поверхности и береговой линии обратное). Белое море — полузамкнутый бассейн с преобладанием донной растительности, единственное среди наших морей, где благодаря полярному дню, сильно изрезанной береговой линии, обилию биогенных элементов донная растительность отличается большим темпом продуктивности. В таком бассейне мы вправе ожидать иное соотношение продукции фитобентоса и фитопланктона, чем в открытом океане, где на огромных океанических пространствах доминирует фитопланктон.

Нашими исследованиями были охвачены весь Канда拉克шский и Онежский заливы, Соловецкий архипелаг,



Смешанные заросли фукуса, ламинарий, хорды, нитчаток — пояс донных водорослей на глубине 1—2 м.

Фото Р. О. Красновского

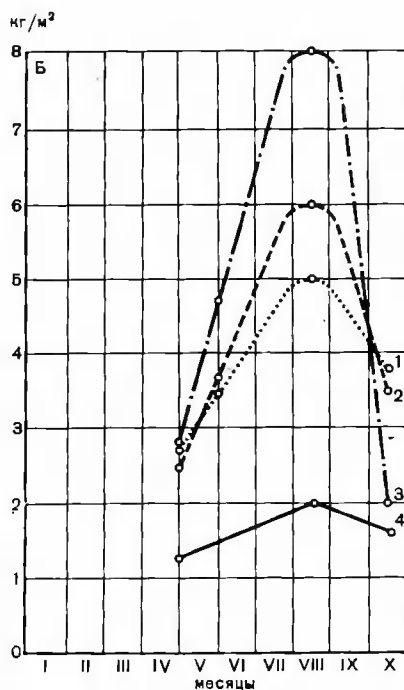
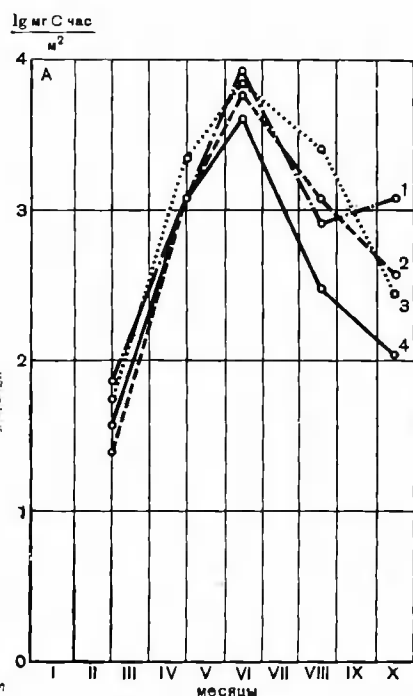
часть Двинского залива. Такое планомерное систематическое обследование проводилось в нашей стране впервые, особенно в сублиторали (именно в фитали¹), которая, по нашим данным, простирается до 25, реже 30 м в глубину.

Особенно важно уточнить место водорослей в пищевых цепях, так как в основном водоросли употребляются в пищу не непосредственно, а служат «поставщиками» растительного детрита — первоначального звена в пищевых цепях детритофагов, которые затем сами уже идут в пищу последующему звену и т. д.

Нам удалось составить типологию беломорской растительности (как в литорали, так и в сублиторали) с общей оценкой растительной продукции.

Основу растительного покрова макрофитобентоса в осушной зоне (литорали) и верхней сублиторали Белого моря составляют фукоиды (6 видов) и ламинариевые (7 видов). Доминирующее положение этих водорослей определяется условиями прибрежных зон Белого моря, способствующими вегетации именно этих макрофитов: обширное мелководье, отмели с каменистыми грунтами, отсутствие сильного волнения, значительная изрезанность береговой линии, интенсивные приливно-отливные течения, достаточная солнечная радиация (особенно продолжительная в полярный день), обилие минеральных солей — все это приводит к созданию мощного водорослевого пояса у берегов. В отдельные сезоны происходит массовое развитие зеленых и бурых нитчаток.

Фукоиды и ламинарии — это так называемая морская капуста, которая служит ценным промысловым сырьем. Обширные подводные плантации в Онежском и Кandalакшском заливах в настоящее время усиленно разрабатываются местными жителями и рыбаками. В год добывается несколько сот тонн этих водорослей. После переработки сырья на Архангельском водорослевом комбинате выпускаются высококачественные альгинаты (студнеобразующие вещества), ряд различных продуктов, чрезвычайно



Сезонные колебания биомассы водорослей. А — первичная продукция водорослей по месяцам (рижские цифры); Б — урожайность водоро-

слей макрофитов. Виды водорослей: 1 — *Ascophyllum*; 2 — *F. vesiculosus*; 3 — *L. saccharina*; 4 — *L. digitata*.

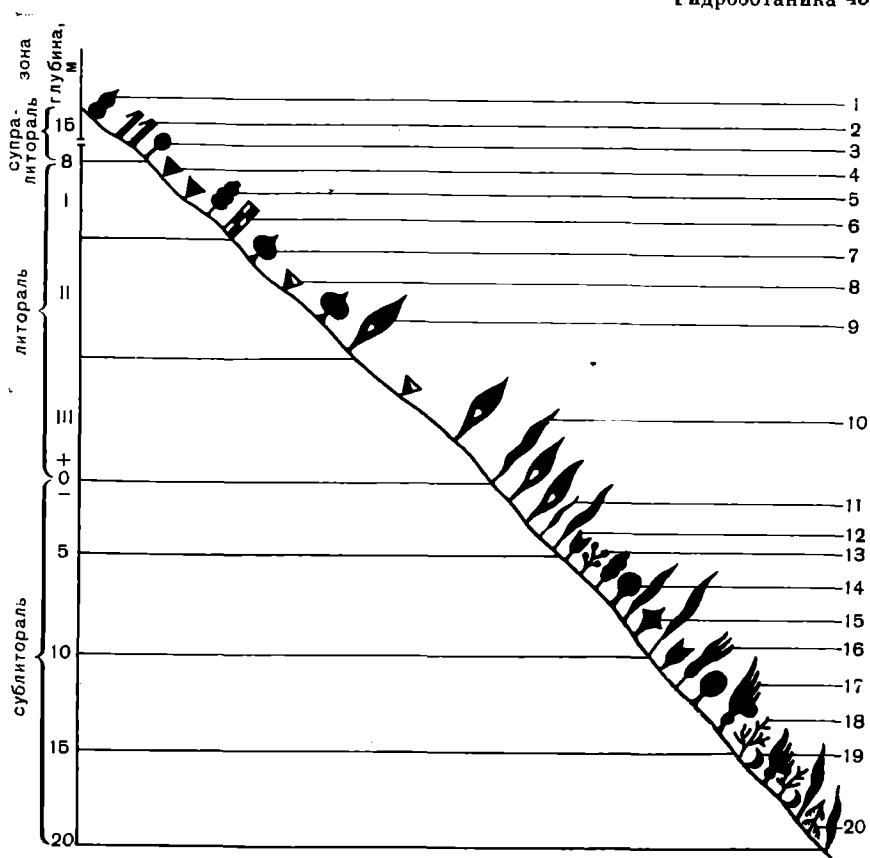
¹ Фиталь — зона растительности сублиторали.

широко применяемых в медицине, пищевой, текстильной, нефтяной, автомобильной, лакокрасочной промышленности.

В связи с преобладанием фукоидов и ламинариевых в прибрежной зоне Беломорья (равно как и любого побережья умеренных областей океана) этим макрофитам отводится ведущая роль в продуцировании органического вещества (в первую очередь соединений углерода и азота).

В наших работах мы связали воедино все применявшиеся ранее методы оценки продуктивности: наблюдения за ростом и развитием водорослей по сезонам (на опытных площадках), измерение их биомассы в различные сезоны, изучение кислородного обмена (иодометрическим и полярграфическим методом — в море и лаборатории).

Наши исследования позволили выявить не только продуктивность макрофитов, но и периодичность создания органики в зарослях макрофитов, совпадающую с темпом и циклами развития растений. Биологические сезоны (весна, лето, осень, зима) отличаются по показателям продуктивности водорослей. Отчетливо наблюдаемая сезонность в развитии и росте водорослей, их фотосинтезе и дыхании проявляется и в колебаниях биомассы растений: самая малая биомасса у водорослей — весной, самая большая — летом, до высева половых продуктов. Первичная продукция макрофитов начинает возрастать с появлением интенсивного прироста слоевища. По мере дальнейшего развития водоросли ежедневный прирост исчисляется 2—3 г/м² у фукоидов, 10,4 г/м² у ламинарий. В весенний период, а также в самом начале лета (июнь) создается наибольшее количество органического углерода в поясе прибрежных макрофитов. Сброс органов плодоношения — рецептакулов у фукоидов (летом), когда сбрасывается 30—90% от веса всего слоевища и сброс пластины у ламинарий (осенью — зимой), когда сбрасывается 60—85% от веса слоевища, а также высева спор приводят к резкому снижению как темпов роста, так и фотосинтеза у водорослей. В эти периоды происходит «отдача» накопленного органического вещества в бас-



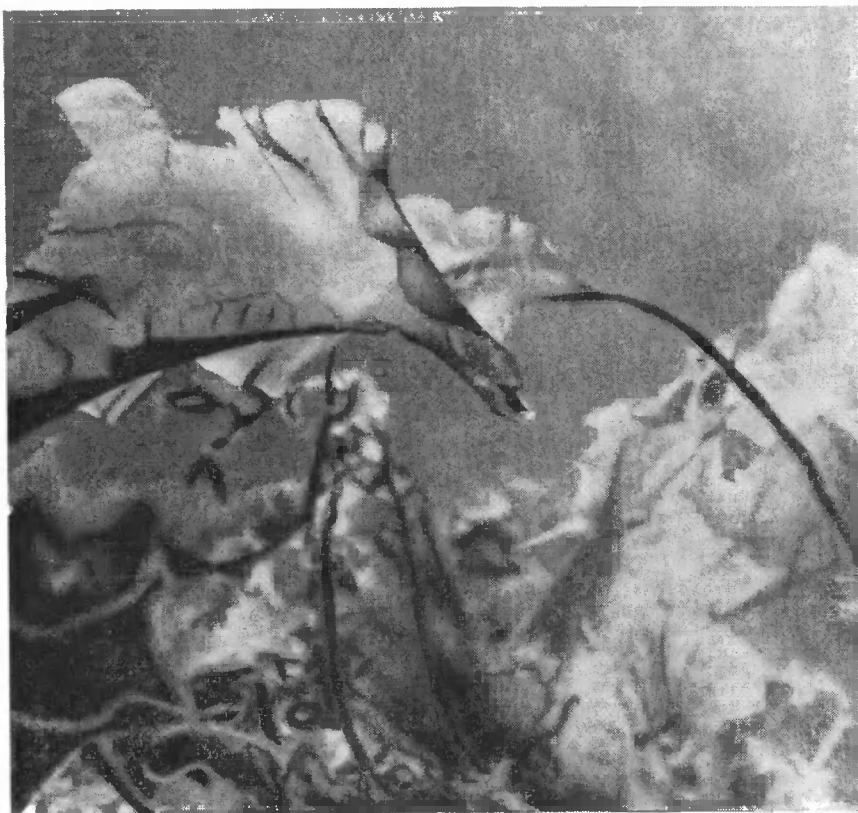
Распределение водорослей, типичное для морей Дальнего Востока (северные берега); 0,0 — теоретический нуль глубин; 1 — Lichenes; 2 — Urospora, Ulothrix; 3 — Gloiopeltis; 4 — Halosaccion; 5 — Porphyra ochotensis; 6 — Diatomeae; 7 — Fucus evanescens; 8 — Halosaccion rametaceum; 9 — Lessonia laminarioides; 10 — Laminaria gurganovae; 11 — Chorda; 12 — Chondrus; 13 — Phycodrys, Hypophyllum; 14 — Kallymentia, Crossocarpus; 15 — Rhodymenia, Tichocarpus; 16 — Laminaria inclinathorhiza, L. appressirhiza; 17 — Laminaria bongardiana; 18 — Desmarestia; 19 — Lithothamnion; 20 — Odonthalia, Ptilota.

сейн. Содержание органического вещества в водорослях превышает 80% от их сухого веса.

Ярко выраженный сезонный периодизм в изменении первичной продукции у ведущих форм макрофитов совпадает с изменением первичной продукции фитопланктона: наибольшая продукция создается в поздневесенний — раннелетний период; летом наблюдается значительное уменьшение первичной продукции (в 10 и более раз), так как водоросли «ослаблены» процессом плодоношения, к тому же в воде летом уменьшается количество биогенных элементов; осенью — незначительное повышение фотосинтеза, но продукция по-прежнему мала; зимой жизненные процессы водорослей замирают.

Наибольшее накопление органического вещества, приходящееся на поздневесенний период, захватывает и начало биологического лета — июнь. Это время характеризуется не только интенсивной солнечной радиацией, но и большим световым периодом (полярный день приводит к длительному фотосинтезу, продолжающемуся, по нашим данным, 15—18 час. в течение одних суток).

За день интенсивного фотосинтеза в Белом море в поясе водорослей синтезируется: в среднем 69,2 (у *Ascophyllum*), 99,5 (у *Fucus vesiculosus*), 116,2 г (у *Laminaria saccharina*) органического углерода на каждый квадратный метр дна, покрытый этими водорослями. В биологической литературе это измерение принято обозна-



Начало подводных зарослей морской капусты *Laminaria saccharina* на глубине 2—3 м в Белом море.

Фото А. А. Рогова

часть — $C_{орг}/м^2$. За весь вегетационный период (8 месяцев: март — октябрь) каждый квадратный метр дна Белого моря, покрытый водорослями, дает 22 616 г органического углерода.

Диатомовый микрофитобентос в период своего массового развития (осень) дает только 0,7—1,2 г $C_{орг}/м^2$ в день. Сравнение продуктивности макро- и микробентоса (массовое развитие донных макрофитов, фукоидов и ламинарий, приходится на весну — лето, осенью же они значительно ослаблены), полученное в расчете на день, позволяет прийти к выводу о доминирующей роли в создании органического вещества на литорали и сублиторали именно макрофитобентоса, так как он накапливает в десятки раз больше органического вещества, чем диатомовый микрофитобентос.

Доминирующая роль макрофитобентоса в прибрежной зоне Белого

моря (возможно, и во всем море) подтверждается и сравнением с продукцией фитопланктона Белого моря, который синтезирует в сотни раз меньше органического углерода (15—690 мг $C_{орг}/м^2$ в день), что свидетельствует о его малой роли в создании органического вещества.

В самых продуктивных зонах океана (бореальная зона) фитопланктон синтезирует всего 100—1000 мг $C_{орг}/м^2/день$. Конечно, по сравнению с фитобентосом это небольшие величины (в десятки и даже сотни раз меньше). Но огромная акватория океана обеспечивает развитие именно фитопланктона, а не фитобентоса, приуроченного к берегам. Поэтому в пересчете на пространства океана продукция фитопланктона окажется выше, чем продукция фитобентоса. В Белом же море возможно иное соотношение.

Большое значение в выявлении

продуктивности фитобентоса имеет количество органического азота ($N_{орг}$), содержащегося в водорослях. Мы определили содержание $N_{орг}$ у двух важнейших форм прибрежной зоны Белого моря — фукуса и ламинарии.

Оказалось что в 100 г сухого вещества фукуса содержится 0,5 г органического азота; у ламинарии — 0,8 г, что соответствует 25 г/м² органического азота у фукуса и 120 г/м² — у ламинарии.

Приведенные данные свидетельствуют об исключительно важной роли макрофитобентоса в качестве основного поставщика органического вещества в прибрежной зоне Белого моря. Есть все основания считать, что и в любой береговой зоне океана, особенно в умеренных широтах, макрофитобентос служит основным источником образования органики. Ведь в прибрежной зоне такого бассейна, как Белое море, около 90% органического вещества создается именно за счет макрофитобентоса, а не фитопланктона, так как продукция донной растительности превышает в десятки и даже сотни раз продукцию фитопланктона.

Благодаря обильному развитию донных водорослей в Белом море, где подводные луга простираются на многие километры от берега, а биомасса растений достигает 28—50 кг/м² (вес одного слоевища, например, у *Laminaria digitata* может составлять 10 кг при длине 8 м), его можно считать наиболее продуктивным бассейном среди наших северных морей как по биомассе, так и по продукции, считая на 1 м² прибрежья в зоне фотосинтеза.

Береговая линия дальневосточных морей — Японского, Охотского, Берингова — меньше по сравнению с Белым морем, поэтому, хотя пояс прибрежных водорослей здесь мощно развит, все же производство органики на востоке, несколько меньше, чем на севере. Основу донного растительного покрова на Дальнем Востоке также составляют фукоиды и ламинариевые¹. Последние отличаются большим разнообразием (более 30

¹ Биомасса фукоидов достигает 28—32 кг/м², ламинарий — 58—81 кг/м².

видов) и высокой продуктивностью (максимальная биомасса — 140 кг/м²). Общая масса растительности составляет в дальневосточных морях 6,5 млн т (в Белом — около 1,5 млн т).

У дальневосточных макрофитов, как и у беломорских, также наблюдается сезонный периодизм в продуцировании органики. Каждый 1 м², покрытый водорослями, дает на Дальнем Востоке 15—23 кг органического углерода в течение вегетационного сезона.

Донные водоросли служат не только продуцентами органического вещества, а также пищей и приютом для животных и местом нереста ряда промысловых рыб. Многие водоросли съедобны. Ядовитых видов среди них нет.

Наибольшая пищевая ценность водорослей заключается в их витаминах и микроэлементах. Водоросли обладают удивительной способностью накапливать в себе те ничтожные количества микроэлементов, которые находятся в морской воде. Противовитамин С содержится в водорослях в том же количестве, что и в лимонах, а витамина В₁ (тиамина) и β-каротина немного меньше, чем в фруктах и овощах. В некоторых водорослях содержится витамин В₁₂ и витамин К (витамин коагуляции). У людей, употребляющих в пищу водоросли, как правило, не встречается атеросклеротических заболеваний, гипертонии, заболеваний щитовидной железы; в связи с этим в ряде стран (Канада, США, Норвегия, Англия) из водорослей изготавливают таблетки, употребляемые с профилактической целью в пищу. Хлеб с добавкой из водорослей долго не черствеет.

Из ряда крупных бурых водорослей добывают альгинаты, калийные и натриевые минеральные соли, маннит. Альгинаты применяются при бурении нефтяных и газовых скважин, при изготовлении типографских, акварельных и текстильных красок, пластмасс, лаков, фото- и кинопленок, синтетических волокон, высококачественных клеев, мастик для полов, при обработке кожи: в кулинарии — в качестве стабилизатора при изготовлении мороженого, в пивоварении, в парфюмерии.

Морские водоросли можно успешно применять в составе комбикормов для сельскохозяйственных животных. В Норвегии специально заготавливается кормовая мука из водорослей. В Европе (особенно в Норвегии, Шотландии, Ирландии) домашний скот пасется во время отлива на берегу, поедая водоросли. Нельзя недооценивать роль водорослей в качестве удобрений, так как они вносят в почву калийные и другие минеральные соли. Ванны из морской капусты применяются при лечении ревматизма. В последнее время в американской печати появляются сведения о воздействии препаратов из ламинариевых водорослей на злокачественные опухоли.

Высокие показатели содержания и продуцирования органического углерода водорослями-макрофитами свидетельствуют о чрезвычайно важной роли макрофитобентоса в жизни прибрежной зоны и, прежде всего, континентального шельфа. Можно без преувеличения сказать, что во многих районах планеты шельф кормит человека. Промысловые организмы шельфа (рыбы, крабы, трепанги, гребешки, капуста, анфельция) издавна служат и будут всегда служить объектами промысла. Именно шельф становится местом, где закладывают подводные фермы.

Следует лишь помнить, что усиленная и нерациональная эксплуатация водорослевых ресурсов чревата серьезными нарушениями стройной цепи биогеоценозов континентального шельфа, она может привести к гибели многих организмов, населяющих шельф.

Биологический круговорот в Мировом океане представляет особый интерес для науки, так как оценка растительной продукции морей важна не только в теоретическом отношении, но и для промысла. В настоящее время продукция фитобентоса в Мировом океане оценивается примерно в 1,5 млрд т, продукция фитопланктона еще выше. Что же касается прибрежных зон, то ведущая роль фитобентоса в создании органики, а стало быть, и во всей жизни этой зоны несомненна.

ВНИМАНИЮ НАШИХ ЧИТАТЕЛЕЙ

Подписка на журнал «Природа» на 1972 год принимается с любого номера

Как и всегда, журнал будет публиковать популярное изложение интересных естественнонаучных исследований последнего времени. Предполагаются выступления крупнейших советских и иностранных ученых. Значительное место займут материалы дискуссий по острым проблемам естествознания и стыкующимся с ними гуманитарным наукам.

Подписка на «Природу» принимается без ограничений во всех пунктах «Союзпечати», в отделениях связи, почтамтах и распространителями печати; обо всех случаях отказа в подписке просим сообщить в Центральную контору «Академнига» по адресу: Москва, Центр, Большой Черкасский переулок, 2/10.

Журнал распространяется в основном по подписке и в розничную продажу поступает в незначительном количестве.

Подписная цена

на 1 год — 6 руб.
на полгода — 3 руб.
на три месяца — 1 руб. 50 коп.

Цена одного номера — 50 коп.

Технология и охрана среды

С. А. Паршенков

Кандидат технических наук



Сергей Александрович Паршенков, старший научный сотрудник Центрального научно-исследовательского института черной металлургии им. И. П. Бардина. Автор ряда работ в области обогащения полезных ископаемых. Занимается вопросами организации научно-исследовательских работ.

Как известно, темпы роста современного производства опережают темпы роста очистных сооружений, благодаря чему все время увеличивается абсолютное количество загрязнений, попадающих в биосферу¹. Существующие методы очистки отходов производства далеко не всегда позволяют очищать их экономически приемлемыми способами даже до предельно допустимых санитарных норм. В старых технологиях (металлургия, нефтепереработка, производство целлюлозы) нет удовлетворительных способов очистки отходов производства. В новых же процессах — производстве deterгентов, синтетических каучуков, синтетических волокон — положение еще сложнее. Особенно сильно прогрессирует загрязнение природных вод. Так как темпы роста производства, загрязняющих воды, опережают темпы роста и производительность очистных сооружений, абсолютное количество загрязнений, поступающих в воды, возрастает. Так, например, по прогнозу американских специалистов общий объем потребности в целлюлозе США возрастет с 1970 по 2000 г. с 37,9 млн т до 108,7 млн т, т. е. в 2,9 раза. За этот же период потребление пресной воды в целлюлозно-бумажной промышленности США возрастет в 2,8 раза². Таким образом, удельное водопотребление останется примерно на том же уровне. Чтобы количество загрязнений предприя-

тиям целлюлозно-бумажной промышленности в 2000 г. осталось на уровне 1970 г., необходимо увеличить производительность очистных сооружений почти в 3 раза или во столько же раз увеличить эффективность очистки.

По данным этих же авторов, потребление пресной воды в других отраслях обрабатывающей промышленности США возрастет за тот же период следующим образом (везде приводятся данные среднего прогноза): в черной металлургии в 2 раза, в химической промышленности в 3,3, в нефтеперерабатывающей в 2,5, в коксохимической в 1,4, в цветной металлургии в 3—4 раза. Оптимистическое мнение, будто в ближайшее время найдут дешевые способы эффективной очистки отходов, не подтверждается историей развития техники последних десятилетий. Пессимистическая точка зрения, заключающаяся в том, что «безотходные» технологии создавать невозможно или нерентабельно, сулит биосфере немало неприятностей. Равнодушное отношение к росту загрязнений приведет к тому, что их количество возрастет во столько же раз, во сколько вырастет потребление воды промышленностью.

Очистка отходов: возможности и тупики

Из имеющихся способов очистки производственных стоков биохимические методы позволяют наиболее полно очищать сточные воды, и все же они обеспечивают очистку по

¹ С. Д. Заугольников, М. М. Кочанов. Охрана биосферы от вредных химических веществ. «Природа», 1970, № 8.

² Г. Г. Ладсберг, Л. Л. Фушман, Д. Л. Фишер. Ресурсы США в будущем. М., 1965.

БПК¹ только на 80—90% и в отдельных случаях на 90—95%.

Чем выше показатели окисляемости и БПК воды, тем более она загрязнена органическими веществами². Уже в ближайшее время биологические способы очистки в связи с резким ростом объема сточных вод не всегда смогут обеспечить охрану водоемов от загрязнения. Возникла новая большая проблема: разработать методы для глубокой очистки сточных вод снижением их БПК до 3—5 мг/л, т. е. до степени очистки 98—99% и выше³. БПК сточных вод, образующихся в настоящее время во многих технологических процессах, измеряется сотнями и даже тысячами единиц. Очистка таких стоков требует особо больших затрат. Но даже очистка стоков до степени 98% часто не может решить проблемы предотвращения загрязнения уникальных водоемов, таких, например, как Байкал. Во многих стоках новых производств содержатся «жесткие» органические вещества, плохо и медленно окисляющиеся в естественных условиях водоемов. Борьба с такими загрязне-

ниями может быть успешной только при полном предотвращении их попадания на очистные сооружения (которые они проходят, не разрушаясь), а в дальнейшем и в окружающую среду. Большой проблемой является очистка стоков и от неорганических веществ, попадающих в больших количествах в водоемы с шахтными водами, водами травильных цехов, цехов гальванических покрытий и других производств.

Интенсивное использование природных вод индустрией в последние годы привело к тому, что существенно возросла температура многих рек и озер. Во многих случаях это происходит за счет сброса вод, используемых на охлаждение атомных электростанций (АЭС). Предполагают, что в последующие годы в связи с увеличением числа АЭС термальное загрязнение гидросферы возрастет.

Объем загрязнения естественных водоемов сбросом нагретых вод в США характеризуют следующие данные. В 1968 г. в бассейне восточного побережья США действовало 7 АЭС мощностью 40—275 тыс. квт и 86 теплоэлектростанций, работающих на угле, нефти и газе¹. Еще 44 электростанции построены вдали от моря, в центральных районах США. Концентрация электростанций вблизи немногих озер, эстуариев и заливов усиливает влияние термального загрязнения на водоемы. Как оно повлияет на биологические системы? К сожалению, изучению экологических аспектов этого типа загрязнения пока уделяется явно недостаточное внимание.

По ориентировочным расчетам проф. А. И. Жукова, количество сточных вод в нашей стране достигнет к 1980 г. 180 млн м³/сутки. Даже если каждое предприятие будет иметь очистные сооружения², то и тогда очистка отходов — при старых техно-

логиях производства и очистки — не будет решена. Веское слово при решении этой проблемы должны сказать технологи, точнее, те, кто создает новые технологии и закладывает в проекты будущих производств новые технологические решения.

Путь от теории к технологии

Загрязнение окружающей среды промышленными отходами может происходить не только из-за «технологической распушенности» на производстве, отсутствия очистных сооружений или же недостаточно эффективной их работы. Загрязнение часто происходит из-за принципиальных недостатков, заложенных в самой технологии, и, таким образом, ни хорошая организация производства, ни наличие очистных сооружений не могут предотвратить попадание отходов в окружающую среду. Созданию любого современного производства предшествует длительный путь, начинающийся обычно в лабораториях отраслевых НИИ. Историки науки считают, что вплоть до середины XIX в.¹, когда методы научного исследования стали систематически применяться в промышленности (например, для получения новых видов химической продукции), практическое использование научных знаний было незначительно. Те изобретения, которые заложили основу промышленной революции, были осуществлены, как правило, практиками и основывались на наблюдательности, мастерстве и здравом смысле. В настоящее время научно-технический прогресс более тесно, чем в прошлом, связан с прогрессом науки. Быстрый расцвет инженерной деятельности существенно ускорил процесс воплощения новых научных открытий в развитие техники. Научные исследования и опытно-конструкторские разработки охватывают различные виды деятельности лабораторий, и необходимо дать этим видам определение. Первый вид — это фундаментальные исследования. Основная их цель в том, чтобы создать возможности для переоценки сложив-

¹ Суть биологической очистки сточных вод, как известно, состоит в биохимическом разрушении (минерализации) микроорганизмами органических веществ (в том числе загрязнений), растворенных в воде. Очистка считается полной, когда в водах практически отсутствуют биохимически окисляемые органические вещества. Для оценки чистоты воды применяются различные методики. БПК (биохимическая потребность в кислороде) — это то количество кислорода, которое поглощают из воды нестойкие органические вещества в определенный отрезок времени. В зависимости от продолжительности определения различают БПК (однодневное), БПК₂ (двухдневное), БПК₅ (пятидневное) и т. д. БПК_{полн} (полное). Чаще всего определяют БПК₅. Выражается БПК, так же как и окисляемость, в мг кислорода/л. В чистых природных водах БПК₅ не превышает обычно 2,0 мг кислорода/л. Приближенно считается, что распад органического вещества в водоеме заканчивается, когда БПК₅ снижается до 2,0 мг кислорода/л.

² Очистка производственных сточных вод. Под ред. Ю. И. Турского и И. В. Филиппова. Изд-во «Химия», 1967.

³ «Характеристика условий применения в далекой перспективе различных методов очистки и обезвреживания сточных вод» «ВОДГЕО», М., 1969.

¹ R. Aronson. Thermal pollution and the power crisis. «Mach. Des.», 1970, № 16; E. V. Sorge. The status of thermal discharges east of the Mississippi River. «Chesapeake Sci.», 1969, № 3—4.

² Н. И. Бородавченко. Современное состояние и задачи по охране поверхностных и подземных вод от загрязнения. Материалы Всесоюзной научно-технической конференции по охране поверхностных и подземных вод от загрязнения. Таллин, 1967.

¹ Э. Мэнсфилд. Экономика научно-технического прогресса, «Прогресс», М., 1970.

шихся взглядов на явления и процессы, выделить и измерить новые явления и создать новые инструменты и методы для проверки различных теорий. Второй вид — прикладные исследования, т. е. исследования, от которых ожидают немедленной практической отдачи. Третий вид деятельности лабораторий — это опытно-конструкторские разработки, цель которых состоит в доведении результатов научных исследований до практики. Путь прохождения исследования от фундаментальных исследований до внедрения результатов исследования в практику можно представить в самом общем виде следующим образом: фундаментальные исследования — прикладные исследования — опытно-конструкторские разработки и проектирование — строительство предприятия — промышленное производство. Фундаментальные исследования проводятся, как правило, в академических или учебных институтах.

Рассмотрим прикладные исследования с точки зрения загрязнения окружающей среды. Прикладные исследования проводятся, как правило, в отраслевых институтах и могут находиться на разных этапах исследования: лабораторные исследования, укрупненные лабораторные исследования, полупромышленные испытания, промышленные испытания. Разумеется, не все исследования обязательно проходят все указанные этапы. После того как работа переходит на стадию проектирования, практически невозможно устранить ошибки исследователей, заложенные в несовершенную технологию, приводящую к большому количеству технологических выбросов в окружающую среду.

Трудно приостановить и само исследование на стадиях полупромышленных и промышленных испытаний, так как к этому этапу исследователи обычно имеют большой «задел» и, естественно, хотят и дальше проводить свою работу. Требования ко всем технологиям, переходящим на стадию проектирования, иметь надлежащую технологию очистки отходов, в подавляющем большинстве случаев не могут быть успешно выполнены.

Таким образом, проектирование предприятий начинается зачастую без

учета технологии очистки отходов производства, а «основная» технология, как правило, не позволяет вести процесс без технологических выбросов в окружающую среду. Поэтому нередко ситуация, когда после проектирования и строительства предприятия «вдруг» выясняется, что данные, выданные для проектирования, недостоверны, очистные сооружения, построенные по проекту, не работают.

Отношение ученых к загрязнению среды

По тому, как ученые относятся к загрязнению окружающей среды, их можно условно разделить на следующие группы.

В первую группу входят ученые (назовем их условно «экологами»), работающие в географических, биологических, медицинских и подобным им институтах. В своих работах они занимаются фиксацией различных загрязнений, попадающих в окружающую среду, разрабатывают общетеоретические вопросы по борьбе с загрязнением окружающей среды, разрабатывают предельно допустимые нормы веществ в воде водоемов и атмосферном воздухе, привлекают внимание научной общественности к загрязнению окружающей среды и выступают за экологический (в отечественной научной литературе принято также говорить «биогеоэкологический») подход к взаимоотношениям биосферы и человечества.

К следующей группе — «технологов» — относятся научные работники и инженеры отраслевых НИИ, занимающиеся совершенствованием старых или созданием новых технологий. При разработке технологий в отраслевых НИИ не предусматриваются меры, обеспечивающие создание безвредных для окружающей среды процессов.

Еще одну группу составляют «ассенизаторы» — сотрудники специальных отраслевых НИИ и лабораторий, занимающиеся вопросами очистки отходов производства. В их задачу входит очистка отходов производства, получаемых в результате разработки новых несовершенных производств или давно созданных несовершенных процессов.

И, наконец, к особой группе — «теоретиков» — можно отнести физиков, химиков — сотрудников академических институтов, занимающихся, в основном, фундаментальными исследованиями, результаты которых могут влиять отрицательно на окружающую среду только через много лет после окончания исследований, только после того, когда они будут использоваться при разработке новых технологий.

В работе всех этих групп исследователей, с точки зрения борьбы с загрязнениями окружающей среды, существует глубокий разрыв. Ученые первой группы («экологи») не могут, естественно, непосредственно повлиять на работы исследований второй группы («технологов»), так как они, во-первых, не являются специалистами-технологами, а во-вторых, потому, что существуют ведомственные барьеры, препятствующие проведению такой работы.

Ученые-«технологи», как правило, не думают о последствиях своей работы для окружающей среды, совершенно не связаны в своей работе с учеными первой группы.

Ученые-«ассенизаторы» не могут эффективно бороться с многими загрязнениями, так как образующиеся в большинстве несовершенных технологических процессах промышленные отходы не могут быть очищены сколько-нибудь экономически приемлемыми способами. Кроме того, даже между учеными второй и третьей групп существуют барьеры, которые носят не только междоветовенный, но даже и внутриведомственный характер.

Ученые-«теоретики» редко думают о влиянии собственных исследований на загрязнение окружающей среды из-за того, что их исследования направлены, главным образом, на получение собственно знаний и результаты их исследований выходят в производство много лет спустя, посредством работ отраслевых НИИ. Таким образом, эта группа ученых может участвовать в загрязнении окружающей среды только косвенно. Однако, помня о том, что влияние фундаментальных исследований на разработку новых технологий и производств все время возрастает и ускоряется, в

принципе, будущее среды обитания в значительной мере зависит как раз от ученых, занимающихся сегодня фундаментальными исследованиями.

Координация деятельности ученых различных специальностей по борьбе с загрязнением окружающей среды является чрезвычайно сложной проблемой. Так, например, в 1966 г. Комитетом по науке и технике составлен и утвержден координационный план научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по решению научно-технической проблемы «Разработать научные основы и мероприятия по комплексному и эффективному использованию в народном хозяйстве водных ресурсов страны и охраны их от загрязнений на 1966—1970 гг.» К выполнению заданий координационного плана привлечено 177 институтов и предприятий 37 министерств и ведомств.

В 1970 г. Комитет по науке и технике Совета Министров СССР и Академия наук СССР создали межведомственную комиссию по проблеме «Человек и биосфера» во главе с акад. А. П. Виноградовым для координации теоретических и прикладных исследований в этой области.

Важным стимулом к расширению научных работ по основным проблемам сохранения природного окружения послужили такие крупные международные научные мероприятия, как Международный геофизический год, Международная биологическая программа, Международное гидрологическое десятилетие, а также деятельность Межправительственной океанографической комиссии. Однако даже в этих условиях основное внимание в исследованиях уделяется прежде всего проблемам геофизики и других наук о Земле, а не собственно биологическим и социальным аспектам этого вопроса. Даже в самых развитых странах редко используется экологический или комплексный подход к исследованиям.

Моральная ответственность ученых-технологов

Много лет назад В. И. Вернадский сказал: «Ученые не должны закрывать глаза на возможные последствия их научной работы, научного про-

гресса. Они должны чувствовать себя ответственными за последствия их открытий». В наши дни эти слова приобретают еще более важное значение.

Правомерен вопрос, который ставит сегодня жизнь: имеют ли право на дальнейшую разработку и финансирование научные исследования и новые технологии, не учитывающие судеб окружающей среды? — Думается нет! Технология может и должна перестраиваться¹.

Проблем и трудностей много. Попытаемся сформулировать ряд условий, которые необходимо выполнять при проведении работ на всех этапах исследования в отраслевых НИИ с точки зрения предотвращения загрязнения окружающей среды.

Во всех технологических работах, направленных на создание новых или совершенствование существующих технологий должны предусматриваться замкнутые технологические циклы; в случае невозможности создания полностью замкнутого технологического цикла с локальными очистками технология очистки отходов производства должна разрабатываться с опережением разработки «основного» технологического цикла;

при включении в план работ отраслевого технологического института и перехода с одного этапа работ на другой, каждая научно-исследовательская работа должна оцениваться по ряду показателей, предъявляемых к разрабатываемым технологиям с точки зрения предотвращения загрязнения окружающей среды;

разработка показателей для оценки работ отраслевых НИИ и их оценка должны осуществляться специализированными институтами или лабораториями по очистке отходов производства соответствующих отраслей.

К наиболее важным показателям относятся следующие: существо технологического процесса; область применения готового продукта и перспективность его применения с точки зрения его безвредности для окружающей среды; названия и концентрации веществ, содержащиеся в от-

ходах производства; ожидаемый объем будущего производства, для которого разрабатывается технология; способ утилизации (или обезвреживания) получаемых отходов; достоверность данных о безвредности получаемых отходов для окружающей среды.

Большинство технологов (по крайней мере, в отраслевых НИИ черной металлургии) вышеприведенную точку зрения не разделяет. При обсуждении вопроса о привлечении технологов к участию в создании безвредных для биосферы производственных процессов ими выдвигаются традиционные «технологические» тезисы:

«1. Без отходов производства промышленное предприятие работать не может.

2. Другие производства больше «нашего», т. е. больше, чем предприятия черной металлургии, загрязняют окружающую среду и несмотря на это на этих производствах улавливание вредных отходов поставлено неудовлетворительно.

3. У технологов нет возможностей интересоваться отходами производства с точки зрения загрязнений: это — дело работников специализированного института по очистке отходов производства.

4. Все технологии, разрабатываемые в нашем институте в настоящее время и на ближайшее время, не являются опасными для окружающей среды.

5. Технологи занимаются в основном совершенствованием давно существующих технологий и поэтому не несут ответственности за загрязнения, которые получают при давно разработанном процессе.

6. Если бы государство располагало большими суммами на строительство очистных сооружений, то проблему очистки отходов производства можно было бы легко решить.

7. Вообще соображения о роли ученых технологов в деле борьбы с производственными загрязнениями нереальны».

Подавляющее большинство работ, проводящихся в отраслевых институтах, направлено не на разработку новых технологических процессов, а на совершенствование существующих. Поэтому исследователь, приступая к

¹ С. Д. Заугольников, М. М. Кочанов. Охрана биосферы от вредных химических веществ. «Природа», 1970, № 8.

работе, уже на этапе лабораторного эксперимента знает, хотя бы ориентировочно, последствия разрабатываемой им технологии для окружающей среды. В принципе каждый технолог на основании данных фундаментальных исследований представляет себе (или во всяком случае должен представлять) трудности, которые могут встретиться при очистке или утилизации отходов производства. Вот почему предотвращение разработки технологий, в результате внедрения которых может быть загрязнена окружающая среда, реально уже на этапе лабораторного эксперимента. Пока не найдены способы точных расчетов последствий различных технологий на природную среду (а эти поиски в ряде случаев могут затянуться на десятилетия), этой работой должны заниматься сами разработчики технологий, несмотря на все нынешние трудности (ведомственные барьеры, материальную незаинтересованность и т. д.). Каждый научный сотрудник, создающий новые или совершенствующие существующие технологии и не думающий об отрицательных последствиях своей деятельности на окружающую среду, должен нести свою долю моральной ответственности за те последствия, которые причинит его работа после внедрения в производство. Уместно здесь привести слова Л. Омана, цитируемые в книге Дювиньо и Танга: «Необходимо, чтобы люди науки согласились иногда прерывать терпеливую и привычную эксплуатацию своей индивидуальной «жилы» (тем более, что пустая порода уже заполнила полость шахты), чтобы объединить свои усилия в развитии основных проблем и направлений науки».

В настоящее время для проведения исследований в этом направлении нет ни экономических стимулов, ни административных рычагов. Остается один существенный фактор, играющий для многих исследователей далеко не последнюю роль. Этот фактор — моральные стимулы, который позволяет надеяться, что многие исследователи (особенно молодые), убедившись во вредности разраба-

тываемой ими технологии, направят свою работу в надлежащее русло.

Проблема разработки новых и новейших технологий — одна из важнейших задач, поставленных перед наукой и техникой XXIV съездом КПСС.

Создать совершенные безотходные технологии

Как сделать, чтобы к 2000 году загрязнения окружающей среды по крайней мере не увеличились? Уже сейчас при проведении исследований на этапе лабораторного эксперимента требуется не допускать создания вредных для окружающей среды технологий. Этим должны заняться специализированные лаборатории отраслевых, академических и учебных институтов. Пока такие работы почти не ведутся. Как было сказано выше, в подавляющем большинстве технологических процессов образующиеся отходы производства не могут быть очищены до необходимого уровня экономически приемлемыми способами. Перечислять все технологии, имеющие несовершенные схемы с точки зрения предотвращения загрязнения окружающей среды, не входит в нашу задачу. Рассмотрим несколько, пока что редких, примеров из различных отраслей промышленности, показывающих возможность борьбы с загрязнением окружающей среды в процессе разработки «основных» технологических процессов.

Обесфеноливание сточных вод коксохимических заводов. При коксовании угля образуются сточные воды, содержащие вредные органические примеси (фенолы, смолы, масла и т. д.). Основное количество фенолов, содержание которых в сточных водах 1—2 г/л, в СССР выделяется паровым методом. Степень обесфеноливания вод паровым методом составляет примерно 80%, а остаточное содержание фенолов в воде 200—400 мг/л.

В 1966 г. было получено около 30 млн м³ таких вод, которые в основном были использованы при мокром тушении кокса¹. При мокром

тушении кокса, значительная часть фенолов испаряется и оседает на прилегающую к заводу территорию, уничтожая растительность и загрязняя почву и в конечном счете природные воды.

Таким образом, мокрое тушение кокса не снимает проблемы обесфеноливания сточных вод. В последнее время намечен постепенный перевод коксохимических заводов на сухое тушение кокса, которое потребует проводить доочистку сточных вод коксохимических предприятий на биологических установках.

Однако паровой метод не позволяет избавиться от ряда вредных примесей, мешающих нормальной работе биохимических установок.

В ряде стран применяют экстракционный метод, имеющий некоторые преимущества по сравнению с паровым. Применение его при обесфеноливании сточных вод решает проблему их подготовки для окончательной очистки на биологических установках. Целиком проблема обесфеноливания сточных вод пока не решена из-за несовершенной работы (о чем было сказано выше) биохимических установок.

Обработка и утилизация сточных вод от травления металлов серной и соляной кислотами. При травлении металла серной кислотой в среднем образуется отработанного раствора 0,23 м³/т металла. При травлении в ваннах в растворе содержится 0,5—2% свободной кислоты и 15—22% сульфата железа, а при непрерывном травлении — 5—8% свободной кислоты и 14—16% сульфата железа. Отработанные растворы обезвреживаются нейтрализацией или регенерируются. Способ регенерации их растворов предложен фирмой Рутнер (Австрия). Регенерированная серная кислота (55—60%) H₂SO₄ и около 1% HCl обладает хорошими травильными свойствами; наличие хлорида сокращает длительность травления. Полученную окись железа в агломерированном виде можно подавать в доменные печи.

На металлургическом заводе Тоба и Кавасаки (Япония) фирмы Кавасаки Сэйтцу создан новый процесс обработки отработанных травильных растворов. Он заключается в нейтрали-

¹ П. Дювиньо, М. Танг. Биосфера и место в ней человека. М., «Прогресс», 1968.

¹ В. Е. Привалов, С. Н. Лазорин, В. М. Корниенко. Современное состояние обезвреживания сточных вод. «Кокс и химия», 1969, № 5.

зации сточных вод аммиачным газом, при этом происходит образование сульфата аммония и магнитной окиси железа. Получаемые продукты находят неограниченный рынок сбыта, поэтому установка рентабельна и работает с высокими экономическими показателями.

Основным преимуществом соляной кислоты, полностью компенсирующей ее более высокую начальную стоимость, является то, что травильный раствор может быть полностью регенерирован, так как хлористое железо переходит в окись железа и хлористый водород (при применении серной кислоты можно регенерировать только свободную серную кислоту).

Бактериальный метод выщелачивания руд. Бактериальный метод выщелачивания находит все более широкое применение при обогащении руд за рубежом, так и в нашей стране. Различными авторами выделены тионовые бактерии, что говорит о биогенном характере окислительных процессов в выщелачиваемых объектах¹. В СССР в промышленных условиях бактериальное выщелачивание меди из рудного тела осуществлено на отработанном участке Дегтярского месторождения. Себестоимость 1 т меди, добытой при бактериальном подземном выщелачивании, в 4—5 раз ниже получаемой во флотационном процессе. При орошении подземных участков хвостовыми водами цементационных установок с бактериями и сульфатом окиси железа содержание меди в растворах повысилось на Ново-Левинском руднике в 3 раза и Зюзельском в 10 раз. В перспективе бактериальное выщелачивание открывает возможности создания полностью автоматизированных предприятий по получению металлов из забалансовых и потерянных руд непосредственно из недр Земли, минуя сложные горнообогатительные комплексы с замкнутыми технологическими циклами с возвращением в процесс отработанных растворов.

¹ С. И. Полькин, З. А. Таужнянская. О применении бактериального метода выщелачивания при обогащении руд. «Цветная металлургия», 1968, № 3.

Дезэмульгация нефти при переработке на электрообессоливающих установках (ЭЛОУ). Подготовка нефти к переработке заключается в удалении из сырой нефти наряду с другими веществами минеральных солей и воды. Минеральные соли удаляются при обессоливании, которое заключается в том, что нефть для растворения солей несколько раз промывается теплой водой. Образующиеся при промывке эмульсии отделяются от нефти обезвоживанием. Поскольку вода с нефтью образует стойкие эмульсии, полное обезвоживание может быть произведено при условии разрушения эмульсий при нагревании дезэмульгаторов. Эффективно электрообезвоживание нефтей.

При применении в больших количествах (до 1,5—2 кг/т нефти) водорастворимых дезэмульгаторов типа нейтрализованного черного контакта (НЧК), сульфоната и других в воде образуются устойчивые тонкодисперсные нефтяные эмульсии, которые не поддаются разрушению на существующих очистных сооружениях. При обессоливании нефти на установках ЭЛОУ с применением ОП-7, ОП-10, дисольвана, ОП-20 и других дезэмульгаторов содержание стойких эмульсий в стоках резко сокращается. Это обусловлено тем, что для достижения тех же результатов обессоливания и обезвоживания нефти затрачивается всего 40—50 г дезэмульгатора вместо 1—2 кг НЧК на 1 т нефти. При этом только 5—10% использованных дезэмульгаторов переходит в воду, остальное количество остается в нефти¹.

Испарительное охлаждение. С 1950 г. на металлургических печах (мартеновских, доменных и нагревательных) стали применять испарительное охлаждение тепло-напряженных деталей², оказавшее наиболее рациональным способом их охлаждения. Число установок испарительного

¹ И. Л. Монгайт, П. И. Побегайло, А. А. Бондарев. Современные методы очистки сточных вод нефтеперерабатывающей промышленности. «Журнал Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева», 1967, т. XII, № 6.

² С. М. Андоньев. Испарительное охлаждение металлургических печей. Металлургия, 1961.

охлаждения на металлургических заводах непрерывно растет и в настоящее время превосходит 500. Охлаждение металла при непрерывной разливке стали является одним из неотъемлемых элементов этого прогрессивного технологического процесса. В настоящее время установки непрерывной разливки стали (УНРС) работают с устаревшим водяным охлаждением, имеющим ряд существенных недостатков: расход воды на 1 т стали составляет 10—12 м³; системы водоснабжения громоздки и требуют капитальных затрат; тепло, уносимое охлаждающей водой, не используется и т. д.¹ В связи с этим в 1964 г. впервые в мировой практике освоен и внедрен на промышленной УНРС завода «Красное Сормово» прогрессивный метод охлаждения кристаллизатора — испарением. Благодаря испарителям система водоснабжения упростилась, а расход воды сократился в 60 раз!

Все эти примеры вселяют надежду, что люди, разрабатывающие технологию завтрашнего дня, в состоянии преодолеть своего рода «экологическую слепоту», которой все еще страдают многие ученые различных отраслевых и прикладных институтов. Можно с уверенностью сказать вслед за Дж. Томсоном, что некоторые из современных технологических процессов в будущем станут выглядеть примерно так же, как если бы мы задумали сжечь целый дом, чтобы зажарить свиную тушу. Предпосылки для борьбы с загрязнением биосферы еще в процессе разработки технологических процессов заложены в существе самой науки, опережающей развитие техники и призванной служить Человеку и окружающей его Природе.

¹ С. М. Андоньев, Л. Б. Казанович. Результаты исследований и опыт внедрения системы охлаждения кристаллизаторов установок непрерывной разливки стали. Сб. научных трудов института «ВНИПИ — черметэнергоочистка», 1968, вып. 10.

Можно ли связать строение тела с характером?

Профессор Я. Я. Рогинский



Яков Яковлевич Рогинский, заведующий кафедрой антропологии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Занимается главным образом вопросами систематики гоминид и проблемой позднего этапа эволюции человека. Основные работы: Теории моноцентризма и полицентризма в проблеме происхождения современного человека и его рас. М., 1949; О формировании пропорций тела путем усиления «градиентов» роста. «Вопросы антропологии», 1960, № 2; Антропология. М., 1963 (совместно с М. Г. Левиным); Проблемы антропогенеза. М., 1969.

Вопрос о связи строения тела с характером, в течение многих столетий занимающий умы людей, до сих пор остается нерешенным. В публикуемой статье известный советский антрополог рассказывает о своих поисках решения этой проблемы.

В греческой скульптуре строение головы мифических существ, олицетворявших отвагу или неукротимую волю, обнаруживает преувеличенные черты атлетического типа — скошенный назад лоб, резко выступающие надбровные дуги. Таковы титаны, диоскуры, а впоследствии идеализированные образы воителей и владык эллинистической эпохи. Наоборот, прямыми округлыми лбами в сочетании с грузным телосложением наделены силены, демонические существа, соединявшие в своем характере пьяное веселье и балагурство с вакхическим восторгом и музыкальным гением. В традиции русской иконописи, как мне сообщил проф. А. П. Нечаев, прямой лоб с сильно выраженными лобными буграми, одновременно с очень узкими лицами и астеническим строением тела, означал развитое чувство благочестия, и его можно постоянно встретить на изображениях святых. Германские романтики приписывали поэтическим и философским натурам прямые и выпуклые лбы. Что означают все эти факты?

Лицо — «зеркало души»

В 1916 г. автор сделал наблюдение, что «чувствительные» характеры уделяют обычно больше внимания психической жизни людей, чем свойствам и устройствам вещей; наоборот, «малочувствительные» характеры более интересуются вещами, чем человеческой психикой, и проявляют интерес, главным образом, к внешним обстоятельствам, касающимся людей. При этом обнаружилось, что первые значительно чаще, чем вторые, об-

ладают прямым, круто поднимающимся кверху лбом с сильно развитыми лобными буграми, слабо выступающими надглазничными дугами, общей округлостью контуров, некоторой суженностью основания черепа по сравнению с шириной свода.

Познакомившись на студенческой скамье с курсом нормальной анатомии человека, автор смог убедиться, что упомянутые особенности первого типа служат в то же время признаками, отличающими детский череп от типичного взрослого мужского черепа. Это позволяло думать, что и повышенная чувствительность, и интерес к внутренней жизни людей связаны с какими-то психологическими свойствами, характерными для ребенка. Эту мысль подтверждали некоторые факты. Многие философы, писатели и поэты, действительно, по свидетельству их современников, часто напоминали некоторыми чертами своего характера детей.

Более строгие, специальные исследования позднейших времен пошли по двум основным направлениям. Прежде всего, изучение мимической мускулатуры человека не могло не привести к естественному предположению, что постоянное и усиленное употребление тех или иных мышц лица должно в итоге закрепиться и превратиться в привычное выражение у человека и, тем самым, сделать лицо «зеркалом души» его обладателя. В качестве важнейших публикаций по мимической мускулатуре и по ее значению для выражения эмоций Чарлз Дарвин называл труды Джона Бульвера (1649), Чарлза Белла (1806—1844),

Герберта Спенсера (1855), Дюшена (1862), Пьера Грасиоле (1865).

Другое направление исследований шло по пути, гораздо менее бесспорному, а именно, к установлению связи вариаций врожденных и устойчивых элементов структуры тела, в частности черепа, со свойствами характера. Здесь нет надобности останавливаться на критике основанной Галлем и Шпурцгеймом френологии (1810—1820), давно уже потерявшей право занимать место среди научных дисциплин. Френология — учение, основанное на убеждении, что усиленное развитие тех или других частей мозга отражается на форме черепа, вследствие чего наличие различных выпуклостей на черепных стенках якобы позволяет судить о развитии разных свойств психики у данного субъекта. Замечательно, однако, то обстоятельство, что сам по себе принцип локализации функций мозга в отдельных его участках был справедлив: его плодотворность подтвердилась в последующих исследованиях физиологов и анатомов. С другой стороны, и наблюдения Галля о связи формы головы с какими-то свойствами психики, сами по себе, могли оказаться в какой-то мере заслуживающими внимания. Глубоко ложной оказалась только теоретическая попытка Галля связать эти два ряда, т. е. взятые из опыта факты соответствия внешности и психики с теорией локализации. Именно это незаконное обоснование теории при помощи фактов, с ней не связанных, и обрекло френологические труды Галля, после временного успеха, на забвение.

Имеются ли все-таки основания предполагать, что между характером человека и строением его тела существует какая-то связь?

Прежде всего следует ответить, как совершенно несостоятельное, положение, что характер человека формируется только на основе физиологических, врожденных его свойств. Самое большее, что можно утверждать, это то, что какие-то черты характера (и лишь отчасти) могут зависеть от некоторых биологических особенностей человека. **Огромное разнообразие характеров может возникнуть в результате чисто социальных причин.**

Характер не может не сформиро-

ваться под воздействием тех «задач», которые его обладатель должен постоянно разрешать в зависимости от места, занимаемого им в обществе. Так возникают, например, психологические типы профессий. Кроме того, каковы бы ни были природные свойства, они всегда преобразованы общественным бытием, они как бы вторично рождаются в человеке в результате воздействия социальной среды. Наконец, проявления характера человека могут зависеть и от крутых поворотов в его судьбе.

Тем не менее имеются факты, свидетельствующие о связи морфологического статуса и характера. Реальность этой связи была обнаружена в патологии. Изучение эндокринных желез познакомило науку с многочисленными примерами влияния гипофункции и гиперфункции отдельных желез и их комплексов одновременно и на соматические свойства и на функции. Таково, в частности, влияние расстройства деятельности щитовидной железы, половых желез, надпочечников и др.

Успехи генетики позволили раскрыть причину нескольких заболеваний, в частности болезни Дауна, характеризующейся и морфологически (небольшая голова, толстый язык, узкие глазные щели и др.) и психически (резко выраженная умственная отсталость).

Эти факты могут служить, конечно, лишь косвенными аргументами в пользу гипотезы о связи строения тела и темперамента у людей нормальных. Однако начиная с 20-х годов нашего столетия стали появляться монографические исследования, в которых подробно аргументировано наличие такой связи.

Взрослые, похожие на детей

В 1921 г. автор настоящей статьи, будучи студентом кафедры антропологии Московского университета, выступил в студенческом антропологическом кружке с докладом «О взрослых людях, похожих на детей», где подвел итоги своих наблюдений над здоровыми людьми мужского пола, проводившихся примерно с 1918 г.

В докладе было указано, что у людей, сохранивших в конфигурации своего черепа черты детского типа (т. е. округлый лоб, слабое развитие надбровных дуг, иногда заметное выступание лобных бугров, расширяющиеся кверху боковые отделы лба, а также сравнительно небольшие размеры лицевого отдела), довольно часто наблюдается особый психический склад: сильная чувствительность, влечение к искусствам, развитое чувство юмора и стремление к возвышенному, быстрое утомление при умственной работе; склонность и к логическому и к образному мышлению при отсутствии специальной склонности к занятиям математикой и техникой; доброжелательность и, нередко, бегство от людей и от общества, вызванное сознанием своей «неполноценности». Вследствие морфологического сходства конфигурации лба с детской и некоторой аналогии психического склада с ребенком я обозначил этот тип «инф», т. е. начальными буквами латинского слова *infans* (дитя).

Наконец, в докладе было указано, что существует противоположный «инфу» тип людей как в морфологическом, так и в психическом отношении. Его череп наиболее сильно уклоняется от детского, а в его психике резко выражены стремление к технике, к математическому мышлению, меньшая чувствительность и т. д.

С этим же докладом я выступил на небольшом собрании московских врачей-невропатологов и психиатров под председательством проф. А. Н. Бернштейна, где встретил многочисленные возражения, главным образом против приведенных мною примеров «инфов» среди выдающихся людей, таких, например, как Жан Жак Руссо и Лев Толстой. Мне было сказано, что инфантильная психика считается у психиатров неполноценной и просто невозможно, «эмоционально недопустимо», чтобы отсталые индивиды стояли во главе прогресса.

Несовершенство этой попытки установить закономерность связей морфологии и характера заставило автора обдумать дальнейшие пути исследований. Казалось необходимым решить следующие задачи. Во-первых, проверить правомерность утвержде-



Портретная статуя эллинистического монарха. Бронза. Середина II в. до н. э. (Атлетоидный тип).



Силен с младенцем Дионисом. Мрамор. II в. до н. э. (Атлетоидный тип).

ния, что сходство психики с детской — синоним отсталости; во-вторых, собрать новые материалы и обработать их статистически; в-третьих, установить, нет ли каких-нибудь отличий в темпах созревания, например, прорезывания зубов, между первенцами и детьми последующих номеров рождения.

Попытку разрешить первую из этих задач, казалось, могло подсказать появление в 1926 г. знаменитой статьи голландского анатома и антрополога Людвиг Болька «Проблема становления человека», где проводилась идея, что именно замедление (ретардация) процесса онтогении нашего животного предка привело к его «помолодению» (фетализации) и что результатом этого замедления и недоразвития конечной стадии и было возникновение человека. Согласно теории Болька, характернейшая особенность человека — именно его «отставание» и его сходство с плодом или детенышем высшей обезьяны. В отличие от взрослой обезьяны, у человека во взрослом состоянии сохраняется малое лицо, гладкий, лишенный гребней череп, прямой профиль, т. е. отсутствие выступания челюстей, сильный перегиб основания черепа, голое, т. е. лишенное волос тело и т. д. Итогом анализа этой проблемы была моя статья «Помолодение в процессе человеческой эволюции»¹, в которой я стремился показать, что одним из факторов становления человека, действительно, было сохранение детских признаков.

Для решения второй задачи я изучил многочисленный иконографический материал, портреты выдающихся людей в искусстве, науке, общественной деятельности, произвел опрос лиц разных специальностей; сделал сопоставление по морфологическому типу представителей различных профессий.

Третью задачу я попытался разрешить, собрав материалы по прорезыванию первых молочных зубов у московских детей. Всего были получены сведения о 1500 детей. Выяснилось, что номер беременности имеет значение для срока появления первых зубов; у первенцев зубы прорезыва-

ются несколько раньше, чем у последующих детей. Резче всего обнаруживается запаздывание у детей с большим числом старших братьев и сестер¹. Вывод из этой работы мог быть истолкован в том смысле, что на детях, родившихся после многих беременностей, сказалось обеднение кальцием материнского организма. Не могла ли отразиться недостаточность кальция в организме таких детей в виде большей ранимости их нервной системы? Однако слишком многое продолжало оставаться неясным, и это не могло не повести к весьма критическому приему излагаемой гипотезы.

В статье, опубликованной мною в 1928 г.², в очень сжатой форме упоминалось о взаимной независимости двух координат, а именно: описанной у Кречмера (от астеника до пикника)³ и предложенной мною (от «детского» до «ультравзрослого»), однако независимость этих двух координат ничем не была подтверждена.

Не мог не вызвать возражений и прямой перенос законов изменений человека в его эволюции на индивидуальную и типовую изменчивость в настоящем. Ведь «помолодение», в смысле теории Болька, было лишь одним из элементов сложнейшего процесса преобразования человека в его предыстории. Поэтому потребовалось специальное изучение проблемы.

Примерно с этого времени в течение многих лет я стремился показать, что между стадией палеоантропа и стадией неолита, т. е. человека современного типа, проходит рубеж, имеющий принципиальное значение. При всей изменчивости человечества, начиная с ранней поры позднего палеолита, т. е. в течение примерно 40 тыс. лет, у человека не прослеживается никакой прогрессивной мор-

¹ Я. Я. Рогинский. Влияние различных условий на прорезывание первых молочных зубов у ребенка. «Русский антропологический журнал», т. XV, 1926, вып. 1—2.

² Я. Я. Рогинский. Учение о характере и эволюция. «Русский евгенический журнал», т. VI, 1928, вып. 2—3.

³ Астеник — человек со слабым развитием жиротложения, слабой мускулатурой, уплощенной грудной клеткой; пикник — человек с сильным жиротложением, конической грудной клеткой.

¹ «Антропологический журнал», 1933, вып. 1—2.

фологической эволюции. В соответствии с этим трактовка любого из описанных выше типов как высшего, по сравнению с другими, неправильна с эволюционной точки зрения.

Далее было необходимо прибегнуть к экспериментальной и анкетной проверкам предполагаемых зависимостей между строением тела и характером. И, наконец (что было, пожалуй, самым важным), следовало дать методологическое обоснование законности и целей поисков подобных связей вообще.

«Тронут до слез» или «умеренно чувствителен»

Работы и размышления на эти темы заняли период с 1928 по 1930 гг., в течение которых я работал в Центральной психо-физиологической лаборатории Военно-санитарного института РККА, в секторе антропометрии. Излагая результаты этих исследований, я буду именовать, по ряду соображений, крайние типы своей схемы несколько по-иному, чем в начальный период работы, а именно с помощью терминов, принятых мною позже, после обсуждения с антропологом и генетиком А. А. Малиновским общих вопросов теории конституции. Вышеописанный «детский» тип я обозначаю как «церебральный», а противоположный — как «атлетондний». Здесь следует оговорить, что у атлетонда вовсе не обязательна мощная мускулатура и большая физическая сила, хотя он чаще наделен ею, чем другие типы. Для него характерно более сильное развитие костяка.

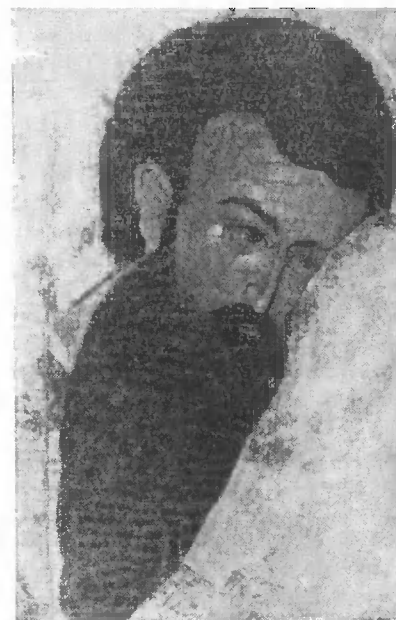
Прежде всего, на материале 583 человек (главным образом русских в возрасте 23 лет) мною было установлено, что существуют действительно достаточно независимые координаты вариаций: одна — «атлето-церебральная», другая — «астено-пикническая». Далее были проделаны испытания 530 индивидов на аппарате, предложенном в 1926 г. Отто Клеммом для проверки пригодности к управлению автомобилем. Следует подчеркнуть, что эти испытания носили характер проверочных (экзаменационных), так как несдача испытаний вела к получению прав на самостоятельное ведение машины. Результаты оказались следующими.

Испытуемые церебрального («детского») типа дали в 45% случаев весьма плохие «проезды» на аппарате; испытуемые атлетондного типа — только в 14%; промежуточные по морфологическому типу заняли среднее положение. Коэффициент связи между типом (атлетондный, церебральный и ряд промежуточных) и успешностью проезда на аппарате Клемма равнялся 0,238 при вероятной ошибке 0,040; связь оказалась реальной, так как коэффициент связи почти в 6 раз превосходит ошибку. Еще более ясная связь обнаружилась при сопоставлении только атлетондного и резко выраженного церебрального типов. В этом случае коэффициент связи равнялся 0,472 при вероятной ошибке 0,046.

Поскольку испытания имели значение экзамена и были сопряжены с риском не получения прав шофера, результаты их, без сомнения, отражали не только двигательные способности, но и эмоциональную сферу. Это подтвердили следующие факты (помимо непосредственного наблюдения испытуемых, явно выражавших волнение): 1) довольно значительное повышение (в среднем) кровяного давления испытуемых по сравнению с нормой; 2) значительно более плохие результаты (в среднем) на аппарате Клемма у экзаменуемых, о которых шла речь, по сравнению с результатами, полученными на том же аппарате при исследовании 215 человек приблизительно того же возраста и состава, но для которых испытание не было экзаменом, а скорее забавой.

Замечательно, что в этой последней группе превосходство атлетондного типа над церебральным гораздо менее значительно. Коэффициент связи по всем трем типам (связь типа с успешностью проезда) оказался равным всего лишь 0,126 при вероятной ошибке 0,075, т. е. статистически недостоверным.

Основной вывод из этих исследований — большая, несомненно, эмоциональная ранимость церебрального типа по сравнению с атлетондным, выразившаяся в более сильном расстройстве координации «пирамидной» моторики под влиянием волнения на



Деталь иконы «Василий Великий» Феофана Грека. 1405 г. Благовещенский собор Московского Кремля. (Церебральный тип).



Деталь иконы «Успение» Андрея Рублева (?) из Кирилло-Белозерского монастыря. Начало XV в. (Церебральный тип).

экзамене¹. Астенический, мускульный и пикнический типы в этом отношении различий не обнаружили. Таким образом, была установлена связь церебрального типа с повышенной ранимостью. Подробное изложение этих исследований было дано мною в 1937 г.²

Естественно было предположить, что у «ранимого» типа людей в качестве защитного средства должно было выработаться особое отношение к трудной или, тем более, «срывной» ситуации, могущее устранить возможность влияния чрезмерной ранимости. Наиболее целесообразным решением этой задачи было бы, теоретически говоря, отсрочивание немедленной реакции и последующая подготовка к ней. Проверка этого предположения была дана в следующем исследовании.

Группе служащих роздали анкеты с вопросами, предварительно согласованными с психофизиологами. На каждый вопрос анкеты (общее их число — свыше 70) предлагалось дать три возможных ответа. Подавляющее число вопросов не дало никаких типических различий. Однако некоторые пункты анкеты эти различия обнаружили:

Вопрос:

Быстро ли Вы решаете, как поступать в том или другом случае?

Ответы:

1. Решаю сразу.
2. Раздумываю в важных случаях.
3. Всегда долго думаю.

В табл. 1 указаны числа лиц каждого типа, подчеркнувшие «решаю сразу». 52% лиц атлетического типа подчеркнули «решаю сразу». Среди церебрального типа таких оказалось только 14%.

Для проверки того, насколько полученная система значений соответствует случайному распределению, был использован метод χ^2 , предложенный

Таблица 1

тип	Число лиц	Ответившие «решаю сразу»
атлетический	38	20(52,6%)
промежуточный и близкие к нему	46	14(30,4%)
церебральный	28	4(14,2%)

К. Пирсоном. Вероятность того, что распределение случайное, оказалась мала; иначе говоря, между типами атлетический, промежуточный, церебральный и характером ответа на вопрос имеется достоверная связь.

Значительно менее определенные результаты дали следующие вопросы:

Вопрос:

Чувствительны ли вы?

Вопрос:

Способны ли вы к технике?

Ответы:

1. Легко бываю тронут до слез.
2. Умеренно чувствителен.

Ответы:

1. Очень люблю технику и занимаюсь ею.
2. Особых способностей не имею.
3. Не имею никаких способностей.

Лица церебрального типа ответили, что бывают «легко тронуты до слез» в 21% случаев, промежуточного — в 17% и атлетического — в 10%. Достоверность связи статистически не доказана. Свою любовь к технике атлетический тип засвидетельствовал в 37% случаев, промежуточный — в 24%, церебральный — в 17%. Связь также оказалась недостоверной...

Некоторые из причин, по которым связь между типом конституции и ответом в анкете (даже если бы такая

связь существовала) не могла бы оказаться значительной, понятны сами собой. Прежде всего, вряд ли очень велика связь между морфологией скелета и физиологическими свойствами центральной нервной системы: например, сходная форма черепа может быть следствием разных причин. Далее, особенности нервной системы, естественно, могут во многих случаях мало отразиться и даже не отразиться вовсе на социальных проявлениях психики их обладателей. Так, интерес к технике в сильной степени мог зависеть от очень многих других условий: от сочетания наследственных свойств, от внешних обстоятельств — профессии отца и его влияния, от товарищеской среды в детстве, от школы, от условий дальнейшей жизни. Наконец, профессия (военная) и служебное положение участников анкеты, которая не была анонимной, не могли не поставить известных границ для самооценки в столь важной деятельности, как техника, тем более, что анкета заполнялась в начале периода реконструкции.

Чтобы исключить морфологический фактор, я разбил материал, невзирая на типы конституции, исключительно по ответам, данным на оба приведенных выше вопроса, и сопоставил склонность к технике и чрезмерную чувствительность. На вопрос, способен ли опрашиваемый к технике, дано три ответа: 1) очень люблю технику и занимаюсь ею; 2) особых способностей не имею; 3) никаких способностей. Результаты даны в табл. 2.

Лица, заявившие о своей способности к технике, значительно реже приписывали себе крайнюю степень чувствительности, чем неспособные к технике. По-видимому, проявилось стремление выразить свою приверженность некоторому принятому «об-

Таблица 2

Отношение к технике	способные к технике	способности к технике средние	неспособные к технике
Число лиц	46	68	15
Ответ «легко бываю тронут до слез» дали	4 (8,6%)	13 (19,1%)	8 (53,3%)

¹ Пирамидная моторика — движения, управляемые в организме посредством пирамидных путей, волокна которых представляют собой отростки крупных пирамидных клеток двигательной коры больших полушарий мозга.

² Я. Я. Рогинский. Материалы по исследованию связи телосложения и моторики. «Антропологический журнал», 1937, вып. 3.

разцу» поведения, в который входили и склонность к технике и пренебрежение к чрезмерной чувствительности, причем эту своеобразную дань требованиям эпохи отдали опрошенные лица независимо от своего природного склада.

Дополнением к этому материалу могут послужить данные, полученные в результате устного опроса об интересе к различным предметам 104 студентов первого курса Московского университета в 1928 г. Опрашивались только студенты-мужчины, причем предварительно определялся тип их конституции. По специальности опрошенные студенты были математиками, биологами, химиками и этнологами. Из 37 студентов атлетоидного типа о наличии интереса к технике сообщило 59,4%, а об интересе к музыке и изобразительным искусствам — 5,4%. Соответствующие цифры для 24 студентов церебрального типа — 8,3% и 29,1%. Статистическая проверка показала, что связь реальна. Люди атлетоидного типа оказались чаще склонными к технике и обладали малой артистичностью по сравнению с людьми церебрального типа. Промежуточный тип дал менее отчетливые показатели, но, в общем, более близкие к атлетоидному.

При решении задач из области инструментального мышления обнаружилось иные распределения по типам. Приведу результаты испытания на складывание так называемого кубика Блуменфельда. Складывание кубика Блуменфельда входило в программу испытаний для получения прав шофера в психофизиологической лаборатории по методике физиолога Ю. А. Васильева. Каждому испытуемому предлагаются лежащие в беспорядке шесть составных частей деревянного кубика. В течение 5 мин. следует сложить кубик. Лицам, не сложившим кубик на первой пробе (в течение 5 мин.), экспериментатор показывает примерную сборку. Затем производится новая проба. Общее число проб — пять, каждая по 5 мин. Вторичного показа не делают.

Ю. А. Васильев выработал особую шкалу оценки результатов — от 0 до 5. В одной из стенок кубика, служащей основанием, имеются два паза для вставки двух боковых стенок ку-

бика. Складывание кубика значительно удобнее начать именно с этой операции вставки. Нарушение такого порядка значительно усложняет задачу. Поэтому первое условие успеха — предварительный осторожный просмотр всех частей, делающий возможным складывание по оптимальному плану. Дальнейшее условие успеха — хорошее запоминание уже проделанных неудачных соединений и их последовательности, что избавляет от повторений ошибок. Некоторое значение, бесспорно, имеет и быстрота ручных движений. Наконец, остается в силе соображение о необходимости сохранения самообладания (сравнить аппарат Клемма).

Привожу (см. табл. 3) средние арифметические баллы (разработанные в лаборатории по специальной системе) для разных типов при первой сборке.

Таблица 3

Тип	атлетоидный	промежуточный (а)	промежуточный (б)	церебральный
Число испытуемых	57	41	27	46
Балл успешно-сти	0,98	1,85	1,55	1,48

В общем, на первой сборке худшее место занял атлетоидный тип, лучшее — промежуточный (представленный двумя вариантами — а и б), а среднее, но близкое ко второму месту занял церебральный.

Интересно, что на второй сборке (см. табл. 4), если выделить тех, кто не сумел вовсе собрать кубик (получили нулевую оценку) на первой сборке, результаты оказались иными:

Таблица 4

Тип	атлетоидный	промежуточный (а)	промежуточный (б)	церебральный
Балл успешно-сти	1,43	2,23	1,20	0,8

По-видимому, наиболее травмированы своей неудачей при первой сборке были лица церебрального типа. Возможное истолкование этих результатов таково. Направленный на борьбу с внешними препятствиями, атлетоидный тип, склонный немедленно принимать решения, может в течение первых моментов решения новых технических задач менее удачно справляться с ними, чем лица, более склонные к осторожному обдумыванию. Наоборот, церебральный тип может отставать от других типов, вероятно, вследствие своей чрезмерной впечатлительности, когда ситуация, как в данном случае экзаменационного испытания, может вызвать волнение, а также вследствие трудности соединить в своем уме инструментальное мышление и словесное объяснение, даваемое инструктором, хотя бы и сопровождаемое показом.

Две линии — четыре типа

Важным этапом в изучении морфологической и физиологической основы конституции были работы А. А. Малиновского. Начиная с 1934 г. он показал, что хотя наследственность имеет значение в формировании типа конституции, однако сама корреляция тех или иных свойств в конституции не является результатом определенной связи в механизме передачи генов и что закономерности конституции относятся не к области генетики, а к индивидуальной физиологии. А. А. Малиновский пришел также к выводу, что существуют две основные линии вариаций, дающие в итоге четыре крайних типа. Астеники представляют собой полярную противоположность пикников. Астеники-пикники — это конституции, в основе различий которых лежит различное соотношение ассимилятивных и диссимилятивных процессов внутри клеток.

Атлетоиды-церебралики являются полюсами другой корреляции, у которой «общим аргументом», т. е. основной причиной, объединяющей характерные признаки данного типа, служит разная степень роста в длину. А. А. Малиновский основывает свое объяснение различий между атлетоидным и церебральным типами на том, что рост не бывает пропор-

циональным. Поэтому атлетоиды, представляя собой тип усиленного роста, а церебралики — тип или раннего прекращения его или меньшей интенсивности на ранних этапах онтогенеза, в то же время отличаются один от другого и пропорциями скелета, относительной массой соединительной ткани, величиной костного рельефа, развитием надбровных дуг и др.¹ Положительная корреляция между длиной тела и «атлетоидностью» черепа была обнаружена мною (1929) на большом контингенте и оказалась статистически реальной, хотя и не очень большой. Бесспорно, конечно, что не всякое удлинение тела связано в каждом отдельном случае с возрастанием «атлетоидности» черепа.

Для объяснения большей предрасположенности атлетоидного типа к эпилепсии, чем к истерии, и обратной картины у церебрального типа А. А. Малиновский выдвинул гипотезу о большей тормозимости коры головного мозга у церебрального типа вследствие меньшего развития неврологии и меньшего питания нервных клеток. Важное положение изложенной системы — независимость обеих линий корреляции друг от друга.

Теория А. А. Малиновского о двух координатах в учении о конституции была позднее развита в исследованиях В. М. Русалова², показавшего также (с помощью определения порогов кожной, зрительной и слуховой чувствительности), что наименьшей чувствительностью обладают индивиды астеноидно-атлетоидного телосложения. Более или менее сходная с конституционной схемой А. А. Малиновского система двух координат была предложена и за рубежом³.

Другое важное предположение А. А. Малиновского заключалось в том, что у астенического типа большая истощаемость свойственна не только коре, но, в отличие от церебрального типа, также и подкорковым центрам. Церебральный тип, с этой точки зрения, в общем характеризуется сочетанием ранимости коры с устойчивостью подкорковых центров. Материалы, собранные мною в 1929—1930 гг., подтверждают это положение. В скорости движений сравнительно простых и полуавтоматических (постукивание на телеграфном ключе в удобном, а затем в наиболее быстром темпе) в результате испытания 135 индивидов не обнаружено почти никаких типовых различий. Таким образом, церебральный тип не проявил себя хуже, чем другие, в отношении моторики, основанной в значительной степени на экстрапирамидной системе¹. На другом контингенте (292 мужчины в возрасте в среднем около 30 лет) было проделано следующее испытание: расстановка с максимальной быстротой точек карандашом в квадратах сетки. Здесь также обнаруживались особенности моторики полуавтоматического характера, следовательно, с большой ролью экстрапирамидной системы. В результате оказалось, что церебральный тип дал даже наибольшую скорость.

Во время проведения спартакиады в 1930 г. я имел возможность сравнить распределение типов в разных спортивных группах, принимавших участие в спартакиаде. Оказалось, что среди мотоциклистов и шоферов людей атлетоидного типа 56,2%, а среди бегунов — 23,0%. Среди мотоциклистов и шоферов людей церебрального типа 6,2% среди бегунов — 23,0%. Реальность связи оказалась довольно вероятной.

Для решения вопроса о том, нет ли у церебрального типа отставания в меткости стрельбы из винтовки как важного показателя зрительно-двигательной координации, я сравнил распределение морфологических типов в

команде снайперов с распределением в неснайперской группе. Распределение оказалось совершенно одинаковым. Таким образом, исследования моторики у людей церебрального типа (включая сюда и данные по аппарату Клемма) подтверждают гипотезу Малиновского о том, что подкорковая система церебрального типа в общем не уступает (в смысле его функционирования) другим типам. Кора головного мозга людей церебрального типа обнаруживает большую ранимость в ситуациях «срывного» характера, компенсируемую, как правило, выработанной реакцией задержки (преимущество перед атлетоидным типом в операции сборки кубика).

Рассмотренные выше психологические различия между нормальными атлетоидными и церебральными типами отмечались многими авторами, правда, с весьма различных точек зрения. Так, в 1913 г. А. В. Казаринов выпустил в свет работу «Антропология темперамента», где сделал попытку связать четыре темперамента (флегматический, холерический, меланхолический и сангвинический) с определенным типом строения тела, в особенности с формой лба. Индивиды с эмоциональным темпераментом обычно обладают, по Казаринову, округлыми контурами лба.

Л. Берман следующими словами характеризует свой препитутарный (атлетоидный) тип: «склонный к нападению, скороспелый, расчетливый, владеет собой».

Н. Пэрна писал о чертах детского типа у взрослых людей: «...можно представить себе случаи, когда зобная железа не чрезмерно, а лишь чуть-чуть действует сильнее, чем определенный «средний уровень». И мы будем иметь организм, который лишь чуть-чуть задержался в обычном среднем ходе своего развития. Что же мы тут получим? Мы получим взрослого, вполне нормальный и вполне здоровый организм, но с некоторым налетом «детскости» или «инфантилизма». Взрослый, нормальный человек, но в нем тут и там слегка проглядывают черты ребенка. Это может относиться как к физическому развитию, так и к душевному складу...

¹ А. А. Малиновский. Физиологические источники корреляции в строении человеческого организма. «Журнал общей биологии», 1945, № 4; Элементарные корреляции и изменчивость человеческого организма. «Труды Ин-та цитологии, гистологии и эмбриологии», т. 2, вып. 1, М.—Л., 1948.

² В. М. Русалов. О двух конституциональных координатах. «Вопросы антропологии», 1967, вып. 26.

³ Г. Гримм. Основы конституциональной биологии и антропологии. М., 1969.

¹ Экстрапирамидная система связывает кору мозга с двигательными нейронами не через пирамидный путь, а посредством так называемых ядер головного мозга.

И вот сделано было, между прочим, наблюдение, что такой легкий налет инфантилизма очень часто встречается у людей, склонных к теоретическому... исследованию. Некоторая минимальная биологическая незрелость, некоторый налет наивности нужны для того, чтобы по отношению к жизни занять позицию не деятеля, а наблюдателя».

На связь церебрального типа с ранимостью коры указывают и некоторые данные из области психоневрологии. Такова, например, работа Н. Н. Корганова¹. Автор очень подробно останавливается на форме лба истеричных и отмечает, что одним из самых характерных и постоянных внешних признаков истеричных является детская форма лба, т. е. округлость, «крутой подъем, очень слабое выступание надбровных дуг. Психиатры выделяют особый, эпилептоидный (агрессивный) темперамент, который, по некоторым исследованиям, свойствен среди нормальных конструкций чаще всего людям атлетоидного телосложения.

Определяющая роль социального фактора

Все приведенные данные в общем подтверждают те предположения, которые можно было бы сделать о церебральном типе на основании прежних наблюдений автора.

Для пополнения материала можно привести некоторые результаты, полученные мною при исследовании портретного материала выдающихся людей с чертами церебрального типа, а также и других типов, взятых для сравнения. Мною было исследовано около 200 профильных портретных изображений. Оказалось, что среди выдающихся людей представлены примерно одинаково все рассмотренные здесь типы, в том числе и церебральный. К последнему относятся такие поэты и писатели, как, например, Тассо, Руссо, Лермонтов, Бодлер, Лев Толстой, Тагор и многие другие. Однако, в отличие от атлетоидного и промежуточного типов, рас-

пространенных приблизительно равномерно во всех областях культуры (техника, наука, искусство, философия, политика, военное дело), церебральный тип среди представителей философии и искусства был отмечен несколько чаще, чем в других областях. Для более детальных выводов помехой служит отрывочность материала и неизбежная вследствие этого случайность его подбора.

Подводя итог, можно сказать, что и экспериментальные данные, и клинические наблюдения, и портретный материал в целом дали согласованные результаты, вследствие чего реальность психологических различий между атлетоидным, промежуточным и церебральными типами может считаться установленной. Более трудная задача — обобщенная формулировка этих различий.

Прежде всего, очевидно, что тот же самый биологический тип, выделенный по одной координате, проявит себя по-разному в зависимости от того, с каким вариантом по другой координате он сочетается в данном индивидуе. Так, было бы неверно предполагать, что церебрально-астенический тип будет вполне сходен по своему темпераменту с церебрально-пикническим или что атлето-астеник будет похож на атлето-пикника. А ведь помимо этих двух координат, без сомнения, имеется еще очень много других. Далее, степень морфологической выраженности, скажем, церебрального типа, вовсе не обязательно пропорциональна степени выраженности его психического склада. Не этими ли обстоятельствами объясняются, например, очень разные оценки психического склада атлетоидного типа? Одни характеризуют его как агрессивный и импульсивный, другие — как медлительный и тяжеловесный. Впрочем, психиатры обычно считают характерными для этих типов все переходы в психике — от «вязкости» до «взрывчатости». Это аналогично переходам от повышенной эстетичности к эмоциональной тупости у шизоидов, от грусти к радостному возбуждению у циклоидов и т. д.¹

Недопустимым заблуждением было бы оценивать описанные здесь типы с точки зрения нравственного критерия. Так, на вполне реалистическом скульптурном портрете работы медальера и скульптора Л. Леони (умер в 1585 г.), изображающем испанского короля Филиппа II — раненого, мнительного и мрачного фанатика, можно видеть отчетливые черты церебрального типа. Напротив, профильный портрет тюремного врача Ф. П. Газа (1780—1853), которого народная молва нарекла «святым доктором», имеет особенности атлетоидного типа.

Человек всегда обладает большей или меньшей непредопределенностью своих действий, позволяющей ему бороться с одними своими склонностями и развивать другие. Как бы ни была иногда количественно ничтожна эта возможность «самосоздания», но именно в ней заключено все, что есть наиболее человеческого в характере.

Вследствие этого найденные зависимости, хотя они достаточно обоснованы, верны лишь статистически и потому не могут обеспечить надежных прогнозов поведения отдельных людей. Никому не дано быть специалистом по чужому будущему. Тем не менее каждому человеку необходимо знать, что в его власти усилить в себе, что — подавить.

Отсутствие строгого детерминизма в намеченных здесь связях между строением тела и характером открывает перед каждым пути к вечно новому и непредвиденным проявлениям своих наследственных задатков. Однако знание типических природных свойств и умение в них проникнуть облегчает поиски таких путей.

При усовершенствовании методов исследования типических различий их изучение может быть бесполезно для медицины и для педагогики. В этом заключается, по моему мнению, главный смысл тех исследований, которым посвящена настоящая статья.

УДК 152.33, 572.7

¹ Н. Н. Корганов. Материалы к изучению конституционального *habitus'a* истеричных. Сб. по психоневрологии, посвященный А. И. Юценко. Ростов-на-Дону, 1928.

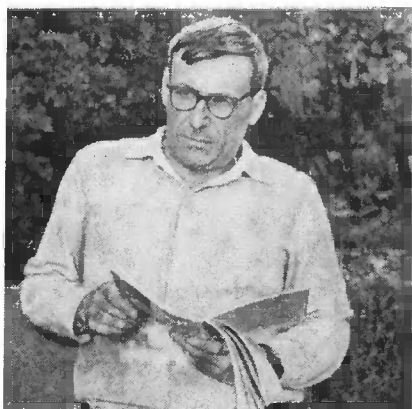
¹ Шизоиды (по Кречмеру) характеризуются холодностью, замкнутостью, сухостью, склонностью к теоретизированию, к строгому соблюдению

формы. Циклоиды обладают противоположными качествами: открытым, добродушным характером, мягким юмором, конкретным складом ума.

Торейский «эксперимент»

В. А. Фриш

Кандидат географических наук



Владимир Александрович Фриш, старший научный сотрудник Березинского государственного заповедника (Белоруссия). Несколько лет проводил стационарные и маршрутные исследования в горно-степном районе юго-восточного Забайкалья на Харанорской базе Института географии Сибирского отделения АН СССР. С 1968 г. организовал стационарные и маршрутные исследования в Березинском заповеднике. Автор более 30 научных работ по строению и динамике лесных и степных ландшафтов.

Среди степного моря

...Монотонные степные равнины уступами спускаются к юго-западу. Далеко, в бледно-голубой дымке, изредка вырисовываются уплощенные, караваяобразные сопки. Равномерное усыпляющее гудение мотора, и солоноватый привкус на губах, если высунешься из кабины. Но вот неожиданно с очередной седловинки-перевала открывается огромное водное пространство — голубовато-серое, с пепельной каймой ближних пляжей и тусклым блеском у линии горизонта, где берега теряются, как бы сливаясь с небом. В первые мгновения кажется даже, что озеро — гигантский мираж, естественный среди этих щебнистых степей.

Но с каждой минутой озеро делается все ближе, уже просматривается серия ступенчатых террас, различными плоскими мысками и прибрежными лагунами. А когда автомашина начинает тормозить на последнем спуске, с озерной шири долетает порыв влажного и свежего ветра.

Да, здесь десятки километров пихмовых, ковыльных, вострцовых травостоев сменяются водной стихией, и неискушенный путешественник непременно спросит: откуда здесь такое озеро?

И новичок удивится, узнав, что эта водная поверхность площадью в 800 с лишним (I) квадратных километров возникла в минувшем десятилетии, что раньше здесь расстилалась полупустыня, над которой то и дело проносились солевые смерчи, а песок нагревался в июне до 60° С.

Значительная часть Торейской котловины — самого сухого и знойного

места Советской Барги, находящейся в юго-западном Забайкалье, обводнилась внезапно: паводок пришел во время катастрофически обильных ливней, и за несколько дней скудная растительность солончаков исчезла под разливом водной стихии. В этом новорожденном море с глубинами до 6 м свирепствуют настоящие штормы, а зимой вдоль берегов грозятся трехметровые торосы, и мощный ледяной панцирь не исчезает до середины мая.

Мы вправе сказать, что на наших глазах перестал существовать один и возник совсем другой ландшафт. В Торейской котловине как бы самой природой поставлен «эксперимент», в ходе которого можно проследить множество вариантов ее изменения, происходящих на глазах одного поколения, и проверить многие теории, гипотезы и модели строения ландшафтной оболочки.

Как рождается феномен

Суть Торейского «эксперимента» заключается в том, что среди безводных степей в кратчайшие сроки сосредоточивается свыше 1 км³ влаги, а это неизбежно вызывает стремительные и разнообразные перестройки ландшафтных структур. Из летописей природы края известно, что Торейские озера появляются в начале влажного многолетнего периода и исчезают в сухом. Продолжительность каждого из этих периодов — около 30—35 лет.

В 70-х годах XVIII столетия известный натуралист Паллас застал Торей сухими. В 1855 г. такими же увидел их зоолог и путешественник Г. И. Раде-



Северный берег Зун-Торея. Уступ базальтового мыса.

(но ему рассказывали, что в первой половине XIX в. озера наполнялись водой). Позже их котловины обводняли катастрофические ливни 1872 и 1897 гг. Почвовед Л. И. Прасолов в 1911 г. и орнитолог Б. К. Штегман в 1925 г. обнаружили воду только в Барун-Торее. В 40-е годы Торейи пересохла полностью.

На схеме 1952 г. мы видим Барун-Торей уже наполовину заполненным водой. Наконец, 2 августа 1953 г., как свидетельствует много лет посещающий Торейи зоолог Н. В. Некипелов, водяной вал, пришедший в котловину, стал быстро распространяться по всему Барун-Торею, а это озеро дало сток и в котловину своего брата-близнеца — Зун-Торея, который при июльских ливнях 1958 г. восстановился полностью.

Большая вода приходит в Торейи издалека. Ее главный путь — долина реки Ульдзы. Левые притоки Ульдзы берут начало в горах Хэнтея. Когда в отдельные годы в бассейне реки за неделю выпадает полугодовая норма осадков до 150 мм (1), Ульдза из пересыхающего ручейка превращается в неудержимый мутный поток, шириной в сотни метров, громкий и грозный.

В сухие годы в замкнутой и глубоко опущенной Торейской котловине черты семиаридного климата Барги сказываются наиболее резко: это массив солончаковой полупустыни в степной провинции. Кто впервые попадает на берега Тореев, тот не может не обратить внимание на двойные кон-

центрические очертания границы суши и воды: вокруг ярко-синего озера — слепяще белое кольцо солончаков, за ним — фиолетово-малиновый бордюр высохших солянок.

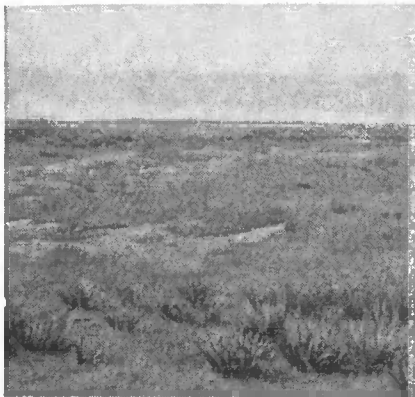
Во влажные годы Торейи выглядят совершенно иначе. Вот прошли дожди, Ульдза подает воду, и гигантское озеро день за днем продвигается на солончаки. Низкая терраса с узором солончаковых пятен без всяких переходов оказывается под тонким, сначала даже плохо различимым, слоем воды. Под ним — такое же, как на сухом побережье, чередование куртин востреца, ириса мечевидного и обнаженных участков с отмершими солянками. Под водой мозаика растительности видна так же явственно, как и на суше. Вода солоноватая, чайного оттенка, нагретая до 30°. Постепенно дно становится глубже, темнеет, и начинает ощущаться течение.

На следующий год, если уровень воды стабилизируется, уже заметна береговая линия. Осенние штормы передвигают рыхлые отложения на мелководье, «стирают» его сухопутную структуру, а затем прямо на дне полгода лежит лед. После того как он сойдет, на новом пределе озера быстро формируется пляж, а на внешнем его крае — непрерывный валик выброшенного волнами детрита, первое проявление аккумулятивной деятельности. На детритовом валике возникают примитивные биоценозы, в которых важная роль принадлежит насекомым.

Всего в какой-нибудь сотне кило-

метров от Торейских озер возвышаются сильно расчлененные среднегорные хребты, покрытые лугово-лесной растительностью. Именно здесь в кратчайший срок могут сформироваться мощные паводковые волны, и тогда избыток вод сбрасывается в Торейскую котловину. Вторжение двух кубических километров влаги означает перестройку внутренних связей в ландшафте Торейской солончаковой впадины. Водный режим, условия аэрации, химизм среды — все в корне меняется. Наиболее контрастны и стремительны смены растительности в дельте Ульдзы — реки типичного атмосферного питания. Достаточно 2—3 лет подряд с месячными суммами летних осадков менее 50—60 мм, и лугово-болотные растительные сообщества начинают уступать место солончакам (в апогее сухого многолетнего периода — 1943—1945 гг. тростниковые заросли исчезли совершенно). Если же и в сентябре выпадает более 50 мм осадков, рукава дельты наполняются водой почти вровень с поймой, покрываются льдом, а затем при медленном спаде уровней полуметровый ледовый покров прогибается на 60—70 см (такой изогнутый лед мы наблюдали в марте 1964 г.).

На затопленных солончаках отлагается наилок с множеством зачатков гигрофильной растительности; кроме того, по-видимому, семена и корневища ее сохраняются на месте от прошлого влажного периода. За несколько недель поднимаются вслед за паводком заросли тростника, ро-



Перешеек между Зун- и Барун-Торейми. Солончаки с ирисом мечевидным (на переднем плане) и чием. Сзади — озеро. В сухом многолетнем периоде такие же солончаки распространены в безводном ложе озера.



Древние торейские террасы (30- и 40-метровые уровни). В конце зимы в степном травостое снег сохраняется небольшими полосами (надувами).



Караваяобразные сопки базальтового плато.

гоза, осок. Речной поток приносит водные организмы, которые продвигаются из дельты в озеро, где собираются тысячные стаи птиц.

В августе 1964 г. к югу от протока, соединяющих Барун- и Зун-Торей, почти сплошная стена тростников трехметровой высоты вдавалась в озеро Барун-Торей. На 1,5 км к западу от края тростников вода озера имела темно-бурый цвет от обилия вынесенных Ульдзой органических веществ и была совершенно пресной. В поле зрения одновременно находилось 10—15 крупных скоплений птиц на воде: чернети, широконоски, бакланы, серые утки, кряквы, чирки... Не меньше птиц было на Зун-Торее: турпаны, гуси, колонии чаек на прибрежных островах-отмелях, а на урезе воды — серые цапли¹.

По периферии трансгрессии в дельте подъем уровней распреснившихся грунтовых вод приводит в движение всю систему микрозон, повторяющих контуры нестабильной береговой линии. Густые, как посев, луга дикого ячменя по самым сырым местам смещаются к новому урезу озера, маскируя мозаику отмерших солянок. Разреженная и низкорослая солонцевато-солончаковая востречовая степь превращается в пышные востречовые луга, расцвеченные нежными венчиками ириса дихотомического, астрагалов, мелкого эдельвейса. Распространяются полынь пижмолистная, лапчатка вильчатая, эмеевка, наконец, дернины ковылей. И тут же, в востречниках, местами видны всходы ивы.

Неотектоника, подземные воды, островная вечная мерзлота

В Советской Барге Торейский водоем — явление уникальное уже по своим размерам. Акватории прочих озер меньше 10, а часто меньше 1 км². Эфемерные озера атмосферного питания подчас не могут противостоять интенсивному испарению даже в течение одного сезона. Озера, существ-

вующие более или менее длительное время, имеют устойчивое подземное питание: они лежат над тектоническими разломами, по которым происходит разгрузка подземных вод. Разломы и излияния подземных вод сопровождаются островными полями вечной мерзлоты. Ее линзы регулируют водный баланс озер: постепенно подпитывают их в процессе частичной летней деградации и одновременно резко понижают температуры придонного слоя вод, а это, в свою очередь, предохраняет мерзлоту от полного вытаивания.

В какой-то мере эти черты присущи и Торейам: тектоническое обрамление котловины и излияния подземных вод по разломам. Их роль в питании озер во влажные годы несомненна: с ними следует связывать не только водный баланс озер, но и колебания их химизма. Интересно, что к 1964 г. даже в самом удаленном от Ульдзы северо-восточном углу Зун-Торей минерализация падала в летние месяцы до 800 мг/л и ниже: озеро стало питьевым (по нормам Барги), в нем появилась рыба.

Не менее интересно взглянуть, как ведет себя вечная мерзлота. В Барге островная вечная мерзлота распространена повсеместно в отрицательных формах рельефа. Правда, ее не обнаружили в крупных транзитных долинах рек Онон и Аргунь. Возможно ли полная деградация мерзлоты (ее мощность обычно 5—15 м) под водами Тореев за 15—20 лет их сплошного обводнения?

По береговой линии Тореев, там, где она совпадает с неотектоническими разломами, налицо тот же комплекс мерзлотных форм, какой наблюдается у множества мелких озер Барги: «действующие» и «отмершие» бугры пучения, иногда в виде прибрежных островов, самый разнообразный и причудливый по очертаниям термокарст, серии низкотемпературных родников.

Но есть ли мерзлотные образования в самом ложе Тореев? Конечно, их трудно обнаружить в годы трансгрессии. Тем более интересны сведения о сухих годах. Так, Н. В. Некипелов сообщает о случаях гибели лошадей в «грязевых топях» ложа Тореев. Этот факт, относящийся к 1930-м го-

¹ Недавно на Барун-Торее найден новый вид чайки («Природа», 1971, № 5).



С таких лесных среднегорий по северным рубежам Барги спускаются паводочные волны по руслам пересыхающих рек, вызывая стремительное, но временное возрождение степных озер.

дам, весьма примечателен. Бугры мерзлотного пучения на высокоминерализованных глубинных родниках, расплываясь при частичной сезонной деградации мерзлоты, как раз образуют скопления минеральной жижи, мощность которой возрастает к выходу родника¹. Но если родников нет, никаких «грязей» и «топей» на

озерах Барги не обнаруживается.

В августе 1942 г. при геодезических работах примерно посередине между его северной и южной, придельтовой частью, была обнаружена вытянутая в субмеридиональном направлении зона «разжиженных солончаков» с полным отсутствием хотя бы травинки. Площадь ее была оценена ими в 180 (1) км². Солончаки по консистенции напоминали «серую сметанообразную массу» или же «густой ки-

сель». Передвижение даже пешком в этой вязкой жиже было крайне затруднено, хотя с глубины 60 см она сменялась более плотным слоем.

Все, что нам известно в Барге о мерзлотных урочищах с выходами подземных вод позволяет утверждать, что здесь была пересечена зона разлома с исключительно обильными выходами высокоминерализованных родников.

На картах, составленных в сухие

¹ См. «Природа», 1968, № 4, стр. 82.



В начале мая среди белых как снег солончаков появляются скопления минеральной жижи над оттаявшими высокоминерализованными родниками. Снимок сделан на линии тектонического разлома, на котором лежит озеро Большой Чиндант (задний план). В сухом ложе Тореев, по свидетельству очевидцев, солончаки на десятки квадратных километров отступают перед засоленной минеральной жижей.



Крупное термокарстовое озеро на низких террасах Барун-Торей.

годы, и в Зун-Торее показана субмеридиональная зона с выходами горько-соленых вод. Состав их приводится в каталогах источников региона. В августе 1942 г. эта зона тоже подверглась исследованию: вокруг родников в песчано-гравелистых гривах высотой до 2 м (очевидно, буграх пучения) обнаружены «болотца» с соленоватой водой. На склонах гривок описаны «мохнатые бугристые напластования» солей, в которых нога вязнет на 40 см. Это — типичный термокарст.

Кстати, и в других местах района известны разломы с непрерывными родниковыми выходами в вечной мерзлоте на протяжении до 8—13 км.

Итак, можно говорить, что и во внутренних частях ложа озер проходят тектонические разломы и, по-видимому, именно над ними во влажные годы в начале зимы сохраняются полыньи, а зимой формируются полосы торосов — нам доводилось пересекать их. Типичный термокарст развит, в частности, и на северо-западном берегу Барун-Торей, где в пробах вод из просадочного озерка в июне 1965 г. обнаружена хлоридная минерализация с общей суммой ионов 10795 мг/л. Здесь нами встречены и бугры пучения, которые при сезонной деградации дают вязкую минеральную жижу: в ней еще в июне на глубине около 40 см прощупывается ледяное ядро над точечным выходом родника. Не приходится сомневаться, что эти образования по периферии озерного ложа и многокилометровая полоса «грязевых топей» («разжиженных солончаков») по длинной оси озера принадлежат одному и тому же типу ландшафтной структуры.

Естественно заключить, что и в ложе Тореев есть линзы вечной мерзлоты, которые могут частично деградировать в годы трансгрессий.

Региональные масштабы явлений

...«Торейский эксперимент» продолжается. Нам же хочется обратить особое внимание на размах его географических связей. Катастрофические ливни, вызывающие обводнение озерной котловины, связаны с выходом на территорию Барги — к сердцу сухо-

путной Азии — тропических и субтропических циклонов с Тихого океана. Это — явления макроциркуляции атмосферы, имеющие в конечном счете, как полагают некоторые исследователи, связь с колебаниями солнечной активности, и, конечно, Тореи испытывают на себе их влияние.

В 1958 г., когда полностью восстановились Зун- и Барун-Тореи, на другом конце района много лет подряд пересыхавшая р. Урулунгуй, не добравшись до Аргуни, разлилась у подножья Кличкинского хребта, образовав пресное озеро с акваторией в сотню квадратных километров. Оно просуществовало до 1964 г., затем заросло и высохло, как бывало и с ульдинской дельтой.

При ливнях в июле 1958 г. в сухих долинах Барги на несколько дней как бы возродились реки с направлением стока плейстоценового времени, т. е. не только к современным транзитным артериям — Онону и Аргуни, но и к внутренним замкнутым межгорным впадинам, некогда перекрывавшимся водами пра-Торея.

Спустя же несколько лет эта влагозарядка «внебаргинского происхождения» сказалась на подземных водах района. Поздней осенью 1962 г. в сотнях горных падей вскрылись родники, как если бы кто-то одновременно повернул множество подземных кранов, и среди бесснежных степных склонов, как сверкающие пояски, вытянулись натечные наледы — от осевых зон хребтов до подгорных равнин.

За возрождением родников следует вспышка деградации вечной мерзлоты. С 1963 г. «отмершие», засолившиеся с поверхности бугры пучения местами начали взрываться и фонтанировать. Отдельные участки с мерзлотой на низких озерных террасах оказались расчленены дождевыми потоками по типу «дурных земель». С конца июня до октября потоки длиной до 40 км двигались с гор по северным рубежам Барги к ее внутренним впадинам.

Нам приходилось наблюдать, как в годы 1963—1965 солончак или даже степь при достаточном ледниковом и дождевом обводнении за несколько недель сменялись лугом, болотом, плавнями. Правда, если затем поступление влаги сокращалось, то в бли-

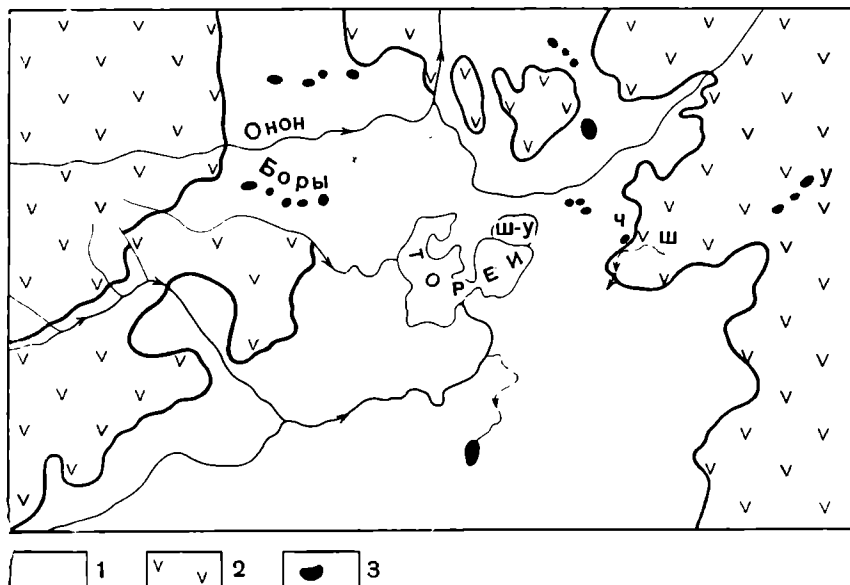


Схема возникновения Торейского феномена. 1 — площадь распространения древних террас пра-Торейского водоема (сухие степи); 2 — лугово-степные низкогорья и лугово-лесные среднегорья; 3 — мелкие озера; Ш-У. — низкогорный массив Шара-Ундур; Ш. — речка Шарасун; Ч. — озеро Большой Чиндант; У. — озера депрессии Западной Урулунгуй.

жайшие 1—2 года гигрофиты в массовых размерах начинали отмирать, и степь снова теснила луга, а солончаки — высокотравные заросли.

В 1963 г. обводнилось множество сухих озер, а многолетние, соленые — существенно распреснились (как мы уже знаем, к 1964 г. этот процесс был замечен и на Торях).

Сказались влажные годы и на сопочных склонах, где не бывает ни сплошного обводнения, ни вечной мерзлоты. Удвоение сумм атмосферных осадков за вегетационный период вызвало бурное развитие лугового разнотравья в склоновых степях (с 1962 г.). Избыток кормов на следующий же год сказался резким возрастанием численности травоядных животных — сусликов, сурков, зайцев и др. Из среднегорья спустились в степь козули, куропатки.

Конечно, не всюду трансформации ландшафтных структур, в частности при смене многолетних режимов увлажнения, обладают таким же размахом, скоростью и «наглядностью», как на Торях или вообще в Барге. Но происходят они всюду, и значение их не уменьшается от того, что они не везде сразу бросаются в глаза.

Поэтому общенаучное значение ландшафтов, подобных торейским, трудно переоценить. За несколько лет здесь можно наблюдать явления, развитие которых в других местах заведомо превышает продолжительность человеческой жизни. Уделяя повышенное внимание территории, подобной Торейской котловине, исследователь может с максимальной продуктивностью использовать для наблюдения подобные замечательные объекты.

Принципиальные закономерности ландшафтных превращений всюду едины, хотя, скажем, на равнинах Европейской части Союза или Западной Сибири не может быть особо контрастных переделов уже в силу монотонности рельефа и климата. Но и здесь происходит (в региональных масштабах), например, наступание или, наоборот, отступление болотных массивов среди лесов: их можно наблюдать в бассейне верхнего Днепра. Из года в год отвершки долиновой сети проникают в глубь водораздельных верховых болот, создавая в них слабoproточные режимы, постепенно понижая уровень грунтовых вод, и подобно солончакам (которые неизбежно начинают смыкаться вокруг обыс-

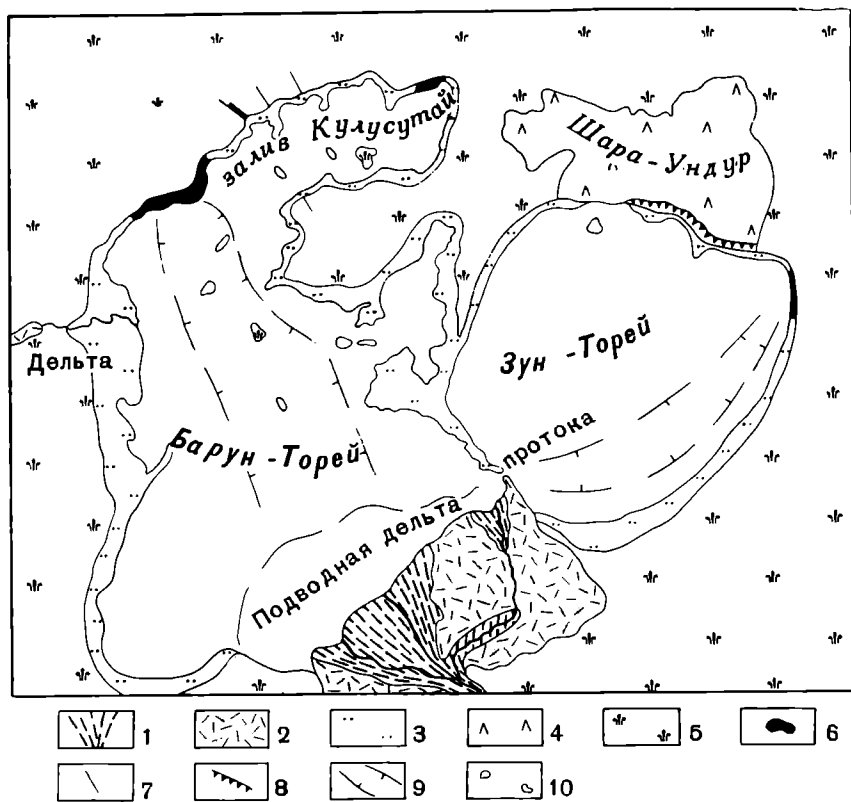


Схема Зун- и Барун-Тореев в современную влажную эпоху. 1 — тростниковые плавни; 2 — сырые луга; 3 — солончаки; 4 — разнотравно-злаковые степи; 5 — сухие степи; 6 — мерзлотно-наледные урочища: многолетние и сезонные бугры пучения, термокарстовые водоемы; 7 — тектонико-эрозионные врезы (саи); 8 — крутосклонный уступ со скальными выходами; 9 — приближенные границы зоны разлома с излияниями высокоминерализованных родников; 10 — острова.

хающих Тореев) вокруг отмирающих болотных массивов смыкаются заросли багульника, затем ярусы голубики, черники и, наконец, полог высокоствольных сосен, в то время как в моховом покрове зеленые мхи внедряются в сфагnumы. И прогноз развития природной среды на ближайшие десятилетия имеет здесь не меньшее научное и практическое значение, чем на Тореех.

Полезно сопоставление Тореев с теми водоемами, которые искусственно создаются на Волге, Дону, Днепре, Оби и превосходят, как правило, Торей и по размерам, и по темпам возникновения, и по степени контрастности природных процессов, неудержимо развивающихся, когда эти рукотворные моря начинают «вписываться» в ландшафт.

Полтора кубических километра волнующейся под ветром торейской вла-

ги в плоской солончаковой западине, среди безводных степей — это огромный запас энергии, это тот самый «водяной вал», который однажды был порожден многодневными ливнями в горах. Но его с самого начала вместили готовые природные формы (подобно тому, как ковш принимает поток стали): уступы низких террас, древние береговые валы, бугроподобные выходы базальтов по линиям тектонических разломов.

И вот что еще обращает на себя внимание. За несколько лет, а подчас даже месяцев или недель, в Торейской котловине сухопутные режимы сменяются водными и околводными, застойные — проточными, солоноводные — пресноводными, и наоборот. Но какими бы неожиданными они ни казались, смены эти не означают обеднения жизни, ибо в ландшафтах есть «резерв» биоценозов на все

возможные варианты условий среды. Вместо колоний полевки Брандта возникают на свежей отмели колонии чаек, или разреженный покров солянок создает мозаику вокруг высохших стеблей рогоза, но нет тенденции к доминированию абиотического начала. Миллиарды микроорганизмов населяют и кажущиеся безжизненными «солончаковые топи».

Невольно над этим задумываешься, когда вспоминаешь не природой поставленные «эксперименты», в результате которых в водоемы поступают нефть, сернистые отходы, ядовитые сточные воды и пр.

Природа современных Тореев предстает перед нами как еще не нарушенный эталон многообразия ландшафтных превращений, внимательное изучение которых может подсказать правильные пути взаимодействия человека и ландшафтной среды в других регионах.

УДК 551.4

Рекомендуемая литература

С. С. Воскресенский, Г. А. Постоленко, Ю. Г. Симонов. ГЕНЕЗИС И СТРОЕНИЕ РЕЛЬЕФА ЮГО-ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЯ. В кн.: Геоморфологические исследования. Изд-во МГУ, 1965.

А. И. Дзенс-Литовский. МИНЕРАЛЬНЫЕ ОЗЕРА В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ. Труды Комитета по вечной мерзлоте, т. 6, М., 1938.

Е. И. Корнутова. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТОРЕЙСКИХ ОЗЕР ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЯ. В кн.: Мезозойские и кайнозойские озера Сибири. «Наука», 1968.

Н. В. Некипелов. КЛИМАТ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЯ И ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЭПИЗООТИИ НА ФОНЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ. «Известия Иркутского научно-исследовательского противочумного института Сибири и Дальнего Востока», вып. 15, 1957.

«Ресурсы поверхностных вод СССР», т. 18, Л., 1966, вып. 1.

Жидкие кристаллы

Группа по изучению жидких кристаллов Университета Орсе (Франция)

С 1888 г. известны вещества, текучие, как вода, но с анизотропными оптическими свойствами, подобными свойствам кристаллов. Долгое время эти вещества оставались лабораторными диковинками. В настоящее время им начинают находить чрезвычайно интересные применения. Действительно, их оптические свойства очень чувствительны к слабым изменениям внешних условий (температуры, давления, химических добавок и т. д.), благодаря чему возникает возможность превращения сигналов различной природы в оптические. В частности, поразительное воздействие производят на жидкие кристаллы электрическое и магнитное поля: на свободной поверхности образуются складки, возникают гидродинамические течения, изменяются отражательная способность и цвет и т. д. Эти эффекты, быть может, приведут к революции в конструировании телевизионных экранов.

Некоторые органические вещества, молекулы которых имеют удлинённую форму, не претерпевают при нагревании обычного фазового превращения «твёрдое — жидкое», а образуют промежуточные фазы, называемые «мезоморфными состояниями» или, более впечатляюще, но менее точно, — «жидкими кристаллами». Значит, при повышении температуры мы будем наблюдать последовательность превращений: твёрдое — мезоморфное — жидкое.

Для того чтобы понять особые свойства этих фаз, надо ясно представить себе, чем характерно, с одной стороны, твёрдое тело, с другой стороны — жидкость. У твёрдого тела кристаллическая структура (в атомных масштабах) не сплошная, но строго периодическая во всех трёх измерениях; жидкость, напротив, совершенно неупорядочена, образующие её молекулы перемещаются хаотически в случайных направлениях. Значит, в макроскопических масштабах жидкость представляется однородной и изотропной, поскольку в ней эквивалентны все пространственные направления.

Жидкие кристаллы не подходят ни под одно, ни под другое из этих определений. Они образуют иной тип

молекулярной структуры — промежуточный между всеобщим порядком и полным беспорядком. Класс этих веществ очень богат, поскольку существует не один, а несколько видов мезоморфных состояний. По признаку общей симметрии их можно разбить на три категории, ясно определённые в 1922 г. Ж. Фриделем: нематические, холестерические и смектические (рис. 1). Все они обладают анизотропией физических, в частности оптических, свойств. Например, тонкий слой нематического вещества обладает свойством двойного лучепреломления, подобно кристаллам кварца или исландского шпата. Но своеобразие жидких кристаллов заключается в том, что различные внешние физические воздействия легко меняют их структуру, а поскольку всякое изменение, местное или общее, в упорядоченном состоянии приводит к изменению оптических свойств, то это изменение сразу проявляется во внешнем виде препарата. В этом и заключается основа разнообразных и интересных технических применений жидких кристаллов, о которых мы расскажем дальше в этой статье.

Не пытайтесь разобрать все особые свойства жидких кристаллов, мы займёмся вначале описанием различных

типов структур мезоморфных фаз, а затем обсудим, каким образом можно изменять эти «естественные структуры» и каких следствий можно ожидать от этих изменений.

Нематическая упаковка: «сноп»

В нематической структуре центры тяжести молекул распределены статистически, как в обычной жидкости, — вещество текучее. Но ориентация молекул не случайная: они выстраиваются параллельно друг другу, подобно стеблям в снопе (см. рис. 1, а). Вследствие этого возникает положительная оптическая анизотропия: световые колебания, поляризованные параллельно направлению оси, вдоль которой выстраиваются молекулы, имеют показатель преломления n_e больший, чем показатель преломления n_o для поляризации, перпендикулярной направлению оси. В нематических структурах разность $n_e - n_o$ имеет типичную величину 0,3, что представляет собой значительный эффект (в кварце, например, величина двойного лучепреломления $n_e - n_o$ всего 0,01). Эти свойства были с большой точностью исследованы группой проф. Шатлена в Монпелье.

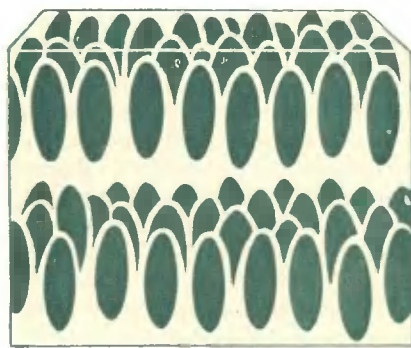
Для реализации нематической кон-



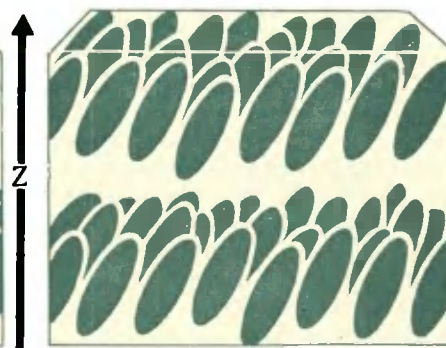
а



б



смектический А-тип



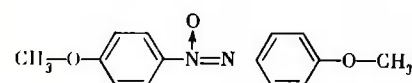
смектический С-тип

в

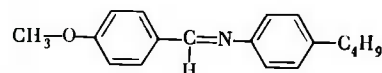
Рис. 1. Характер расположения молекул в жидких кристаллах: а — нематическая упаковка. Молекулы имеют удлиненную форму; их центры тяжести движутся хаотически, как в обычной жидкости, но большие оси молекул остаются (в среднем) параллельными некоторому общему направлению. б — холестерическая спираль. В каждом «пласте» жидкого кристалла, перпендикулярном оси Z, расположение молекул такое же, как в нематическом, но направление общей ориентации молекул постепенно изменяется вдоль оси Z: так, молекулы в пласте III расположены перпендикулярно направлению молекул в пласте I. Отсюда получается периодическая структура с периодом L. в — слоистая структура смектических кристаллов. В этой фазе, наиболее близкой к твердому телу, молекулы распределены по слоям, которые правильным образом располагаются друг над другом. В каждом слое они сохраняют избранную ориентацию и чаще всего ориентированы вдоль оси Z (смектический А-тип); в недавно открытом смектическом С-типе молекулы ориентированы под некоторым углом к оси Z, который может меняться в зависимости от температуры.

фигурации необходимо, чтобы молекулы были вытянутой формы. Более того, необходимо, чтобы молекулы, образующие жидкий кристалл, были одинаковыми со своим зеркальным отражением (это эквивалентно утверждению, что они оптически неактивны) или, по крайней мере, чтобы жидкость состояла из смеси равного количества «правых» и «левых» молекул.

Классическим примером нематического вещества служит параазоксанизол (область нематической структуры от 116 до 136° С):



Такое же расположение атомов с двумя бензольными кольцами, связанными прямолинейными жесткими цепочками, мы находим во многих веществах, образующих нематическую структуру; одно из таких соединений недавно синтезировано, оно называется метоксибензиденбутиланилин (сокращенно МББА) и имеет следующую формулу:



Вещество с нематической структурой при комнатной температуре — это замечательный материал для технических применений, о чем мы скажем дальше.

Цветные спирали холестерических структур

Холестерическая структура на молекулярном уровне очень похожа на нематическую, но в этом случае молекулы вещества различают «право» и «лево»; они содержат, например, один или несколько асимметрично расположенных атомов углерода. Из-за этого молекулы не располагаются точно параллельно, а принимают конфигурацию спирали (см. рис. 1, б). Поскольку различие между «правыми» и «левыми» молекулами

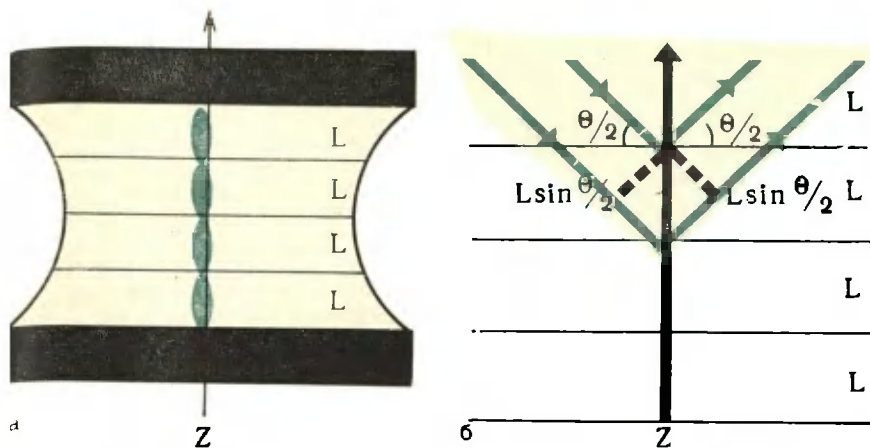


Рис. 2. Селективное отражение света от тонкого слоя холестерического кристалла: а — расположение молекул в холестерическом образце, помещенном между двумя стеклянными пластинками; б — условие Брэгга: образец освещен пучком белого света; в отраженном пучке максимальную интенсивность будет иметь свет с длиной волны λ_0 , подчиняющийся условию $2L \sin \theta/2 = \lambda_0$.

часто очень слабое, то и угол между соседними молекулами тоже очень мал; шаг винтовой линии $2L$ велик по сравнению с размерами молекул (обычно $L = 3000 \text{ \AA}$).

Холестерическая конфигурация придает веществам замечательные оптические свойства. С одной стороны, протяженность структуры приводит к тому, что у нее появляется колоссальная вращательная способность: линейно поляризованные оптические колебания поворачиваются на угол $60\ 000^\circ$ на один миллиметр пути. Это, действительно, очень много, если вспомнить, что обычные органические жидкости имеют вращательную способность, не превышающую $300^\circ/\text{мм}$. С другой стороны, это структура периодическая с периодом L вдоль оси винта. В этом случае падающий луч может претерпевать селективные отражения.

Действительно, предположим, что пучок белого света падает на тонкий слой вещества с холестерической структурой (рис. 2), и будем наблюдать свет, отраженный в каком-либо направлении (для упрощения рисунка мы рассматриваем направление, симметричное относительно оси Z с направлением падающего пучка); в этом направлении максимальной интенсивностью будет обладать свет с такой длиной волны λ_0 , при которой лучи, рассеиваемые эквивалентными

плоскостями, приходили бы в одинаковой фазе, т. е. если удовлетворяется равенство $2L \sin \theta/2 = \lambda_0$. Это условие Брэгга, хорошо известное кристаллографам, которые наблюдают селективные отражения рентгеновских лучей периодическими кристаллическими структурами. Однако масштабы здесь совсем другие. Характерные периоды составляют не несколько ангстрем, как в кристаллической решетке, а несколько тысяч ангстрем. Длины волн, подчиняющихся условию Брэгга, часто находятся в области видимого света: вещество с холестерической структурой, освещенное белым светом, будет казаться в отраженном свете окрашенным, и эта окраска будет изменяться в зависимости от угла наблюдения. Явления этого рода служат причиной переливающейся окраски некоторых жуков, например скарабеев.

Однако, кроме эстетического аспекта, оптические свойства холестерических структур представляют многочисленные возможности для практического использования. Действительно, цвет вещества обусловлен шагом винта. Но этот шаг L легко менять с помощью физических воздействий.

Величина L часто сильно зависит от температуры; благодаря этому мы получаем цветовой термометр, который нашел многочисленные примене-



Рис. 3. Лента Мёбиуса. Обходя вокруг линии дисинклинации, мы попадаем из ситуации А в ситуацию В, в которой молекулы перпендикулярны молекулам в предыдущей ситуации.

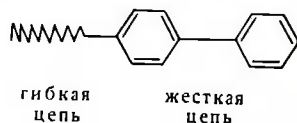
ния. Например, в микроэлектронике для проверки сразу большого количества электрических цепей достаточно взять пинцетом подложку с нанесенным на нее подходящим холестерическим веществом и включить схему: любой дефектный элемент, нагреваясь, сразу обнаружится как цветная точка. Тот же принцип применяется в медицине для локализации опухолей по связанному с ними местному повышению температуры. Этот метод может служить и для непосредственного превращения инфракрасного изображения в видимое, поскольку области, куда попадает инфракрасное излучение, более теплые. Недавно космонавты с «Аполлона-14» показали чудесный пример использования холестерического вещества в качестве термометра; они воспользовались изготовленной из него пленкой для обнаружения слабых градиентов температуры при опытах по теплопередаче в жидкости в условиях невесомости.

Шаг L чувствителен также к воздействию давления, химических добавок и т. д. Например, можно перевести ультрафиолетовое изображение в видимое при помощи пленки из иодистого холестерина: ультрафиолетовые лучи частично разлагают это соединение, что приводит к изменению шага винта в структуре и, следовательно, к изменению окраски.

Слоистая структура смектических кристаллов

Смектические кристаллы более вязки и ближе к твердым телам. В этом случае молекулы распределены по слоям, толщина которых порядка размеров молекулы (20—30 Å). В таком слое нет дальнего порядка в расположении центров тяжести молекул — каждый слой «жидкий»; тем не менее ориентация осей молекул в слое остается параллельной некоторому избранному направлению (см. рис. 1, в).

Многие вещества с удлинёнными молекулами могут образовывать смектические фазы; к подобным веществам относятся, например, такие, молекулы которых можно схематически изобразить в следующем виде:



При нагревании вещества, содержащего такие молекулы, оно часто проходит следующую последовательность фаз: твердое → смектическое → нематическое → изотропное жидкое (если молекулы имеют право-левую симметрию) или же такую последовательность: твердое → смектическое → холестерическое → изотропное жидкое (если молекулы оптически активны).

В действительности эта цепочка фазовых превращений с недавнего времени существенно усложнилась и обогатилась в результате работ, ведущихся в ГДР (Закман и Демус) и в Институте жидких кристаллов в Кенте (США). Кристаллографическими или оптическими методами было выявлено несколько типов смектических структур. Наиболее просто описать смектические А-структуры, где оси молекул ориентированы перпендикулярно плоскостям слоев, и смектические С-структуры, где оси молекул составляют с нормалью некоторый угол, который может меняться в зависимости от температуры. Смектические А-структуры имеют оптические свойства одноосных сред, как и другие мезоморфные структуры, опи-

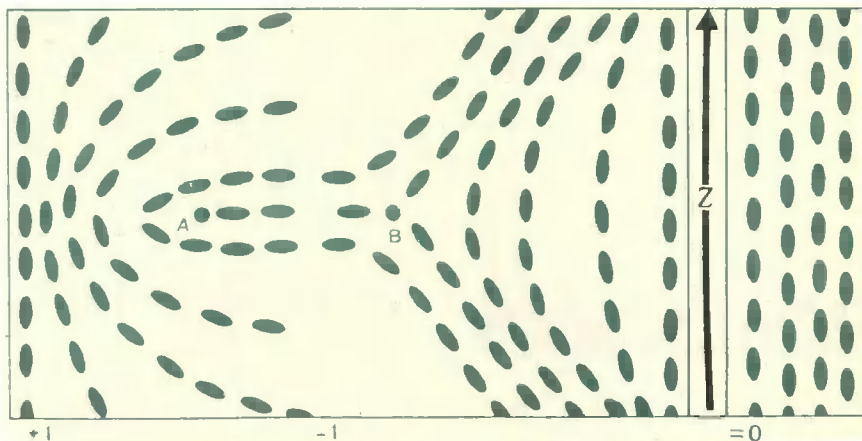


Рис. 4. Линии дисинклинации в нематическом кристалле. Эллипсы изображают молекулы, большие оси которых расположены в плоскости рисунка. В точках А и В проходят линии дисинклинации, перпендикулярные плоскости рисунка; они позволяют перейти от конфигурации, где молекулы параллельны Z, к конфигурации, где молекулы перпендикулярны Z. Если кружочки А и В сближаются, то обе линии дисинклинации взаимно уничтожаются ($+1 - 1 = 0$) и мы получаем единую ориентацию для всех молекул.

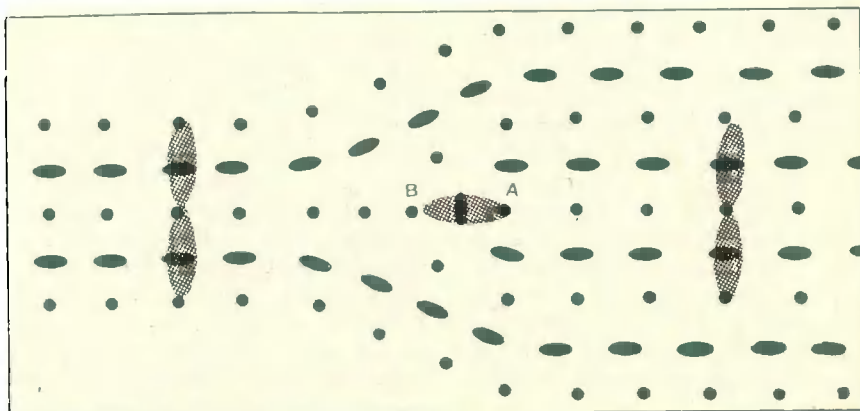


Рис. 5. Пара линий дисинклинации в холестерическом кристалле с противоположными «знаками», например А и В, не могут сблизиться и взаимно уничтожиться — они блокированы периодом винтовой структуры. Эллипсы изображают ориентацию молекул в плоскости рисунка; кружочки соответствуют молекулам, расположенным перпендикулярно.

санные выше. У смектических С-структур более низкая симметрия, и Фергасон наблюдал интерференционные картины, характерные для двuosных кристаллов.

Существуют еще другие, не так хорошо интерпретируемые структуры. В общем, полиморфизм смектических фаз представляется почти девственной областью исследования.

Линии дисинклинации

В действительности жидкий кристалл не настолько упорядочен, как мы до сих пор описывали; как и в обычном кристалле, в нем существуют дефекты, которые группируются в линии, видимые в микроскоп. Эти линии появляются так часто, что послужили основанием для названия

«нематический» (от греческого *νημα* — нить). Подобные дефекты образуются, когда в данной точке ориентация молекулы отклоняется от общей ориентации. Топология жидкого кристалла в этих дефектных областях приводит к забавным геометрическим задачам; так, в замкнутой цепочке молекул, которая окружает линию дисинклинации, оси этих молекул могут образовать ленту Мёбиуса (рис. 3). В нематической структуре существует большое разнообразие в линиях дисинклинации (несколько примеров приведено на рис. 4); в холестерической структуре «зоология» дефектов еще богаче благодаря периодическим вращениям в этой структуре (рис. 5).

В жидкости линии дисинклинации движутся под действием внешних сил (например, магнитного поля). Они взаимодействуют и между собой, притягиваясь или отталкиваясь, как будто обладают электрическим зарядом, или даже превращаясь из одного типа в другой. Сложность этих явлений привела к разработке описывающей их алгебры, которая немного похожа на алгебру для элементарных частиц.

Хотя эти дефекты структуры чаще всего создают для экспериментатора затруднения, при умелом использовании они иногда могут служить средством исследования. Опишем, например, опыт Шатлена и Кано по измерению шага в холестерической структуре. Жидкий кристалл в холестерической фазе помещался в ячейку переменной толщины; ограничивающие поверхности ячейки натирались, и молекулы, прилегающие к этим поверхностям, выстраивались упорядоченно. В ячейке есть привилегированные области, где ее толщина равна целому числу полушагов и где естественным образом возникает холестерическая спираль (рис. 6). В такой ячейке появляются периодически расположенные линии дисинклинации, связывающие эти области. Расстояние между этими линиями позволяет вычислить шаг в холестерической структуре, подобно тому как в оптике измеряют длину световой волны с помощью линий равной толщины. Рис. 7 показывает сетку линий дисинклинации

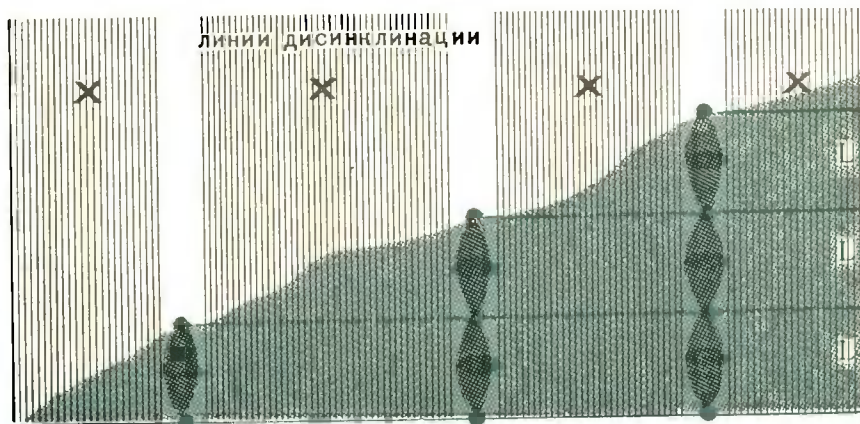


Рис. 6. Линии дисинклинации — одно из средств изучения жидких кристаллов. В слое с переменной толщиной естественная холестерическая спираль с периодом L образуется только там, где толщина слоя кратна L . Чтобы эти избранные зоны были связаны между собой, необходимо существование правильным образом расположенных линий дисинклинации X .

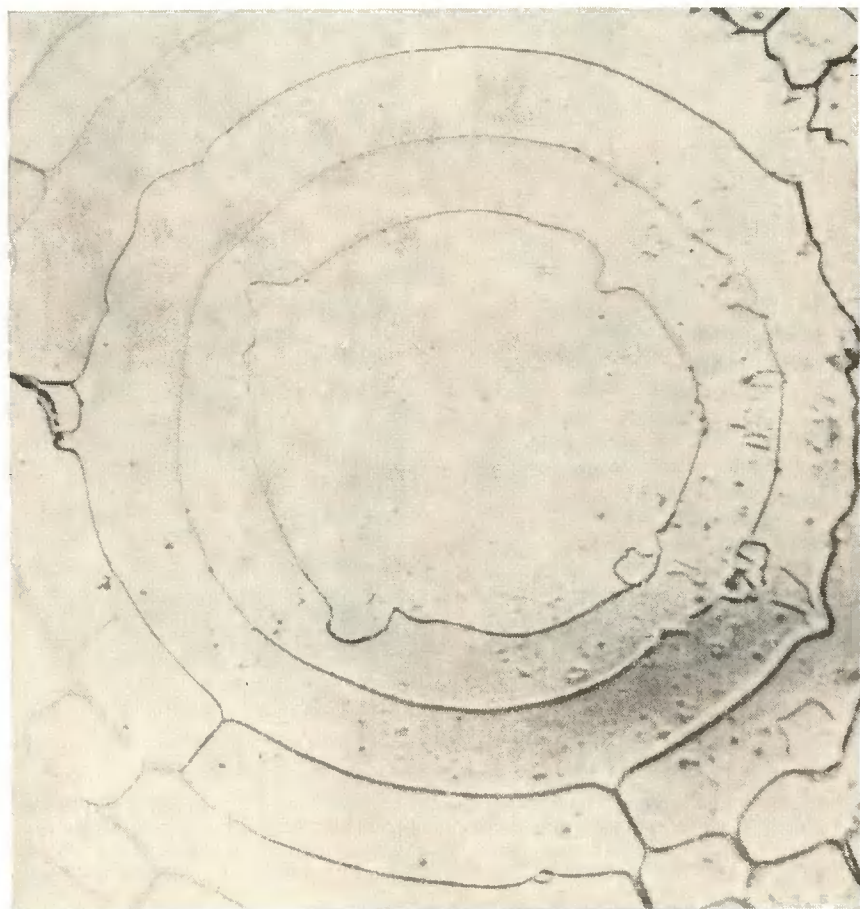


Рис. 7. Сеть линий дисинклинации (см. рис. 6), полученная при фотографировании через микроскоп ячейки с геометрией параболоида вращения. Фотография сделана Группой по изучению жидких кристаллов Университета Орсе.

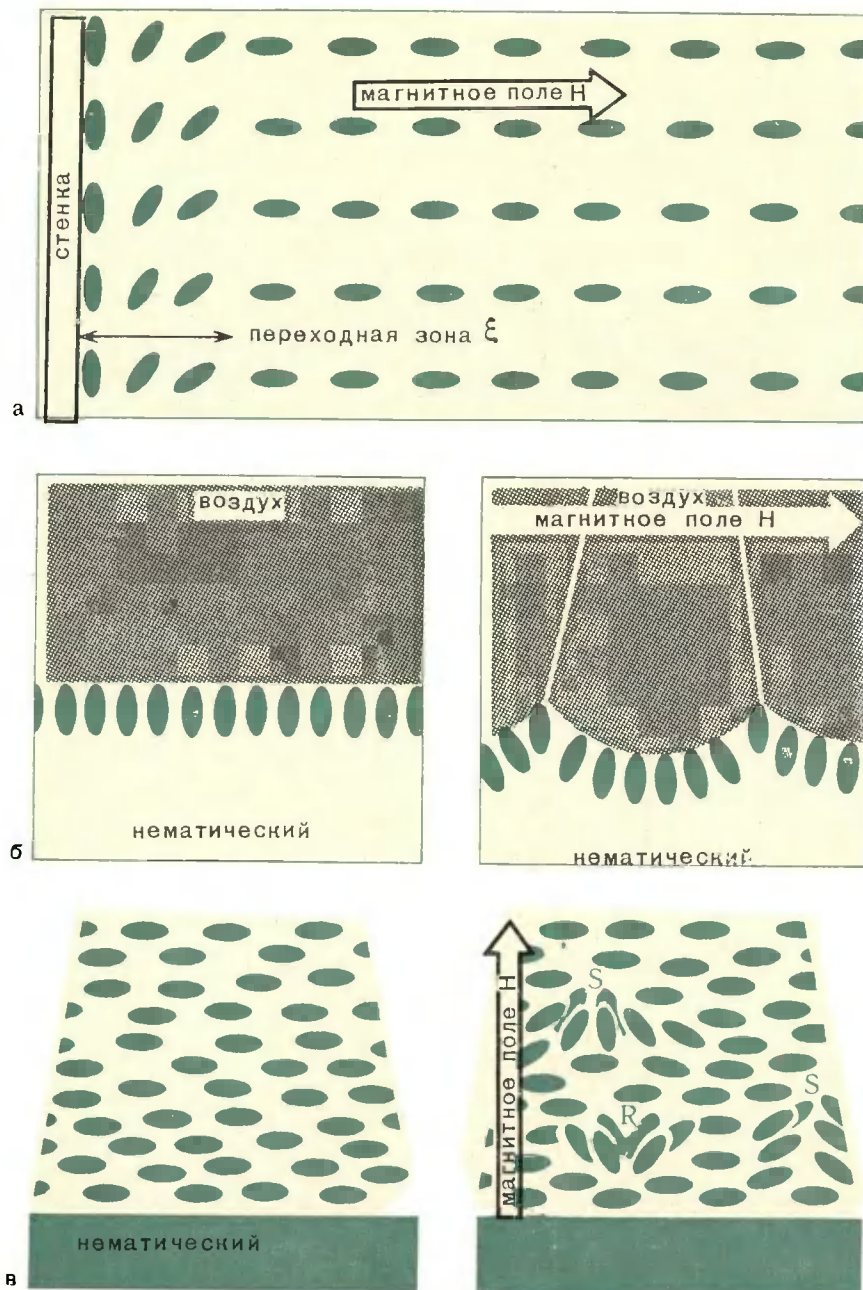


Рис. 8. «Конфликтные» ситуации, возникающие при ориентации молекул нематического вещества под влиянием магнитного поля и поверхности. Молекулы нематического вещества ориентируются параллельно стенке — случай (а); магнитное поле H заставляет их поворачиваться перпендикулярно первоначальному расположению, но вблизи стенки остается переходный слой толщиной ξ , который тем тоньше, чем больше H . Случаи (б) и (в) отражают влияние магнитного поля на свободную поверхность нематического жидкого кристалла: в случае (б) молекулы расположены перпендикулярно к поверхности, поле H образует «долины»; в случае (в) молекулы расположены параллельно поверхности и при наложении перпендикулярно направленного поля возникает сеть «вулканов» (выступающие точки S) и «воронки» (точки R).

ячейке с круговой симметрией.

Описанные выше естественные структуры жидких кристаллов могут изменяться под воздействием внешних полей. Некоторые из этих эффектов были известны давно, другие обнаружены недавно; все они стали объектами интенсивного изучения с целью их практического применения, в частности в области оптоэлектроники.

Нематическая структура ориентируется в магнитном поле

Еще в прошлом веке было известно, что органические молекулы чаще всего диамагнитны: в постоянном магнитном поле H у них возникает магнитный момент, направленный противоположно H . Этот эффект особенно заметен у ароматических соединений, содержащих бензольные кольца. Такое кольцо образовано шестью атомами углерода, расположенными в вершинах шестиугольника. Если плоскость шестиугольника перпендикулярна направлению магнитного поля, то эти шесть атомов углерода ведут себя подобно проводящему витку, в котором под действием приложенного поля H индуцируется противодействующий ток, следовательно, возникнет искривление силовых линий. Напротив, если плоскость шестиугольника параллельна H , в витке практически не индуцируется ток, присутствие молекул не влияет на силовые линии, и энергия в этом случае будет ниже. Бензольное кольцо, таким образом, стремится расположиться в плоскости, параллельной магнитному полю. Однако энергия взаимодействия очень мала: при $H = 10$ тыс. гаусс ее величина $\sim 5 \cdot 10^{-21}$ эрг, т. е. в 10^6 раз меньше, чем тепловая энергия kT . Поэтому для изолированных молекул построение вдоль поля будет полностью разрушено тепловым движением.

Молекулы нематических веществ обычно содержат, как показывают формулы, приведенные в начале статьи, два бензольных кольца. Под действием магнитного поля молекула стремится расположиться параллельно направлению магнитного поля. Но в случае нематического образца мы

имеем дело не с изолированными молекулами, а с большим количеством молекул ($N \approx 10^{20}$), которые поворачиваются одновременно: энергия взаимодействия ($N \times 5 \cdot 10^{-21}$) теперь гораздо больше, чем kT , и образец ориентируется в направлении магнитного поля.

Есть, разумеется, ограничения: стенки сосуда (и даже свободная поверхность жидкости) стремятся выстроить молекулы в направлениях, не всегда совпадающих с направлением H . Но можно показать, что влияние стенок чувствуется только на толщине $\xi(H) = C/H$, где C имеет величину порядка 1 гаусс·см. При $H = 10^4$ гаусс возмущения, вносимые стенками, распространяются лишь на толщину в 1 мкм (рис. 8, а). Величина $\xi(H)$ называется длиной магнитной когерентности. Ее линейную зависимость от $1/H$ установил в 1930 г. советский физик Фредерикс¹. Теоретическая интерпретация результатов Фредерикса дана в это же время Цохером.

Свободная поверхность в поле: «складки» и «вулканы»

Интересный пример «конфликта» между влиянием поля и влиянием стенок представляет собой свободная поверхность нематической жидкости. Предположим, например, что молекулы предпочитают ориентироваться перпендикулярно поверхности, а поле H направлено горизонтально (рис. 8, б). В этом случае поверхность стремится наклониться, чтобы уменьшить энергию закручивания молекул. Для того чтобы поверхность не слишком сильно удалялась от горизонтали, в системе реализуется доменная структура с линиями хребтов S и линиями долин V . Типичные расстояния между S и $V \sim 1$ мм, разность высот невелика ($\sim \xi$), однако получают заметные оптические эффекты. Минимальная величина магнитного поля, при которой будет стабильна такая структура, ~ 10 кгаусс.

Впервые, по-видимому, эти складки наблюдал в 1968 г. Р. Вильямс из

¹ В. К. Фредерикс. (Здесь и далее прим. ред.)

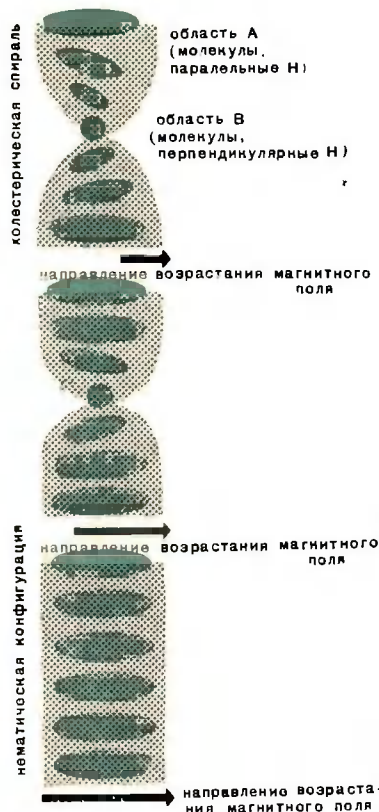


Рис. 9. Магнитное поле может «раскрутить» холестерическую спираль.

фирмы RCA¹, хотя в то время их природа оставалась непонятной.

Другой интересный пример указанного конфликта можно наблюдать, когда молекулы предпочитают располагаться касательно к поверхности, а магнитное поле направлено вертикально. В этом случае также возможно образование складок. Но теоретические расчеты предсказывают, что более выгодной будет другая структура: речь идет о выпуклостях, подобных фурункулам или вулканам, и о впадинах, похожих на воронки. Предсказано также, что при значениях магнитного поля, превышающих некоторое пороговое (~ 3 кгаусс), будет возникать двумерная сетка из точек S и R (рис. 8, в). Точки этого типа недавно наблюдал на изотропной поверхности нематической жидкости Р. Б. Майер из Гарвардского университета.

¹ Radio Corporation of America.

Магнитное поле раскручивает холестерическую спираль

Предположим, что вещество в холестерической фазе помещено в магнитное поле, перпендикулярное к оси спирали, как показано на рис. 9. Области А, где молекулы расположены параллельно H , будут находиться в более благоприятных условиях и будут увеличиваться в размерах. Области В, где молекулы расположены перпендикулярно H , находятся в менее благоприятных условиях, но они не могут заметно уменьшиться в размерах, поскольку это потребовало бы слишком сильного закручивания. В итоге период структуры L увеличивается. Наконец, при некотором значении поля H_c толщина областей А становится бесконечно большой: мы приходим к нематической конфигурации.

Эти переходы, действительно, наблюдались в 1968—1969 гг. в веществах с большим L (~ 10 мкм), где спирали раскручивались в относительно слабых полях ($H_c \approx 10$ тыс. гаусс). Аналогичные явления наблюдаются и в холестерических веществах, помещенных в электрическое поле E . В RCA изучают возможность использования для световой индикации изменений оптических свойств при переходе от холестерического состояния к нематическому.

Электрическая неустойчивость в нематических веществах

Ясно, что в нематических веществах мы не можем наблюдать эффекты, подобные тем, о которых только что говорили. Но в электрическом поле возникают другие весьма эффектные явления. При современном состоянии наших знаний можно представить себе следующий фундаментальный опыт: подбирают нематическое вещество, у которого диэлектрическая проницаемость $\epsilon_{\parallel}$, измеренная вдоль оптической оси, меньше, чем диэлектрическая проницаемость $\epsilon_{\perp}$, измеренная в перпендикулярном направлении. (Это условие часто соблюдается в веществах, подобных па-

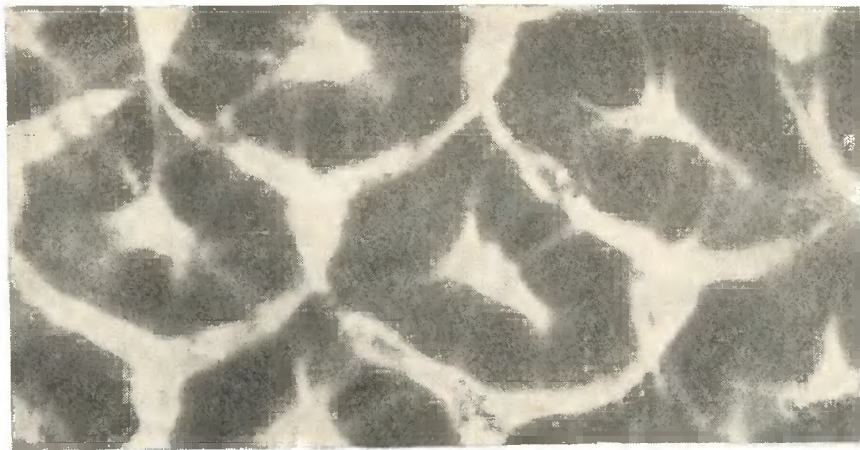


Рис. 10. Слой жидкого нематического кристалла, к которому приложено напряжение в несколько вольт, имеет оптическую структуру в виде ячеек (см. также рис. 11 и 12). Фотография сделана Группой по изучению жидких кристаллов Университета Орсе.

разоксанизолу, который содержит диполь — группу $N \rightarrow O$, перпендикулярную продольной оси молекулы.) Вещество помещают, как показано на рис. 11, между полупрозрачными электродами (расстояние между ними обычно 30 мкм), к электродам прикладывают разность потенциалов V .

При $V < 5$ в мы наблюдаем простое явление выстраивания в электрическом поле: молекулы нематического вещества ориентируются в плоскости слоя так, чтобы направление с большей диэлектрической проницаемостью ($\epsilon_{\perp}$) оказалось расположенным параллельно электрическому полю. В этой области, следовательно, жидкий кристалл однороден и прозрачен. Когда V превысит некоторое пороговое значение (обычно ~ 5 в), мы увидим периодическую ячеистую структуру (ее фотография помещена на рис. 10). Светлые пятна, видимые на фотографии, можно назвать на языке геометрической оптики фокальными линиями. В них собираются световые лучи, которые, следовательно, искривляются. Отсюда мы можем заключить, что и сама нематическая конфигурация искривилась.

Эти оптические наблюдения были впервые сделаны в RCA Вильямсом, затем более подробно изучены группой фирмы IBM¹. Несколько позже

в Орсе смогли показать, что подобное явление сопровождается появлением гидродинамических течений. При наблюдении за частицами порошка, введенного в нематическое вещество, было установлено, что жидкость медленно движется по замкнутым траекториям. Когда приложенное напряжение увеличивают еще на несколько вольт, достигается второе пороговое напряжение, при котором течения в жидкости становятся турбулентными. Кроме того, при напряжении V_t видно, как появляются многочисленные линии и дисинклиации. С макроскопической точки зрения основной эффект заключается в следующем: вещество становится сильно оптически неоднородным и неупорядоченным, следовательно, оно рассеивает свет во всех направлениях. Это сильное рассеяние впервые наблюдал Д. Хайльмайер в 1968 г. и назвал его динамическим рассеянием¹. Именно оно наиболее интересно с точки зрения электронно-оптических приложений.

Все описанные нами явления можно наблюдать как на переменном токе (при низких частотах), так и на постоянном. Для фундаментальных исследований некоторое преимущество имеет работа на переменном токе:

¹ Явление динамического рассеяния впервые открыто в СССР в 1934 г. В. К. Фредериксом и В. Н. Цветковым.

этот режим позволяет избежать некоторых паразитных явлений, вызванных присутствием электродов (инжекция ионов и т. д.).

В течение последних лет было выдвинуто много предположений для объяснения описанных явлений, и в частности существования первого порогового напряжения V_c .

Механизм, который с точки зрения наших современных знаний, по-видимому, наиболее важен, основан на идее Е. Ф. Карра (1967), развитой В. Хелфрихом (1969). Он иллюстрируется рисунком 12. Предположим, что нематическое расположение слегка нарушено; рассмотрим следствие такого нарушения. Все нематические вещества слабо электропроводны (типичная величина проводимости 10^{-8} ом⁻¹ см⁻¹), и эта электропроводность анизотропна: она максимальна в направлении оптической оси. Приложение электрического поля E_0 вызовет, следовательно, электрические токи I . Если в структуре существуют периодически расположенные нарушения, то эти токи приведут к появлению периодически расположенных скоплений зарядов q , изображенных на рисунке. Отсюда вытекают два следствия.

Электрическое поле E_0 действует на заряды q с силой qE_0 , которая приводит в движение жидкость (так можно объяснить конвективные токи, обнаруженные с помощью порошка). Эти токи сами стремятся повернуть молекулы: из рисунка видно, что этот поворот происходит в направлении первоначальной разориентации, т. е. существует тенденция к появлению неустойчивости. Заряды q создают добавочное поле E_1 , которое также стремится повернуть молекулы (они всегда поворачиваются перпендикулярно направлению суммарного поля), и в этом случае неустойчивость увеличивается.

Механизм Карра—Хелфриха позволяет очень хорошо объяснить все явления, связанные с пороговым напряжением V_c и интервалом напряжений выше V_c , где наблюдаются конвекционные течения. Отметим также, что эффекты в этой последней области не изменяют знака при изменении направления поля E_0 на противоположное, следовательно, можно

¹ International Business Machines.

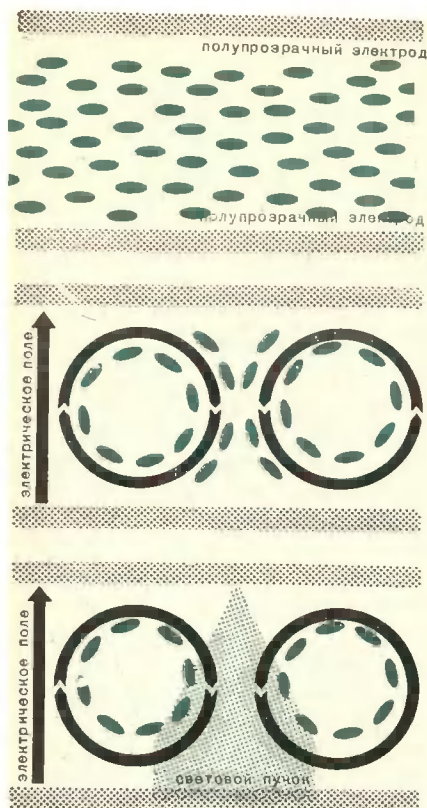


Рис. 11. Под действием электрического поля в нематическом жидком кристалле образуются гидродинамические вихри. Нематический жидкий кристалл, ориентированный, например, с помощью трения, помещен между двумя полупрозрачными электродами — случай (а). Под влиянием приложенного к этим электродам напряжения в жидкости возникают правильным образом расположенные вихри, которые перераспределяют молекулы — случай (б). Такая система с периодически изменяющимся показателем преломления фокусирует световой пучок — случай (в) — и мы получаем правильную сеть «фокальных линий» (этому случаю соответствует рис. 10).

ожидать, что аналогичные неустойчивости проявятся и в переменном поле, по крайней мере при частотах достаточно низких, чтобы заряды q успевали накапливаться; этот частотный предел был недавно установлен в Орсе.

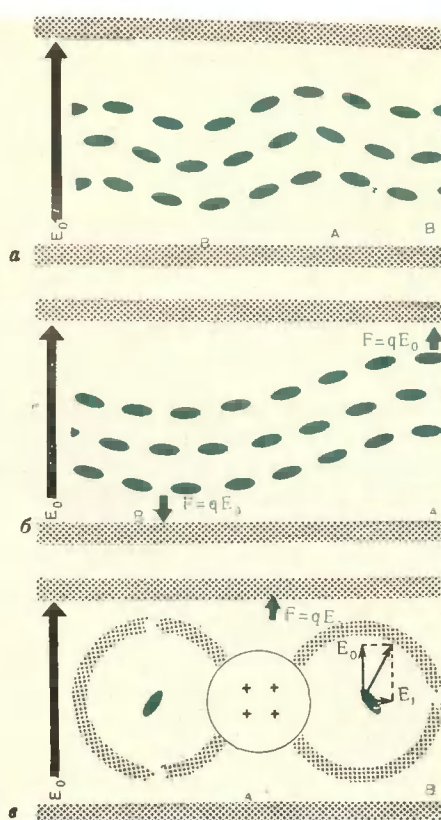


Рис. 12. Интерпретация механизма Карра — Хелфриха. Под влиянием теплового движения в нематическом жидком кристалле возникают небольшие области разупорядочения — случай (а). При наличии электрического поля E_0 и вследствие анизотропии электропроводности положительные заряды q будут накапливаться в областях А, тогда как в областях В появляются отрицательные заряды — случай (б). В области А, например, электрические силы, действующие на заряды q , увлекают жидкость, которая приводит в движение. Это гидродинамическое движение «расталкивает» молекулы нематического вещества и увеличивает первоначальное разупорядочение. Добавочное поле E_1 , создаваемое пространственными зарядами q , усиливает этот эффект — случай (в).

Телевизор размером с почтовую открытку

Описанные нами явления неустойчивости в электрическом поле достаточно сложны, однако нетрудно понять технические применения, выте-

кающие из этих свойств. Впрочем, прикладное использование началось раньше, чем были выяснены лежащие в их основе механизмы. Слой нематического вещества, находящийся в покое, прозрачен; если приложить к нему напряжение, достаточное, чтобы вызвать динамическое рассеяние, он станет непрозрачным, поскольку свет будет рассеиваться во всех направлениях. Таким способом можно создать экраны с переменной прозрачностью или же, при соответствующем выборе формы электродов, — элементы телеуправляемого изображения: символ появится в тех областях нематического экрана, к которым приложено напряжение. Такие устройства могут быть использованы независимо от окружающего освещения, поскольку они рассеивают падающий на них свет; мы можем даже попытаться построить на этом принципе телевизионный экран, поскольку характерное для этого процесса время сравнимо с временем стирания изображения.

Такие ячейки из жидких кристаллов представляют большой интерес, поскольку работают при малых мощностях (несколько микроватт на 1 см^2 при напряжении в несколько вольт). Они позволили бы заменить громоздкий и хрупкий кинескоп плоским экраном и, может быть, открыли бы дорогу к созданию дешевого телевизиора размером с почтовую открытку.

Подчеркнем, что вопрос об электрогидродинамических эффектах далеко не исчерпан. Систематическое изучение других типов мезоморфных фаз, в частности холестерических, только начинается. Несомненно, что и здесь мы столкнемся с явлениями, интересными как для фундаментальной физики, так и для прикладных исследований...

Ко всем веским научным доводам в пользу изучения жидких кристаллов мы позволим себе добавить, что удивительная красота и разнообразие их внешнего вида доставляют наблюдателю истинное удовольствие.

Перевод с французского Л. З. Понизовского из журн. «La Recherche», 1971, № 12.

Симметрия, структура и свойства жидких кристаллов

И. Г. Чистяков

Кандидат физико-математических наук

Л. К. Вистинь



Игорь Григорьевич Чистяков, старший научный сотрудник Института кристаллографии АН СССР, где он руководит группой по изучению жидких кристаллов; одновременно осуществляет научное руководство лабораторией жидких кристаллов в Ивановском педагогическом институте. Автор более ста работ в области структуры и свойств жидких кристаллов.



Леонард Казимирович Вистинь, младший научный сотрудник Института кристаллографии АН СССР. Изучает физические свойства жидких кристаллов. Автор более 20 научных работ и изобретений.

Публикуя перевод статьи французских ученых, редакция одновременно знакомит читателей журнала с работой, которая ведется в той же области в Институте кристаллографии АН СССР. В статье приводятся некоторые полученные авторами данные фундаментальных исследований структуры и симметрии жидких кристаллов, их электрических и оптических свойств.

В статье французских ученых ярко и образно изложены основные сведения о строении и свойствах жидких кристаллов, их практическом использовании. Действительно, сочетание уникальных свойств жидких кристаллов с подвижностью их структуры открывает большие перспективы применения жидких кристаллов в самых различных областях новой техники, промышленности, медицины. Можно, не ошибаясь, сказать, что перед жидкими кристаллами сейчас открывается такое же большое будущее, как в свое время это было с полупроводниками и полупроводниковыми приборами, значительно потеснившими старую электронную технику.

Немаловажное значение в познании природы жидкокристаллического состояния имеет исследование симметрии и определение структуры жидких кристаллов рентгеновским методом. Здесь основополагающими являются труды Б. К. Вайнштейна, А. И. Китайгородского, Р. Хоземана и др.

Как известно, жидкие кристаллы образуются в основном теми соединениями, молекулы которых имеют удлиненную, геометрически анизотропную форму. На рис. 1 показано строение некоторых молекул таких веществ. Наиболее часто жидкокристаллические свойства встречаются у азоти азокси-соединений, карбоксильных кислот, эфиров холестерина. Удлинен-

ность молекул создает тенденцию к параллельному их расположению друг относительно друга, что присуще как нематическим, так и смектическим жидким кристаллам. Характер расположения молекул в смектическом, нематическом и холестерическом жидком кристалле показан на рис. 1 предыдущей статьи.

Наиболее характерное свойство жидкого кристалла — его оптическая анизотропия. Именно это свойство и послужило причиной самого названия — жидкие кристаллы. На 1-й стр. обложки журнала показана картина, наблюдающаяся в тонком слое холестерилацетата в поляризованном свете. Виден рост твердых сферокристаллов из жидкокристаллического расплава. Обе фазы, и твердая и жидкокристаллическая, обладают оптической анизотропией и именно поэтому имеют яркую интерференционную окраску. Обычная жидкость была бы не видна между скрещенными поляроидами — наблюдалось бы просто темное поле. На вклейке, стр. 1, сверху, показана нематическая жидкокристаллическая фаза п-метоксибензилиденбутиланилина — вещества, которое находится в этом состоянии при комнатной температуре. На вклейке, стр. 2, сверху, показана холестерическая фаза смеси холестерилпеларгоната и холестерилолеилкарбоната. В отличие от нематической фазы

п - метоксibenзилиденбутиланилина, это вещество ярко окрашено и при наблюдении невооруженным глазом, без поляридов.

Известно, что наиболее устойчивое состояние системы — это состояние с минимальной потенциальной энергией, которое достигается в случае наиболее упорядоченной и плотной упаковки частиц. Выяснилось, что вещества, способные образовать жидкие кристаллы, обладают несколькими минимумами энергии упаковки. Промежуточные минимумы и соответствуют жидкокристаллическому состоянию.

Чем вызвано существование этих промежуточных минимумов энергии упаковки? Для решения этого вопроса необходимо учесть энергию межмолекулярных взаимодействий. На рис. 2, а показана зависимость энергии межмолекулярного взаимодействия от расстояния между молекулами r . Видно, что существует расстояние r_0 , при котором энергия минимальна $U(r_0)$. Тепловые колебания с кинетической энергией $P^2/2m = E_{кин}$ стремятся вывести систему из состояния равновесия; когда $E_{кин} > U(r_0)$, происходит плавление.

Образование жидких кристаллов объясняется неравномерностью тепловых колебаний атомов молекулы. Атомы, ковалентно связанные внутри молекулы, имеют амплитуды тепловых колебаний тем большие, чем слабее связь с соседями. Обычно молекулы жидкокристаллических соединений в середине имеют бензольные кольца или атомы, связанные двойными или сопряженными связями. Здесь, в середине молекулы, тепловые колебания меньше, например, чем у атомов углеводородных цепочек, которые часто располагаются на концах молекулы.

Смектогенные твердые кристаллы обычно имеют слоистую структуру. Колебания длинных хвостов молекул у них сильнее, чем центральной части, и они сильнее возрастают с ростом температуры. В определенный момент энергия $P^2/2m$ атомов, имеющих на концах молекулы, может стать больше $U(r)$, в то время как в центре $P^2/2m < U(r)$. Происходит как бы плавление концов молекул (рис. 2, б). Силы концевое взаимодействия

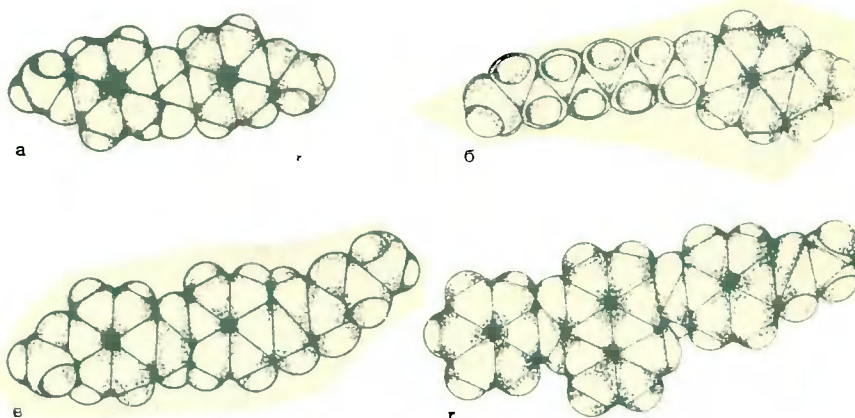


Рис. 1. Модель молекул некоторых веществ, обладающих способностью образовывать жидкокристаллические фазы: а — п-азоксианизол; б — п-нонил-оксibenзойная кислота; в — этиловый эфир п-азобензоаминокоричной кислоты; г — п-изобутилоксибензаль-аминонафталин-азобензол.

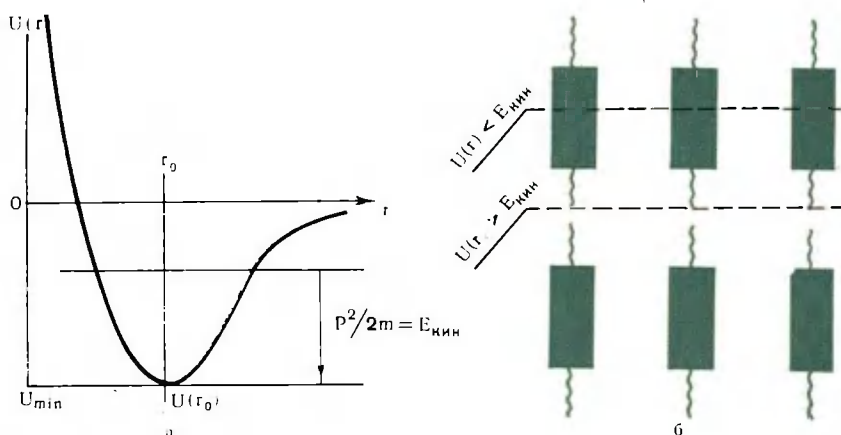


Рис. 2. Зависимость энергии межмолекулярного взаимодействия $U(r)$ от расстояния r (а); схема, поясняющая образование смектического жидкого кристалла (б).

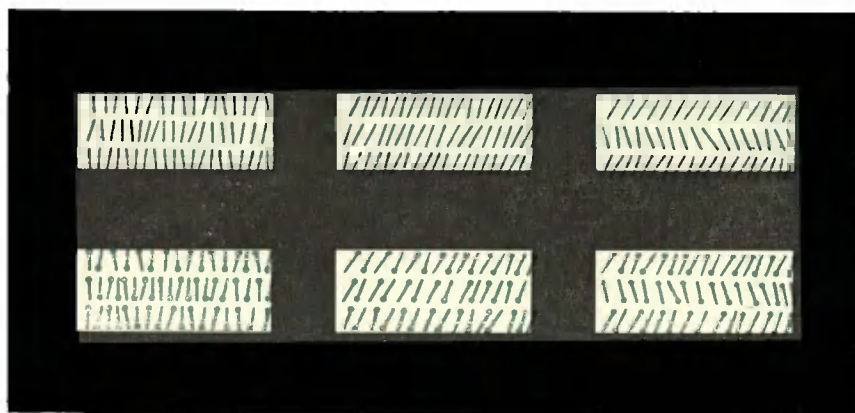


Рис. 3. Различные случаи расположения молекул в смектическом жидком кристалле (нижний ряд рисунков отличается от верхнего антипараллельным расположением молекул).

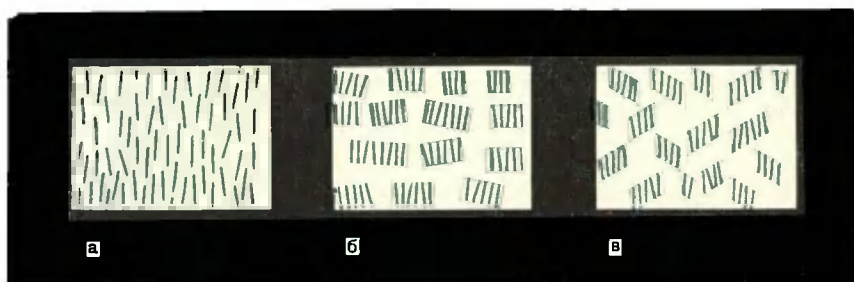


Рис. 4. Схематическое строение нематического жидкого кристалла: классический тип (а); два возможных типа агрегирования нематического жидкого кристалла и образования псевдослоев (б) и (в).

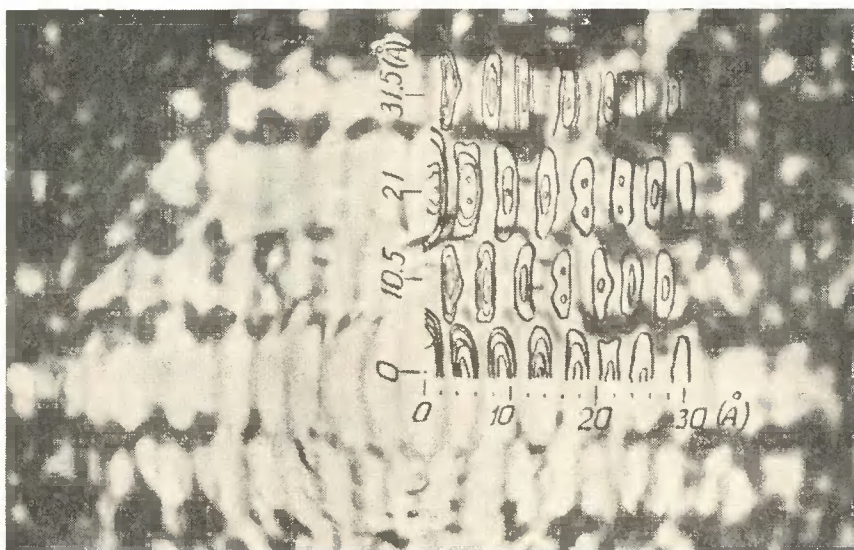


Рис. 5. Сравнение расчетной функции $Q(r, z)$, показанной темными контурами (вверху, справа), с функцией, полученной оптическим методом. Видно, что максимумы совпадают.

сильно ослабевают, и слои получают свободу скольжения друг относительно друга, обуславливая текучесть и анизотропию вязкости жидкого кристалла. Образуется слоистый смектический жидкий кристалл.

У нематического жидкого кристалла всегда $E_{\text{квв}} > U(r)$. Однако статистически суммарный минимум энергии достигается за счет параллельного расположения молекул вследствие их удлиненной формы.

Кроме энергетического объяснения процесса образования жидких кристаллов, необходимо дать характеристику их молекулярной структуры и

показать ее отличие от других фаз. В структуре твердого кристалла молекулы расположены строго упорядоченно (если отвлечься от отдельных дефектов и тепловых колебаний). В жидком кристалле имеются систематические нарушения в молекулярной упаковке, но в целом, статистически, сохраняется определенный порядок, придающий этому состоянию вещества его своеобразные свойства. Следовательно, при рассмотрении строения жидких кристаллов необходимо сочетание классической симметрии и статистики. Жидким кристаллам свойственны различные типы нару-

шений в упаковке молекул. Их можно охарактеризовать статистическими функциями распределения¹. Заметим, что использование функций распределения позволило предсказать значительно большее число жидкокристаллических структур, чем было известно до сих пор. Существование ряда из них подтверждено экспериментально рентгеновским методом. Некоторые возможные типы жидкокристаллических структур смектической фазы изображены на рис. 3.

Строение классического типа нематического жидкого кристалла показано на рис. 4, а. Рентгеноструктурные данные, полученные в последнее время, позволили прийти к выводу, что в тех жидкокристаллических веществах, в которых более высокотемпературному нематическому состоянию предшествует смектическое, в нематическом состоянии сохраняется псевдослоистое строение, объединяющее около сотни молекул (рис. 4, б и рис. 4, в). Таким образом, при переходе смектическая — нематическая фаза, хотя и наблюдается кардинальная ломка смектических слоев, все же какие-то их «обломки», пусть небольших размеров, продолжают существовать в нематическом состоянии. Этим и объясняется ряд физических свойств нематических состояний (например, ориентация в электрических полях и др.).

Для оценки нарушений в жидкокристаллических структурах можно использовать теорию «паракристалла», разработанную для полимеров Р. Хоземаном и Б. К. Вайнштейном. Правильность этой теории и представлений о структуре жидких кристаллов можно проверить моделированием. Для этого строят двумерные модели структур и получают дифракционные картины в лазерном луче от их уменьшенных изображений — «масок». Сравнение этих дифракционных картин с рентгенограммами реальных жидких кристаллов позволяет осуществить их надежную интерпретацию.

¹ Для ознакомления с этими функциями мы отсылаем читателя к специальной литературе (см., например; Б. К. Вайнштейн. Дифракция рентгеновских лучей на цепных молекулах. Изд. АН СССР, 1963).

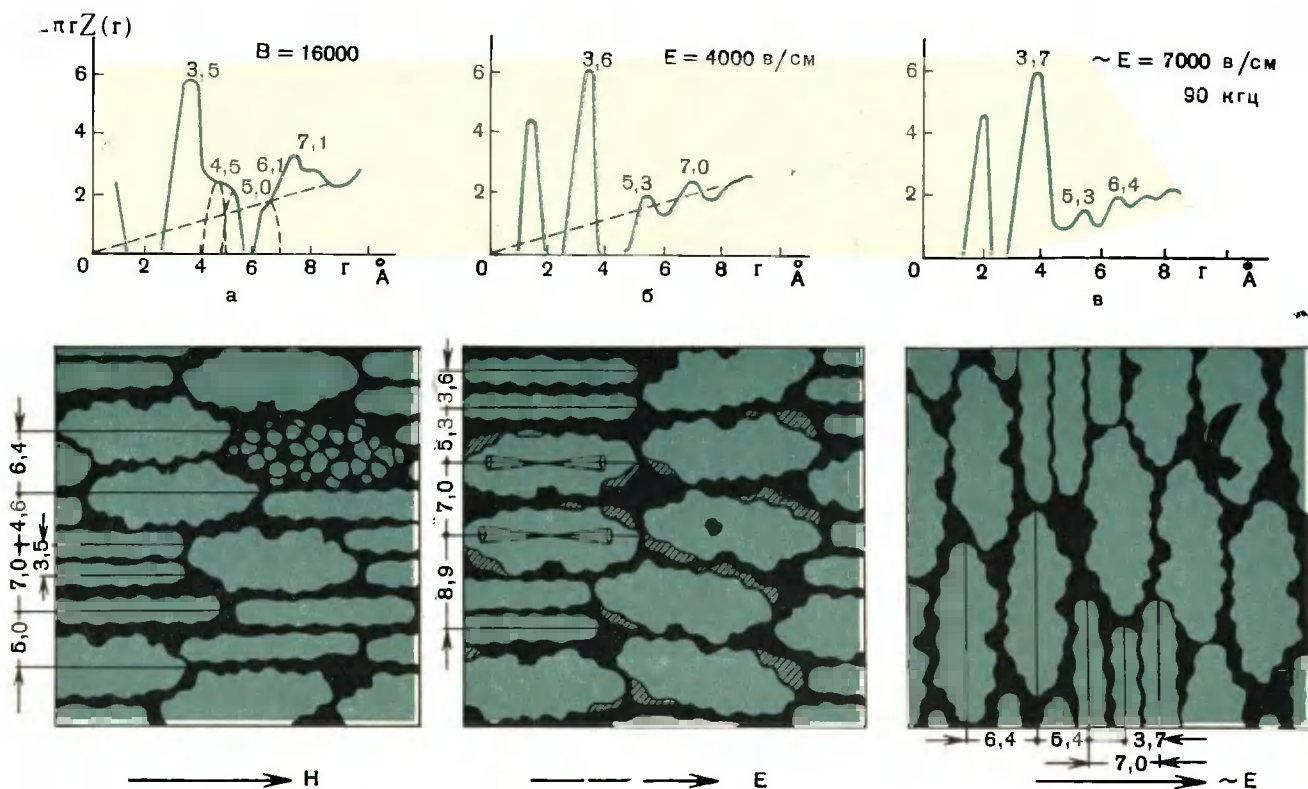


Рис. 6. Функция $2\pi rZ(r)$ для *p*-азоксианизола, ориентированного магнитным полем (а), постоянным (б) и переменным (в) электрическими полями (вверху); соответствующие этим функциям упаковки молекул (внизу). Главные пики на кривых $2\pi rZ(r)$ сдвигаются ($3,5 \rightarrow 3,6 \rightarrow 3,7$ Å) при последовательной смене ориентирующего фактора $H \rightarrow E_{\text{пост}} \rightarrow E_{\text{пер}}$, что указывает на соответствующее уменьшение плотности упаковки молекул.

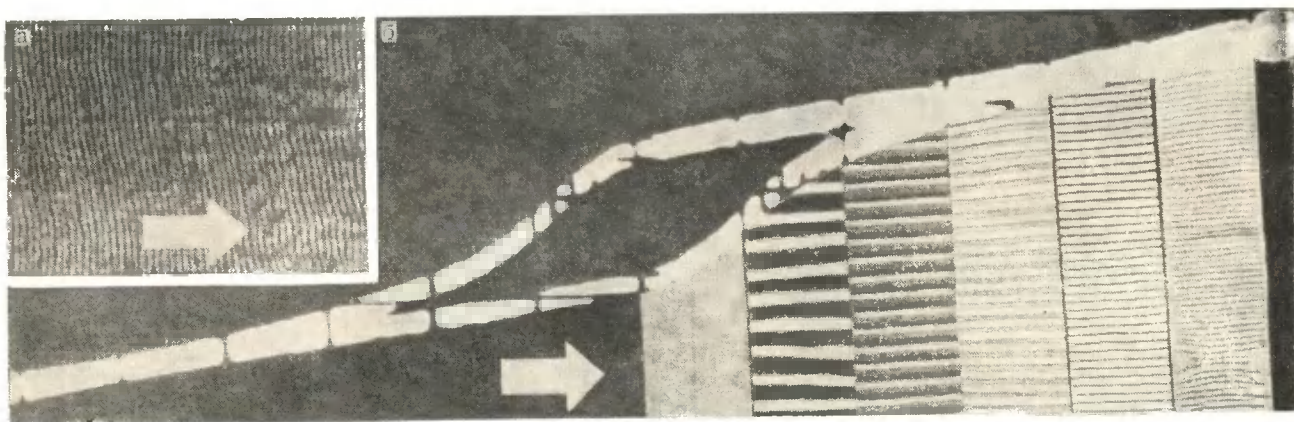


Рис. 7. Картина доменов I типа в ориентированном образце *p*-азоксианизола (а). Стрелка указывает направление ориентации осей молекул. Петля диэлектрического гистерезиса и вид доменной картины на соответствующих участках петли (б). Стрелка указывает направление ориентации осей молекул. Осциллограмма петли диэлектрического гистерезиса характеризует изменение поляризации жидкого кристалла под влиянием внешнего электрического поля. В правой части рисунка приведены микротографии жидкого кристалла, где отчетливо видны домены в виде параллельных полос. Такой же вид имеет жидкий кристалл при отрицательных напряжениях.

В качестве примера приведем модели частных случаев нематической и смектической структуры, картины их оптической дифракции от моделей и рентгенограммы реальных жидких кристаллов (вклейка, стр. 1 и 2, внизу).

Жидкие кристаллы в ориентированном состоянии обладают цилиндрической симметрией. В этом случае для анализа структур целесообразно использовать двумерную функцию межатомных расстояний $Q(r, z)$. Эту функцию можно рассчитать после измерения распределения интенсивностей на рентгенограмме жидкого кристалла. Однако можно построить $Q(r, z)$ и более просто — оптическим методом. Для этого рентгенограмму уменьшают в 150—200 раз, так что ее диаметр становится равным 1,5—2 мм. Такая рентгенограмма служит как бы дифракционной решеткой. Если направить на нее луч лазера, то дифракционная оптическая картина даст функцию $Q(r, z)$. Сравнение $Q(r, z)$, полученной расчетом и оптическим методом для смектического жидкого кристалла этилового эфира *p*-анизаль-аминокоричной кислоты, показано на рис. 5. Как видно, здесь замечательно проявляется слоистая структура смектической мезофазы.

Для решения ряда задач, таких как выяснение влияния напряженности внешних полей и температуры на структуру мезофазы, целесообразно воспользоваться одномерными сечениями функции $Q(r, z)$.

В качестве примера приведем функции $2\pi r Z(r)$ для *p*-азоксианизола — вещества, которое образует нематические жидкие кристаллы (рис. 6). Хорошо видно, что характер ориентации молекул в магнитном поле H и постоянном электрическом поле E одинаков. Это объясняется тем, что в поле H длинные оси молекул располагаются в направлении наименьшего диамагнетизма молекулы. В постоянных электрических полях E возникает поток вещества вдоль силовых линий, и молекулы, двигаясь, ориентируются, естественно, своими длинными осями вдоль потока. В переменных полях вещество неподвижно, и молекулы ориентируются поперек E , так как дипольный момент молекулы располагается почти перпендикулярно длинной молекулярной оси. Анализ кри-

сталлов (см. рис. 6, сверху) позволил определить характер молекулярной упаковки *p*-азоксианизола, ориентированного магнитным полем, постоянным и переменным электрическими полями (см. рис. 6, внизу).

Рентгеноанализ жидких кристаллов с помощью статистических функций распределения позволяет детально охарактеризовать структуру жидких кристаллов, выявить незначительное ее изменение при воздействии температуры, ориентирующих электрических и магнитных полей.

Однако наши представления о симметрии и структуре жидких кристаллов находятся еще в стадии развития. В частности, особенно интересным представляется изучение тонких слоев (~ 5 — 15 мкм) жидкого кристалла и их изменений при наложении внешних ориентирующих полей. Здесь имеются основания предполагать, что некоторые жидкие кристаллы обладают полярной симметрией.

Известно, что наложение электрического поля на тонкий слой ориентированного жидкого кристалла вызывает появление в нем своеобразного рисунка доменов — параллельных полос, ориентированных поперек направления первоначальной молекулярной ориентации жидкого кристалла. Характер доменной картины определяется расположением молекул и их упаковкой в жидком кристалле.

Для нематического ориентированного жидкого кристалла, где молекулы расположены строго параллельно направлению ориентации, параллельные полосы рисунка всегда располагаются перпендикулярно направлению ориентации (рис. 7, а). Ширина полос d пропорциональна толщине образца h : $d = kh$, где k — коэффициент пропорциональности.

Как указано в предыдущей статье, повышение напряжения выше порогового значения ведет к разрушению доменов (которые отнесены нами к I типу) и возникновению динамического рассеяния. Если уменьшить толщину пленки до 12 мкм и менее, появляется доменная структура II типа, обладающая рядом новых свойств. Наложение электрического поля E на ориентированную пленку жидкого кристалла в этом случае также вызывает появление доменной структу-

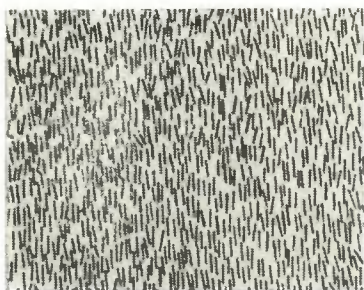
На вклейке, стр. 1: сверху — нематические жидкие кристаллы *p*-метоксибензиденбутиланилина; внизу: а — модель нематической структуры; б — картина ее оптической дифракции; в — типичная рентгенограмма нематического жидкого кристалла.

ры, но параллельные линии доменов располагаются не перпендикулярно, а параллельно направлению первоначальной ориентации; разрушения доменной структуры не наблюдается и нет эффекта динамического рассеяния.

Рост напряжения выше порогового значения ведет к уменьшению ширины полос d по закону: $d = k \cdot 1/E = k \cdot h/V$. Очевидно, что это более общий закон, определяющий ширину доменов, так как он связывает ширину полос не только с толщиной образца, но и с приложенным к жидкому кристаллу напряжением электрического поля V .

Появление доменной структуры, по-видимому, обусловлено переходом жидкого кристалла в полярную симметрию под действием электрического поля. Это, в свою очередь, должно сопровождаться наличием электрического гистерезиса. Действительно, мы впервые смогли наблюдать петлю диэлектрического гистерезиса в жидких кристаллах (рис. 7, б), которая до этого, как известно, была присуща только сегнетоэлектрикам. Правда, картина изменения числа доменов с напряжением здесь обратная, нежели в сегнетоэлектриках. Как видно на рис. 7, б, число доменов растет с ростом напряжения, а в сегнетоэлектриках число доменов убывает.

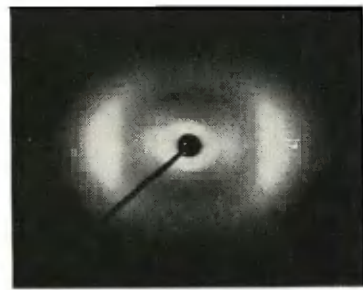
Интересным и своеобразным оказалось явление дифракции света на полосчатой структуре (рис. 8). Оно показало, что такая структура действует на свет как дифракционная решетка, но в данном случае постоянная решетки d зависит от величины напряжения V и $d = a/V$, где a — коэффициент пропорциональности. Формула для угла отклонения дифракционных максимумов имеет следующий вид: $\sin \varphi = m\lambda/V$, где m — порядок дифракционных максимумов. Видно,



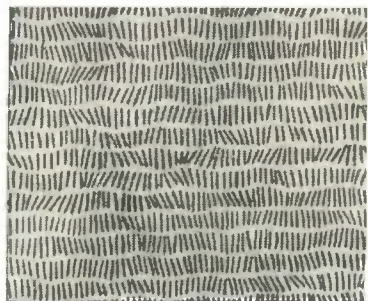
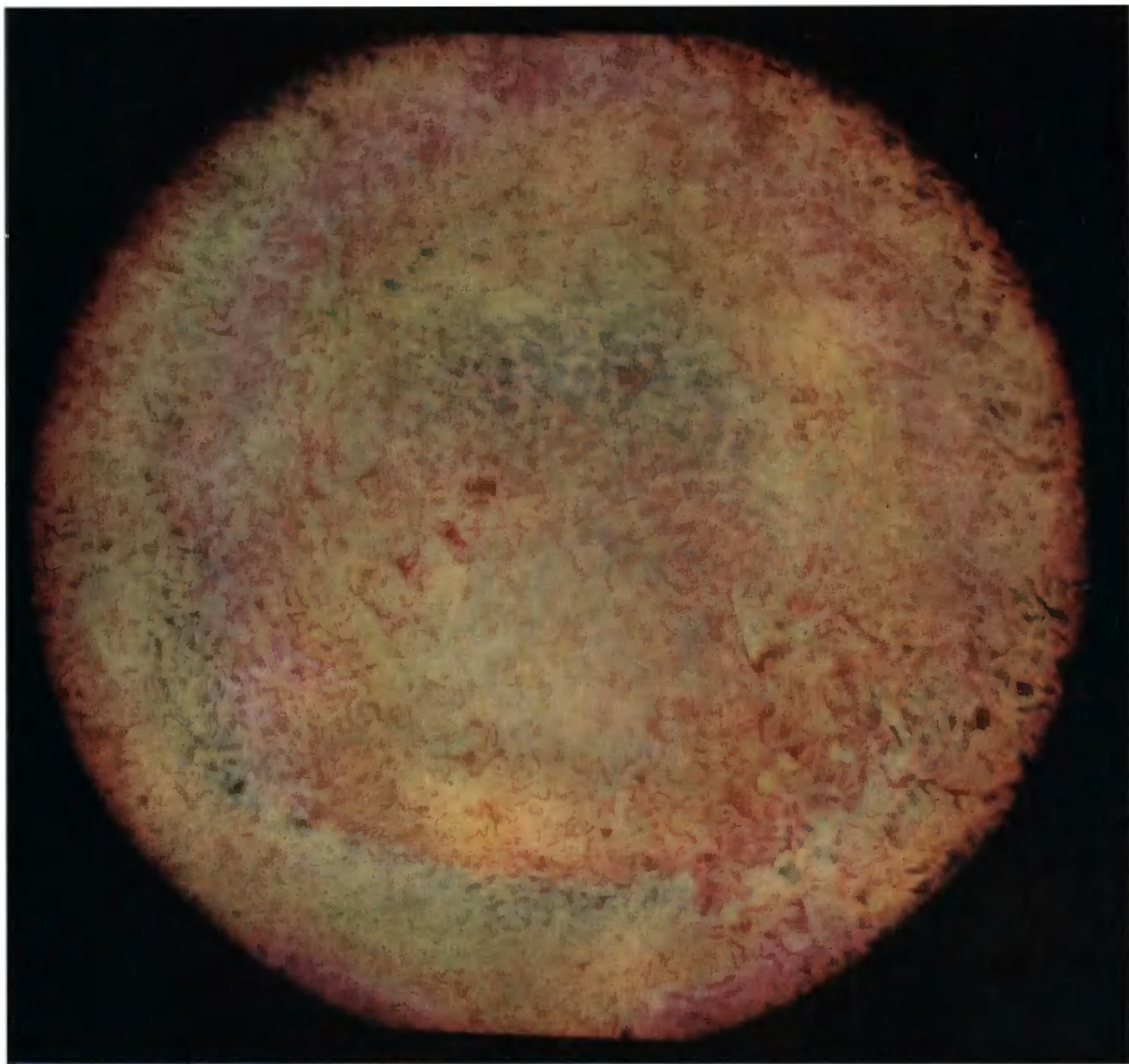
а



б



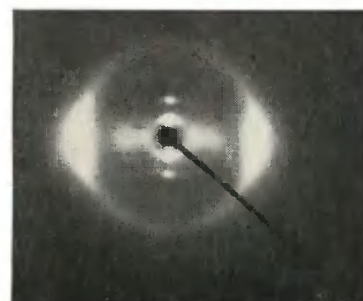
в



a



b



c

На вклейке, стр. 2: вверху — холестерические жидкие кристаллы смеси холестерилолеилкарбоната и холестерилпеларгоната; внизу: а — модель смектической структуры; б — картина ее оптической дифракции; в — типичная рентгенограмма исследуемого кристалла. Видно, что на обеих дифракционных картинах присутствуют одинаковые рефлексы; на рентгенограмме центральное пятно закрыто ловушкой для предотвращения засвечивания пленки.

Цветные фото Б. В. Клименко

что роль постоянной d дифракционной решетки играет электрическое напряжение V и, меняя его, можно получить нужное разрешение.

Неожиданным оказалось также распределение интенсивности света в дифракционных максимумах. В обычных дифракционных решетках наибольшее количество света приходится на нулевой максимум. Здесь же в нулевом дифракционном порядке происходит периодическое изменение интенсивности света с ростом напряжения. Такое изменение может происходить в результате интерференции света, прошедшего через жидкий кристалл. В данном случае жидкокристаллическая решетка действует на свет как фазовая решетка для нулевого дифракционного порядка. Она сдвигает проходящие через нее световые волны по фазе, и, когда происходит сдвиг на полволны, наблюдается минимум интенсивности света, а когда на целую волну — максимум. Условия для максимума интерференции света записываются так: $\Delta n L = m\lambda$, где n — показатель преломления вещества, L — длина оптического пути луча света, m — порядок максимума, λ — длина волны проходящего света. Естественно, что в опыте толщина пленки не менялась, следовательно, сдвиг фаз мог происходить только за счет изменения показателя преломления. Эта зависимость показана на рис. 9.

Обнаруженную связь между показателем преломления нематического жидкого кристалла и напряжением внешнего электрического поля мы назвали электромеханооптическим эффектом.

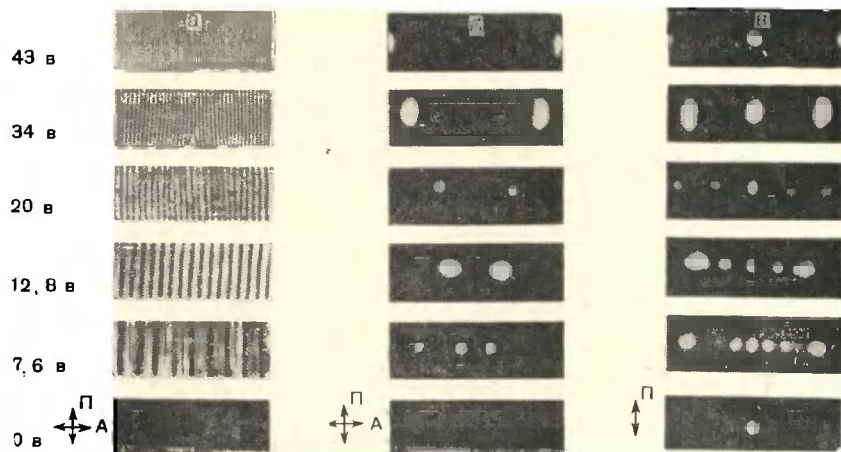


Рис. 8. Вид доменной структуры при различных напряжениях (а) и соответствующие картины дифракции света на доменах (б) и (в). Видно, что с уменьшением ширины доменов расстояния между дифракционными максимумами увеличиваются. Микрофотографии (а) и (б) даны при скрещенных поляризаторах Π и A , а (в) — при одном поляризаторе Π . На фотографии (в) наблюдается главный максимум.

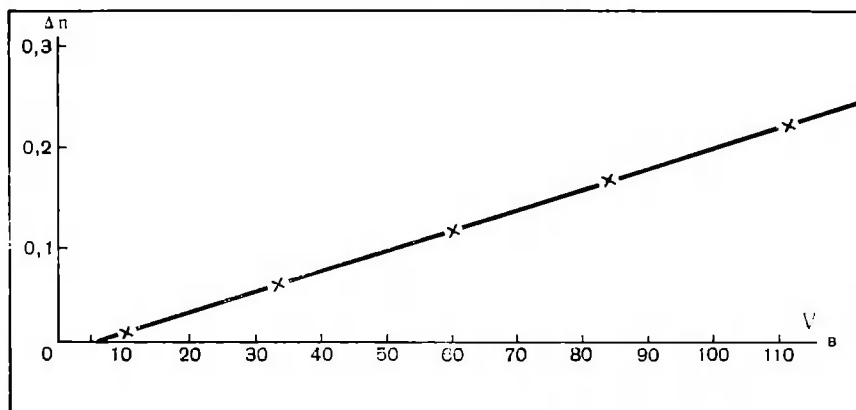


Рис. 9. Зависимость величины двупреломления жидкого кристалла $\Delta n = (n' - n'')$ от напряжения V на образце (n' и n'' — проекция показателя преломления соответственно для необыкновенного и обыкновенного луча света на главные оси оптической индикатриссы).

Интересно провести сравнение электрических свойств жидкого кристалла с аналогичными свойствами некоторых линейных диэлектриков. Обычно техническое значение и применимость линейных диэлектриков оцениваются по величине напряжения внешнего электрического поля, которое необходимо подать на кристалл, чтобы создать разность хода в полволны для проходящего света. Это напряжение называется полуволновым напряжением V и измеряется

в киловольтах. Так, для кварца $V = 33$ кв; для CuCl — 6,2 кв. Как видно из графика на рис. 9, полуволновое напряжение для жидкого кристалла равно 12,5 в, т. е. в 10^3 раз меньше.

В заключение хочется сказать, что наука о жидких кристаллах прогрессирует очень быстро. Несомненно, в ближайшем будущем мы будем свидетелями новых интересных открытий в этой области.

УДК 532.783

Когда приходит и уходит зима

Е. М. Ильичева, Ю. Н. Шварева
Кандидаты географических наук



Елена Митайловна Ильичева, старший научный сотрудник Центрального института курортологии и физиотерапии. Занимается вопросами курортной климатологии. Автор около 20 научных работ преимущественно по приложению методов комплексной климатологии к задачам курортного дела.



Юлия Николаевна Шварева, работает в отделе климатологии Института географии АН СССР. Занимается развитием методов комплексной климатологии. Автор многих научных статей в этой области.

В жизни человека сезонные смены климатических условий играют большую роль. Часто они проявляются в существенных физиологических сдвигах в организме, нередко вызывают те или иные патологические явления, терапевтические эффекты и пр. Вот почему установление границ сезонов и изучение сезонных особенностей климата приобретает чрезвычайно важное значение.

Неужели до сих пор климатологи не установили границы сезонов? — спросит читатель. Конечно установили. Но сейчас подход к определению этих границ совершенно другой. А это дает возможность точно устанавливать наличие сезонов во всех районах, в то время как раньше, например на Крайнем Севере, по всем климатическим показателям отсутствовало лето, что не соответствует действительности, а на крайнем юге якобы не было зимы. Постараемся вскрыть сущность этого нового подхода.

В основе климатических различий сезонов года в том или ином районе Земли лежат астрономические факторы, во многом определяющие режим солнечной радиации — главнейшую причину климатообразования. Убеждение в ведущей роли астрономических факторов в формировании сезонных свойств климата обычно приводит к отождествлению астрономических (точнее, календарных) и климатических сезонов года. Это обуславливает, с одной стороны, совершенно правильное представление о существовании всюду на Земле четырех основных сезонов года (зима, весна, лето, осень), и с другой — условное представление о приблизительно одинаковой продолжительности каж-

дого сезона. Однако изменяющимся в течение года условиям циркуляции атмосферы (и гидросферы) и особенностям подстилающей поверхности также принадлежит немаловажная роль в формировании сезонных свойств местной погоды и климата. В связи с этим не всюду и не всегда климатические сезоны года совпадают с астрономическими.

Тщательный анализ привел к необходимости разграничить представления об этих понятиях, и сейчас, помимо установившихся астрономических сезонов года, климатологи выделяют и климатические сезоны года¹.

Когда ученые впервые приступили к решению этой проблемы, климатические сезоны года чаще всего определялись по особенностям годового хода отдельных, наиболее важных метеорологических элементов. При этом нередко использовались лишь определенные уровни средней суточной температуры воздуха, как характерные признаки таких сезонов. Например, если в каком-либо районе температура воздуха в годовом ходе устойчиво удерживается ниже 0°, то такой период года принимали за зиму; при последующем подъеме температуры от 0° до 10° — за весну; выше 10° — за лето, а при дальнейшем понижении от 10° до 0° — за осень. При таком, весьма условном, подходе исследователи приходят к неверному, с точки зрения воздействия климата на человека, утверждению об отсутствии лета в Арктике и Антарктике, а также в высокогорных районах и от-

¹ Существует понятие и о циркуляционных (синоптических), фенологических и других сезонах года.

Таблица

Комплексные признаки начала (1) и развития (2) зимы

сутствию зимы — в южных областях (например, в субтропиках Советского Союза).

Поэтому позже, когда стали пользоваться при изучении климата методами комплексной климатологии¹, исследователи отошли от приемов выделения климатических сезонов года, когда используются лишь признаки особенностей годового хода отдельных элементов. Теперь основным критерием установления границ сезонов служат особенности годового хода повторяемости различных классов погоды и другие признаки, связанные со спецификой сезонных особенностей главнейших климатообразующих факторов; радиационного режима, циркуляции атмосферы и условий подстилающей поверхности.

Рассмотрим коротко эти факторы. Говоря об особенностях радиационного режима, мы имеем в виду годовой ход радиационного баланса и оценку активности ультрафиолетовой радиации. Сезонные изменения в условиях циркуляции атмосферы Северного полушария описываются хотя бы изменяющейся повторяемостью элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ), воздушных масс и атмосферных фронтов.

Состояние подстилающей поверхности характеризуется отсутствием или наличием снежного покрова на суше и особенностями его изменения во времени, отсутствием или наличием ледяного покрова на водоемах, фенологией обширных растительных массивов, отчетливо выраженной почвенной засухой и другими признаками.

Сезонные изменения многолетнего режима погоды (т. е. климата) проявляются в возникновении или исчезновении важнейших классов погоды, в изменении их повторяемости по месяцам года, что определяет собой соответствующие изменения в режиме отдельных элементов, и прежде всего температуры воздуха и осадков.

Один из очень удобных графических способов выяснения сезонных особенностей климата — это построение структуры климата в погодах ка-

Признаки	Особенности признаков	Арктическая пустыня	Тундра	Тайга	Леса умеренного пояса и лесостепь	Степь	Полупустыня	Пустыня	Средиземноморский тип климата	Субтропики	
										умеренно влажные	влажные
Радиационные	закономерное уменьшение (1) до минимума (2) положительных величин радиационного баланса	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+
	закономерное увеличение абсолютных величин отрицательного радиационного баланса в условиях ясного неба (1)	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
	заметное уменьшение разностей месячных сумм радиационного баланса (2)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	появление у.ф. недостаточности (1)	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+
Циркуляционные	преобладание периодов с у.ф. недостаточностью (2)	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—
	увеличение повторяемости (1) и преобладание (2) зимних типов ЭЦМ: 11, 12, 5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Погодные	увеличение повторяемости VIII и IX классов (1)	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+
	уменьшение повторяемости VIII и IX классов (1)	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
	появление морозных погод (2)	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+
	заметное увеличение повторяемости морозных погод (1)	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
	переход средних суточных температур воздуха через 0—5° (1)	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
	появление погод повышенной морозности (2)	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
	наименьшее в годовом ходе количество осадков (2)	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
	наибольшее в годовом ходе кол-во осадков (2)	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+
Изменение свойств подстилающей поверхности	появление неустойчивого снежного покрова (2)	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+
	образование устойчивого снежного покрова и установление санного пути	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
	замерзание рек	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—

¹ Методы комплексной климатологии развивались в СССР Е. Е. Федоровым и его школой с 20-х годов нашего века. См. «Природа», 1953, № 10.

Примечание. Знак плюс показывает наличие того или иного признака, знак минус — его отсутствие.

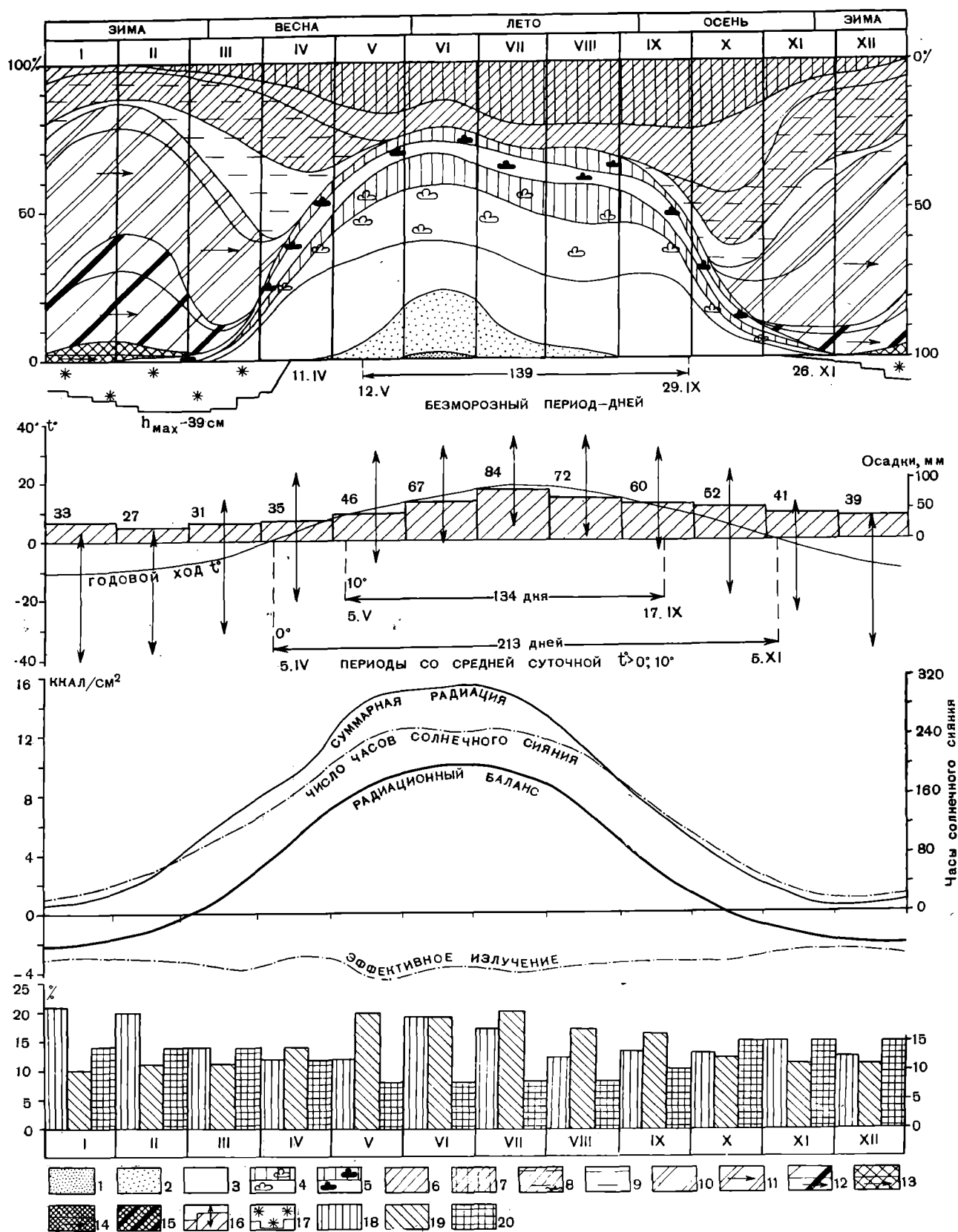


Рис. 1. Климат Москвы, выраженный через погоды, и режим отдельных элементов. По двум верхним графикам структуры климатов погоды можно ознакомиться с особенностями режима погоды для любого месяца года: 1 — сушевно-засушливая; 2 — умеренно засушливая; 3 — малооблачная; 4 — днем облачная; 5 — ночью облачная; 6 — пасмурная; 7 — дождливая. Вертикальная штриховка — погода с осадками. Погода с переходом температуры через 0°; 8 — облачная и 9 — ясная днем; 10 — слабо и 11 — умеренно морозная (t° ср. сут. от $-0^{\circ},0$ до $-12^{\circ},4$); 12 — значительно морозная (t° ср. сут. от $-12^{\circ},5$ до $-22^{\circ},4$); 13 — сильно морозная (t° ср. сут. от $-22^{\circ},5$ до $-32^{\circ},4$); 14 — жестоко морозная (t° ср. сут. от $-32^{\circ},5$ до $-42^{\circ},4$); 15 — крайне морозная (t° ср. сут. ниже $-42^{\circ},5$). Горизонтальные стрелки — погода с ветром. Осадки: 16 — среднемесячное количество осадков (вертикальные стрелки — $t^{\circ}_{\max}$ и $t^{\circ}_{\min}$); 17 — высота и даты образования и стока снежного покрова. Третий график — радиационный режим, четвертый — фронты: 18 — окклюзии; 19 — холодный; 20 — теплый.

кого-либо района, как это показано на рис. 1.

В своей статье мы рассматриваем лишь характеристику зимы на обширной территории Советского Союза. Как известно, она включает следующие природные зоны и районы: арктическая пустыня, тундра, тайга, леса умеренного пояса и лесостепь, леса муссонов умеренных широт, степь, полупустыня, пустыня, средиземноморский тип климата, умеренно влажные и влажные субтропики. Горные же районы связываются с указанными зонами и среди них выделяются: низогорные (ниже 1000 м), среднегорные (1000—2000 м) и высокогорные (выше 2000 м) районы.

Как же можно определить, что такое зима?

Если следовать идеям соответствующего подхода к выделению климатических сезонов года Е. Е. Федорова и Л. А. Чубукова, зимой надо считать ту часть года с отрицательным суточным радиационным балансом энергии на поверхности суши, когда процессы радиационного выхолаживания становятся преобладающими, а в атмосфере устанавливается своеобразная система циркуляционных процессов, вы-

раженная преобладанием определенных типов элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ)¹.

Вместе с тем нельзя не отметить, что в зависимости от географического положения района эти два основных признака могут существовать или одновременно, или же непосредственное влияние первого из них может быть исключено (например, в районах, расположенных южнее широты с нейтральным балансом лучистой энергии). Обращая внимание на сезонные условия подстилающей поверхности, необходимо отметить, что для большей части умеренных и тем более высоких широт Северного полушария зима к тому же будет соответствовать периоду от начала установления устойчивого снежного покрова и до начала более или менее систематических оттепелей. Последнее проявляется и в заметном понижении высоты снежного покрова в конце холодного времени года (см. рис. 1). Систематизация признаков начала и развития зимы приводятся в таблице (см. стр. 83).

Каковы же характерные признаки зимы в различных природных зонах Советского Союза?

Радиационные условия зимнего периода обусловлены малой высотой солнца и небольшой продолжительностью дня. Приток прямой радиации заметно сокращается и из-за облачности, которая особенно велика на севере, где вероятность пасмурного неба составляет 60—80%. Уже в конце сентября — октябре (за исключением южных районов Советского Союза)

¹ Этой системой описывается все многообразие распределения циклонов и антициклонов, а также воздушных потоков во внетропических широтах Северного полушария. В основу типизации было положено разграничение направления движения холодного воздуха из Арктического бассейна по одному, двум, трем и реже четырем направлениям одновременно. Например, вторжения по одному направлению осуществляются либо только на Европу, либо на Америку, либо на Атлантический океан и т. д. По двум направлениям — на Америку и Европу; на Америку и Восточную Сибирь и др. Система таких элементарных циркуляционных механизмов включает 13 основных типов, объединяющих 42 подтипа. См. «Природа», 1969, № 2.

радиационный баланс равнинной территории становится отрицательным. С этого момента начинают преобладать процессы выхолаживания подстилающей поверхности в нижних слоях воздуха. В связи с этим наиболее типичными для этих месяцев оказываются погоды с заморозком и умеренно морозные. Учащающееся возникновение таких погод приводит к тому, что устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 0° отмечается в тундре и северной тайге уже в конце сентября — начале октября; в средней и южной тайге — в середине октября; в лесах умеренного пояса, в лесостепи и степи — в конце октября и начале ноября. Вскоре после этого устанавливается устойчивый снежный покров (южная граница его показана на рис. 2, вверху), радиационные свойства которого во многом определяют режим погоды, а реки покрываются льдом.

В дальнейшем приход солнечного тепла становится еще менее значительным. Так, на широте 55° в день зимнего солнцестояния продолжительность дня составляет всего 7 час. при полуденной высоте солнца $11^{\circ}36'$. К северу продолжительность дня довольно резко уменьшается, и в районах Заполярья начинается полярная ночь, продолжительность которой возрастает с широтой (от 37 суток на широте 69° до 91 суток на широте 75°).

Из-за малых высот солнца и небольшой продолжительности дня средние дневные величины приходящей радиации оказываются незначительными даже в южной половине территории, а за Полярным кругом прямая солнечная радиация почти отсутствует. Во второй половине зимы облачность уменьшается, но все же небо бывает пасмурным более чем в 50% случаев. В декабре даже на юге (в степи) бывает до 15 дней без солнца. Связана с этим и пониженная естественная освещенность, из-за чего приходится прибегать к искусственному освещению на протяжении всех суток или большей их части. В полярную ночь монотонность отсутствия естественной освещенности лишь несколько нарушается развитием полярных сияний. Последние иног-

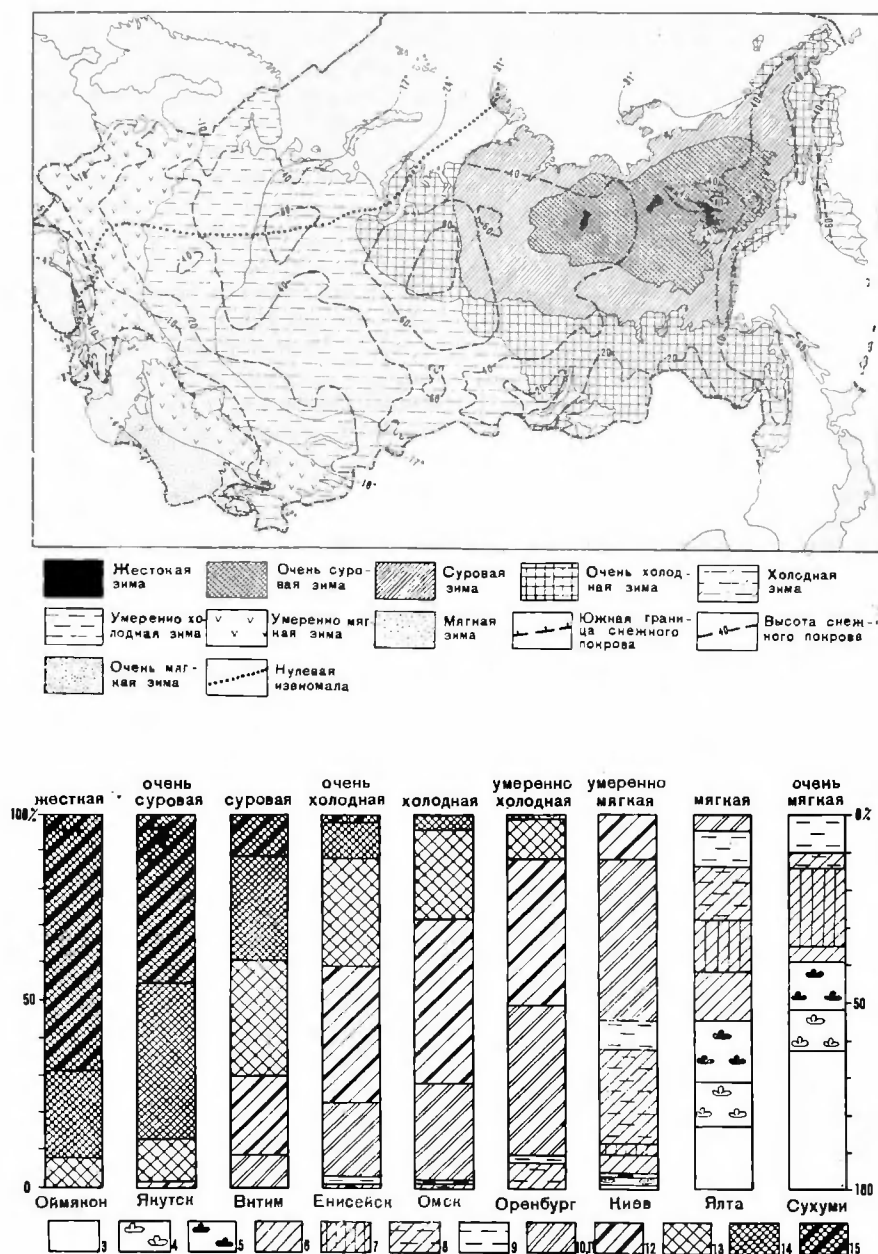


Рис. 2. Характеристика зимы по А. И. Кайгородову (вверху) и погодный режим в условиях выделенных зим (внизу). Описание условных обозначений см. в легенде к рис. 1. Сопоставляя эти два рисунка, видно, что зимы на территории Советского Союза характеризуются набором определенных режимов погоды.

да бывают довольно интенсивны, и небо над тундрой переливается всеми цветами радуги, озаряя ее зеленоватым фосфорическим светом. В связи с небольшим притоком солнечной радиации на севере наступает довольно длительный период ультрафиолетово-

го голодания — 205 дней на широте 70°. К югу же этот период значительно уменьшается — до 60 дней на широте 45°.

Не менее важную роль в формировании свойств зимы играют условия циркуляции атмосферы. В течение

всего холодного периода господствуют зимние типы циркуляции атмосферы. На рис. 3 показано изменение повторяемости всех зимних (а также летних) групп ЭЦМ для внетропических широт Северного полушария. Наибольшая продолжительность действия приходится на время меридиональной северной циркуляции и стационарного положения (типы 11, 12), а также на время преобладания зональной западной циркуляции и стационарного положения (типы 5, 7). При типах циркуляции 11 и 12 осуществляется вынос холодного воздуха из арктического бассейна по двум в первом случае (на Америку и Восточную Сибирь) и трем — во втором (на Америку, Восточную Сибирь и Атлантический океан) направлениям. Эти вторжения, объединяясь с материковыми антициклонами, создают обширную зону высокого давления над полушарием. Для 7 типа характерно одно арктическое вторжение на Северную Америку. В это время над северной половиной территории Советского Союза преимущественно бывает западный перенос воздушных масс, а в южной половине расположен мощный антициклон. При типе 5 арктические вторжения происходят в одном направлении — на Восточную Сибирь, которое сливается с областью повышенного давления над материком. Европейская часть Союза при этом типе обычно находится под влиянием западного потока воздушных масс. Западно-восточный перенос связан с циклонической деятельностью на атлантико-европейском арктическом фронте. В январе он располагается от Гренландии до Новой Земли. Атлантико-европейский арктический фронт очень активен и им обуславливается большая повторяемость арктических фронтовых циклонов на севере по сравнению с югом равнины. Положение этого фронта сильно меняется, вследствие чего арктический воздух может распространяться на всю территорию. Этот воздух нередко стабилизируется как в подвижных антициклонах, так и в обширном Азиатском антициклоне, что способствует его дальнейшему выхолаживанию в приземном слое. Интенсивному выхолаживанию воздуха способствует также снежный покров, отражатель-

ная способность которого (особенно свежее выпавшего снега) весьма велика.

Полярный же фронт, разделяющий массы воздуха умеренных широт и массы тропического воздуха, занимает в это время года наиболее южное положение, располагаясь над Средиземным морем. Циклоническая деятельность в связи с этим над крайними южными районами Советского Союза бывает довольно интенсивна.

Описанные свойства радиационного режима, циркуляции атмосферы и условий подстилающей поверхности приводит к тому, что погодный режим зимы в разных районах Советского Союза бывает различным по степени суровости (см. рис. 2 внизу). Согласно термической характеристике зимы, предложенной советским климатологом А. И. Кайгородовым, жестокая, очень суровая и суровая зима (со средними месячными температурами воздуха января в пределах соответственно -45° и ниже; от -38 до -45° ; от -31 до -38°) характерны для большей части территории Восточной Сибири. На западе граница суровой зимы доходит почти до Енисея, а на юге — до 60° с. ш. и несколько южнее (см. рис. 2 сверху). В этих районах дни с погодами повышенной морозности (XIII, XIV, XV классы) составляют почти 75% и более всех дней зимы (рис. 4)¹.

Западнее и южнее области с суровой зимой зима очень холодная и холодная (средние месячные температуры января изменяются от -31 до -17°). Холодная зима прослеживается по азиатской территории до Урала, а на юге — приблизительно до 50° с. ш. Здесь погоды повышенной морозности встречаются уже реже: от 50 до 25% дней. Далее к западу и к югу территории зимы становятся умеренно холодными и умеренно мягкими (со средними месячными температурами января от -17 до -3°). Южная граница умеренно мягкой зимы приблизительно совпадает с изоли-

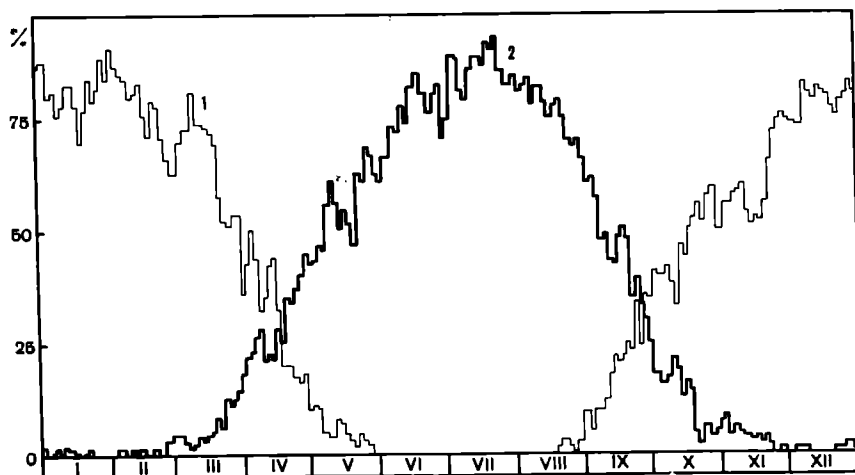


Рис. 3. Годовой ход зимних и летних групп элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) по С. С. Савиной: 1 — зимние группы ЭЦМ; 2 — летние группы ЭЦМ. Хорошо видно абсолютное преобладание зимних типов циркуляций в холодное полугодие. Осенний и весенний сезоны характеризуются ЭЦМ, типичными и для зимы, и для лета.

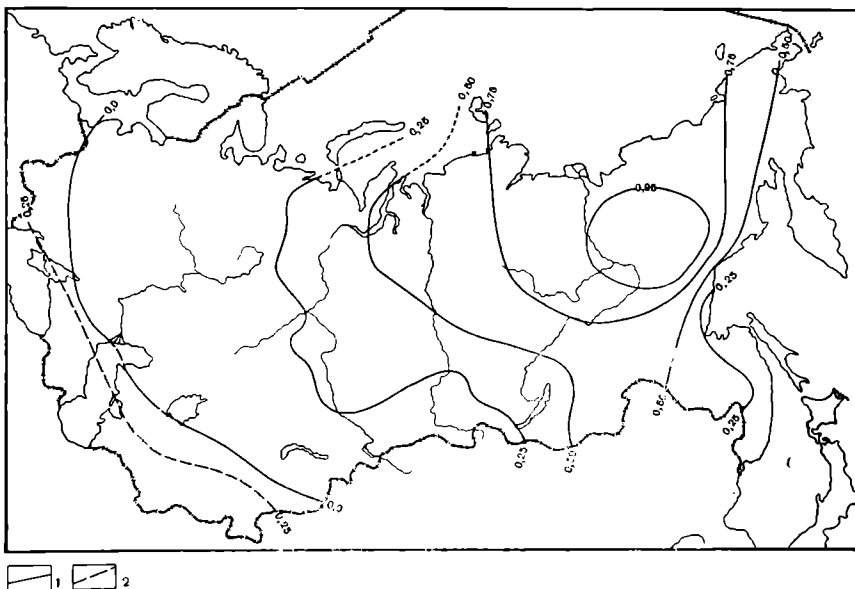


Рис. 4. Схематическая карта распределения суровой морозности (цифра означает ее коэффициент — $K_{с.м.}$). Длинными штрихами показаны границы круглосуточной морозности с $K_m = 0,25$ зимой. На рисунке отчетливо видно резкое уменьшение повторяемости погоды суровой морозности с северо-востока на юго-запад.

нией повторяемости погоды повышенной морозности, равной нулю. И только на крайнем юге территории (в пустынях Средней Азии и субтропиках) зима мягкая и очень мягкая (со средними месячными температурами января -3° и выше). Здесь преобладают безморозные погоды, а также по-

годы с переходом температуры воздуха через 0° (когда днем бывает тепло, а ночью удерживается легкий мороз). Такие зимы чаще всего не прерывают вегетации растительности.

Теперь посмотрим, как же изменяется продолжительность зимы (при новом подходе к ее определению),

¹ Коэффициент суровой морозности определяется как отношение суммы погоды повышенной морозности к числу дней за зиму, круглосуточной морозности — как отношение суммы всех морозных погоды также к числу дней за зиму.



Рис. 5. Средняя продолжительность (в неделях) зимы в различных зонах Советского Союза.

переходя от одной природной зоны к другой. На схематическом рис. 5 видно, что она меняется от 30 недель в Арктике (в ее северо-восточных районах) до 10 недель в субтропиках Советского Союза. Существенное различие в суровости и продолжительности зимы определяют различный режим эксплуатации помещений и продолжительность носки теплой одежды. Если, например, на Крайнем Севере и Северо-Востоке необходимо использовать герметический режим

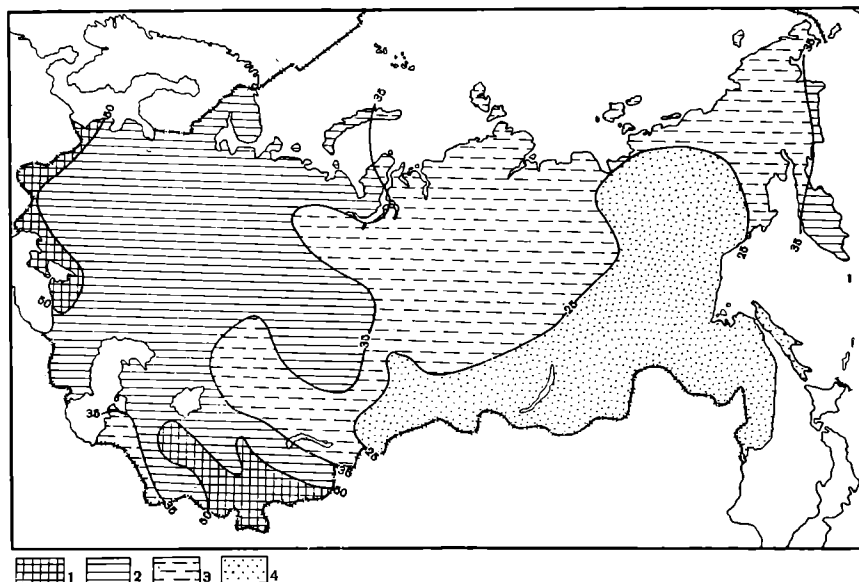


Рис. 6. Контрастная изменчивость погоды в январе: 1 — сильно изменчивый; 2 — изменчивый; 3 — устойчивый; 4 — очень устойчивый режимы.

помещения в течение всей зимы, то при движении к юго-востоку он сменяется сначала на закрытый и дальше даже на полуоткрытый (в субтропиках). Что касается одежды, то следует хотя бы указать на необходимость ношения там или утепленной арктической одежды, или шубы в течение всей зимы. В центральных районах можно уже обходиться теплым пальто, а на крайнем юге — демисезонным. Здесь теплое пальто нужно лишь в очень короткие периоды (продолжительность около 2—4 недели) наиболее интенсивного похолодания. Продолжительность же отопительного периода на всей территории СССР больше продолжительности зимы.

Важно отметить и то обстоятельство, что динамика погодного режима также оказывается различной. Суровые морозы очень устойчивы в ультраконтинентальных районах Советского Союза. К западу же и к югу в зависимости от условий радиационного режима и циркуляции атмосферы учащаются случаи смены холодных и теплых вторжений. В связи с этим изменения погоды ото дня ко дню здесь делаются весьма контрастными, а это приводит к заметной реакции человека на такое изменение погоды. Если взглянуть на результаты

анализа характеристики погодного режима (рис. 6), видно, что наибольшей контрастностью погодного режима зимой отличаются районы Средней Азии и затем юго-западные и западные районы. Если же теперь вновь обратиться к рис. 2, то легко определить, с какими изменениями климатического режима сталкивается человек при переезде из одних климатических условий зимы в другие. Это обстоятельство важно учитывать при акклиматизации человека к новым климатическим условиям.

УДК 551.56; 577.49

Рекомендуемая литература

Е. М. Ильичева, Л. А. Чубуков. ПРИЗНАКИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ГРАНИЦ СЕЗОНОВ И ИХ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ НА ТЕРРИТОРИИ СССР. «Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры», № 3, М., 1969.

Н. А. Данилова, А. О. Кеммерих. ВРЕМЕНА ГОДА. М., Мысль, 1964.

Новые результаты на Серпуховском ускорителе

В. И. Саврин

Кандидат физико-математических наук
Институт физики высоких энергий
Серпухов

Основной способ исследования структуры и свойств элементарных частиц — наблюдение за столкновениями этих частиц, т. е. за их взаимодействиями при сближении на очень малые расстояния. Для этого разгоняют в ускорителе частицы и направляют их на мишень. Чем больше энергия налетающих частиц, тем глубже их взаимопроникновение с частицами мишени, а при процессах, разыгрывающихся на очень малых расстояниях, меньших, например, 10^{-16} см, могут быть обнаружены принципиально новые соотношения времени и пространства. Вот почему так важно было сооружение Серпуховского ускорителя, больше чем вдвое увеличившего энергию налетающих частиц.

Вероятность того, что одна из частиц налетающего пучка провзаимодействует с одной из частиц мишени, характеризуется так называемым полным сечением взаимодействия. Поясним это понятие на грубом примере. Если радиус кегельного шара R , а радиус кегли r , то радиус взаимодействия будет равен $R + r$. Только при таком, или меньшем, расстоянии шар заденет кеглю. Перейдя от плоскости [2 измерения] к трехмерному пространству, мы сможем ввести полное сечение взаимодействия этого процесса, равное $\pi(R + r)^2$.

Но элементарные частицы — не кегельные шары. Их полное сечение взаимодействия связано с их физической природой и меняется с изменением энергии. Поэтому исследование полного сечения взаимодействия при наибольших достижимых энергиях так существенно для понимания физической природы элементарных частиц.

Ядерные взаимодействия изучаются давно, но до сих пор нет полной теории ядерных взаимодействий, называемых сильными и слабыми. Правда, кое-какие закономерности при определенных физических пред-

положениях удается установить. Мы знаем, например, что сильные взаимодействия очень быстро убывают с расстоянием, так что они играют роль только в самой непосредственной близости от элементарной частицы.

Именно это натолкнуло на мысль ввести понятие радиуса сильных взаимодействий. Полные сечения взаимодействия можно рассчитать, в частности, по теории Редже¹.

До начала работ на ускорителе Института физики высоких энергий на других ускорителях удавалось проследить изменение полных сечений взаимодействия только до энергий $20 \div 25$ Гэв. При энергиях налетающих частиц в $20 \div 65$ Гэв впервые удалось провести измерения в 1969 г. для отрицательно заряженных частиц — антипротонов, π^- и K^- -мезонов, сталкивающихся с протонами и нейтронами (рис. 1). Об этом рассказывалось в статье А. А. Логунова и В. А. Ярбы «Первые результаты на Серпуховском ускорителе»². В 1970 г. полные сечения взаимодействия в том же интервале энергий были измерены с более высокой точностью при использовании жидководородной мишени. Оказалось, что полные сечения взаимодействия мезонов при энергиях выше 30 Гэв практически не зависят от энергии. Это находится в резком противоречии с выводами теории Редже.

Однако для всесторонней проверки теорий ядерных взаимодействий необходимо знать не только полные сечения взаимодействия частиц с мишенью, но и полные сечения взаимодействия соответствующих античастиц, в данном случае — положительно заряженных частиц.

Как известно, частица и античастица

¹ См. С. С. Герштейн, А. А. Логунов, Р. М. Суляев. Самый мощный в мире ускоритель. «Природа», 1967, № 11.

² «Природа», 1970, № 11.

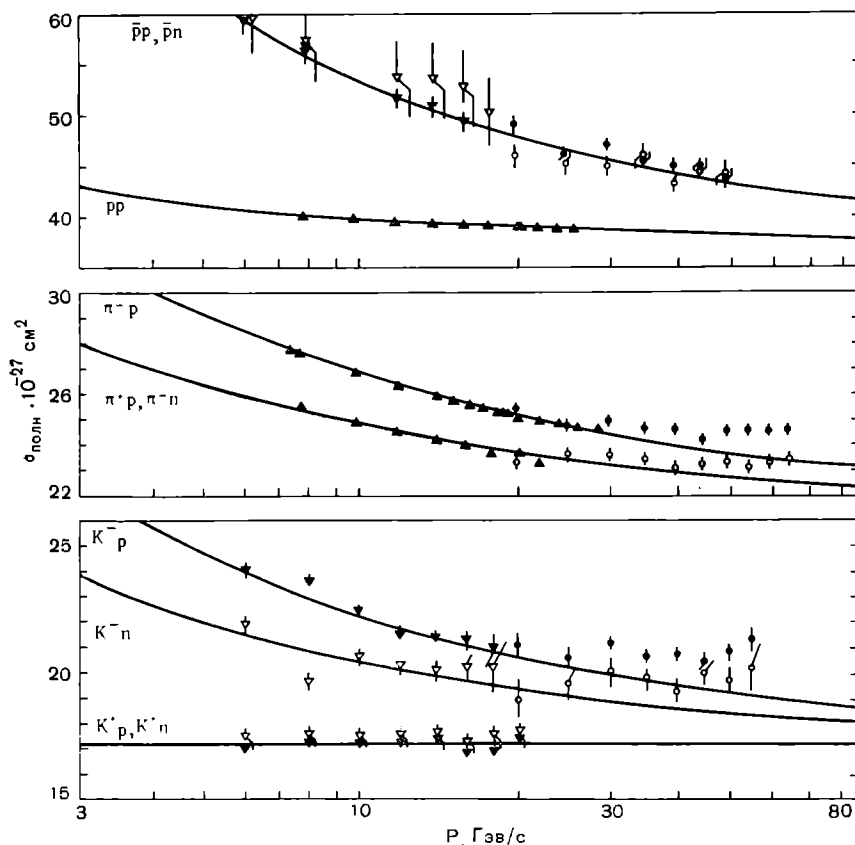


Рис. 1. Полные сечения взаимодействия ($\sigma_{\text{полн}}$) различных частиц с нуклонами. Кругами обозначены результаты, полученные на ускорителе ИФВЭ в 1969 г.; треугольниками — данные, полученные ранее; темные кружки относятся к взаимодействию частиц с протонами, светлые — с нейтронами; плавные кривые — расчет изменения полных сечений взаимодействия частиц и античастиц по модели полюсов Редже.

отличаются друг от друга целым рядом характеристик, например имеют противоположные по знаку электрические и барионные заряды. Можно было бы думать, что это отличие проявляется и в характере изменения величины полных сечений. И, действительно, экспериментально установлено, что полные сечения взаимодействия, например, антипротонов, π^- - и K^- -мезонов с протонами в области высоких энергий больше полных сечений взаимодействия соответствующих античастиц, т. е. протонов, π^+ - и K^+ -мезонов с протонами. Однако физикам-теоретикам удалось выяснить целый ряд асимптотических свойств полных сечений в пределе бесконечных энергий. И. Я. Померанчук показал, что полные сечения взаимодействия частицы и античастицы с частица-

ми одной и той же мишени должны стремиться к одному и тому же пределу с ростом энергии; другими словами, разность между этими полными сечениями должна уменьшаться. Г. Г. Волков, А. А. Логунов и М. А. Мествиришили, исходя из фундаментальных свойств амплитуды рассеяния, сформулировали общий критерий асимптотического равенства полных сечений взаимодействия частицы и античастицы¹.

Как было обнаружено в Серпухове, полное сечение взаимодействия K^- -мезонов с протонами практически постоянно в области высоких энергий. С другой стороны, полное сече-

ние взаимодействия соответствующих античастиц, т. е. K^+ -мезонов, с протонами, измеренное в Брукхейвене в 1965 г. при более низких энергиях, также постоянно, но значительно меньше по величине. В связи с этим многие физики склонны были сделать вывод, что полные сечения взаимодействия частицы и античастицы не совпадают в пределе бесконечных энергий, т. е. что теорема Померанчука неверна. Это, в свою очередь, привело бы к ряду важнейших следствий для процессов взаимодействия элементарных частиц.

Понятно поэтому, что ученые с нетерпением ждали новых экспериментальных данных при высоких энергиях. И вот совсем недавно на ускорителе ИФВЭ группой физиков в составе Ю. П. Горина, С. П. Денисова, С. В. Донскова, А. И. Петрухина, Ю. Д. Прокошкина, Д. А. Стояновой, Дж. В. Аллаби (ЦЕРН) и Дж. Джакмелли (Италия) были выполнены прецизионные эксперименты по измерению полных сечений взаимодействия положительно заряженных частиц. Полные сечения взаимодействия π^+ -, K^+ -мезонов и протонов с протонами и дейтронами были определены¹ в области энергий от 15 до 60 ГэВ.

Схему эксперимента можно коротко описать следующим образом. Пучок протонов разгоняется в кольце ускорителя до максимальной энергии 70 ГэВ и наводится на внутреннюю мишень. В результате взаимодействия протонов высокой энергии с мишенью рождается большое число вторичных частиц: π^- , K^- -мезонов, протонов и других. Вторичные положительно заряженные частицы, образованные под углами 10—50 мрад, выводятся во внешнюю от кольца экспериментальную зону с помощью магнитного поля специальной конфигурации (магнитных экранов). Здесь они взаимодействуют с основной мишенью — водородом или дейтерием.

Для регистрации рассеянных под разными углами π^+ -, K^+ -мезонов и протонов используется система счетчиков, которая перемещается вдоль оси пучка вторичных частиц. В конце

¹ «Теоретическая и математическая физика», т. 4, 1970, стр. 196.

¹ Препринт ИФВЭ 71—49. Серпухов, 1971.

опыта данные автоматически выводятся на перфокарты и обрабатываются на электронно-вычислительной машине БЭСМ-6. Полное число рассеянных частиц каждого сорта, отнесенное к плотности потока этих частиц в канале до рассеяния, определяет полное сечение взаимодействия. Так были измерены полные сечения в области энергий 25—60 Гэв. Вторичные частицы с меньшими энергиями (15 и 20 Гэв) были получены путем наведения на внутреннюю мишень протонного пучка с энергией 35 Гэв на промежуточном «столе» магнитного поля.

Чтобы исключить влияние фона, в частности взаимодействие со стенками сосуда, в котором помещается водород или дейтерий, проводится дополнительный опыт, когда в качестве мишени используется сам пустой сосуд. Полученное при этом число отсчетов нужно вычесть из полного числа отсчетов при рассеянии на водородной или дейтериевой мишени.

Экспериментальные данные о полных сечениях были получены в течение трехнедельного сеанса работы ускорителя (рис. 2). Измерения состояли из серии опытов, в которых производилась циклическая смена водородной, дейтериевой и «пустой» мишеней и регистрировалось число отсчетов пропускающих счетчиков на заданный поток частиц в канале. Использование жидкого водорода в качестве мишени и различные усовершенствования в процессе получения и обработки данных позволили измерить полные сечения с высокой точностью. Статистическая погрешность измерения составляет около 0,5%. Примерно такую же величину имеет и систематическая погрешность.

Данные о полных сечениях взаимодействия π^+ -мезонов с π^- -мезонами, а также антипротонов с протонами, полученные в Серпухове, не противоречат выводу о том, что эти сечения сближаются с увеличением энергии налетающих частиц. Один из наиболее важных результатов этого эксперимента состоит в том, что полное сечение, взаимодействие K^+ -мезонов с протонами начинает увеличиваться с ростом энергии. Это приводит к тому, что разность полных сечений взаимодействия K^- -мезонов и K^+ -мезонов

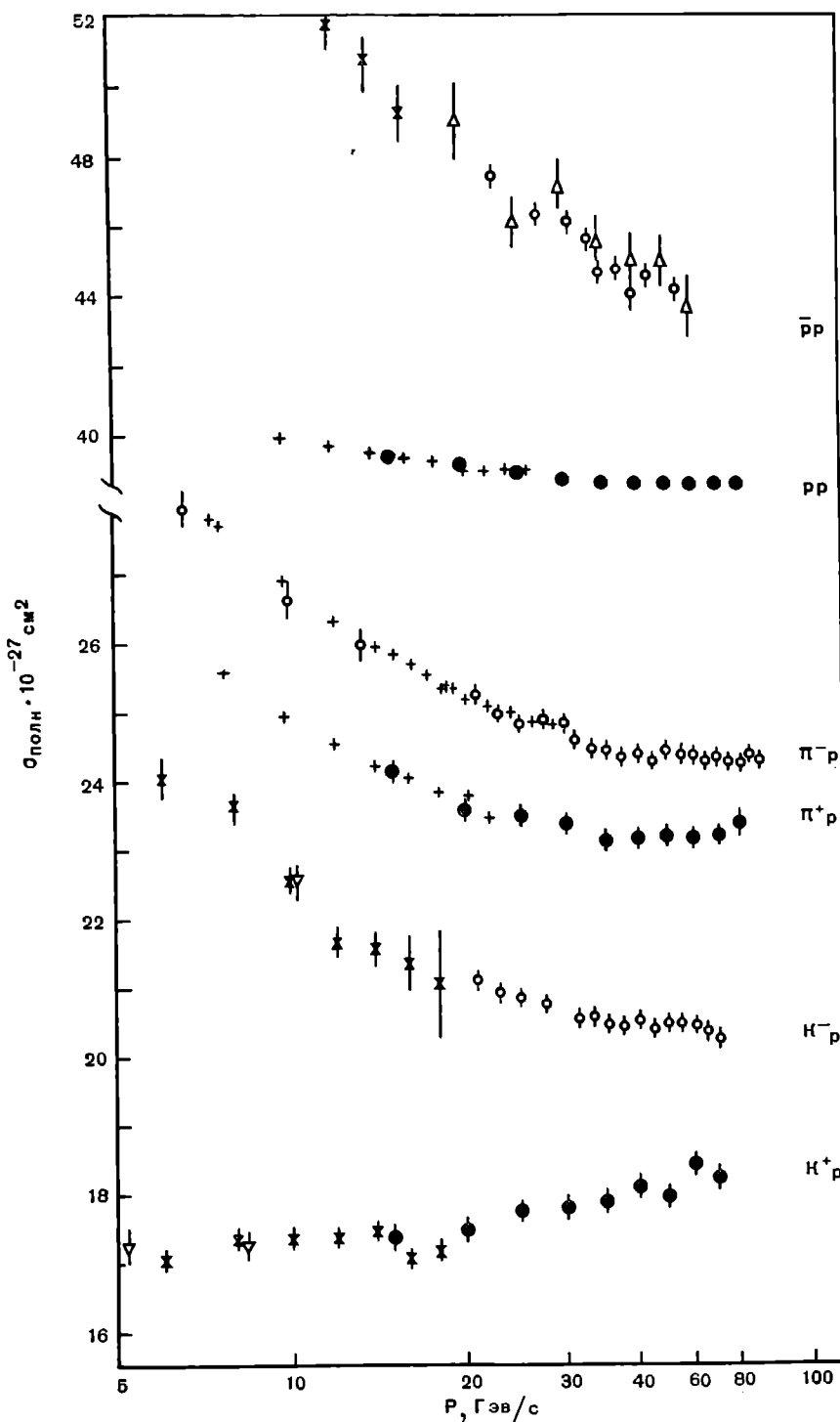


Рис. 2. Полные сечения взаимодействия различных частиц с протонами. Кружками и треугольниками обозначены экспериментальные точки, полученные на ускорителе ИФВЭ; светлые точки относятся к взаимодействию отрицательных частиц, темные — положительных; крестиками обозначены данные, полученные ранее на других ускорителях.

уменьшается, и поэтому пока нет достаточных оснований думать, что теорема об асимптотическом равенстве полных сечений нарушается.

На основе данных о взаимодействии с дейтронами были вычислены полные сечения взаимодействия раз-

личных частиц с нейтронами. Энергетическая зависимость этих сечений во многом оказалась аналогичной зависимости в случае взаимодействия с протонами.

Итак, эксперименты на ускорителе ИФВЭ обнаружили ряд новых эффек-

тов в поведении полных сечений при энергиях $20 \div 65$ ГэВ. Это означает, что в данной области энергий проявляются новые, не известные до сих пор свойства механизма взаимодействия элементарных частиц.

УДК 539.121

«Мертвые» колонии байбаков

К. Ф. Елкин

Казахский государственный университет
Алма-Ата

Посещая в течение семи лет разные районы Северного Казахстана, мы неоднократно обнаруживали «мертвые» колонии байбаков (сурков). На больших площадях целинной степи, иногда в несколько десятков квадратных километров, густо разбросаны сурчины. И ни на одной нет признаков обитания этих зверьков.

В 1969 г. мы нашли четыре «мертвые» колонии в Целиноградской и Тургайской областях. В некоторых местах на 100 га удавалось насчитать до 320 нежилых сурчин. Подобные заброшенные поселения нам попадались и в Кустанайской, и в Актюбинской областях.

В чем же кроется причина вымирания сурков?

Вряд ли можно (как это было с кавказскими сурками)¹ объяснить повальную гибель зверьков чумными эпизоотиями. Во-первых, в Северном Казахстане нет чумных очагов и не доказано, что они существовали в историческое время. Во-вторых, при вспышках чумы резко сокращается численность грызунов — ее основных носителей, но полного исчезновения их никогда не наблюдается. Неизвестны также катастрофические падежи

степных сурков из-за болезней нечумного происхождения.

Некоторые исследователи полагали, что исчезновение байбаков на больших территориях могут вызвать чрезмерный промысел и браконьерство¹. Но это, на наш взгляд, реально для маленьких поселений и маловероятно для огромных сурковых массивов, встречающихся в Северном Казахстане. Так, например, в обследованных нами в 1969 г. 26 массивах в пределах Целиноградской и Тургайской областей заселенные байбаками площади занимали около 690 тыс. га.

Многолетний опыт противочумной системы говорит, что поголовного уничтожения сурков на значительных территориях трудно достичь даже при специальных истребительных работах с применением эффективных ядов и современных технических средств.

Наблюдения в природе позволили нам сделать вывод, что решающий фактор массовой гибели байбаков — не их болезни и не прямое воздействие человека, а некоторые аномальные относительно местных условий явления климата.

Обитая не одно тысячелетие в зоне

неустойчивого увлажнения, байбаки приспособились к засушливому климату. Отсутствие питьевой воды для них не имеет особого значения, поскольку им достаточно влаги, которая содержится в зеленых кормах. Степные сурки быстро накапливают жировые запасы. Поэтому заблаговременно, до наступления бескормицы из-за выгорания растительности, они залегают в спячку и благополучно перезимовывают. Так бывает в годы с нормальным ритмом природных процессов.

Картина меняется, когда в Северном Казахстане, в результате циркуляции атмосферы широтного типа, резко обостряется засушливость. Наиболее ранние вспышки атмосферной засухи приходятся уже на первую декаду апреля. Их продолжительность составляет обычно 3—5 дней, но иногда и 40—50 дней. При этом дневные температуры воздуха повышаются до 30—40°, а относительная влажность воздуха снижается до 2—5%.

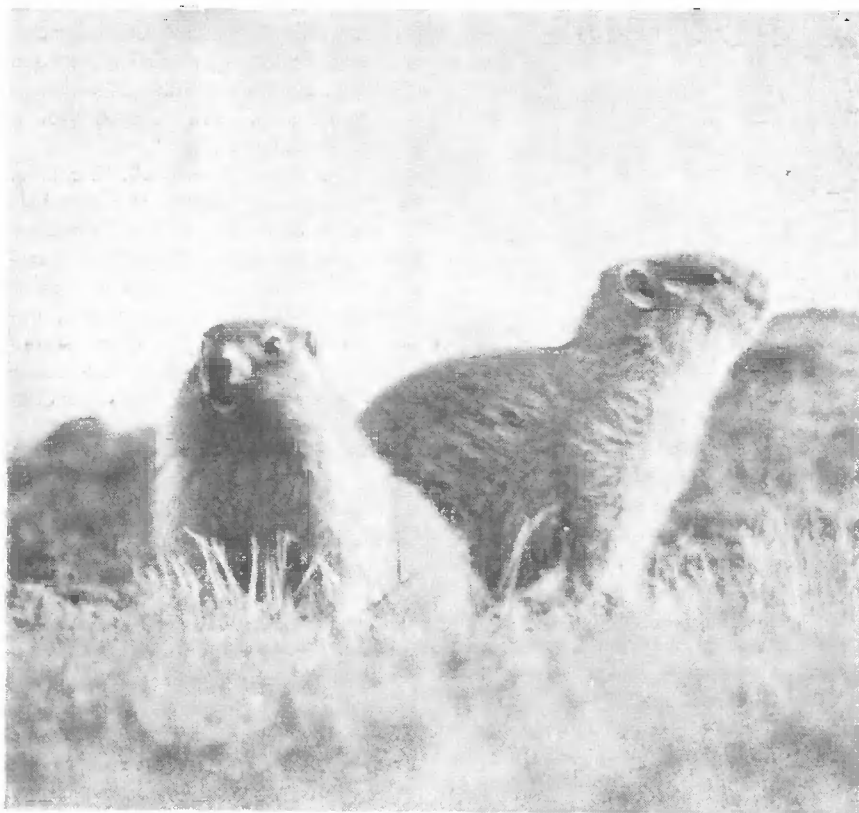
В годы с интенсивной и устойчивой атмосферной засухой иссушение почвенных горизонтов достигает необыкновенных размеров. Уже в июне прекращается вегетация степной растительности, а к середине лета трава полностью выгорает. Иногда погибают даже кустарниковые и древесные насаждения. Сплошь и рядом возникают степные пожары, после которых травянистые растения исчезают больше чем на месяц.

О последствиях атмосферной и почвенной засухи для байбаков хорошо было сказано еще у А. А. Силантьева¹. Он писал: «Уже к августу степи

¹ С. Н. Варшавский и В. К. Гарбузов. Ландшафтные особенности обитания и прежняя южная граница распространения степного сурка в Актюбинско-Мугоджарских степях. «Зоол. журн.», т. 43, 1964, вып. 2.

¹ Н. К. Верещагин, В. Г. Гептнер и А. С. Строганова. О времени и причинах вымирания кавказского сурка. «Биол. науки», 1959, № 2.

¹ А. А. Силантьев. Фауна Падов, имения В. Л. Нарышкина Балашовского уезда, Саратовской области, СПб., 1894.



Сурки вблизи нор.

Фото В. П. Тиссена

представляли из себя безотрадное зрелище; голые черные пространства, на поверхности которых только кое-где торчали сухие, выбеленные солнцем былинки, тянулись на многие десятки верст; земля засохла и потрескалась, а вместе с тем и голодовка настала для сурков полная. Прожив впроголодь до осени и не успев нагулять достаточное количество жира, сурки залегли; зимняя спячка в этот раз для многих кончилась вечным сном, так как запасов жира было недостаточно, чтобы протянуть до весны....»

Перезимовавшие после засухи, но очень истощенные байбаки весной гибнут чаще обычного. Тем не менее часть популяции сохраняется. Однако при сильных засухах, повторяющихся несколько лет подряд, может произойти полное вымирание зверьков. Такие засушливые двух-трехлетние периоды на обширных пространствах

Северного Казахстана за последнее столетие отмечались шесть раз. Но засухообразующие процессы проявляются в различных природных областях с неодинаковой силой. Поэтому повальный падеж байбаков происходит не повсеместно, а лишь в очагах атмосферных засух.

«Мертвые» колонии байбаков встречаются преимущественно в центральных районах Казахстана в подзоне типчаково-ковыльных сухих степей. Именно здесь, благодаря местным климатическим условиям, отмечаются более устойчивые засухи. В их формировании участвуют не только широтный, но восточноевропейский и западносибирский типы циркуляции.

Южная граница распространения байбаков подвержена существенным колебаниям. Это отчетливо видно на примере западной части Кургальджинского района. В 1964 г. степные сурки обитали севернее линии, про-

ходящей с левобережья р. Терсаккан, мимо оз. Майлы-коль и к северо-западному углу оз. Тенгиз¹. К 1969 г., т. е. за пять лет, байбаки расселились к югу примерно на 40 км. Сейчас они живут по всему западному побережью оз. Тенгиз. Между современными поселениями и ближайшей «мертвой» колонией сурков расстояние убавилось до 20 км.

В 1930 г. в Казахстане сильно упали заготовки сурчиных шкурок (по сравнению с предыдущим годом в пять с лишним раз), а потом держались на низком уровне до 1958 г. Кое-кто объяснял это отрицательными последствиями промысла. Но в действительности на сокращение поголовья байбаков повлияла очень сильная засуха, начавшаяся в 1929 г. В районе Целинограда она повторялась пять лет подряд (до 1933 г. включительно). Численность степных сурков не могла быстро восстановиться, так как засушливые периоды повторялись в 1934—1936 и 1951—1952 гг.

Для ареала и численности байбаков, как многих других позвоночных животных — обитателей семиаридной зоны, свойственно динамическое состояние. В циклы с недостаточным увлажнением, когда отмечаются неблагоприятные условия существования, происходит депрессия численности и образуются «мертвые» колонии сурков. В циклы средней и высокой увлажненности, наоборот, байбаки интенсивно размножаются и расселяются в места прежнего обитания.

Эти особенности биологии степных сурков в Северном Казахстане необходимо учитывать при планировании охотничьего хозяйства. После сильных засух целесообразно на несколько лет ограничивать или даже запрещать промысел, а в благоприятные периоды следует способствовать расселению байбаков. Тогда «мертвые» колонии послужат ценным резервным фондом сурчиных угодий.

УДК 599.32

¹ В. И. Капитонов. Распространение сурков в Центральном Казахстане и перспективы их промысла. Тр. Ин-та зоологии Акад. наук Казах. ССР, т. 26, Алма-Ата, 1966.

Электронно-вычислительная машина «читает» геологические карты

А. П. Кушлин

Центральная комплексная тематическая экспедиция
Северо-Восточного территориального геологического
управления
Магадан

«Взрыв информации» не обошел стороной и геологию. С каждым годом увеличивается число полевых партий, отрядов и экспедиций, собирающих геологические данные, увеличилось число методов исследования. Сейчас в распоряжении геолога химические и спектральные лаборатории, методы рентгеноструктурного анализа, приборы для исследования физических свойств пород и т. д. Количество параметров, снимаемых с любого участка изучаемой территории, неудержимо растет. И уже трудно всю геологическую информацию вместить на одну геологическую карту. Увеличивается количество карт для одного и того же участка земной коры — составляются геоморфологические (отражающие устройство поверхности), геофизические, гидрогеологические и прочие карты.

Значительно усложнился и их анализ. Карты стали слишком «пестрыми», поэтому приходится осеобожать их от части с таким трудом собранных геологических данных, которые кажутся излишними или менее важными. Заметим, именно «кажутся», потому что критерия — действительно ли данный параметр лишний — у геолога нет. Так облегчен анализ, но исследователь лишился части собранных данных.

Где же искать выход? Может быть, стоит увеличить площадь карт? Но ведь на одну карту, особенно когда требуется анализ большой территории (как геологи говорят, мелкомасштабную), невозможно нанести данных больше, чем на ней поместится. Какие-то значки просто займут большую часть площади листа. Возьмем,

например, кусочек карты размером 1 см × 1 см. Допустим, что такой масштаб карты, где 1 см на карте соответствуют 250 м на местности (1 : 25 000). На квадратном сантиметре уместится довольно много геологических условных обозначений. Теперь возьмем карту на эту же территорию другого масштаба, допустим 1 : 1 000 000. Это значит, что в 1 см 10 км, т. е. в 40 раз больше. На такой карте наш участок превратится в точку размерами 0,25 мм × 0,25 мм. Конечно, тут уже не поставишь ни одного знака. Значит, все геологические данные, которые умещались на карте масштаба 1 : 25 000, будут утеряны для геолога, который изучает карту масштаба 1 : 1 000 000. В этом случае увеличивают число карт, составляемых на одну и ту же территорию. Большинство их делается на прозрачной основе, что обеспечивает возможность сочетания различных вариантов. Однако использование карт-накладок создает настолько запутанный зрительный образ (кроме того, условные знаки перекрываются и становятся невидимыми), что на пути исследователя встает психофизиологический барьер — исчезает четкость воспринимаемой картины.

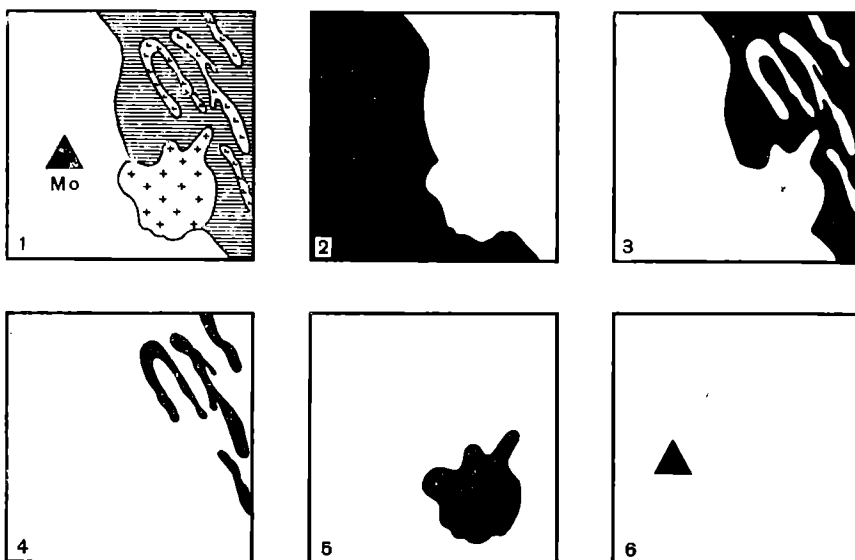
Кроме того, карты обладают еще одним существенным недостатком — они неудобны для формально-логического анализа и использования средств современной вычислительной техники. А ведь именно цифровая электронно-вычислительная машина по скорости действия значительно превосходит возможности человеческого мозга. Как сможет машина читать геологические карты? И перед

нами встала задача научить машину «видеть» карты. Было перепробовано много способов, но только один пока наиболее полно отвечает выдвинутому требованию. Этот способ назван «телевизионным».

Следует отметить, что ЭВМ с давних пор являются помощником геологов. Но выполняют они работы, не требующие чтения карт — например, считают различные геофизические задачи, всевозможные кривые, графики, пересчитывают химические анализы, определяют различные статистические параметры, требующие больших объемов вычислений.

Вспомним, как появляется, например, на фотографиях в газете изображение с помощью точек разной интенсивности окраски (причем изображение может быть как черно-белым, так и цветным). Для черно-белого изображения точки, имеющие разную степень интенсивности окраски и расположенные определенным образом, дают целостное изображение. Если на это изображение набросить координатную сетку и снять с ее помощью координаты каждой точки, записывая всякий раз в каких-то знаках интенсивность их окраски, то получим так называемую «знаковую модель изображения». А как поступить в том случае, если само изображение не дискретно? Очевидно, можно поступить следующим образом: искусственно разделить его на множество дискретных элементов (например, квадратиков) и дальше поступать так, как мы поступили вначале. Причем от размера точек будет зависеть четкость изображения. Отметим, что можно найти метод определения максимальных размеров точек, при котором в изображении уже нельзя узнать образец, а также метод определения минимальных размеров точек, при котором получена такая четкость и детальность изображения, что, если и дальше уменьшать точки, четкость полученного изображения (для глаза или ЭВМ) меняться уже не будет. Полученную знаковую модель изображения ввести в ЭВМ уже не представляет труда. Координаты каждой точки известны, цветовая характеристика — тоже.

Так и было сделано. Геологическая карта разбивалась на элементарные



Схема, показывающая как производится последовательное разложение геологической карты на составляющие ее элементы легенды. Разными знаками показаны осадочные и магматические породы, треугольником — положение месторождения. Для видеоманитофона на отдельных листах зачерняются площади, соответствующие географическому положению отдельного геологического параметра.

квадратики, размер которых выбирался в зависимости от требуемой «четкости изображения». Различные геологические карты на одну и ту же территорию разбивались на квадратики так, чтобы географическое положение каждого квадратика было известно. Ведь квадратик, маленький на карте, на местности может соответствовать обширной территории: размер его может быть и 100 км², и 1 м². Геологические сведения о каждом квадратике записываются в виде вектора следующим образом: в зависимости от надобности каждому геологическому или геофизическому свойству или явлению (или процессу) соответствует в векторе несколько разрядов и в этих частях вектора отмечается, есть ли данный периметр в квадратике или нет, как он себя ведет и т. д. Совокупность квадратиков соответствует изображению геологической карты, а совокупность векторов образует знаковую модель этой карты. При желании можно получить «телевизионное» изображение любого из закодированных геологи-

ческих параметров, «четкость» которого будет зависеть от густоты сетки (т. е. размеров ячеек). Например, чтобы получить изображение на карте степени изменения пород под влиянием теплоты, растворов, давления (метаморфизма), условимся оставлять белыми ячейки, где наблюдается слабый метаморфизм, штриховать ячейки, где отмечается метаморфизм средней интенсивности, и зачернить ячейки, где встречается метаморфизм высоких ступеней. В результате будет получено черное-белое изображение распределения фаций метаморфизма пород в том виде, как его «видит» и анализирует ЭВМ. После того как изображение введено в машину, остается «научить» машину провести необходимый анализ этого изображения и выдать геологу полученный результат.

Здесь открываются большие перспективы для нового направления в геологических исследованиях. Вспомним, что многие науки с хорошо развитой экспериментальной базой и широко использующие математические

методы, имеют в основе тот элементарный объект, из которого строится все здание науки. В механике — это понятие материальной точки, наделенной некоторым набором свойств, вектор напряженности поля — в электродинамике, атом — в химии. Все стройное здание каждой перечисленной из наук базируется на таком элементарном объекте. Все остальное выводится по строгим законам математики и логики. Что же можно взять за такой кирпичик в геологии? Какими свойствами наделить этот объект?

Ядерная физика изучает свойства частиц, из которых построен атом. Частица рассматривается как неделимый элемент системы. Химию интересует атом, его свойства: валентность, атомный вес, способность вступать в соединения с другими атомами. Это следующий уровень, следующий пласт наших знаний. Атом рассматривается как неделимый элемент, из которого конструируются объекты, изучаемые химией, кристаллохимией и другими науками этого уровня исследования.

Нам представляется, что в геологии элементарным объектом должен стать элементарный объем или элементарная ячейка. Вопрос о том, какие свойства окажутся элементарными, а какие будут выводимы из элементарных свойств, еще предстоит решать.

Записью «телевизионными методами» геологических карт в ЭВМ был преодолен очень трудный этап передачи геологических данных машине. Это уже сегодняшний день геологической науки. Но оказалось, что делать таблицы-карты, специально подготовленные для ввода их в «память» ЭВМ, также нелегкое дело: на пути широкого внедрения ЭВМ для анализа геологических карт стоит чисто техническая проблема подготовки знаковых моделей.

А нельзя ли автоматизировать этот процесс? Как будто можно. Представим себе систему, состоящую из видеоманитофона, поискового устройства к нему, ЭВМ, телеэкрана. Допустим, развертка состоит из 1000 строк (техническое телевидение). Можно будет производить с карты считывание на ленту магнитофона. Для формирования ячеек-квадратиков будет применена соответствующая програм-

ма. Максимальная разрешающая способность системы (если допустить, что строки мы разобьем на 1000 точек) будет $1000 \times 1000 = 1\,000\,000$ ячеек. Это очень высокая, практически недостижимая детальность в настоящее время, если использовать существующие методы составления таблиц векторов. Естественно, что при помощи программы можно будет формировать ячейки любого другого размера. Видеоманитофон может запомнить очень большой комплект карт. Нам представляется, что карты будут выглядеть несколько иначе, если пользоваться не цветным видеоманитофоном, а обычным, который записывает черно-белые изображения. Это будут карты с изображением положения или распределения только одного элемента легенды. На рисунке изображено несколько таких «кадров». Пронумеровав их, мы сможем за доли секунды переписывать любые из этих кадров в оперативную память ЭВМ. Результаты, полученные после обработки, можно записать прямо с ЭВМ на ленту видеоманитофона или подать прямо на экран, стоящий перед исследователем. Такова схема.

Теперь помечтаем.

Зал для анализа геологических данных. В глубине зала ЭВМ, рядом с пультом управления большой телеэкран. Несколько в стороне — устройство для считывания карт на ленту магнитофона. С помощью специальной рамки можно строго установить карты перед глазом телекамеры. В зал

входит геолог, в руках у него пачка карт, которые он хочет проанализировать, скажем, для прогнозирования поисков месторождений. На этих картах нанесены самые различные данные — возраст геологических наименований, магматические породы и их состав, все материалы по геохимии, разведочные данные, положение известных месторождений и проявлений металлоносности и т. д. (точность и детальность изображения не ограничены — ведь каждому параметру соответствует свой лист карты).

Геолог последовательно кладет карты перед экраном считывающего устройства видеоманитофона. Данные переписаны, и в следующий раз можно приходить в зал уже просто с лентой видеоманитофона, а не картами. Геолог уже садится за пульт управления ЭВМ перед экраном телевизора. По заданной программе, с различных кадров данные переписываются в оперативную память ЭВМ. В машине производится обработка информации, результаты выдаются на телеэкран и записываются на ленту. Но вот получен неудовлетворительный результат. Новая серия кадров переписывается в запоминающее устройство машины. Новый анализ полученных результатов. Изменяется программа и т. д. Наконец, геолог удовлетворен. За короткое время обработан огромный фактический материал. На перфокартах и лентах, на снимках зафиксирован процесс действий (который сам может стать предметом тщательного

анализа) и программы, а также получившиеся промежуточные результаты.

Итак, работа, на которую в обычных условиях потребовались бы годы, выполнена. Оперативно вызывая в память ЭВМ с видеоманитофона любые сочетания карт, составляя с них практически мгновенно таблицы и анализируя их с помощью всевозможных программ, геолог одновременно видит результаты расчетов на экране и принимает решения. Зрительный канал связи в системе геолог — машина, способный передать очень большое количество данных, таким образом не исключен из анализирующей системы.

Именно так представляется нам первичный этап обработки геологических данных с целью прогнозирования месторождений (такой опыт уже имеется). Это особенно важно, если иметь в виду предполагаемое создание в геологии системы автоматического управления, в основу которой ляжет скоростное, автоматическое, объективное и детальнейшее прогнозирование месторождений.

В настоящее время никаких принципиальных трудностей для создания подобного центра нет. Уже есть видеоманитофоны с нужной разрешающей способностью, ЭВМ с необходимым объемом памяти, есть и приспособления для развертки изображения на экран. Сейчас нужны энтузиасты, организация и соответствующая техническая база.

УДК 681.142; 55

Искусственные гнезда для крякв

Г. М. Русанов

Каспийская орнитологическая станция
Астрахань

Дельта Волги издавна славится богатством птичьего населения, но далеко не всем известно, что из 19 видов уток, пролетающих через дельту и линяющих в ней, лишь одна кряква оказалась способной к гнездованию

в условиях продолжительного половодья. Правда, этим она обязана тому, что ежегодно в дельтовых лесах вороны, сороки, цапли строят тысячи гнезд, которые в последующие годы нередко остаются пустыми. Испыты-

вая большой дефицит в гнездопригодной территории, кряквы заселяют брошенные птицы «дома» на деревьях. Пуск вододелителя на Волге, предназначенного для улучшения условий нереста рыбы, приведет, однако, к тому, что условия гнездования крякв ухудшатся. Это требует заблаговременного принятия мер к сохранению их численности.

В Астраханском заповеднике неоднократно проводились опыты привлечения крякв в искусственные гнезда. Положительные результаты получены лишь в последние три года. Кряквы стали охотно заселять гнезда из ка-

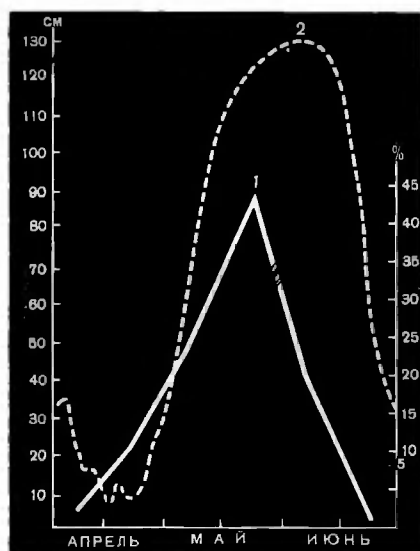


Рис. 1. Сроки заселения искусственных гнезд кряквами в зависимости от хода паводка. 1 — сроки заселения гнезд, выраженные в % от общего количества занятых; 2 — ход половодья.



Рис. 3. Цементное гнездо-чашка, выставленное на кольях с учетом максимального подъема воды.

Фото автора

Таблица

Годы	Гнезда из канареечника			Гнезда-чашки		
	изготовлено	занято кряквой		изготовлено	занято кряквой	
		кол-во	%		кол-во	%
1969	66	38	57,6	—	—	—
1970	92	56	60,9	22	10	45,4
1971	48	27	56,3	95	53	55,8



Рис. 2. Насиживающая кряква на искусственном гнезде открытого типа.

Фото автора

нареечника, выставленные в молодой поросли ивняка или в группах и выше максимального уровня паводка. Такие гнезда очень просты в изготовлении, но страдают существенным недостатком — уже в первом сезоне наблюдаются случаи выпадения яиц, а во втором сезону разрушается более 70% гнезд. На втором и третьем году были выставлены изготовленные заранее алебастровые и цементные гнезда-чашки. При формовке их в лоток закладывалась трава и проволока для крепления к деревьям. Установить такое гнездо на дереве или в поросли дело пяти минут и столько же времени нужно для крепления к лотку гнезда дополнительного жгута из прошлогодней травы шпагатом или концами проволоки. Выполнение этого условия очень важно, так как ока-

залось, что гнезда, выставленные без травы, утками не заселяются. Кряквы, улетающие с гнезда, закрывают травой яйца до появления гнездового пуха, кроме того, трава необходима для сохранения тепла и удержания пуха на лотке в период насиживания.

Реже заселяются гнезда на кольях. Да и установка их требует большей затраты времени, но она вызвана тем, что не везде на берегах протоков есть лес. Гнезда, выставленные на отдельных ивах, заселяются охотнее, если имеют еще и «крышу». А гнезда в густой поросли и в «крыше» не нуждаются, так как хорошо маскируются ветками и листвой. За три года в искусственных гнездах при средней величине кладки 7,6 яиц вывелся 1041 птенец, что составило 3,27 птенца на каждое сохранившееся гнездо (см. таблицу).

Массовое заселение искусственных гнезд проходит в период интенсивного подъема воды (рис. 1), что в первую очередь связано с быстрым уменьшением пригодной для гнездовья площади и гибелью кладок от затопления.

Отдельные гнезда не могут использоваться кряквами, так как заселяются муравьями, осами, жуками-нарывниками или служат кормовым столиком крупным хищным птицам. Гибель кладок наблюдалась и от хищнической деятельности ворон, однако значительно реже, чем в естественных гнездах. Совершенно исключено разорение гнезд четвероногими хищниками.

Несмотря на перечисленные недостатки, применение искусственных гнезд следует считать целесообразным, так как они дают возможность кряквам благополучно выводить утят в разгар половодья и в местах наиболее удобных для гнездования. Затраты на изготовление окупаются в первом сезоне в любых типах гнезд, однако мы рекомендуем цементные гнезда, способные служить несколько лет при незначительном ремонте перед каждым сезоном.

При массовом применении искусственных гнезд в дельте и эффективной борьбе с воронами численность гнездящейся популяции кряквы быстро возрастает.

УДК 598.412

Сигналы пчел в процессе роения

Е. К. Еськов

Кандидат биологических наук
Научно-исследовательский институт пчеловодства
Рыбное, Рязанской области

Проникновение в тайны высокосовершенной звуковой сигнализации среди животных, эволюция которой происходила на фоне огромного многообразия природных звуковых помех, способствует совершенствованию технических систем связи в присутствии мешающих факторов. Вероятно, свой вклад в решение проблемы оптимизации и повышение надежности систем связи может внести выявление способов кодирования звуковых сигналов, используемых в коммуникациях пчел.

Мы исследовали звуковую сигнализацию пчел в процессе роения. Роение, как известно, заключается в том, что часть пчел со старой или новой маткой покидает свое старое гнездо и поселяется в другом жилище, образуя новую семью. Вылетев из улья, роевые пчелы кружатся некоторое время в воздухе, после чего «прививаются» (собираются) вблизи улья, образуя роевую гроздь, представляющую собой явно упорядоченную форму.

Звуковые сигналы, используемые пчелами в процессе роения, в зависимости от их информационной нагрузки характеризуются определенными, стабильными акустическими показателями. Так, пчелы «прививающегося» роя издают интенсивные звуки с пиками на частотах 235 ± 40 и 470 ± 40 гц, первый из которых интенсивнее второго примерно на 6,5 дб (рис. 1). Эти звуки имеют, вероятно, для пчел «прививающегося» роя ориентационное значение (используется для локализации места формирования роевой грозди). Такое предположение основано на способности пчел, собирающихся у приманок, ориентироваться по издаваемым ими звукам.

Как только роевая гроздь сформируется, часть образующих ее пчел («квартирмейстеры») разлетается в поисках жилища. Возвратившись, пчелы сигнализируют о найденном жилище с помощью так называемых «танцев». При большом выборе мест для жилища «танцы» различаются по длительности и направлению движения. Тра-

ектория движения «танцовщиц» определяется расстоянием и направлением к цели полета. В тех случаях, когда роевая гроздь по каким-либо причинам задерживается, часть образующих ее пчел улетает в поисках источников корма и, возвратившись на гроздь, совершает на ней мобилизационные «танцы». Примечательно, что каждый отдельный цикл «танца» «фуражира» и «квартирмейстера» при указании равнонаправленных и равноудаленных целей полета стереотипен. Однако функции их различны. Если задача «квартирмейстера» — найти жилище, то «фуражиры» должны найти источники корма — они ищут его сами (или по «танцам» других пчел) и приносят корм в улей или на роевую гроздь.

Направление к цели полета в «танце» на горизонтальной поверхности роя указывается направлением прямолинейного продвижения «танцовщицы». В «танцах» на вертикальной поверхности это направление определяется углом между направлениями к Солнцу и цели полета. Этот угол по отношению к Солнцу транспортируется (переносится) «танцовщицей» на угол между направлением силы тяжести. При такой ориентации прямолинейное продвижение вверх означает, что цель полета расположена в направлении к Солнцу, продвижение вниз указывает противоположное направление. Продвижение под некоторым углом влево от верхнего направления указывает на цель, находящуюся влево под тем же углом от прямого направления к Солнцу, и т. п.

Сообщение об удаленности цели полета передается звуковым сигналом, издаваемым «танцовщицей» во время прямолинейного продвижения. Это сообщение закодировано в длительности пульсирующего с определенной частотой звукового сигнала. Длительность этих сигналов определяется расстоянием до цели полета и, вероятно, обусловлена энергетическими затратами сигнальщиц на этот полет. Управление длительностью звукового сигнала осуществляется, по-видимому, интегрирующим, запоминающим механизмом, связанным с работой летательного аппарата. Поэтому временные характеристики (длительность и количества

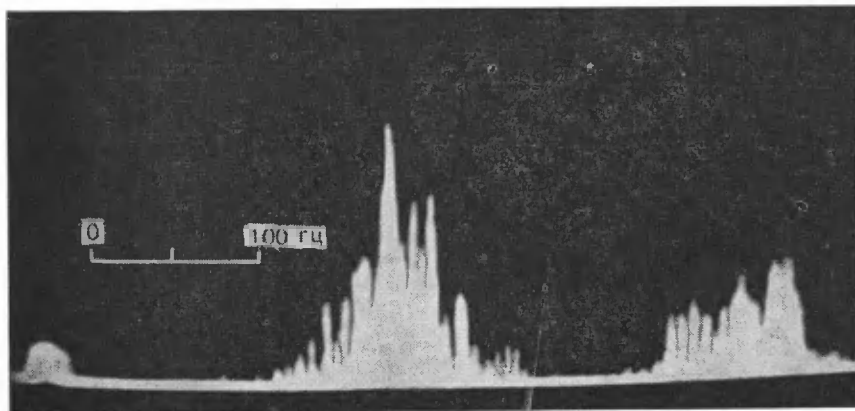


Рис. 1. Спектр звуков, издаваемых «прививающимся» роем в диапазоне частот от 0 до 550 гц.

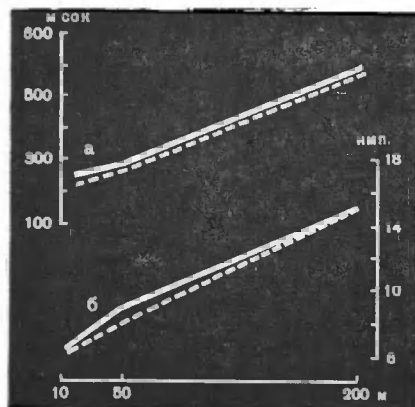


Рис. 2. Изменение длительности звукового сигнала (а) и количества импульсов в нем (б) в связи с изменением расстояния до цели полета в «танцах» «фуражиров» (сплошная линия) и «квартирмейстеров» (прерывистая линия).

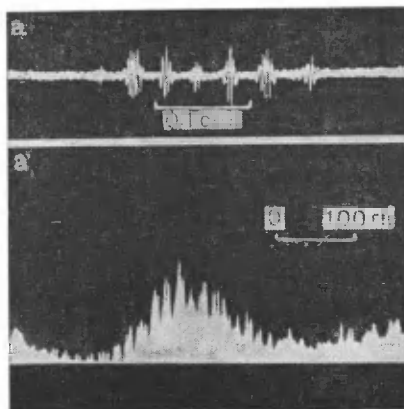


Рис. 3. Осциллограммы и спектры звуковых сигналов, которыми передается сообщение о жилье (а, а') и корме (б, б'), находящийся на расстоянии 10 м от роевой грозди.

импульсов) звуковых сигналов «фуражиров» и «квартирмейстеров», оповещающих о равноудаленных целях полета, не имеют различий (рис. 2).

Спектральные характеристики звуковых сигналов «фуражиров» и «квартирмейстеров» несколько различаются (рис. 3): максимум энергии в сигналах «фуражиров» приходится на диапазон частот от 220 до 385 гц, а у «квартирмейстеров» на 190—330 гц. Отмеченные различия, вероятно, обусловлены коррекцией частотных ха-

рактеристик сигналов в соответствии характеристиками помех (под помехами подразумеваются все звуки, издаваемые пчелами, образующими роевую гроздь), что способствует повышению надежности связи. Действительно, в то время, когда на рое активизируется кормовая мобилизация¹, большая часть звуков, издаваемых пчелами, характеризуется низ-

¹ Кормовая мобилизация — увеличение количества и частоты полетов фуражиров.

кочастотными составляющими. В период активизации «танцев» «квартирмейстеров» начинается подготовка к слету, что связано с использованием пчелами высокочастотных сигналов.

Траектория «танцев» зависит от направления и расстояния до цели полета. Основным элементом танца, несущим информационную нагрузку, является его озвученная часть (т. е. тот его элемент, в течение которого «танцовщица» издает звук). Все танцевальные движения пчелы до выхода



Рис. 4. Фонограмма сигналов пчелы-«квартирмейстера» (по Е. К. Еськову, 1970).

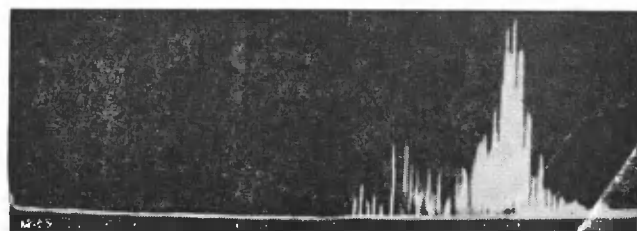
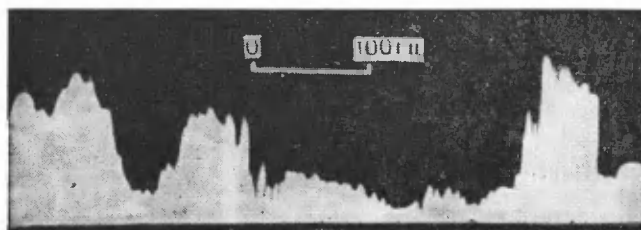


Рис. 5. Сигнал «сбора», передаваемый на фоне слабых (а) и сильных помех (б). Диапазон частот от 0 до 550 гц.

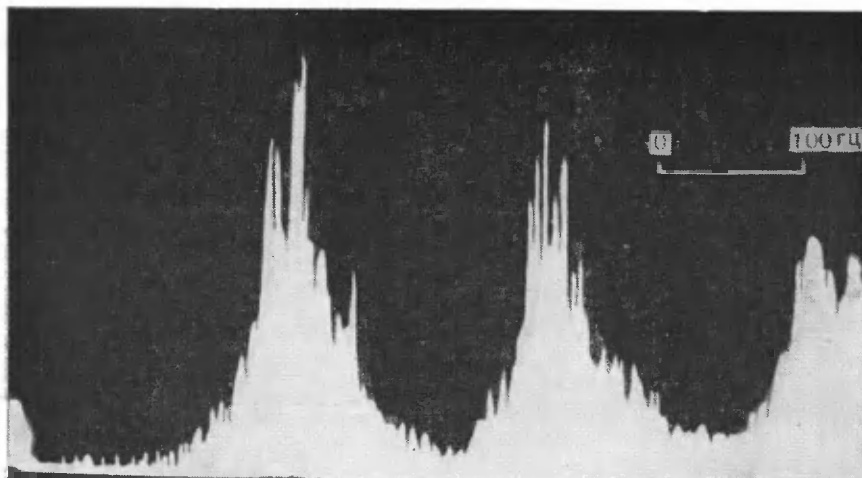


Рис. 6. Спектр сигнала «взлета» в диапазоне частот от 0 до 550 гц.

ее на «озвученную трассу» имеют вспомогательное (возможно, ориентационное) значение и не несут информационной нагрузки. Этот вывод подтверждается уже тем, что как длительность, так и траектория движения пчелы до выхода ее на озвученную трассу может значительно варьировать. Во всех случаях заметна тенденция «танцовщицы» по возможности сократить эту траекторию. Особенно четко прослеживается тенденция к сокращению траектории «холостого пробега» в случаях, когда «танцовщица» передает сообщение о цели полета, расположенной на большом расстоянии. Здесь часто «танцовщица» вместо «восьмерочного танца» (это наиболее типичная форма движения, когда цель полета находится на расстоянии, превышающем 100 м) продвигается по зигзагообразной траектории. В результате общее время одного «танцевального» цикла уменьшается. Это, однако, не отражается на длительности звукового сигнала, подаваемого «танцовщицей».

Информационная роль звуков, издаваемых «танцовщицей», как сигналов дальности доказывается экспериментами, в которых длительность пульсирующих звуковых сигналов «танцовщиц» увеличивали с помощью специальной электроакустической системы¹. Увеличение длительности

сигнала достигалось за счет воспроизведения дополнительно к сигналу «танцовщицы» части ее же сигнала. Сигнал и эта добавка уравнивались по интенсивности и через излучатели подавались пчелам, окружающим «танцовщицу». В результате эти пчелы в соответствии с длительностью добавки летели на расстояние большее, чем то, о котором сообщала «танцовщица». Информационная роль звуковых сигналов «танцовщиц» подтверждается также и тем, что подача интенсивной широкополосной звуковой помехи во время исполнения танцев в несколько раз снижает прилет пчел-новичков к указываемой сигнальщицей цели полета.

Таким образом, сообщение о расстоянии до цели полета кодируется пчелами в длительности пульсирующего звукового сигнала. Информация о направлении к цели полета передается направлением движения «танцовщицы» во время издавания ею звуков.

Сигналами «сбора» пчел являются звуки частотой 450 ± 50 гц. С началом этой сигнализации кормовая мобилизация и полеты за кормом прекращаются, чем предотвращаются потери «фуражиров» в момент слета роя. Сигналы издают «квартирмейстеры», ознакомившиеся с жилищем, сообщение о месте расположения которого получено от других «квартирмейстеров» или его «первооткрывателями» после многократных визитов от улья

к рою. Чаще всего эти звуки издают «квартирмейстеры» перед началом или в паузах между сообщениями о месте нахождения найденного ими жилища (рис. 4). Характеристика сигналов под действием помех изменяется. В частности, спектр сигнала при наличии интенсивных низкочастотных помех расширяется (рис. 5). Расширение спектра обусловлено частотной модуляцией сигнала частотой около 30 гц. Следовательно, повышение помехоустойчивости сигналов достигается их частотной модуляцией.

За 3—5 мин. до слета роя, на грозди появляются пчелы, издающие звуки, спектры которых характеризуются тремя пиками на частотах 175 ± 35 , 350 ± 35 и 525 ± 35 гц. Максимально интенсивные составляющие находятся в диапазоне первого пика, который интенсивнее второго примерно на 0,9, а третьего — на 2,5 дБ (рис. 6). Пчелы, издающие эти звуки, ползают по поверхности роя и машут крыльями. После периода такого возбуждения следует взлет. Частотная характеристика звуков, издаваемых пчелами взлетающего роя, аналогична характеристике звуков «прививающегося».

Итак, частотная и амплитудная модуляция сигналов, используемых роящимися пчелами, а также коррекция их частотных характеристик в зависимости от действующих помех способствуют повышению помехоустойчивости связи. Существование и возможности использования подобного способа кодирования информации были вскрыты человеком и получили практическое применение сравнительно недавно, с развитием телефонной и радиосвязи. Не исключено, что пчелы пользуются и другими, еще не известными способами кодирования информации, которые могут быть использованы в технике связи.

УДК 534.7

¹ Е. К. Еськов. «Журнал общей биологии», 1971, № 2.

Ископаемый жемчуг

Ч. М. Колесников

Кандидат геолого-минералогических наук
Институт геологии и геохронологии докембрия АН СССР
Ленинград

Ископаемый жемчуг — редкая палеонтологическая находка, а между тем без него невозможно изучение процессов образования жемчуга в далеком прошлом и связанных с ним процессов роста и регенерации раковин древних моллюсков.

Изучение жемчугообразования, роста и регенерации раковин моллюсков в эволюционном аспекте в свою очередь помогает более тонкому пониманию этих механизмов в настоящее время, а также открывает пути к восстановлению филогенетических связей между современными и ископаемыми формами.

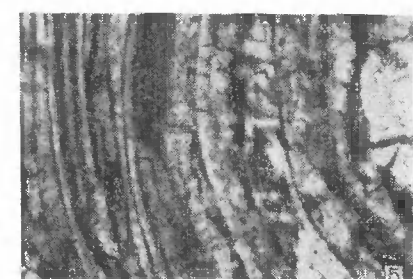
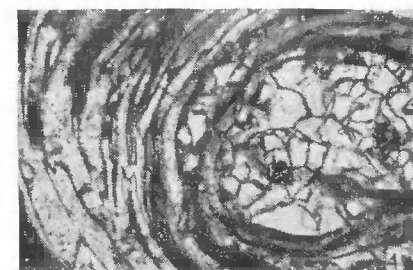
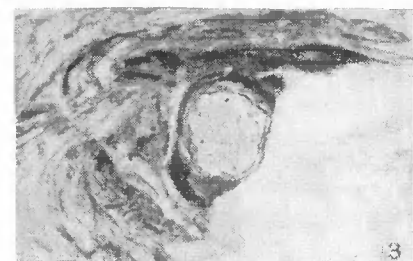
Жемчуг недолговечен, при доступе кислорода он быстро разрушается. Жемчужины теряют блеск, сморщиваются и, наконец, превращаются в пыль. Этому способствуют большая влажность и высокая температура. Иногда жемчужины начинают разрушаться уже через 80 лет, а средняя продолжительность их жизни — 250—300 лет. Однако сохранились жемчужные украшения и шитье, возраст которых превышает 500 лет. В 1544 г. в Риме была вскрыта гробница дочерей знаменитого римского полководца Флавия Стихихона (360—408 гг. н. э.). Среди украшений из золота и драгоценных камней нашли 53 жемчужины. Они сохранили форму, но потеряли блеск и легко растрескались пальцами.

При ограниченном доступе кислорода жемчуг может сохраняться еще дольше. В развалинах Помпей, погребенных под пеплом Везувия в 79 г. н. э., был раскопан скелет женщины с жемчужными серьгами, которые почти не изменились. В коллекциях Государственного Эрмитажа имеются образцы не менее древнего, хорошо сохранившегося ювелирного жемчуга. Среди них 12 жемчужин в золотых подвесках из раскопок в Прикубанье, датированных I в. н. э. Иногда удава-

лось искусственно продлить век жемчужинам. На Древнем Востоке потускневший жемчуг давали домашней птице. Под растворяющим действием кислого желудочного сока жемчужины вновь становились блестящими.

Почему же жемчуг недолговечен? Причина этого — его органическая природа. Жемчуг иногда называют «слезами моллюска», и по праву — своим происхождением он обязан травме. Моллюск как бы защищается от раздражающих инородных тел, попавших в раковину, секретируя вокруг них вещества, подобные тем, из которых состоит раковина. Непременное условие образования жемчуга — проникновение клеток эпителия мантии моллюска в соединительную ткань и образование в ней жемчужной капсулы. Теоретически все моллюски, строящие твердые раковины с помощью мантии, могут давать и жемчуг. И действительно, почти все виды морских и пресноводных моллюсков (пelecипод, гастропод, цефалопод) образуют и жемчуг. Различные участки эпителия мантии моллюсков образуют разные слои раковины. И жемчуг может быть построен из аналогов слоев раковины в разных сочетаниях. Поэтому каждый вид моллюска обладает определенной структурой раковины и соответствующей ей структурой жемчуга.

Ювелирный жемчуг дают лишь те моллюски, в раковинах которых эндостракум — внутренний слой раковины — перламутровый. К таким моллюскам относятся разные виды двусторчатых морских надсемейств Pterioidea, Mytiloidea и пресноводного надсемейства Unionoidea. Среди современного морского и пресноводного жемчуга встречаются не только блестящие перламутровые, но и темные «кожистые» и матовые жемчужины. Растворив их верхний слой, можно превратить такие жемчужины в ювелирные.



Ископаемые жемчужины, найденные в меловых континентальных осадках пустыни Гоби. 1—3 — жемчужины, замурованные в толще перламутровых слоев раковин древних моллюсков (увелич. в 50 раз); 4—5 — поперечные сечения пресноводных ископаемых жемчужин с полным набором слоев (увелич. в 150 и 300 раз).

Древний жемчуг, погребенный в толщах осадочных пород, неплохо сохранился и похож на современный. Самые древние морские ископаемые жемчужины были найдены английским палеонтологом Дж. Смитом в силурийских отложениях (около 40 млн лет). Это были желтые или коричневые жемчужины с перламутровым блеском и концентрической структурой. Ископаемый жемчуг обнаружен и в более молодых отложениях: триасовых, юрских, меловых, миоценовых, плиоценовых осадочных толщах Европы, Америки, Восточной Азии.

До самого последнего времени был известен лишь морской ископаемый жемчуг. Но вот в 1970 г. в пустыне Гоби сотрудники Советско-Монгольской геологической экспедиции собрали в меловых континентальных осадках остатки беспозвоночных. При лабораторных исследованиях этого материала впервые был найден ископаемый пресноводный жемчуг. Он был замурован в толще остатков перламутровых слоев раковин двустороннеячужковых моллюсков, относящихся к разным видам двух родов (*Plicatotrionoides* и *Sainshandia*). Наконец, в 1971 г. еще более древний пресноводный жемчуг, при-

надлежащий различным видам юрского рода *Pseudocardinia*, был обнаружен в образцах из континентальных отложений Средней Азии.

Нами было найдено довольно большое количество пресноводных жемчужин. Это позволило провести их микроскопическое изучение в серии тонких срезов и выполнить химические исследования. Среди пресноводных жемчужин преобладали мелкие, диаметром до 2,5 мм, сферической, эллипсоидальной и полусферической формы. У большинства жемчужин — относительно большое ядро, состоящее из вторичного кальцита. Иногда в ядрах удавалось различить сгустки коричневого органического вещества белковой природы. И что самое любопытное — никаких инородных неорганических тел, которые могли бы вызвать жемчугообразование, обнаружено не было. Как показали анализы, известковые слои жемчужин и раковин построены из кристалликов углекислого кальция в модификации арагонита, скрепленных органической (склеропротеиновой) матрицей.

Слои, слагающие жемчужины, по структуре и химическому составу подобны слоям, из которых состоит раковина. Однако обращает на себя внимание большее сходство жемчуж-

ных слоев с регенерированными участками раковин. Видимо, регенерация раковин и жемчугообразование — генетически сходные процессы. Подмеченная особенность может быть использована для выяснения филогенетических взаимоотношений между различными группами современных и ископаемых моллюсков. Дело в том, что при частичном прижизненном разрушении раковины моллюск, заживая дефекты, образует слои, несколько отличные от слоев самой раковины. При этом микроструктура регенерированных участков раковин оказывается сходной со структурой раковин филогенетически близких предковых форм.

Слои пресноводного жемчуга отличаются по цвету и содержат разные количества органических компонентов, концентрация которых от слоя к слою меняется в той же последовательности, что и в раковинах. Перламутр ископаемого жемчуга и раковин имеет желтовато-кремовый цвет с розовым оттенком. Судя по хорошо сохранившимся фрагментам перламутра, найденный жемчуг когда-то не уступал по красоте современным ювелирным жемчужинам.

УДК 56

Читайте в № 3 журнала «Природа»

Развитие квантовой теории. П. Дирак

Получение металлического водорода. Л. Ф. Верещагин, Р. Г. Архипов

Запах свежего воздуха. М. Т. Дмитриев

Наука об организации и организация науки. А. А. Малиновский

Природные алмазы. В. С. Трофимов

Таинственный остров Лорд-Хау. М. А. Ахметьев

Фауст. Историческая пьеса, написанная и поставленная

в 1932 г. в Копенгагене.

Советские станции на орбите Марса

Внеземной биологический синтез

Есть ли микроорганизмы на Луне?

В поисках «черных дыр»

Непрерывный химический лазер

Дополнительный нагрев плазмы в Токомаке

Лазерная плазма в облачке газа

Хемилюминесценция — индикатор температурной устойчивости растений

Яды морских змей

Химический состав виноградной пыльцы

Новые биологически активные пептиды

ДДТ влияет на биоэнергетику

Исчезающий меланизм

Дятлы и столбы

Летающий ящер

Океаническая кора — на континентах!

Движение хребта Петра I

Происхождение разлома Сан-Андреас

Особенности строения земной коры в Меланезии

Модель сейсмичности Австралии

Добыча конкреций — на повестке дня

Необычное внедрение в базальт

Новое о взаимодействии воздушной и водной среды

Загрязнение атмосферы приводит к потеплению

Пути неолитической революции

Кодекс поведения в отношении диких растений

Международная конвенция о перевозках редких животных

Новости — коротко

Советские станции на орбите Марса

Около 200 дней (с 19 мая по 27 ноября и с 28 мая по 2 декабря 1971 г.) продолжался путь автоматических станций «Марс-2» и «Марс-3» к планете Марс. По трассе полета к Марсу на станциях «Марс-2» и «Марс-3» проведены исследования межпланетной среды. Измерены потоки и различные характеристики частиц солнечного ветра, параметры межпланетных магнитных полей; определены электронные концентрации в межпланетной среде. На автоматической станции «Марс-3» поставлен совместный советско-французский эксперимент «Стерео» по изучению радиоизлучения Солнца. При этом исследовались пространственная структура, направленность и механизм процесса излучения.

За время межпланетного полета получен большой объем данных. Предварительный анализ показывает, что на расстоянии около 20 млн км от Земли наблюдались интересные эффекты в поведении ионных компонентов плазмы, значительные вариации их состава и скорости потока. С приближением к Марсу, когда расстояние от Солнца существенно увеличилось, наблюдалось одновременное уменьшение величины электронной концентрации в межпланетной среде. Интенсивность движения электронов вблизи Марса (электронная температура) оказалась в несколько раз меньше, чем вблизи Земли. Анализ этих явлений даст

возможность лучше понять закономерность распространения солнечной плазмы на различных удалениях от Солнца.

На спускаемом аппарате автоматической станции «Марс-3» установлена аппаратура для измерения температуры и давления атмосферы, масс-спектрометрического определения химического состава атмосферы, измерения скорости ветра, определения химического состава и физико-механических свойств поверхностного слоя, а также получения панорамы с помощью телевизионных камер. В области перигея с помощью инфракрасного радиометра получены данные об изменении температуры по поверхности Марса. На участках, где проводились измерения, температура не превышала -15°C . На ночной стороне планеты обнаружена точка, температура которой выше температуры окружающей поверхности примерно на $20\text{--}25^{\circ}$. Природа этого явления пока неизвестна.

Обращают на себя внимание резкие различия яркости, полученные при наблюдении поверхности через разные светофильтры фотометром видимого диапазона. Анализ отдельных измерений дал информацию о цветовых различиях отдельных районов и участков поверхности.

Измерения водяного пара показали, что влаги в атмосфере Марса, как и ожидалось, мало, и в измеренных точках количество ее не превышает 5 мк осаждаемой воды, что в сотни тысяч раз меньше, чем в нашей атмосфере.

Получены данные об интенсивности теплового излучения Марса в радиодиапазоне и характере его поляризации вдоль диска планеты. Это позво-

ляет определить эффективную температуру подповерхностного слоя, оценить его диэлектрическую проницаемость и среднюю плотность вещества. Начато фотографирование поверхности Марса, однако условия получения фотоснимков осложнены длительной пылевой бурей.

Из сообщения ТАСС

Внеземной биологический синтез

В декабре прошлого года американский ученый С. Поннамперума¹ (НАСА, Эймс, США) доказал, что аминокислоты, обнаруженные в метеорите, упавшем 28 сентября 1968 г. вблизи Мерчисона (Австралия), внеземного происхождения.

Недавно Х. Оро с сотрудниками (Хьюстон, США) сообщили результаты своих исследований этого же метеорита. Анализ органических соединений из метеорита методом газовой хроматографии и масс-спектрометрии подтвердил данные С. Поннамперумы. Авторы брали образцы для исследования с глубины 2 см от поверхности куска метеорита, почти полностью покрытого оплавленным панцирем без видимых разрывов. В метеоритном веществе обнаружены следующие аминокислоты: глицин (преобладающее количество), аланин, 2-метилаланин, аминокислота, валин, глутаминовая кислота, пролин, саркозин и некоторое количество лейцина.

Полученные аминокислоты содержали примерно равное количество право- и левовращающих аминокислот, в то время как аминокислоты земного происхождения представлены главным образом левовращающими конфигурациями. В ископаемых соотношении между двумя конфигурациями стремится к уравниванию во времени, и равенство достигается примерно к возрасту 100 тыс. лет.

Присутствие двух конфигураций аминокислот в примерно равном соотношении в метеорите может быть объяснено внеземным происхождением аминокислот или их принадлежностью к старым слоям Земли, в которые запылился метеорит.

Исследователи считают, что возможны четыре пути химического образования аминокислот: внеземной биологический синтез; обширный диagenез или перегруппировка компонентов метеорита; образование веществ в процессе полета метеорита через земную атмосферу; химический синтез во время эксперимента.

Хотя последние возможности не могут быть опровергнуты, авторы считают первый способ синтеза более вероятным. Кроме того, исследование метеорита на присутствие углеводов показало наличие некоторых ароматических углеводов.

«Nature», v. 230, 1971, № 5289, pp. 105—107 (Англия).

Есть ли микроорганизмы на Луне?

Для выяснения дискуссионного вопроса о наличии микрофлоры на Луне американские исследователи Г. Тейлор, Ж. Фергюсон и К. Траби провели анализ лунного вещества, доставленного на Землю в условиях полной стерильности. При этом авторы исследовали образцы, взятые непосредственно с поверхности Луны, а также из более глубоких слоев. Эксперименты проводились в специально оборудованном биологическом боксе путем высева тонкоизмельченных образцов лунного вещества (размер частиц 1,5—2 м) на расплавленный 3%-ный очищенный агар, кровяной агар, среду Чапека — Докса, декстрозный агар и шесть различных по составу водно-иловых питательных сред. После инкубации каждой зараженной среды при различных температурах (4—55°С) в атмосфере воздуха, азота или 10%-ного углекислого газа в течение 21 дня ни на одной из испытываемых сред не был обнаружен

рост микроорганизмов. Таким образом, микробиологам приходится решать сложную задачу.

Действительно ли, отсутствие роста микроорганизмов в изученных условиях связано с отсутствием микрофлоры в лунном веществе или полученные результаты свидетельствуют только о подавлении роста имевшихся микроорганизмов самим лунным веществом или, наконец, о неспособности бактерий расти на испытанных питательных средах? Ответы на эти нерешенные вопросы, как полагают авторы, могут быть получены только после проведения дополнительных исследований.

«App. Microbiol.», v. 20, 1970, № 2, p. 271 (США).

В поисках «черных дыр»

Общая теория относительности позволяет предсказывать существование звезд, ставших невидимыми для внешнего наблюдателя, названных «черными дырами»¹. Согласно теории, звезда, обладающая массой больше 1,4 солнечных масс, израсходовав свое ядерное «горючее», переходит стадию гравитационного сжатия — коллапса — и превращается в коллапсар, или «черную дыру».

В последние годы астрофизики усиленно ищут доказательства существования подобных гравитационных ям. Сколлапсировавшую звезду можно обнаружить по ее гравитационному влиянию на движение других объектов. Имеются основания предполагать наличие мощного рентгеновского излучения от «черной дыры», если она окружена достаточно плотным газовым облаком. Искать «черные дыры» разумнее там, где их гравитирующее влияние наиболее сильно — в составе таких двойных звездных систем, где при помощи оптических инструментов наблюдается лишь один компонент, а другой — невидим.

Американские астрофизики Г. В. Гиббонс и С. В. Хаукинг предлагают искать коллапсары в составе тех

¹ «Природа», 1971, № 7, стр. 104.

¹ «Природа», 1971, № 9, стр. 101.

двойных систем, где орбита видимой звезды сильно вытянута. «Подозрительными» оказались звездные системы HD 176318, HD 194495 и 201 GSgr. Есть основания полагать, что и в составе хорошо известной двойной звезды β из созвездия Лиры тоже окажется коллапсар. Возможно, что через несколько лет астрономы найдут «черные дыры» — объекты, предсказанные теоретиками. А пока — поиски продолжаются.

«Nature», v. 232, 1971, № 5311, p. 465; v. 233, 1971, № 5315 (Англия).

Непрерывный химический лазер

Разработка химических оптических квантовых генераторов — одно из прогрессирующих направлений квантовой электроники. В СССР (ФИАН)¹ и за рубежом (Корнеллский университет, США) создан химический лазер непрерывного действия без внешнего инициирования реакции. В основе этого лазера лежат физические и химические процессы, происходящие при смешении двух газовых потоков. В смесь газов F_2 , He и NO, прокачиваемую с большой скоростью, инжектируется поток D_2 и CO_2 . При этом возникает цепная химическая реакция фтора (F_2) с дейтерием (D_2), в результате которой образуются колебательно-возбужденные молекулы DF.

При столкновениях этих молекул с молекулами CO_2 происходит эффективная передача колебательной энергии на определенный энергетический уровень CO_2 с установлением в углекислом газе инверсной заселенности уровней и появлением в резонаторе генерации на длине волны 10,6 мкм.

Начальная концентрация атомов F_2 , необходимая для инициирования основной реакции, возникала за счет реакции F_2 с NO. Таким образом, созданный непрерывный лазер, благодаря применению для инициирования

вспомогательной химической реакции, не требует никаких внешних источников питания.

Кроме этого принципиально важного достижения можно отметить еще два момента. В данном лазере применена одна из наиболее энергоемких реакций, дающая большой запас химической энергии на единичное количество исходных реагентов. В этом эксперименте использована идея передачи энергии от одних молекул (DF) другим (CO_2) для поддержания инверсии в системе, что приводит к резкому увеличению эффективности преобразования химической энергии в энергию излучения.

Подобные лазерные системы особенно перспективны для использования в космосе, где снимается ряд трудностей, связанных с агрессивностью продуктов реакций и необходимостью быстрой откачки больших количеств газа.

Е. Л. Кошелев
Москва

Дополнительный нагрев плазмы в Токомаке

Как известно, один из наиболее перспективных путей получения управляемой термоядерной реакции разрабатывается на установках типа Токомак. Руководители этих работ поставили перед группой сотрудников физического факультета МГУ Ю. Н. Днестровским, Д. П. Костомаровым и Н. Л. Павловой задачу рассчитать основные параметры плазмы, если во время опыта дополнительно сжимать плазму при помощи увеличения основного продольного¹ магнитного поля Н.

Расчеты показали, что если увеличивать магнитное поле по линейному закону от 15 кэ до 40 кэ в течение 5 мсек, то плотность в плазме изменяет свое распределение и в центре плазменного тора (кольца) достигает $9 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$. Вместе с тем энергетическое время τ_E увеличивается от 4 до 100 мсек., а температуры: ионная от 3,5 до 10 млн °К, а электронная от 6 до 23 млн °К.

Напомним, что условие положительного энергетического выхода термоядерной реакции при 100 млн °К $n\tau > 10^{14}$. В данном случае вблизи оси тора должно быть $n\tau \approx 10^{16}$. К сожалению, и в этом случае еще нужно заметное увеличение температуры.

Во всяком случае приведенные теоретические расчеты дают надежду на возможность еще одного шага к управляемой термоядерной реакции.

«Письма в ЖЭТФ», т. 13, 1971, вып. 12, стр. 697.

Лазерная плазма в облачке газа

При световом пробое в газах¹ из-за распространения пробоя навстречу лучу лазера затруднено получение больших концентраций энерговыделения. Сотрудники Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР Г. А. Аскаръян и Н. М. Тарасова впервые получили световую искру в малом облачке газа в вакууме.

Клапан с легкой мембраной, отбрасываемой током разряда конденсатора, за 10^{-4} сек. напускал облачко азота или аргона в зону фокуса линзы. Давление газа в момент развития искры могло меняться за счет задержки на 100—200 мсек между началом срабатывания клапана и лазерным импульсом, подбора давления над мембраной клапана и изменения положения фокуса линзы относительно центра облачка.

При сдвиге фокуса ближе к переднему краю облачка длина искры уменьшается. При очень больших

¹ Подробнее см. «Письма в ЖЭТФ», т. 13, 1971, вып. 9, стр. 496.

¹ «Природа», 1969, № 8, стр. 2—13.

¹ См. Г. А. Аскаръян, Ю. П. Райзер. Световая искра — миниатюрный взрыв. «Природа», 1968, № 6, стр. 60—65.

мощностях уменьшение длины искры в облачке, по сравнению с длиной в однородном газе, наибольшие, когда ее длина превосходит размеры облачка. В этом случае вся световая энергия доходит до концентрированной плазмы вблизи фокуса линзы, и можно надеяться на получение высокой температуры плазмы и большой скорости ее разлета.

Выброс плазмы может быть направленным в сторону уменьшения плотности газа и уносит при этом большую часть энергии.

Приложение внешнего магнитного поля приближает разлет плазмы к линейному и дает возможность осуществить направленный выброс «огненного шара» световой искры. Полное количество плазмы составило примерно 10^{16} частиц.

Проведенные опыты могут быть использованы для создания и ускорения чистой горячей плазмы, для заполнения плазмой магнитных ловушек, для получения очень высоких температур в световой искре и для многих других целей.

«Письма в ЖЭТФ», т. 14, 1971, вып. 2, стр. 89.

Хемилюминесценция — индикатор температурной устойчивости растений

Один из способов прижизненного наблюдения тканей или органов растений и животных основан на явлении сверхслабого свечения (хемилюминесценции), открытого несколько десятилетий назад. Интенсивность этого свечения, умножаемого фотоэлектроумножителем, может быть связана с физиологическим состоянием объекта. Причем спонтанную хемилюминесценцию можно зарегистрировать только от не пигментированных органов растений (корни, этиолированные листья). Напротив, фотоиндуцированная хемилюминесценция непосредственно связана с рас-

тительными пигментами и отражает способность хлорофилла к длительному свечению после воздействия видимым светом.

Группой сотрудников кафедры биофизики МГУ было разработано специальное устройство для линейного изменения в экспериментах температуры биологических объектов в интервале от -20 до $+70^\circ\text{C}$ с точностью $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Такое устройство было использовано для получения температурных диаграмм фотоиндуцированной хемилюминесценции листьев растений, что позволяет оценивать их жаро- и морозоустойчивость.

При изучении температурной зависимости свечения в области отрицательных температур было обнаружено совпадение максимумов фотоиндуцированной и спонтанной хемилюминесценции и повышение температуры листа в этот момент на несколько градусов. Такой температурный максимум обусловлен разогревом листа за счет скрытой теплоты плавления, выделяющейся при образовании льда из внутриклеточной воды, т. е. в его основе лежит чисто физическое явление. Кроме «физического» температурного максимума, для фотоиндуцированной хемилюминесценции характерен «физиологический» температурный максимум, непосредственно связанный с фотосинтезом. Так, у листа озимой пшеницы, выращенной в люминостате, при понижении температуры сначала появляется «физический», а затем «физиологический» температурные максимумы. Но у пшеницы, выращенной в полевых условиях, в ноябре — декабре, когда растение подготовилось к зиме и его морозоустойчивость повысилась, оба максимума не только сдвигаются в более отрицательную область, но даже меняются местами (сначала «физиологический», а потом «физический»). Нагревание объекта также сопровождается появлением температурного максимума хемилюминесценции.

Наблюдаемые при нагревании или охлаждении температурные максимумы не означают гибели растений, а отражают критическое состояние, известное под названием «температурной комы», которое связано с обратимой денатурацией белков прото-

плазмы. Если температурное воздействие быстро прекращается, растение выживает, в противном случае наступает гибель организма.

На основании собственных исследований и физиологических характеристик изученных растений авторы определяют область между «положительным» и «физиологическим» температурными максимумами как биокинетическую зону физиологически активного существования данного вида или сорта растения.

Опыты на озимых сортах пшеницы в полевых условиях показали, что в процессе развития растения происходят изменения не только его морозо- и жароустойчивости, но и величины биокинетической зоны.

Таким образом, данный метод позволит сельскохозяйственной практике сэкономить годы, идущие на определение границ биокинетической зоны новых сортов растений.

«Физиология растений», т. 18, 1971, вып. 3, стр. 388.

Яды морских змей

В последние годы достигнуты значительные успехи в области расшифровки химического строения ядов змей, и доказано, что в состав ядов входят соединения, активно влияющие на процессы жизнедеятельности организма.

Сотрудники лаборатории биохимии университета в штате Колорадо (США) А. Ту, Б. Хонг и Т. Солье¹ провели исследование яда морской змеи *Laticauda semifasciata*, обитающей у берегов Филиппинских островов.

Разделением на колонке с сефадексом (G-50) авторы получили пять фракций, из которых только одна обладала высокой токсичностью в опытах на мышах. Дальнейшее фракционирование активного продукта с помощью метода ионообменной хроматографии на колонках с карбоксиметилцеллюлозой позволило выделить в гомогенном состоянии два токсина, летальность которых для мышей в

¹ «Biochemistry», v. 10, 1971, № 8, p. 1295.

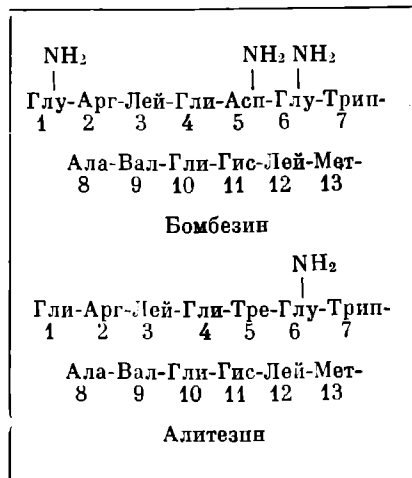
5—7 раз превышала летальность неочищенного яда.

Оба токсина с молекулярным весом 6800 имеют сходный аминокислотный состав (содержат соответственно 61 и 62 аминокислотных остатка) и представляют собой линейные полипептиды, не содержащие дисульфидных связей, с N-концевым аспарагином и C-концевой аспарагиновой кислотой.

Интересно, что выделенные токсины оказались устойчивыми к действию различных физико-химических факторов. Так, например, нагревание их до 100° в течение 30 мин. или изменение величины pH раствора от 1 до 11 практически не снижали токсичности этих белков.

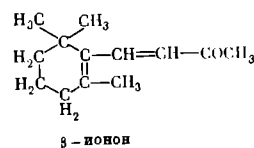
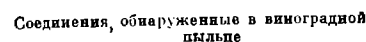
Оказалось, что яды других морских и сухопутных змей, в частности *Ephedrina schistosa*¹, а также кобры *Nemachatus haemachatus*², содержали токсические белки, весьма сходные по своим молекулярным весам и аминокислотному составу с токсином *Laticanda semifaciata*.

Л. И. Стекольников
Кандидат биологических наук
Москва

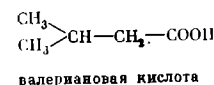


Исследование биологических свойств этих соединений показало, что они вызывают повышение кровяного давления у собак, стимулируют деятельность матки у собак и желудочную секрецию у собак и цыплят, усиливают активный транспорт ионов хлора через мембраны и обладают гипергликемическим действием у крыс и собак.

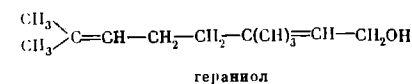
«Experientia», v. 27, 1971, № 2, p. 166
(Швейцария).



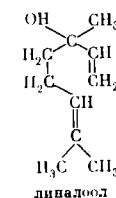
§ - ИОНОВ



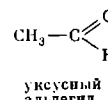
валериановая кислота



гераниол



дина.00.7



УКСУСНЫЙ
ОПЛОТ

было обнаружено 18 компонентов, а в Алиготе — 16. 13 химических веществ оказались общими для обоих сортов винограда: изобутанол, гексил-ацетат, гексанол, уксусная кислота, валериановая кислота, цис-гексен-3-ол, линалоол, нерол, гераниол, бензилацетат, гексилкапроат, изобутил-капроат и уксусный альдегид. Вме-сте с тем в Мускате содержатся так-же изопропилацетат, этанол, изопен-танол и этилкапроат, а в Алиготе — пентанол, гексаналь и ацетфенилэтанол.

С помощью метода тонкослойной хроматографии в эфирном масле пыльцы мускатного винограда были обнаружены терпеноидные соединения, в частности фарнезол, гераниол и β -ионон. Хроматографически были выявлены 13 альдегидов, 9 из которых удалось идентифицировать: фурфурол, муравьиный, уксусный, пропионовый, изомасляный, изовалериановый, гексильный, энантовый и каприловый альдегиды.

Таким образом, установлено, что в эфирном масле виноградной пыльцы содержатся различные спирты, сложные эфиры, органические кислоты, альдегиды и терпены.

ДАН, т. 199, 1971, № 6, стр. 1439.

Новые биологически-активные пептиды

Группой сотрудников Миланского института медицинской фармакологии (Италии) изучен химический состав некоторых соединений, находящихся в коже амфибий. Авторам удалось выделить из кожи *Alytes obstetricans* и *Bombina bombina* два ранее не известных соединения, названных соответственно алитезин и бомбезин. Как видно из рисунка, оба соединения представляют собой сравнительно низкомолекулярные пептиды, отличающиеся друг от друга двумя аминокислотами в положениях 1 и 5.

Химический состав виноградной пыльцы

Известно, что цветочные пыльцевые зерна многих растений чрезвычайно богаты различными химическими веществами. В последние годы достигнуты значительные успехи в области выделения и идентификации многих соединений, играющих важную роль в жизнедеятельности организма.

В Институте биохимии им. А. Н. Баха АН СССР И. А. Егоров и Р. Х. Егфарова провели исследование эфирного масла цветочной пыльцы винограда. Были использованы два сорта — Мускат Александрийский и Алиготе, произрастающие на Южном берегу Крыма.

Методом газожидкостной хроматографии в эфирном масле Муската

¹ «J. Biol. Chem.», v. 246, 1971, No 4, p. 1012.

² «J. Biol. Chem.», v. 246, 1971, № 5, p. 1341.

ДДТ влияет на биоэнергетику клетки

Среди ядов, широко применяемых человеком, одно из первых мест принадлежит дихлордифенилтрихлорметилметану, или ДДТ. По данным ФАО, в 1966 г. в биосферу поступило около 60 тыс. м³ ДДТ¹.

Работы, изучающие механизм действия ДДТ на живые существа, показали, что под влиянием ДДТ нарушается система энергообеспечения клетки. Так, на субклеточных препаратах домашней мухи (*Musca domestica*) было продемонстрировано, что ДДТ ингибирует синтез АТФ и окисление промежуточных соединений цикла Кребса. Интересно также, что ДДТ ингибирует один из видов АТФ-азы мозга крыс². Полагают, что ингибируемая ферментативная активность участвует в процессах энергообеспечения транспорта ионов через мембраны.

Дж. Боус и Р. Джи (Калифорнийский университет, США) на хлоропластах шпината, ячменя и зеленых водорослей *Codium fragile* и *Chaetomorpha aerea* показали, что ДДТ — мощный ингибитор фотосинтетического механизма³. По мнению Боуса и Джи, ингибированию подвергается транспорт электронов по цепи окислительно-восстановительных переносчиков хлоропластов. Удалось приблизительно определить место действия ДДТ, которое, по мнению авторов, расположено вблизи от фотосистемы. Интересно, что метаболит ДДТ — ДДЕ также оказался мощным ингибитором транспорта электронов. Этот факт нельзя недооценивать, поскольку ДДЕ весьма распространено в современных экосистемах: основная часть ДДТ, падающего в организм птицы с пищей, накапливается в тканях птицы именно в форме ДДЕ.

Авторы установили также количественный показатель ингибирующего действия ДДТ и ДДЕ — концентрацию

ингибитора, при которой транспорт электронов подавляется на 50%. Эта величина составила 2×10^{-5} М и для ДДТ и для ДДЕ.

С одной стороны, данные Боуса и Джи легко могут быть поняты, если принять во внимание общность биоэнергетических механизмов хлоропластов и митохондрий, из которой следует, что раз ДДТ ингибирует биоэнергетику животных, то естественно ожидать, что и у растений ДДТ будет ингибировать биоэнергетику. С другой стороны, сами эти данные в свою очередь помогают понять результаты исследования действия ДДТ на фитопланктон.

Было показано, что усвоение углекислоты, которое является окончательным итогом сложного комплекса фотосинтетических процессов, включающего транспорт электронов, резко уменьшается при добавлении в воду небольших количеств ДДТ¹. Учитывая данные Боуса и Джи, можно предположить, что уменьшение ассимиляции углекислоты вызвано ингибированием транспорта электронов.

Исследование Дж. Боуса и Р. Джи еще раз напоминает о той ответственности, с которой человек должен использовать ядохимикаты в окружающей его природе.

С. А. Остроумов
Москва

Исчезающий меланизм

По мере интенсивного загрязнения биосферы светлые формы бабочек и других насекомых заменялись темными, менее заметными для врагов на загрязненных поверхностях. Это явление, получившее название индустриального меланизма, прослежено примерно на 80 видах бабочек. Наиболее изучена в этом отношении березовая пяденица (*Biston betularia*).

Еще в 1961 г. Я. Я. Лус, проанализировав изменение окраски у двукотной божьей коровки (*Adalia bipunctata*), пришел к выводу о существовании индустриального меланизма и у этого вида. Е. Р. Крид², в течение 10 лет наблюдая встречаемость темных и красных форм *Adalia bi-*

punctata в Бирмингеме (Англия), установил, что во всех шести исследованных популяциях этого вида начиная с 1960 г. процент темных постепенно сокращается (с 45 до 25%). Это сокращение численности темных божьих коровок, видимо, связано с заметным очищением атмосферы: загрязненность воздуха в этом районе сажой и копотью с 1960 г. по 1969 г. сократилась вдвое.

Причиной этих изменений, вероятнее всего, служит действие естественного отбора, изменившего свое направление в результате изменений в составе атмосферы. Этот пример еще раз показывает, что только длительные наблюдения в природных популяциях позволяют вскрыть текущие микроэволюционные процессы. Получение точных данных о параметрах (давлении, направлении) микроэволюционных процессов необходимо для сознательного управления процессом эволюции. Весьма возможно, что массовые виды насекомых, сохраняющиеся пока в достаточном количестве даже в промышленных районах нашей планеты, окажутся как раз этими удачными объектами исследования для получения таких данных.

А. В. Яблоков
Доктор биологических наук
Москва

Дятлы и столбы

На значительной части территории США в результате интенсивной деятельности дятлов *Dryocopus pileatus* и *Melanerpes erythrocephalus* приходят в полную негодность опорные столбы, так как птицы выдалбливают в их мягкой древесине дупла и большое количество «пробных» отверстий. В ряде районов, где вред, причиненный дятлами, был особенно велик, некоторые компании стали обрабатывать поверхность столбов креозотом и пентахлорфенолом. Однако эти антисептики, обычно защищающие столбы от всех вредителей, оказались бессильными против дятлов. Большое количество других испробованных химических средств и пахучих веществ, а также отвлекающие при

¹ «IUCN Publ. New Ser.», 1970, № 17, p. 82—94.

² «Science», v. 166, 1969, p. 121.

³ «J. Bioenerg.», 1971, № 1, p. 47—60.

¹ «Science», v. 167, 1970, p. 1724.

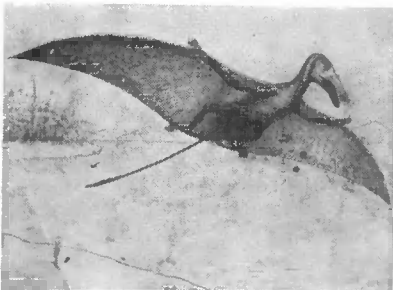
² «Evolution», v. 25, 1971, № 2, pp. 290—293.

маночные дуплянки, которые вывешивались на столбах, также не давали положительного результата. Обертывание верхней части ствола колючей проволокой или нанесение красящих покрытий, делающих поверхность столбов гладкой и твердой, затрудняли присаживание дятлов, но вместе с тем делали невозможной работу монтеров с кошками. В последнее время предложено защищать столбы порошком гравия в эпоксидной смоле, вулканизированными волокнами или акриловыми пленками. Полагают, что такие покрытия будут надежны в течение нескольких лет, однако многие специалисты сомневаются в эффективности этого способа защиты.

«Forest Products J.», v. 20, 1970, № 11, p. 54 (США).

Летающий ящер

Экспедиция Палеонтологического института АН СССР (руководитель А. Г. Шаров) провела десятый полевой сезон в отрогах Каратау (Казахская ССР). В окаменевших осадках озера, существовавшего примерно 140 млн лет назад в юрском периоде, учеными обнаружены остатки (см. фото на 2-й стр. обложки) летающих ящеров — рамифоринхов. Один из таких ящеров назван *Sordes pilosus* Shar., что в переводе означает «нечисть волосатая». Найденный экземпляр хорошо сохранился. По нему можно определить особенности строения черепа и скелета, а также распределение волосяного покрова по телу животного. Шерсть была довольно густой и достигала 6 мм в длину. Длина тела ящера — около 35 см



Реконструкция ящера *sordes pilosus* Shar., выполненная А. Г. Шаровым.

(включая хвост), размах крыльев — около 60 см. Это уже четвертый экземпляр указанного вида, найденный в том же месте.

П. Г. Абелин
Москва

Океаническая кора — на континентах!

Проводимое в последние годы бурение дна океанов вскрывает слой неуплотненных осадков и прекращается, как только скважины достигают очень твердых кремнистых или вулканических пород. Обработка данных об этих породах, а также о породах, поднятых со склонов рифтовых долин срединно-океанических хребтов и бортов глубоководных впадин, дало основание А. В. Пейве и его соавторам высказать гипотезу о строении земной коры под океанами¹. Согласно их предположению, существует 5 слоев (сверху вниз): 1) глубоководные глинистые, карбонатные и глинисто-кремнистые осадки, переслаивающиеся с прослоями и пачками кремней; 2) толеитовые базальты (разновидность базальтов с пониженным содержанием кремнезема); 3) зеленокаменные породы, возникшие за счет изменения толеитовых базальтов и их туфов, а также долеритов (крупно-среднезернистых базальтов); 4) глубинные породы основного состава (габброиды) и амфиболиты (возникли за счет глубокого изменения габброидов); 5) ультраосновные породы. Эти последние представляют верхнюю мантию, а слой 4 (и отчасти 3) соответствует так называемому «базальтовому слою».

Исключительный интерес представляет то, что приведенный разрез коры океанического типа сопоставляется с разрезом так называемых офиолитовых серий² континентов, что никем прежде не отмечалось. Мало того, широко было распространено представление, что все отложения материков — это осадки шельфа или низменных равнин. Ныне же установ-

лено, что кора океанического типа существует на Урале, на Камчатке, в Италии, в Калифорнии, на Новой Гвинее и в ряде других мест.

Упомянутое открытие относится к числу наиболее выдающихся в современной геологии, так как способствует познанию важнейших глобальных геологических закономерностей.

Ю. М. Пущаровский
Доктор геолого-минералогических наук
Москва

Движение хребта Петра I

Около поселка Гарм в Таджикистане, там, где сходятся отроги хребтов Гиссарского и Петра I, в последнее двадцатилетие точнейшими геодезическими методами неоднократно измеряли положения различных пунктов. За период относительного сейсмического затишья с 1949—1950 гг. по 1968 г. все пункты в массиве хребта Петра I сдвинулись в направлении Гиссарского хребта (на северо-запад) на величины от 176 до 422 мм. При этом годовой сдвиг изменялся от 9 до 22 мм. Вертикальные движения в этом районе оказались в 4 раза меньше. Но в периоды, близкие к крупным землетрясениям, интенсивность и направленность горизонтальных и вертикальных движений сравнительно резко меняются. В частности, вертикальные движения могут достигать величин горизонтальных сдвигов. Поэтому по скоростям и градиентам скоростей движений точек с учетом изменения векторов сдвигов можно определять силу и время разрядки тектонических напряжений, приводящей к сейсмическим явлениям.

«Геотектоника», 1971, № 5, стр. 111—117.

Происхождение разлома Сан-Андреас

До сих пор высказывались предположения, что известный разлом земной коры Сан-Андреас, протянувшийся через штат Калифорния вплоть до границ Мексики, может быть связан с подводным Восточно-Тихоокеанским

¹ ДАН, т. 196, 1971, № 3, стр. 657—659.

² Совокупность ультраосновных и основных магматических пород, а также кремнистых пород и глубоководных известняков.

поднятием, которое, по-видимому, заканчивается в Калифорнийском заливе. Однако фактических доказательств этой связи не было.

Результаты продолжавшейся более месяца сейсмической съемки северной части этого залива подтверждают, что разлом действительно соприкасается с подводным центром расширения дна, в точке, находящейся примерно в 100 км к юго-востоку от устья р. Колорадо. Северная оконечность разлома Сан-Андреас соединяется с другим центром расширения дна, который находится у берегов штата Орегон.

Дж. Л. Бишоф и Т. Л. Хейни (Университет Южной Калифорнии) считают, что именно эти два центра расширения дна океана являются источниками энергии, порождающей землетрясения, столь частые вдоль разлома Сан-Андреас. Центр, расположенный в Калифорнийском заливе, вызывает движение коры, находящейся к западу от разлома, в направлении на северо-запад по отношению к восточному краю разлома. Это относительно движение двух «берегов» разлома и приводит к накоплению напряжений в глубинных породах, которое в конце концов разряжается в очередном подземном толчке землетрясения.

«Science News», v. 99, 1971, № 20, p. 334 (США).

Особенности строения земной коры в Меланезии

Исследования строения земной коры сейсмическими и гравиметрическими методами в районе Меланезии, лежащем между Австралией и Новой Зеландией, давали весьма разноречивые результаты. Анализ большого количества новых сейсмических данных, проведенный сотрудниками Скриппсовского океанографического института (Ла-Хойя, штат Калифорния), позволил прояснить эту весьма запутанную геологическую картину.

Оказалось, что тектоническое строение подводного поднятия Лорд-Хау идентично строению континента Австралии и что подводный хребет

Норфолк также, по-видимому, имеет континентальное происхождение. С другой стороны, Тасманский и Новокаледонский бассейны, очевидно, имеют океаническую структуру.

Такое разнообразие геологических характеристик, принадлежащих соседствующим районам, по мнению исследователей, есть следствие сложной тектонической истории всей этой области в целом. Очевидно, подводное плато Фиджи в прошлом испытало существенное поднятие, а в настоящее время здесь, по-видимому, происходит активный процесс расширения дна океана.

Островные дуги этой области также испытывают расширение. Центральная часть всей данной области в определенное время прошла через стадию расширения коры, но теперь этот процесс прекратился и произошло ее некоторое погружение.

Все эти геологические и тектонические процессы, по мнению авторов, есть последствие взаимодействия между огромными Австралийской и Тихоокеанской плитами земной коры, граница между которыми проходит как раз в данной области.

«Journ. of Geoph. Res.», v. 76, 1971, № 11, p. 2562 (США).

Модель сейсмичности Австралии

Современная гипотеза тектоники пластин земной коры объясняет сосредоточение сейсмической активности вдоль срединно-океанических хребтов и островных дуг. Вероятно, эта же гипотеза могла бы как-то объяснить характер сейсмичности и на континентах.

Дж. Р. Клири и Д. У. Симпсон из Австралийского национального университета, собрав сейсмические данные из всех доступных им источников, построили модель, характеризующую сейсмичность материка Австралии и окружающих его океанических областей за последние 70 лет.

Эта модель показывает три основные сейсмические зоны этого континента, которые делят его на четыре вертикально на четыре субпластины. Исследователи полагают, что различия

в скорости расширения коры, имеющиеся между этими четырьмя субпластинами, создают те напряжения, которые и вызывают сейсмичность, соответствующую определенному району. Созданная ими модель объясняет специфические явления в пределах континента, вытекающие из характеристики верхней мантии.

«Nature», v. 230, 1971, № 5291, pp. 239—241 (Англия).

Добыча конкреций — на повестке дня

9—12 марта 1971 г. в Бордо (Франция) проходил Международный коллоквиум по использованию ресурсов Мирового океана. Значительное внимание было уделено вопросу о запасах и добыче железомарганцевых конкреций¹. Согласно данным Д. Метро (США), средний состав железомарганцевых конкреций на дне Тихого океана следующий: марганца 25%, железа 14%, никеля 1%, меди 0,5%, кобальта 0,4%. В отдельных районах обнаружены конкреции с исключительно высоким содержанием никеля (до 2%), меди (2,5%) и кобальта (2,6%). Общие запасы железомарганцевых конкреций в Тихом океане достигают 1500 млрд т.

Испытания различных систем, проведенные в 1968—1970 гг. американскими и японскими специалистами, показали реальность добычи железомарганцевых конкреций со дна океанов. Д. Метро считает, что при условии получения необходимых субсидий добыча конкреций может уже к 1975 г. достичь 1 млн т/год.

«Вестник АН СССР», 1971, № 9, стр. 81—82.

Необычное внедрение в базальт

Существующие концепции расширения («растекания») морского дна предусматривают возникновение базальтов океанского ложа в районе

¹ Подробнее о железомарганцевых конкрециях см.: «Природа», 1961, № 2, стр. 47—50; 1964, № 2, стр. 26—31; 1968, № 2, стр. 40—46; 1970, № 5, стр. 63—67.

срединно-океанических хребтов. Однако анализ образца пород, взятого в ходе второго рейса судна «Гломар Челленджер», выполненный сотрудником Скриппсовского океанографического института (штат Калифорния) Дж. Д. Макдугаллом, по-видимому, противоречит такой концепции.

Образец был поднят в точке, расположенной примерно посередине между Бермудскими о-вами и Срединно-Атлантическим хребтом. Но несмотря на то, что он находился под осадочной толщей мощностью 456 м и имел возраст около 80 млн лет, стекловидные обломки, найденные в образце, как оказалось, обладают возрастом лишь 15,9 млн лет.

Если верить существующим определениям скорости, с которой расширяется дно океана в этом районе, данная часть морского ложа должна была бы находиться в 750 км от гребня подводного хребта к тому моменту, когда в тело образца внедрились эти стекловидные тела.

Разумеется, один образец еще не может полностью ниспровергнуть распространенную теорию, однако полученные данные требуют своего объяснения. Возможно, потоки базальтов способны изливаться и в районах, удаленных от гребней хребтов. В таком случае характер магнитных аномалий, обнаруживаемых на дне океана, может иметь куда более глубинное происхождение, чем это считается ныне.

«Science», v. 171, 1971, № 3977, pp. 1244—1245 (США).

Новое о взаимодействии воздушной и водной среды

Закончена обработка данных, собранных в ходе проекта БОМЭКС (Барабадосский океанографическо-метеорологический эксперимент), продолжавшегося с мая по июль 1969 г.

Исследователи пришли к заключению, что температурные вариации

между дневным и ночным временем в верхнем 30-метровом слое океана служат причиной суточного обмена энергией, который приблизительно соответствует количеству солнечной радиации, получаемой поверхностью моря за сутки.

Движение тепла вверх от слоя прикосновения воздушной и водной сред осуществляется, как установили участники эксперимента, при помощи весьма незначительных по размерам воздушных вихрей, диаметр которых не превышает десятков метров. В то же время перенос влаги совершается значительно более крупными вихревыми движениями, диаметр которых составляет сотни метров.

Измерения отраженной поверхностью океана радиации в видимой части спектра показали, что ее интенсивность приблизительно вдвое меньше принятой ранее величины. Оказалось, что морская поверхность отражает лишь около 3% поступающей на нее видимой радиации.

«Science News», v. 99, 1971, № 2, p. 30 (США).

Загрязнение атмосферы приводит к потеплению

В течение длительного времени считали, что аэрозоли вызывают похолодание климата, так как они рассеивают поступающую солнечную радиацию. Это предположение подкреплялось охлаждением поверхности Земли, по-видимому, следовавшим за наиболее крупными вулканическими извержениями с выбросом многих тысяч тонн пепла.

В последние годы установлено, что некоторые аэрозоли промышленного происхождения, содержащие углерод и окислы железа, могут приводить и к потеплению.

Выступая на Годичной конференции Американского геофизического союза (Вашингтон, 1971 г.), Дж. М. Митчелл (Национальное управление по изучению океана и атмосферы США) предложил новую модель для опре-

деления, при каких условиях аэрозоли вызывают похолодание, а при каких — потепление.

Согласно его выводам, для относительно сухих подстилающих поверхностей, таких как, например, пустыня, неизбежно потепление, если входящая радиация равна или превышает уходящую. В районах же со значительной увлажненностью, где на испарение расходуется большее количество солнечного тепла, наличие аэрозолей приведет к потеплению атмосферы даже тогда, когда уходящая радиация превышает поглощенную.

«Science News», v. 99, 1971, № 17, p. 274 (США).

Пути неолитической революции

В. М. Массон (Ленинградское отделение Института археологии АН СССР) в своей работе «Поселение Джейтун» высказал идею о трех различных путях (автор называет их «моделями»), по которым развивалась неолитическая революция¹. Под неолитической революцией ныне понимают переломную эпоху в истории человечества, характеризующуюся коренными переменами в области экономики, а именно: переходом от собирательства и охоты к земледелию и скотоводству. Переход к производящей экономике был обусловлен определенными природными условиями, способствующими одомашниванию животных и растений², а также рядом социальных факторов.

Первый путь неолитической революции наиболее характерен для Старого Света. Здесь складывалась земледельческо-скотоводческое хозяйство на базе высокоразвитой экономи-

¹ «Материалы и исследования по археологии СССР», № 180, Л., 1971, стр. 107—159.

² Подробнее см.: Возникновение и развитие земледелия. М., 1967; «Природа», 1968, № 11, стр. 74—76; «Antiquity», v. XLIII, 1969, pp. 279—288; «Советская археология», 1970, № 3, стр. 53—66.

ки охотников-собирателей. Одним из древнейших районов, где человек перешел к производящей экономике, был Загрос (Иран и Ирак). Исключительно благоприятные природные условия этого района (в частности, наличие большого числа исходных форм для доместикации растений и животных)¹ способствовали переходу к производящей экономике уже в X—VIII тыс. до н.э. Обитатели Джармо (Ирак) в VII тыс. до н.э. имели домашних коз, овец, свиней, высевали пшеницу и ячмень. По первой модели, полагает автор, происходило развитие неолитической революции на территории СССР. В. М. Массон показывает различные пути становления производящей экономики в зависимости от различий в природной среде.

Второй путь наиболее показателен для Мезоамерики. Этот путь характеризуется сложением земледельческой экономики на основе высокоспециализированного хозяйства собирателей в условиях кризиса охоты, вызванного климатическими сдвигами. Последние привели к вымиранию многих видов крупных животных (мамонт, ископаемый бизон, верблюд и др.), в результате чего племена охотников лишились привычного источника питания и вынуждены были перейти к собирательству (оно давало им до 90% пищи, охота — лишь 10%). Постепенно от собирательства эти племена переходили к культивированию растений (тыква, перец, авокадо, амарант, бобы); возделывание маиса ознаменовало окончательную победу земледелия (на юге Мексики это произошло в 5200—3400 гг. до н.э.).

Третий путь наиболее типичен для Перу. Он характеризуется формированием преимущественно земледельческой экономики при большой роли рыболовства и морской охоты, обусловивших раннюю оседлость. На побережье океана древние перуанцы собирали съедобных моллюсков, ловили рыбу, били морского зверя. Занимались они и собирательством, от которого со временем перешли к возделыванию тыквы, бобов, хлопка. После распространения маиса (1400—

1200 гг. до н.э.) прибрежные племена окончательно перешли к земледелию, а морские промыслы постепенно отошли на второй план.

Таковы три пути развития неолитической революции, согласно идеям В. М. Массона; отмеченные им региональные различия отнюдь не исключают общих закономерностей развития неолитической революции.

И. Б. Шишкин
Москва

Кодекс поведения в отношении диких растений

С целью сохранения дикорастущих видов Ботаническое общество британских островов разработало и отпечатало на особой листовке «Кодекс поведения», которому призывает следовать как своих членов, так и всех, кто посещает еще имеющиеся в стране участки естественной растительности.

Приводим несколько сокращенный перевод этого кодекса. 1. Для сохранения видов дикой флоры основное условие — сохранение местообитаний, в которых они могут расти. Избегайте нанесения неумышленного вреда местообитаниям, особенно вытаптывания и уплотнения почвы. 2. Посещая местонахождения редких растений, старайтесь не привлекать к ним излишнего внимания. 3. При фотографировании растений не повреждайте их окружение. 5. Избегайте широко распространять сведения о растениях, которые Вы считаете редкими. 6. Выкапывание диких растений заслуживает решительного порицания; в большинстве районов Великобритании оно к тому же запрещено административными постановлениями. 7. Если живые растения нужны для культивирования, следует брать только семена или черенки, и только в том случае, если растение не является редким. 8. Срывайте только те цветы, которые в данной местности обычны и обильны, но по возможности старайтесь не трогать и их: пусть на них поражаются и другие люди. 9. В заповедниках и других охраняемых участках нельзя делать никаких сборов. 10. Особенно тщательно дол-

жны следить за соблюдением изложенных правил руководители различных экскурсий. 11. Без санкции органов охраны природы не следует делать попыток интродукции чужеземных растений в природные ландшафты.

Хотя в нашей стране в целом положение с сохранностью дикой флоры лучше, чем на Британских островах, все же для густонаселенных районов и для окрестностей больших городов пора бы уже и нам подумывать об аналогичном кодексе.

А. К. Скворцов
Доктор биологических наук
Москва

Международная конвенция о перевозках диких животных

Подготовительный комитет ООН по проведению Конференции об окружающей среде (Стокгольм, 1972) постановил, что на этой конференции представителям всех государств будет открыта для подписки Конвенция Международного союза по охране природы об экспорте, импорте и перевозкам некоторых видов диких животных и растений. Проект этой конвенции, выработанный согласно решению 8-й Генеральной ассамблеи МСОП в Найроби в 1963 г., к настоящему времени согласован с многими правительственными организациями различных стран, а также с ФАО, Международным таможенным советом, Секретариатом Общего соглашения о тарифах и торговле и др. По проекту конвенции, будут строго ограничены какие-либо перевозки редких и исчезающих животных и растений. В список видов животных, запрещенных к перевозкам, вошли многие виды обезьян, бразильская и камерунская выдры, тигр, снежный барс, все виды сиреневых, два вида тапиров, все носороги, все виды полорогих (исключая бантенга, бизона), викунья, орикс, ряд видов птиц, семь видов крокодилов, галапагосская и мадагаскарская черепахи, варан о-ва Комодо.

¹ Подробнее см.: «Природа», 1969, № 3, стр. 5, 11.

Коротко

● В Шемахинской астрофизической обсерватории АН Аз. ССР установлен новый 2-метровый телескоп, изготовленный в ГДР. Высокое качество телескопа позволяет астрономам вы-



полнять спектральные и фотометрические исследования звезд с сильными магнитными полями.

Фото ТАСС

● Сотрудники физического факультета МГУ И. В. Берман, Н. Б. Брандт и В. И. Сидоров установили, что арсенид галлия в металлическом состоянии становится сверхпроводящим при охлаждении до температуры 4,8° К при давлении 260 кбар. Критическая температура несколько уменьшается при дальнейшем увеличении давления до 300 кбар.

«Письма в ЖЭТФ», т. 14, 1971, вып. 1, стр. 18.

● Американские инженеры Р. Хумер и К. Ли разработали автоматическую проточную установку для количественного определения белка в микрограммовых количествах с реактивом Лоури. Установка позволяет определять 40 образцов объемом по 0,4 мл за 1 час. Точность анализа при концентрации белка 500, 25 и 5 мкг/мл составляет соответственно 0,5, 2 и 15%, чувствительность метода — 1 мкг/мл.

«Anal. Biochem», v. 37, 1970, № 1, p. 149 (США).

● Сотрудники Висконсинского университета (США) И. Хуанг и М. Бергдолл полностью расшифровали последовательность расположения аминокислотных остатков в молекуле энтеротоксина В. Установлено, что этот продуцируемый стафилококками и содержащийся в пище белок является линейным полипептидом и содержит 239 аминокислот.

«J. Biol. Chem.», v. 245, 1970, № 14, p. 3518.

● А. Филлипс (США) предложил метод ультразвуковой деградации молекул ДНК, выделенных из вилочковой железы телят или из культуры *Bacillus subtilis*. Использование энергии ультразвуковых волн вместо обычно применяемой ДНК-азы позволяет работать с безбелковыми растворами и быстро получать отдельные фрагменты молекулы ДНК с высоким выходом.

«J. Chromatogr.», v. 51, 1970, № 3, p. 539.

● Сотрудники кафедры микробиологии Центрального института усовершенствования врачей под руководством З. В. Ермольевой исследовали противоопухолевую активность трипротамина, выделенного из молок северюги. Авторы показали, что этот белок при однократном введении мышам высокоактивен в отношении асцитных форм аденокарциномы Эрлиха и лимфаденоза Фишера и увеличивает продолжительность жизни животных с различными видами опухолей в 1,5—2 раза по сравнению с контролем.

«Антибиотики», 1971, № 8, стр. 764.

● Во время раскопок одного из песчаных карьеров в г. Азове Ростовской



области был обнаружен скелет слона возрастом около 400 тыс. лет. В Ленинграде, в Зоологическом институте АН СССР, В. Е. Гаруттом была проведена реставрация находки. В. Е. Гарутт пришел к выводу, что в песчаном карьере был обнаружен скелет так называемого трогонтериевого слона (слона Вюста) — предка мамонта. Полный скелет подобного ископаемого слона найден впервые в мире.

Фото ТАСС

● Новые корпуса Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института Дальневосточного научного центра АН СССР. В этом институте исследуются проблемы



биологии, археологии, космофизики и геохимии, изучают геологическое строение северо-западной части Тихоокеанского пояса, особенности размещения ценных полезных ископаемых.

Фото ТАСС

● Главное статистическое управление Польши опубликовало данные о демографической структуре населения в возрасте до 30 лет. В 1970 г. число жителей до 29 лет составляло 16,9 млн человек, или 51,9% всего населения, тогда как с 1950 по 1970 г. удельный вес этой группы населения достигал 57,2%. Таким образом, в Польше отмечается тенденция к «старению» населения.

«Польское обозрение», 1971, № 36, стр. 16—17.

Мыслители прошлого о математике XX века

В. И. Купцов
Кандидат философских наук

В. В. Пирожков
В. А. Шейкин
Москва

А. Реньи. ДИАЛОГИ О МАТЕМАТИКЕ. М., «Мир», 1969, 96 стр., ц. 25 к.;
ПИСЬМА О ВЕРОЯТНОСТИ. М., «Мир», 1970, 92 стр., ц. 21 к.

Среди научно-популярных книг, появившихся за последние годы, явно выделяются две книги безвременно скончавшегося известного венгерского математика Альфреда Реньи (1921—1969): «Диалоги о математике» и «Письма о вероятности». Первая переведена с английского издания Д. Гнеденко и Е. Масловой, вторая — с венгерского Д. Саасом и А. Крамли. Предисловие к обеим книгам написано известным советским математиком Б. В. Гнеденко, который осуществил и их научное редактирование.

Форма этих произведений весьма необычна. Сложные философские проблемы математики излагаются автором в виде вымышленных диалогов и писем выдающихся мыслителей прошлого — Сократа, Архимеда, Галилео Галилея, Блеза Паскаля. Этот рискованный прием не выглядит претенциозной подделкой. Герои книг А. Реньи обсуждают такие вопросы, которые могли их интересовать в действительности, при этом автор стремится сохранить не только колорит эпохи, но индивидуальность героев, имитируя особенности их языка, стиля мышления, приводя реальные факты биографии, цитаты и афоризмы из их трудов. Все это позволяет автору подвести читателя к истокам рассматриваемых проблем и сформулировать их в максимально доступной и ясной форме. Легкости восприятия сложных вопросов способствует и остроумный сюжет. В «Письма о вероятности» А. Реньи даже включает детективный элемент. В начале книги появ-

ляется профессор Труверьян, которому посчастливилось найти неизвестные миру письма Паскаля к Ферма. В конце же книги после знакомства читателя с содержанием писем автор проводит увлекательное расследование датировки этих писем, возможности их написания и, наконец, разоблачает Труверьяна (в переводе: ничего не нашедшего).

О чем же спорят герои А. Реньи в своих диалогах и письмах и почему смысл этих споров так важно понять современному читателю? Да потому, что речь идет о сущности математики и ее роли в многогранной деятельности человека, т. е. о большом комплексе вопросов, уходящих в далекое прошлое и с необычайной остротой возродившихся на рубеже XIX и XX вв.

Кризис в основаниях математики, который разразился на рубеже XIX—XX вв. в связи с обнаружением так называемых антиномий в теории множеств, поставил математиков перед необходимостью серьезно размышлять над философскими проблемами их науки. Осознание того, что противоречие, раз проникшее в математику, может проявить себя в любой ее области, лишило ученых спокойствия, сковывало их творческую инициативу. «Надо согласиться», — писал Д. Гильберт в 1925 г., — что состояние, в котором мы находимся сейчас в отношении парадоксов, на продолжительное время невыносимо... Где же искать надежность и истинность, если само математическое мышление дает

осечку?»¹. Попытки построения непротиворечивой математики привели к возникновению нескольких направлений, в рамках которых ученые стремились решать эту задачу существенными различными средствами.

Но какие бы программы по обоснованию математики ни выдвигались, они неизменно сопровождались ссылками на философские соображения относительно природы математики, ее места среди других наук и др. Математика трактовалась и как часть логики, и как наука об абстрактных структурах. Некоторые ученые считали, что математические построения представляют собой особый род человеческой деятельности, а другие, напротив, утверждали, что математика, по сути дела, ничем не отличается от эмпирических наук.

В то время как реализация этих программ только началась, аргументы философского характера служили одним из решающих доводов, на основании которых тот или иной математик определял свое отношение к конкретному направлению исследований. Описывая состояние математической науки в первой четверти XX в., Г. Вейль отмечает, «как тесно сплетается в своих основах математика с общими проблемами познания»².

Прошло уже около 70 лет с той поры, как антиномии в теории множеств смутили покой математиков. Немало

¹ Д. Гильберт. Основания геометрии, Гостехиздат, 1948, стр. 349.

² Г. Вейль. О философии математики. ГТТИ, 1934, стр. 33.

важных результатов получено за это время, но проблема так и осталась нерешенной. Правда, программы обоснования математики, предложенные еще в начале века, испытаны на деле, и отношение к ним теперь определяется скорее их эффективностью, плодотворностью, чем философскими доводами. Но вместе с тем ученые начинают понимать, насколько деликатен вопрос о взаимосвязи философии и математики. Как пишут А. Френкель и И. Бар-Хиллел, «...часть всего один шаг отделяет веру в существование объективного критерия, с помощью которого можно было бы однозначным образом решить спор между конкурирующими теориями, от веры, что этот критерий уже найден, и от присвоения права предавать анафеме все эти теории, кроме как разве что одной, во имя некой земной или небесной реальности... И многие предпочитают, — продолжают они, — беспокойную свободу рабскому спокойствию»¹.

Не следует думать, что философские проблемы современной математики встают перед учеными лишь в связи с попытками устранения парадоксов в ее основаниях. Бурное развитие этой науки и чрезвычайно расширившаяся сфера ее приложений в наше время ставят с особой остротой вопрос о том, почему математика оказывается языком других наук. Как пишут по этому поводу Бурбаки в известной статье «Архитектура математики», одна из главных философских проблем состоит в выяснении взаимоотношения экспериментального мира и мира математического.

В самом деле, почему, например, аналитический аппарат квантовой механики, изобретенный до ее создания, оказался приложим к описанию микромира, столь специфичного и непохожего на мир макрообъектов? Ведь математики, создавшие этот аппарат, в принципе не могли представить такого его применения. Анализируя эту ситуацию, Бурбаки заявляют, что «нам совершенно неизвестны глубокие причины этого (если только этим словам можно приписать какой-

либо смысл) и, быть может, мы их никогда не узнаем»¹.

Необходимость глубокого изучения философских вопросов математики порождается развитием самой науки. Именно это обстоятельство прежде всего и определяет ценность «Диалогов о математике», дающих возможность широкому кругу читателей познакомиться с этими проблемами.

В «Письмах о вероятности» разговор идет о тех самых проблемах, с которыми мы расстаемся, закрыв последнюю страницу «Диалогов...», но применительно к частному разделу математики — теории вероятностей. Выбор именно этого раздела математики обуславливался не только научными интересами автора книги, но и особым положением этой области знания.

Если в области собственно математической, как отмечает А. Реньи, «среди компетентных математиков разногласий нет», то этого никак нельзя сказать «в отношении ее принципиальных вопросов, которые касаются взаимосвязи теории вероятностей с окружающим нас миром, применимости и интерпретации положений теории вероятностей» («Письма о вероятности», стр. 84). Широко известны бурные дискуссии по проблемам детерминизма, вызванные созданием квантовой механики, эволюционной теории, генетики, теории информации — блестящих завоеваний современной науки, в самом фундаменте которых лежат вероятностно-статистические идеи. А если обратиться к самому понятию вероятности, то поражает колоссальное разнообразие существующих здесь точек зрения.

Эти разногласия, как правильно замечает А. Реньи, относятся к компетенции скорее логики и философии, чем математики. Однако нельзя не согласиться с А. Реньи, что «каждый, кто хочет глубже изучить теорию вероятностей, а также с успехом применять ее результаты в какой-либо практической области, кто стремится понять, чем полезна эта теория и что она может дать естествоиспытателю или практику, неизбежно сталкивается

с этими вопросами» («Письма...», стр. 84).

В небольшой по объему работе А. Реньи затрагивается целый комплекс такого рода вопросов. Однако в центре внимания автора, несомненно, стоит истолкование природы самого понятия вероятности. В письмах Паскаля, а также в примечаниях и дополнениях к ним дается значительный материал из истории развития теории вероятностей.

Как известно, до конца XIX в. теория вероятностей излагалась на базе так называемого «классического» определения, высказанного впервые Я. Бернулли (1654—1705). Уточненная формулировка этого определения принадлежит П. Лапласу, «который не только подытожил успехи классической теории вероятностей, но и дал значительный толчок ее дальнейшему развитию» («Письма...», стр. 80). Согласно этому определению, под вероятностью события понимается отношение числа благоприятных осуществлению этого события случаев к числу всех возможных. При этом предполагается, что все случаи равновероятны. Однако это определение оставляло в значительной степени открытым вопрос о природе самого понятия вероятности. Как справедливо замечает А. Реньи, «на вопрос, что такое вероятность, оно не отвечает, дает лишь метод ее вычисления в простейших случаях» («Письма...», стр. 81).

Бернулли связывал понятие вероятности со степенью нашей уверенности в том, что ожидаемое событие будет иметь место. Лаплас, на фоне детерминистического мировоззрения его эпохи, пришел к выводу, что «вероятность обуславливается отчасти нашим знанием, а отчасти нашим незнанием»¹. Целый ряд ученых придерживался точки зрения, которая была высказана в 1847 г. де Морганом: «Под степенью вероятности мы действительно подразумеваем или можем подразумевать степень доверия...»².

Широкое применение понятия ве-

¹ А. Френкель и И. Бар-Хиллел. Основание теории множеств. М., «Мир», 1966, стр. 416.

¹ Н. Бурбаки. Очерки по истории математики. М., ИЛ, 1963, стр. 259.

¹ П. Лаплас. Опыт философии теории вероятностей. М., 1908, стр. 10.

² A. De Morgan. Formal logic. London, 1847, p. 172.

роятности и статистического метода для изучения социальных, биологических и особенно физических явлений, которое осуществлялось не только на эмпирическом, но и на теоретическом уровне, послужило мощным стимулом для выработки такого толкования понятия вероятности, которое отражало бы свойства действительности, не зависящие от субъекта. Этот подход получил уже достаточно ясное выражение в работах французского ученого О. Курно, который говорил: «В этом смысле математическую вероятность можно рассматривать как меру возможности события, или его способности осуществляться»¹. Аналогичные идеи нашли свое блестящее выражение в работах Анри Пуанкаре, отмечавшего, например, что от степени нашего знания всех индивидуальных свойств страхующихся не зависит доход страховых компаний, которые строят свою работу на базе теории вероятностей².

В русле общих стремлений найти объективные основания для использования понятия вероятности находят идеи, связывающие это понятие с частотой того или иного признака, появляющегося в определенных условиях. Эти идеи активно развивались еще в XIX в. С. Пуассоном и Дж. Венном. Вызванное по существу практическими нуждами и развитием науки, применение теории вероятностей к массовым явлениям чрезвычайно расширило круг решаемых с ее помощью задач, а вместе с тем сделало необходимым пересмотр так называемого классического определения понятия вероятностей. «Это определение,— пишет А. Реньи,— было удовлетворительно и с точки зрения практики — до тех пор, пока теория вероятностей занималась элементарными задачами, связанными преимущественно с азартными играми» («Письма...», стр. 80).

Одной из характерных черт всех многочисленных дискуссий, связанных с понятием вероятности, которыми так богата история науки, бы-

ла убежденность оппонентов в наличии единственного понятия вероятности. Именно поэтому споры носили резкий и непримиримый характер. Продолжение этой традиции можно заметить и у современных исследователей. Так, Л. Севедж, например, пишет: «Сознаюсь, что я и некоторые другие бейесианцы придерживаемся того мнения, что оно (понятие вероятности в качестве степени доверия) является единственным понятием вероятности, только в нем нуждается статистика, физика и другие науки»¹. Его оппоненты не менее категоричны. «Субъективные ожидания, оценки и предпочтения,— указывает Ван Данциг,— и их изменения от персоны к персоне или с течением времени могут и должны быть исследованы посредством «объективных» статистических методов. Попытка же использовать их в качестве основы статистики подобна попытке градуировать градусник дрожью больного»².

Значительное продвижение в истолковании понятия вероятности связано с общим развитием в последнем столетии математики и фундаментальных исследований в области ее обоснований. «Положение дел существенно изменилось,— пишет А. Реньи,— когда сама математика и понятие математической строгости значительно преобразились» («Письма...», стр. 81). Это прежде всего было связано с появлением в математике представлений, согласно которым каждый раздел математики должен быть построен аксиоматически, а математические понятия определены неявно, контекстуально, через систему заданных аксиом. Такой подход раскрывает огромную эвристическую силу неявных определений. «Математическая теория, построенная аксиоматическим путем, может быть использована в качестве абстрактной модели окружающей нас действительности»,— замечает по этому поводу А. Реньи («Письма...», стр. 81—82).

Теория вероятностей не осталась в стороне от этих преобразований. Уже в 1900 г. Д. Гильберт, автор программы аксиоматического построения разделов математики, включил проблему аксиоматического обоснования теории вероятностей... в составленный им список важнейших нерешенных проблем математики. В настоящее время общепринятой является аксиоматическая система А. Н. Колмогорова, разработанная в 1933 г.

Аксиоматический подход к построению теории в известной мере снимает непримиримость между различными пониманиями вероятности и каждое из них в отдельности уже не может больше претендовать на роль единственного общего понятия, которое должно быть положено в фундамент математической теории. «В действительности может оказаться, что в одном случае удобней принять одну интерпретацию, в другом — другую»,— пишет по этому поводу Б. Рассел¹.

В этих условиях важнейшей задачей является построение логически непротиворечивых и достаточно богатых содержательно интерпретаций аксиоматики. Построение такого рода интерпретаций оказалось делом чрезвычайно сложным. Попытки, осуществляемые в этом направлении учеными XX в., опираются на существенно различные трактовки вопроса об отношении вероятности к действительности. А. Реньи в «Письмах о вероятности», особенно в четвертом письме, дает читателю представление о сущности возникающих здесь разногласий, которые выявляются в полемике между Паскалем и Митоном. Проблемы, обсуждаемые здесь, отмечает А. Реньи, «тесно связаны с некоторыми основными вопросами математической статистики и теории информации» («Письма...», стр. 86).

Паскаль отстаивает точку зрения, что вероятность должна отражать свойства объективного мира, исходя из того, что в нем все причинно обусловлено и вместе с тем существует объективный случай. Любое явление и необходимо и случайно в зависимости от комплекса условий, по отно-

¹ О. Курно. «Основы теории шансов и вероятностей». М., «Наука», 1970, стр. 373.

² Анри Пуанкаре. «Наука и метод». Одесса, 1910, стр. 79.

¹ L. J. Savage. The Foundations of Statistics Reconsidered. Studies in Subjective Probability. N. Y., 1964, p. 183.
² Van Dantzig. Statistical priesthood. «Statistica Neerlandica», 1957, № 2, p. 14.

¹ Б. Рассел. Человеческое познание. М., 1957, стр. 356.

шению к которому оно рассматривается. Теория вероятностей как раз и изучает закономерности, характеризующие мир случайных явлений.

С точки зрения этого ученого, вероятность отражает меру объективной возможности осуществления события по отношению к фиксированному комплексу условий.

Хотя Паскаль А. Реньи нередко вероятность называет степенью уверенности, однако способ использования этого понятия полностью снимает субъективную окраску этого определения. Дело в том, что степень уверенности у Паскаля полностью детерминируется объективной возможностью.

Митон пытается противопоставить точке зрения Паскаля свою трактовку понятия вероятности. «Я убежден,— заявляет он,— что любая вероятность субъективна...» («Письма...», стр. 58). Известно же, что люди по-разному оценивают вероятность события в зависимости от того, какими сведениями, относящимися к делу, они обладают. «Я полагаю,— продолжает Митон,— что о вероятности случайного события можно говорить так же, как о красоте стихов, картин или женщин; о вкусах не спорят. Вкусы различны, и поэтому люди по-разному судят о шансах случайных событий» («Письма...», стр. 57). Поэтому вероятность должна определяться как степень уверенности конкретного индивида.

Конечно, отвечает Паскаль, наши вероятностные суждения носят субъективный характер, однако из этого вовсе не следует, что нужно субъективировать само понятие вероятности. Субъективная вероятность могла бы иметь смысл, если можно было бы представить суждения отдельного человека в виде когерентной системы. Однако, по мнению Паскаля, этого сделать невозможно. На практике мы нередко исходим из субъективных оценок вероятности осуществления того или иного события. Но эти оценки должны рассматриваться лишь как гипотезы относительно объективной возможности, значения которых могут быть уточнены посредством сопоставления формально полученных выводов с опытом.

В конце концов Митон убеждается в последовательности и разумности аргументации Паскаля. Однако он обращает внимание на трудности применения такого истолкования понятия вероятности к однократным случайным событиям. В самом деле, говорит Митон, вы легко можете определить исходные вероятности по эмпирически наблюдаемым относительным частотам для повторяющихся событий. Но как это сделать для однократных случайных событий? Ведь в этой ситуации бессмысленно говорить о частоте!

По мнению Паскаля, здесь не возникает никаких принципиальных трудностей. Вероятность, как мера объективной возможности, имеет смысл и в данной ситуации. Но определить ее значение можно лишь косвенно, по эмпирически проверяемым следствиям. Законность такого подхода, замечает Паскаль, правомерна в такой же степени, как и использование в науке атомов Лукреция, которых мы также не можем наблюдать.

«Вряд ли нужно подчеркивать,— пишет А. Реньи,— что в этих вопросах я разделяю точку зрения Паскаля» («Письма...», стр. 85). Необходимо отметить также, что подход к выяснению природы понятия вероятности, сформулированный Паскалем, разделяется многими математиками, в том числе и большинством советских. В частности, этой позиции придерживается и научный редактор книг А. Реньи — Б. В. Гнеденко, не раз выступавший с критикой субъективной интерпретации теории вероятностей.

Автор «Писем...» прекрасно понимает, что цели его книги, посвященной доступному изложению основных положений теории вероятностей и некоторых вопросов, связанных с ее интерпретациями, не дают ему возможности рассмотреть весь комплекс возникающих в связи с этим сложных проблем. «Возможно, когда-нибудь,— говорит А. Реньи,— я напишу и о них» («Письма...», стр. 86). Грустно сознавать, что этот замысел остался нереализованным.

Прочитав книги и познакомившись с их героями, мы, конечно, замечаем, что выбор философских вопросов, анализируемых А. Реньи, и акценты

в их рассмотрении, несомненно, несут на себе печать нашего времени. В обсуждаемых его героями темах войны и мира, ответственности ученого за свои изобретения, борьбы против всяких проявлений догматизма легко увидеть позицию самого автора, ученого-гуманиста, страстно выступающего за науку, используемую в интересах человечества. Мы видим, что Сократ А. Реньи хотя и говорит языком настоящего Сократа, однако во многих отношениях оказывается непохожим на своего прототипа. Сократ, конечно, мастерски владел диалектикой, но этот метод, как известно, он не сочетал с материалистическим мировоззрением, о чем можно было бы заключить, читая «Диалоги...». Обращение к истории показывает, что великий философ, действительно, мог обсуждать те проблемы, о которых идет речь в «Диалогах...». Но вряд ли он мог говорить о них с такой ясностью и четкостью, которая обнаруживается в сочинениях А. Реньи. По словам исследователя творчества Сократа А. Ф. Лосева, остается невыясненным, осознавал ли он то новшество, индуктивно-дифиниционный метод, который он сам провозглашал. Модернизация Сократа проявляется и в арсенале используемых им терминов и выражений. Так, понятия математики трактуются им как образы, несущие «некоторую информацию о действительном мире», результатом «отражения» которого они являются («Диалоги...», стр. 39, 40). Эти замечания не следует рассматривать как упрек автору, они адресованы читателю. По словам самого А. Реньи, он далеко не всегда «придерживался требований исторической правды...» («Диалоги...», стр. 95), что вполне оправдано с точки зрения права «поэтической свободы», которое он, безусловно, имел, поскольку его сочинения не являются историческими работами, а в определенном смысле могут быть рассмотрены как художественные произведения.

Кроме того, следует заметить, что А. Реньи столкнулся с большой сложностью в реализации своего замысла — изложить современные философские проблемы математики на материале первых этапов формиро-

вания науки. Построение книг на материале истории, несомненно, открывало большие возможности для доступного изложения обсуждаемых им вопросов, но вместе с тем создавало определенные трудности в их адекватном отражении. Автор «Диалогов...» отлично чувствует стесняющее влияние принятой им формы из-

ложения. Он стремится дать некоторую компенсацию «Приложениями», «Примечаниями» и «Дополнениями». Написанные на высоком профессиональном уровне «Предисловия» Б. В. Гнеденко также во многом улучшают положение дел, поясняя и дополняя повествование А. Реньи. Но, разумеется, нельзя требовать от книг, ко-

торые по своей сути и назначению являются научно-популярными произведениями, специального изложения сложных проблем современной математики. Их цель иная — познакомить с этими проблемами и заинтересовать ими. И эта цель, несомненно, достигнута.

О наследовании приобретенных признаков в последний раз...

Д. В. Лебедев
Ленинград

Л. Я. Бляхер. ПРОБЛЕМА НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИОБРЕТЕННЫХ ПРИЗНАКОВ. История априорных и эмпирических попыток ее решения. М., «Наука», 1971, 274 стр., ц. 1 р. 30 к.

В истории биологии было немало драматических эпизодов и парадоксов. Но та глава ее, которой посвящено исследование Л. Я. Бляхера, особенно драматична и особенно парадоксальна.

Главу эту начали писать еще в глубокой древности, задолго до того, как биология стала наукой. Истоки всеобщей уверенности в том, что изменения, возникшие у растений и животных (в том числе и у человека) в ходе их индивидуального развития, так или иначе передаются потомкам, обнаруживаются в древнейших мифах человечества. Следы подобных верований можно найти и в религиозных преданиях и в сказках всех народов. До середины XIX в. сомневаться в возможности наследования приобретенных признаков означало почти то же, что сомневаться во вращении Солнца вокруг Земли до создания Коперником гелиоцентрической системы. И то и другое казалось самоочевидным, не требовало ни доказательства, ни анализа. Отдельные еретические голоса скептиков терялись в общем хоре сторонников «здравого смысла».

Время научного анализа проблемы наступило с утверждением в биологии эволюционного учения. Но победило, как известно, не эволюционное учение вообще, победила конкретная эволюционная теория, победил дарвинизм. Возникла поэтому необходимость выяснить отношение представления о наследовании приобретенных признаков к учению Дарвина. Очень скоро стало ясно, что признание наследования приобретенных признаков в конечном счете неизбежно ведет к теории прямого приспособления — откровенному антагонисту дарвиновской теории естественного отбора. Историческая заслуга решительного размежевания дарвинизма и ламаркизма принадлежит гениальному Августу Вейсману. Вейсман с поразительной четкостью показал, что допущение наследования приобретенных признаков в одних случаях просто ничего не объясняет, оказывается бессильным, в других же оно излишне. Но есть и другая, не менее важная сторона дела, на которую обратил внимание Вейсман, — отсутствие каких бы то ни было доказательств са-

моочевидности такого наследования была фикцией. В ярком свете вейсмановского анализа король оказался голым!

Другим решающим моментом в истории проблемы было, несомненно, вторичное открытие законов Грегора Менделя в начале нашего века. Закон чистоты гамет, составляющий существо менделизма, принципиально исключает возможность наследования приобретенных признаков. Все дальнейшее поразительное развитие генетики, вскрытие не только феноменологии, но и материальных механизмов генетических явлений сообщало новые, дополнительные аргументы противникам наследования приобретенных признаков. Чем яснее становилось, как осуществляется наследственная передача, тем меньше места оставалось для спекулятивных донаучных представлений ламаркистов.

Постепенно к научным аргументам присоединялись свидетельства практики, опыт медицины и сельского хозяйства. Врачам, растениеводам и животноводом труднее всего было освободиться от глубоко укоренившихся предрассудков. Однако успехи

генетических методов были слишком разительны и убедительны, бесплодие же методов «воспитания» делалось все более очевидным.

Но споры продолжались... Именно в XX в. они приняли особенную остроту и драматичность, порой ломая жизни исследователей. Достаточно сослаться хотя бы только на печальную историю венского биолога Пауля Каммерера, покончившего самоубийством, не говоря уже о более поздних событиях. В этом заключается основной исторический парадокс проблемы — острейшая дискуссия шла вокруг уже по существу решенного вопроса! Нелегко бывает бороться с научными заблуждениями, так сказать, в чистом виде, но задача становится еще сложнее, если эти заблуждения отягощаются донаучными предрассудками, когда наука переплетается с ненаучными вымыслами. Именно так и обстояло дело в данном случае, этим объясняется своеобразие истории проблемы наследования благоприобретенных признаков.

Книга Л. Я. Бляхера разделяется на две части. Первая из них (главы 1—10) посвящена собственно истории вопроса — от античности до 30-х годов нашего века. Вторая часть (главы 12—19) содержит критический обзор экспериментального материала, которым оперировали сторонники наследования приобретенных признаков. В разделяющей эти части главе двенадцатой рассматриваются классификации изменений, вызванных внешними воздействиями. Книгу завершает именной указатель.

Легко писать историю событий, если историк к ним безразличен, эмоционально инертен; тогда ему просто быть объективным. Если же страсти вокруг исследуемой проблемы кипели на протяжении почти всей сознательной жизни историка, задача его очень осложняется, ему приходится сдерживать себя, тщательно выбирать слова, не поддаваться порывам чувств. И вот, читая книгу Л. Я. Бляхера, обращаешь внимание не только на огромную эрудицию автора, на тонкость и тщательность его научного анализа, а и на тот такт, с которым он излагает исторические события — и далекие и близкие, на его спокой-

ный объективный тон, кое-где слегка приправленный иронией. Эта ирония особенно отчетливо слышится в тех местах, где речь идет о непонятных изменениях в оценке некоторыми историками науки эволюционных взглядов биологов прошлого (см., например, анализ высказываний И. М. Полякова о Ламарке, Л. Ш. Давиташвили о В. О. Ковалевском и др.).

Но объективность и сдержанность тона в исследовании Л. Я. Бляхера отнюдь не означает какой-либо нечеткости его научной позиции. Она совершенно однозначна: это позиция последовательного дарвиниста, настойчиво и аргументированно показывающего, что эволюция совершается путем неопределенных наследственных изменений и естественного отбора и что любые попытки заменить или «исправить» дарвинизм допущением наследования приобретенных признаков абсолютно несостоятельны.

Наиболее интересны те главы исторической части, в которых говорится об отношении Дарвина к вопросу о наследовании приобретенных признаков, о суждениях палеонтологов по этому вопросу, о взглядах Вейсмана и его борьбе за научную истину и, наконец, о тех дискуссиях, которые так волновали советскую биологию в 20-х годах и в начале 30-х. В последних главах детально анализируются взгляды таких выдающихся наших соотечественников, как В. И. Талиев, С. С. Четвериков, А. С. Серебровский, А. Н. Северцов и другие, приводятся высказывания незаслуженно забытого талантливого популяризатора М. М. Местергази, а также их оппонентов-ламаркистов. Вся эта часть читается с большим интересом, тем более, что почти всегда речь идет не только о взглядах того или иного ученого, но и о полемике, которая велась и ведется вокруг его научного наследия, в особенности в нашей литературе.

Вторая часть книги начинается с главы, посвященной опытам П. Каммерера, занимающим особое место в истории попыток экспериментально подтвердить наследование приобретенных признаков, но так ничего и не доказавшим. Далее рассмотрены отдельно опыты по наследованию результатов механических, температурных и пищевых воздействий, по на-

следованию приобретенного иммунитета и приобретенных особенностей поведения. Под конец обсуждены результаты опытов с пересадкой половых клеток или половых желез и опытов так называемой вегетативной гибридизации. Для наших читателей особенно интересна, по понятным причинам, последняя глава, где хотя и очень сжато, но достаточно обстоятельно и остро изложена суть той полемики, которая велась около 25 лет и закончилась констатацией полной несостоятельности сторонников вегетативной гибридизации.

Можно выразить сожаление, что Л. Я. Бляхер не коснулся многочисленных опытов по «переделке природы» растений (в частности, якобы имевшему место экспериментальному превращению озимых злаков в яровые и наоборот), проводившихся рядом лабораторий в 30-х и 40-х годах, хотя анализ этих опытов не мог бы прибавить ничего нового. Они были столь же недостоверны, как и эксперименты с «вегетативными гибридами» или эксперименты по влиянию кормления жирномолочных коров на жирномолочность их потомства... А ошибочные теоретические представления и здесь приводили к ошибочным практическим рекомендациям¹.

Книга Л. Я. Бляхера — не первая в нашей литературе на эту тему. Еще в 1927 г. вышла серьезная и добросовестная работа А. П. Владимирского, сейчас, естественно, весьма устаревшая. В начале 50-х годов были изданы сразу три книги, разные по объему, но идентичные по своим тенденциозным установкам. Это работы И. М. Полякова (1951), Н. И. Фейгинсона

¹ В нашем журнале в разделах «Книжки» и «Редакционная почта» за последнее время опубликован ряд критических материалов, направленных против явных и неявных попыток возродить эти представления. См., например: Г. М. Рюмшин. Несколько слов о цесаркурах или курсарках (о книге Г. К. Отыганаева «Рождение птицы»). «Природа», 1971, № 2; А. А. Нейфах. По поводу рецензии Г. М. Рюмшина «Несколько слов о цесаркурах или курсарках». «Природа», 1971, № 8; Я. Г. Момот. Снова о вегетативной гибридизации (О книге Ф. Д. Мампории «Проблема вегетативной гибридизации»). «Природа», 1971, № 7. (Прим. ред.)

(1951) и П. П. Сахарова (1956). Они уже в момент выхода в свет были безнадежно устаревшими и сейчас вполне заслуженно забыты. И вот теперь мы получили прекрасное исследование Л. Я. Бляхера, строго научное и в то же время интересное и доступное для широкого круга не-

специалистов. В результате вдумчивого рассмотрения проблемы в целом, обстоятельного анализа истории априорных и эмпирических попыток ее решения автор приходит к выводу, что итогом многолетней дискуссии явилось установление закона не-

наследования приобретенных признаков.

Нужно ли будет еще когда-нибудь писать книгу, посвященную проблеме наследования приобретенных признаков? Думается, что нет. Все уже сказано, все ясно. История науки, как и органическая эволюция, необратима!

Теория эволюции для миллионов

А. В. Яблоков
Доктор биологических наук
Москва

Джулиан Хаксли. УДИВИТЕЛЬНЫЙ МИР ЭВОЛЮЦИИ. Перев. с англ. и предисл. Дм. Сухарева. М., «Мир», 1971, 112 стр., ц. 31 к.

Я завидую тем, кому впервые попадет в руки эта тонкая книжка в мягком сине-красном переплете: им предстоит познакомиться с лучшим из популярных очерков по эволюции живой природы, которые появлялись на мировом книжном рынке в нашем веке. План книги предельно прост: сначала рассказ о доказательствах эволюции («Эволюция существует»), затем кратчайший очерк того, что принято называть механизмом эволюции (рассказ о мутациях, естественном отборе, адаптациях), и, наконец, последний раздел — «Ход эволюции», содержащий столь же краткое описание жизни в каждой из прошедших эпох. Книга завершается толковым словарем использованных терминов; этот словарь занимает едва ли не четверть всего объема книги.

Простота плана книги сочетается с простотой и четкостью ее языка. Чтобы изложить основы эволюционной генетики на трех страницах печатного текста, рассказать о доказательствах эволюции на двух страницах, чтобы выбрать для этого только самые главные, самые необходимые слова, нужно и глубочайшее знание предмета, и писательское мастерство. Автор обладает и тем и другим. Плюс к этому он обладает и незаурядным художественным вкусом и знанием психологии читателя: почти на каждом

развороте книги помещены две-три иллюстрации.

Книга рассчитана на совершенно неподготовленного читателя. Но еще одна ее удивительная особенность в том, что она чрезвычайно интересна и для квалифицированного биолога, даже для специалиста в области эволюционной биологии. Все факты, которые приводит автор, известны биологам, все иллюстрации — или очень похожие — мы уже видели в разных других местах. Видимо, секрет привлекательности книги заключается в жестком отборе материала, неожиданных сопоставлениях и в отточенной манере изложения.

Вот описание существа сложнейшего процесса мейоза: «Но бывает другой, двуступенчатый процесс деления, приводящий к образованию гамет. Этот процесс называют мейозом, или редукционным делением: клетка делится, а хромосомы нет. В результате число хромосом уменьшается вдвое — каждая гамета содержит не два набора хромосом, как другие клетки тела, а только один» (стр. 32). Можно приводить и приводить фразы и абзацы, посвященные труднейшим для восприятия особенностям живого, которые в книжке Дж. Хаксли выглядят легкими и изящными. «Аппарат хромосом и генов устроен так замечательно, что он

обеспечивает и постоянство признаков, присущих данному виду, и большую изменчивость в пределах этого постоянства» (стр. 34). Или еще: «В самом деле, чаще всего мутации неблагоприятны. Иначе и быть не может: ведь генетический аппарат организма обеспечивает существование огромного множества свойств и признаков, которые хорошо пригнаны друг к другу. Изменился один признак — пострадали другие» (стр. 35).

Но хватит цитат. Книжку нужно просто прочитать. Тем, кто далек от эволюционной биологии, — для того, чтобы стать к ней ближе, поскольку «своим господствующим положением в эволюции человек обязан знаниям, рассудительности и любознательности» (стр. 82). Всем же остальным ученым эту книжку надо прочитать хотя бы потому, что после ее прочтения начинаешь лучше понимать, что значит писать научно и популярно.

Хочу высказать критическое замечание в адрес издательства «Мир». Такую книжку оно должно было издать лучше. Некоторые иллюстрации — цветные в английском издании (точнее, югославском, поскольку английское издание книги напечатано в Югославии) — превратились в уныло-серые. Соседство же тоновых и штриховых рисунков, которое раньше было оправдано при цветной гамме од-

них и резких линиях других, становится неоправданным в нашем издании. И лишь один-единственный упрек автору я должен сделать: на страницах нашего журнала¹ уже писалось о неправильном изображении бивней у мамонта даже в солидных зоологических изданиях. Так вот и здесь повторена та же ошибка —

¹ В. А. Теряев. Мамонт выглядел иначе. «Природа», 1968, № 12.

бивни у мамонта на рисунке (стр. 78) вывернуты наоборот.

В заключение — несколько слов об авторе книги. Сэр Джулиан — внук знаменитого соратника Ч. Дарвина Томаса Хаксли, которого современники называли «дарвинским бульдогом» за бескомпромиссную борьбу за дарвинизм в биологии. Джулиан Хаксли — один из самых крупных биологов нашего времени, автор целого ряда научных монографий, в том чис-

ле в области теории эволюции и экспериментальной биологии, антифашист, активный борец за мир, бывший генеральный секретарь ЮНЕСКО и друг нашей страны.

Издание этой небольшой талантливой книги — хороший подарок нашим читателям. Ее успеху в большой степени способствует и великолепный перевод, выполненный биологом и поэтом Дм. Сухаревым.

Новый резерв урожайности

Н. Н. Локтев

Кандидат химических наук
Ленинград

И. Н. Баскаченко. ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ И УРОЖАЙ. Лениздат, 1971, 143 стр., ц. 20 к.

В книге «Подземные воды и урожай» речь идет о возможном мощном резерве удобрений для полей и угодий — подземных водах, насыщенных химическими элементами, необходимыми для успешного роста и развития растений.

Чтобы экспериментально убедиться в реальности идеи о возможности обогащения почв химическими элементами подземных вод, И. Н. Баскаченко потребовалось около 20 лет труда. Вегетационные и полевые опыты в колхозах и совхозах Ленинградской и других областей с применением минерализованных вод неизменно показывали повышение урожайности сельскохозяйственных культур в полтора-два раза и более.

В книге конкретизируются данные о химическом составе подземных вод, их распространении в СССР, даются рекомендации по способам их использования и дозировке. Приводятся новые сведения о физико-химических свойствах подземных вод. Указывается, что они обладают более высокой естественной радиоактивностью, чем почвы, а это имеет большое значение для роста и развития растений. Подземные воды содержат от 35 до 65 химических

элементов, которые находятся в ионизированном состоянии и легко могут поглощаться растениями. Автор отмечает, что некоторые подземные воды способны понижать кислотность подзолистых почв до нейтральной реакции, конечно, при практически непрерывном воздействии их на почвенные растворы. При этом же условии происходит и улучшение структуры почв.

Добиться оптимального роста и развития растений, а следовательно, получить высокие урожаи сельскохозяйственных культур с продукцией нужного качества за счет трех химических элементов — азота, фосфора и калия — невозможно. В настоящее время доказано, что наборы минеральных удобрений из азота, фосфора и калия следует дополнять, соответственно потребностям растений, определенным количеством кальция, магния, серы, железа, бора, молибдена, меди, марганца, кобальта, цинка, лития и других химических элементов.

Группа специалистов всесоюзного объединения «Союзводпроект» предлагает специальные устройства к дождевальным установкам и другим поливным системам, которые позво-

ляют вводить искусственно ионизированные микроэлементы в почву с обыкновенной пресной водой. В таком виде микроудобрения легче усваиваются растениями. Однако предлагаемые мероприятия должны будут потребовать большого расхода микроэлементов из дорогостоящих металлов, больших материальных затрат и трудоемких работ. И. Н. Баскаченко предлагает использовать природные химические растворы — подземные минерализованные воды, в том числе дренажные и шахтно-рудничные.

При этом подземные воды будут одновременно средством и удобрения и орошения. Большой раздел об экономической эффективности и перспективах использования подземных вод иллюстрируется убедительными фактическими данными.

Работа И. Н. Баскаченко актуальна для сельского хозяйства страны. Своевременность выпуска книги очевидна. Хочется надеяться, что соответствующие учреждения и работники сельского хозяйства повсеместно заинтересуются внедрением нового вида удобрений — подземных минерализованных, а также дренажных и шахтно-рудничных вод.

Новые книги

■
Г. А. Курсанов. ЛЕНИНИЗМ И КРИЗИС БУРЖУАЗНОЙ ФИЛОСОФСКОЙ МЫСЛИ. М., «Мысль», 1971, 144 стр., ц. 23 к.

Используя богатый фактический материал, автор с позиций марксистско-ленинской философии критически рассматривает основные направления в современной буржуазной философии, рассказывает об определяющих тенденциях ее развития. В книге убедительно показана невозможность адекватного решения фундаментальных философских проблем на основе идеализма и метафизики. Это кризисное состояние буржуазной философии вынуждает ее крупнейших представителей искать путей выхода из тупика. Для этих поисков характерна абсолютизация тех или иных методов исследования (например, структурного анализа), объявляемых «современной философией».

Проф. Г. А. Курсанов подчеркивает, что даже наиболее выдающиеся представители буржуазной философии XX в., внесшие немало интересных и глубоких идей в постановку и решение многих философских проблем, не смогли, однако, дать научных ответов на главные вопросы современной жизни и познания мира; ответ на эти вопросы дает только ленинизм.

В книге рассказывается о широком использовании данных современной науки представителями ряда философских направлений, например: математической логики — позитивистами, дарвинизма — прагматистами и т. д. Автор говорит о значительном распространении в современную эпоху иррационализма, о новой стратегии христианских церквей в области науки, о поисках теологами «научных» аргументов в пользу существования бога.

■
Р. С. Карпинская. ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ. М., «Мысль», 1971, 232 стр., ц. 77 к.

Эта книга — одна из первых монографий, посвященных методологическому анализу средств и способов молекулярно-биологического исследования, их познавательной ценности в решении общebiологических вопросов.

Какое место занимает принцип развития в молекулярно-биологическом исследовании? Каково взаимное обогащение собственно молекулярно-биологических концепций и философской концепции развития? Этим вопросам автор уделяет наибольшее внимание. Подробно рассматривается проблема молекулярных основ эволюции.

Книга рассчитана на научных работников и преподавателей в области философии, биологии и химии.

■
Э. Роуз. ХИМИЧЕСКАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ. Перев. с англ., М., «Мир», 1971, 294 стр., ц. 1 р. 69 к.

Одна из самых мощных отраслей современной биологии — биохимия — зародилась во второй половине XIX в. при изучении химической активности микроорганизмов. Микробиологические объекты и сейчас помогают биохимикам; с другой стороны, современная микробиология использует весь мощный арсенал биохимических подходов.

Книга Э. Роуза прекрасно отражает это проникновение биохимии в микробиологию. Как пишет редактор русского перевода проф. Н. С. Егоров, «достоинство книги состоит прежде всего в том, что в ней в краткой форме и вместе с тем на современном уровне рассмотрены основные вопросы, относящиеся к химической деятельности бактерий, мик-

роскопических грибов, простейших и водорослей».

Поэтому книга окажется полезной для всех, кто хочет иметь представление о современной ситуации в микробиологии — в первую очередь для исследователей, преподавателей и студентов.

■
Г. П. Матвиевская. РАЗВИТИЕ УЧЕНИЯ О ЧИСЛЕ В ЕВРОПЕ ДО XVII В. Изд-во ФАН Узбекской ССР, Ташкент, 1971, 230 стр., ц. 1 р. 75 к.

Средневековый период истории математики интересен прежде всего тем, что в эту эпоху сложились все предпосылки бурного расцвета научной мысли, который привел в XVII в. к созданию математики переменных величин. Кроме того, автор книги пытается проследить, как математические познания, накопленные на Ближнем и Среднем Востоке, передавались в Европу и усваивались европейскими учеными. Книга рассматривает эти вопросы в рамках учения о числе и таким образом является продолжением предыдущей работы Г. П. Матвиевской «Учение о числе на средневековом Ближнем и Среднем Востоке».

Предлагаемая книга, написанная на основании изучения изданий XV—XVI вв. и историко-математической литературы, рассчитана на специалистов по истории математики и студентов-математиков, но может представлять интерес и для читателя-неспециалиста.

■
СОВЕТСКИЙ СОЮЗ. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ В 22-Х ТОМАХ. РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ. ДАЛЬНИЙ ВОСТОК. М., «Мысль», 1971, 397 стр., ц. 2 р. 19 к.

Тундры Чукотки, лесостепи Приамурья, камчатские сопки, уссурийская

тайга... Своеобразна и многолика природа далекой восточной окраины нашей страны. Благодаря несметным богатствам этого края, он развивается быстрее других районов СССР. На примере малых народов, населяющих Дальний Восток, особенно ощутимы результаты культурных преобразований, произошедших за последние десятилетия.

Обо всем этом подробно и интересно рассказывается в очередном богато иллюстрированном выпуске серии «Советский Союз».

■

СОВЕТСКИЙ СОЮЗ. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ В 22-Х ТОМАХ. РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ. ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ. М., «Мысль», 1971, 429 стр., ц. 2 р. 28 к.

Западная Сибирь занимает 2,5 млн км², 1/10 площади нашей страны. Как и другие районы Азиатской части СССР, она поражает колоссальными размерами природных богатств: огромны запасы полезных ископаемых и гидроэнергии Западной Сибири; та часть ее территории, которая занята хвойными и лиственными лесами, превышает территории нескольких европейских государств; на юге Западной Сибири лежит широкий пояс черноземов, а на Крайнем Севере раскинулись обширные ягельные пастбища для оленей; Западная Сибирь издавна была крупнейшим поставщиком пушнины и рыбы. В настоящее время в Западной Сибири сконцентрирована самая разнообразная индустрия, получившая особенно интенсивное развитие в последнее десятилетие в связи с открытием уникальных запасов нефти и газа.

Многогранный образ Западной Сибири рисует эта книга, созданная руками ученых-географов.

■

Л. Гришина. К НЕВЕДОМЫМ ГОРАМ. М., «Мысль», 1971, 63 стр., ц. 12 к.

Многие, вероятно, читали научно-популярные книги известного путешественника, геолога и географа

С. В. Обручева. На этот раз читатель получил первую небольшую книжку о самом Сергее Владимировиче. Выход ее в свет совпал с 80-летием со дня его рождения.

Как и его отец, выдающийся геолог акад. В. А. Обручев, Сергей Владимирович посвятил свою жизнь работе в Сибири и Туве, где он вел исследования без малого 50 лет. Результаты первой же экспедиции в район Верхней Тунгуски (1917) позволили ему выдвинуть смелую гипотезу о существовании здесь крупного угленосного бассейна. Вскоре гипотеза блестяще подтвердилась. Важным событием середины 20-х годов было открытие С. В. Обручевым хребта Черского. Но не только о выдающихся географических открытиях ученого в Сибири и Туве рассказывается в книжке. С. В. Обручев предстает перед читателем как ученый-энциклопедист, владевший восемью языками, интересовавшийся чрезвычайно обширным кругом самых различных вопросов, в том числе историей науки. Перу С. В. Обручева принадлежит увлекательное исследование «Над тетрадами Лермонтова».

Геология, география, литература, язык эсперанто, живопись, театр. Круг интересов Сергея Владимировича был поистине безграничен.

■

Л. Я. Скороходов. ДЖОЗЕФ ЛИСТЕР. Л., «Наука». Научно-биографическая серия, 1971, 80 стр., ц. 28 к.

Введение антисептического метода лечения ран, изобретенного английским хирургом Джозефом Листером (1827—1912), было величайшим благодеянием для человечества. Поэтому историю хирургии принято делить на два периода: до деятельности Дж. Листера и последующее время, когда стали возможны операции на брюшной полости, в грудной клетке и на черепе. Огромное значение имели труды Листера и для прогресса военно-полевой хирургии.

Предлагаемая книга представляет собой краткую научную биографию Дж. Листера. Последняя глава посвящена истории распространения антисептического метода лечения ран в России.

■

К. А. Говоров. ОКЕАНИЯ. Физико-географическая характеристика. М., «Мысль», 1971, 197 стр., ц. 1 р. 32 к.

Существует традиция рассматривать Океанию вместе с Австралией как единую часть света. Однако, с точки зрения автора этой книги, объединять обширнейшую островную территорию, рассеянную по 1/3 площади Тихого океана, с самым малым из всех материков — Австралией — не совсем правильно: «Исследования последних лет, — говорится в книге, — показали, что большинство островов Меланезии и Микронезии образовалось независимо от австралийского материка в переходной геосинклинальной зоне, существующей с древних времен вне материка Австралии. Генезис же островов Полинезии еще более самостоятелен и по структуре и морфологии связан с Тихоокеанской впадиной (ложем Тихого океана). Ни территориально, ни генетически Океания не связана с Австралией, за исключением лишь немногочисленных (единичных) островов, лежащих на австралийском шельфе.

В книге рассматривается географическое положение островов, их происхождение, тектоника, рельеф, полезные ископаемые, климат, почвенно-растительный покров и животный мир Океании.

■

М. М. Баранов. СООБЩАЕТ ГИДРОМЕТЦЕНТР. Л., Гидрометеоиздат, 1971, 87 стр., ц. 30 к.

«Мы, сотрудники Гидрометцентра, — пишет его директор В. Бугаев, — раскрыли перед автором этой книги двери наших отделов, лабораторий, и он рассказал о том, что увидел. Мы считаем, что он сумел достаточно полно и увлекательно рассказать о сути и смысле нашей работы».

Книга рассчитана на массового читателя. Все, кто познакомился с ней, узнают о технике и методах изучения огромного непрерывного потока информации, поступающей от метеорологических станций, о всем том сложном и кропотливом труде, который предшествует появлению краткой сводки погоды на следующий день.

Оригинальный способ добывания пищи у вьюрка

Когда в сентябре 1835 г. Чарлз Дарвин достиг Галапагосских островов, он был поражен уникальностью природы и животного мира этого архипелага. В знаменитой книге о своем кругосветном путешествии он уделил основное внимание пресмыкающимся — черепахам и игуанам. Менее подробно он упомянул об открытых им вьюрках, впоследствии получивших название «дарвиновых вьюрков». Однако именно эти невзрачные мелкие птички позволили великому ученому высказать мысли о возможности эволюции видов: «Наблюдая эту постепенность и различие в строении в пределах одной небольшой, связанной тесными узами родства, группы птиц, можно действительно представить себе, что вследствие первоначальной малочисленности птиц на этом архипелаге был взят один вид и видоизменен в различных целях».

Впоследствии многие биологи посвящали труды этой своеобразной группе птиц. Наиболее полная монография о дарвиновых вьюрках принадлежит перу выдающегося биолога Д. Лэка (1947). Но и до сих пор различным исследователям удается открывать все новые и новые замечательные стороны экологии этих птиц. Наблюдения, проведенные зооло-

гом П. де-Бенедиктисом¹ на одном из самых южных островов архипелага — на Эспаньоле — обнаружили необычный способ добывания пищи у большого кактусового земляного вьюрка (*Geospiza conirostris*). Этот вьюрок, обладающий массивным коническим клювом, обитает в зоне разреженной ксерофильной растительности на сухих каменистых почвах. Как и все виды этого рода, он питается семенами растений, причем в основном подбирает их на земле.

Многие птицы, собирающие корм на земле, например различные дрозды, разрывают лиственный опад, или перелетной, лапами и клювом. Но земляной вьюрок оказывается в довольно затруднительном положении: каменистая почва на Эспаньоле покрыта крупным гравием, который маленькой птице не под силу разбросать только при помощи ног. Поэтому он при-

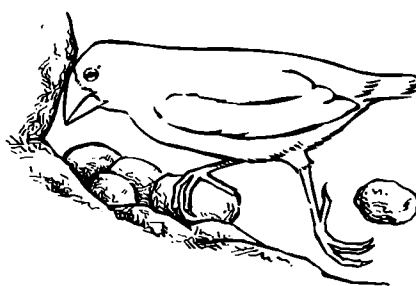
меняет особый «технический» прием.

Выбрав небольшую площадку около крупного камня, вьюрок упирается лбом и надклювьем в этот камень и, получив прочную точку опоры, начинает отбрасывать ногами гравий (см. рис.). После того как площадка около 5 см в диаметре окажется расчищенной, птица приступает к сбору корма.

Когда вьюрок продерывает свои «атлетические упражнения», быстро гребя лапами назад, гравий буквально сыплется дождем во все стороны. При этом мелкие камешки весом до 40 г отлетают на 15—20 см. Когда попадают более крупные камни, вьюрок толкает их обеими ногами, плотно упершись головой в опору. Таким образом вьюрку удается сдвигать камни весом до 100 г, а в отдельных случаях даже до 350 г, хотя сама птица весит всего 25—28 г.

Такая «тяжелая атлетика» не сказывается особым образом на телосложении этого вида — в основных чертах морфологии он сходен с другими близкими видами дарвиновых вьюрков. Можно, однако, считать, что короткий и толстый клюв служит хорошей опорой для птицы и позволяет принимать большие весовые нагрузки.

Свой мощный клюв земляной вьюрок часто использует также в качестве «мотыги», разбрасывая им мелкий гравий и разгребая площадку для поиска корма.



Большой кактусовый земляной вьюрок (*Geospiza conirostris*) в момент поиска корма.

¹ P. A. De Benedictis. «Condor», 1966, № 2.

Н. Н. Дроздов
Кандидат географических наук

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Пенопластовые дуплянки для птиц

Привлечение полезных птиц в искусственные гнездовья — один из методов биологической борьбы с насекомыми-вредителями сельского и лесного хозяйства. Для широкого внедрения в практику большое значение имеет простота и дешевизна метода привлечения.

Искусственные дуплянки изготавливаются из самых разнообразных материалов. Как правило, эти материалы дорогостоящие и тяжелые, требуют больших затрат на изготовление и перевозку, а в некоторых случаях и специальной упаковки.

Мы предлагаем изготавливать дуплянки из пластических масс, в частности из пенопласта. Этот материал обладает многими качествами, отвечающими назначению этих изделий: он отличается легкостью, прочностью, водостойкостью и теплоизолирующими свойствами. Весьма важно и то, что изготовление дуплянок из пенопласта не требует больших затрат труда. Мы использовали для этой цели пенопласт марки ПС-1, размерами $80 \times 800 \times 800$ мм. Можно также использовать марки ПС-4 и ПХВ-1.

Пенопластовую плиту нужно разрезать на листы толщиной в 15—20 мм. Приспособление для разрезания пенопласта (рис. 1) состоит из двух фаянсовых роликов для электропроводки и куска проволоки сечением в 0,5 мм. Приспособление можно собрать на любом столе. Проволока натягивается на роликах над поверхностью стола, причем расстояние от поверхности стола до проволоки должно быть равно толщине отрезаемого листа. Для предупреждения провисания проволоки от нагрева один ее конец остается незакрепленным, и к нему подвешивается груз весом в 1—2 кг. На проволоку подается напряжение в 15—20 в через трансформатор. Разрезанные листы не слипаются и легко отделяются друг от друга. На листах карандашом наносят контуры деталей дуплянки, после чего детали вырезаются острым ножом или тонкой столярной ножовкой. Легко вырезается скальпелем или следующим

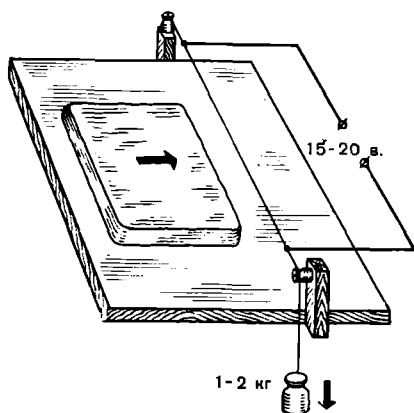


Рис. 1. Приспособление для разрезания пенопласта (см. объяснение в тексте).

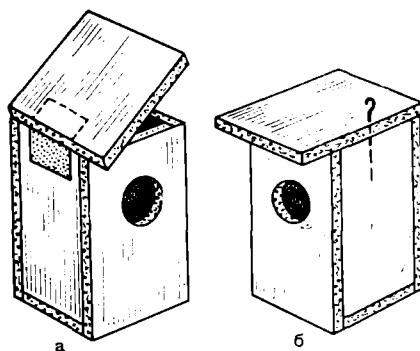


Рис. 2. Пенопластовая дуплянка. Крышка с одной стороны прикрепляется полоской кожи или пластика (а), а с другой стороны фиксируется металлическим штырьком (б).

способом: из тонкой жести сворачивается трубка по диаметру летка и пролаивается по шву. Такой трубкой, нагретой на огне, легко можно вырезать точные и ровные отверстия. Для удобства трубки насаживают на деревянную ручку. Готовые детали склеиваются ацетоном.

Для открывания дуплянки при необходимости периодической проверки крышка с одной стороны прикрепляется полоской кожи или пластика, а с другой стороны фиксируется металлическим штырьком (рис. 2). Для подклейки крышки используется любой водостойкий клей. Изготовление дуплянки завершается окраской нитроэмалью или масляной краской с

целью светонепроницаемости. Для крепления дуплянки к дереву можно использовать шпагат или мягкую проволоку, продетую через заднюю стенку дуплянки. Это обеспечит достаточно прочное крепление и предохранит дерево от ранений.

Простой расчет подтверждает дешевизну и простоту изготовления дуплянок из пенопласта: работник ниже средней квалификации при 7-часовом рабочем дне изготавливает до 25 дуплянок из пенопласта (одну дуплянку за 17 мин.). За то же время он способен изготовить лишь 11 дуплянок из дерева (одну дуплянку за 39 мин.). К тому же необходимо учесть, что при обработке дерева применяются различные станки (строгальный, циркулярная пила и т. п.) и это повышает себестоимость деревянных дуплянок. Весит пенопластовая дуплянка около 180 г, тогда как деревянная весит до 1,5 кг. Мы уверены, что при изготовлении дуплянок из пенопласта в условиях массового производства стоимость дуплянок намного сократится.

В середине марта 1970 г. в районе Дилижанского заповедника Армянской ССР на участке плодового сада нами было развешено 27 искусственных дуплянок из пенопласта. Дуплянки развешивались на высоте 2—3 м от земли. Расстояние между ними колебалось в пределах 20—30 м. Наблюдениями было установлено, что первые дуплянки начали посещаться птицами уже через 3—4 дня после весеннего прилета. А с середины апреля уже началось их заселение. Из указанного числа дуплянок за время гнездования были заняты 22. В некоторых дуплянках птицы гнездились дважды и даже трижды. Пенопластовые дуплянки заселялись тремя видами птиц: обыкновенной горихвосткой, мухоловкой белешкой, большой синицей. Наши наблюдения показали, что пенопласт не оказывает вредного действия на рост и развитие птенцов, а также на нормальную деятельность птиц в гнездовой период.

М. С. Адамьян, А. А. Абрамян,
Г. В. Казарян

Институт зоологии АН Армянской ССР
Ереван

Существует ли «электронное» испарение воды растениями?

Читатель Д. Ф. Кулаков из Воронежа пишет:

У меня возникло несколько вопросов, которые не освещены в статье В. М. Кутюрина «Вода — источник кислорода при фотосинтезе» («Природа», 1971, № 7).

Начнем с опыта. Возьмем два одинаковых растения и каждое в отдельности поместим под светопроницаемые колпаки. Внутри одного колпака будем поддерживать температуру окружающей среды, допустим $+30^{\circ}$. Внутри другого создадим температуру $+4^{\circ}$. Оба колпака освещаются солнечным светом с одинаковой интенсивностью. Под первым колпаком в листьях растения идет процесс разложения воды, а под вторым никакого процесса не происходит. Почему? Какая энергия — световая или тепловая — необходима растениям для разложения воды?

Как известно, листья почти всех растений имеют две поверхности — блестящую и матовую — и листья всегда занимают положение блестящей стороной вверх, к солнцу, а матовой стороной вниз, к земле. Почему?

Если лист растения герметически прикрыть двумя светопроницаемыми

колпаками, один сверху, другой снизу листа, то через некоторое время (при благоприятном росте растения) можно обнаружить, что под колпаком, прижатым к верхней (блестящей) поверхности листа, содержится большее количество атомов водорода. Внутри колпака, прижатого к нижней (матовой) поверхности листа, преимущественно преобладают атомы кислорода. Почему?

С понижением температуры при неизменном солнечном освещении выделение водорода и кислорода листьями растений снижается или прекращается совсем. При повышении температуры выше $+42^{\circ}$ под обоими колпаками содержание водорода и кислорода выравнивается. При дальнейшем повышении температуры внутри обоих колпаков обнаруживается одинаковое количество неразложившихся молекул воды. Почему?

Описанные выше и подобные им опыты подтверждают, что в интервале температур $32-42^{\circ}$ происходит максимальное электронное испарение воды из растений. Электронное испарение воды с поверхности растений в интервале указанных температур способствует образованию гроз в атмосфере. При максимальном процессе роста растений — максимальное количество грозовых разрядов. Зимой гроз нет, так как в это время года не происходит электронного испарения воды растениями из-за низкой температуры. Над океанами гроз в 10 раз меньше, чем над сушей, покрытой растущей растительностью, а над пустынями гроз в 10 раз меньше, чем над океанами, ибо в пустынях нет ни воды, ни растений.

Об этих весьма важных факторах

В. М. Кутюрин в своей статье не упомянул ни одним словом.

На вопросы Д. Ф. Кулакова отвечает доктор биологических наук В. М. Кутюрин (Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского, Москва).

Хорошо известно, что растения используют для фотосинтеза световую энергию, а не тепловую. Тепловая энергия является для растений балластом, от которого они освобождаются путем ее расходования на испарение воды (так называемая транспирация растений). Так, например, в солнечную погоду листья испаряют до 250 г воды в час на 1 м^2 их поверхности. Действительная причина замедления процесса фотосинтеза с понижением температуры — снижение скорости ферментативных реакций, входящих в механизм фотосинтеза. Аналогичное явление наблюдается и у животных.

Теперь о причине расположения блестящей стороны листовой поверхности кверху. Подобное листорасположение — следствие эволюционной приспособленности высших растений — не является единственным. У некоторых растений листья располагаются ребром к прямым солнечным лучам, что связано, в частности, с необходимостью избежать перегрева листьев и недостаточным водоснабжением этих растений. Анатомическое строение листьев, располагающихся горизонтально к падающему свету, дифференцировано: верхняя часть имеет более плотную кожицу и под ней плотную ткань (так называемую палисадную паренхиму),

нижняя часть — более рыхлую ткань (губчатую паренхиму) и на нижней части, в основном, находятся устьица, через которые происходит газообмен.

Различный состав, который, по мнению Д. Ф. Кулакова, обнаруживается при анализе газов, выделяемых верхней и нижней поверхностями листа, связан либо с недоразумением, либо с неправильной постановкой опытов и, прежде всего, анализом газов. В тысячах опытов по газообмену высших растений никогда не удавалось наблюдать выделение атомов водорода. Растения выделяют кислород, но опять-таки в виде молекул, а не атомов. Некоторые растения, так называемые фотосинтезирующие бактерии и водоросли способны выделять водород, когда в опытах отсутствует углекислый газ. Это связано с наличием у них специального фермента гидрогеназы. Подобного явления у высших растений наблюдать не удается.

Температурный интервал 32—40° С для большинства растений умеренных широт (в частности, Подмосковья) неблагоприятен, и потому процесс фотосинтеза резко замедляется.

Что касается связи количества гроз с процессом интенсивного роста растений, то она хорошо известна в литературе. В действительности растения выделяют молекулы органических веществ (но это не связано непосредственно с процессом фотосинтеза), которые увеличивают количество аэроионов и тем самым проводимость слоев атмосферы. Но это не означает, что это явление служит непосредственным источником грозового разряда — молнии.

Утверждение Д. Ф. Кулакова о возможности электронного испарения воды ошибочно. Когда испаряется вода под действием тепловой энергии, ее электроны остаются на тех же энергетических уровнях. Изменение электронной конфигурации молекул воды и дальнейший отрыв электронов может происходить под влиянием ультрафиолета, электронной бомбардировки и действия γ -лучей, но это не имеет никакого отношения к процессам фотосинтеза, газообмена и транспирации растений, так как они не используют эти виды энергии.

Почему не может быть возрожден мамонт

Читатель нашего журнала И. В. Фурзиков (Йошкар-Ола) пишет в редакцию:

В ряде журналов за последнее время появляются статьи о мамонте (*Elephas primigenius*): ученые спорят о времени исчезновения великана, о роли человека в угасании этого вида. Ближайшим родственником мамонта является индийский слон (*Elephas maximus*).

Как считает чл.-корр. АН УССР И. Г. Пидопличко, мамонт — житель нашего климата. Нельзя ли воскресить мамонта путем акклиматизации слона?

Это — дерзкая мысль, но ряд опытов по акклиматизации животных жарких стран в умеренных широтах¹ говорит о том, что животные могут приспосабливаться к холодному климату.

Уже более семи лет существует близ Внукова своеобразная обезьянья ферма Академии медицинских наук СССР. Обитатели тропиков и субтропиков — макаки, резусы, зеленые мартышки — в подмосковном лесу чувствуют себя в 30°-е морозы неплохо.

В заметке «Упрек забывчивой природе» (Техника — молодежи, 1971, № 5) говорится: «...О бананах она не знает ничего, а с буранами и выюгами хорошо знакома. Это одна из обезьян, которая живет на острове Хонсю в Японии. Климат там суровый, а пища скудная. Летом снежные обезьяны поедают лесные плоды, улиток, жуков, а зимой разыскивают в снегу кусты и сочную кору...».

Эти опыты могут привести к неожиданным результатам, если хорошо продумывать вопросы акклиматизации.

И. В. Фурзикову отвечает доктор биологических наук А. В. Яблоков (Институт биологии развития АН СССР).

Вы ставите интересный вопрос: в самом деле, почему бы не воссоздать в природе мамонта? К сожалению, с биологической точки зрения это практически невозможно: эволюция необратима, и раз исчезнувший вид никакими силами воссоздать невозможно. Можно постараться, скажем, из каких-то ныне существующих форм быков сделать новую форму, похожую на тура, — но это не будет тур, можно воссоздать зубра — и он по многим своим признакам будет похож на зубра прошлого, — но это не будет зубр в полном смысле этого слова. Комбинируя имеющийся генетический материал, отбирая в процессе селекции нужные нам признаки, человек может пока только воздействовать на отдельные признаки или их группы, но не может по своему желанию и произволу конструировать весь организм; на этом пути множество нерешенных принципиально задач и, в лучшем случае, — это дело далекого будущего.

Вы неправы, думая, что одно только помещение обезьян в холодный климат приводит к наследственным изменениям, делающим возможность их жизни в таком климате. Выпустите обезьян из питомника под Внуковым в лес, и они погибнут в первую же зиму; только отбор на протяжении жизни тысяч поколений привел к формированию действительно «морозостойчивых» японских обезьян с о. Хонсю.

Можно себе представить, что такой процесс длительного отбора на морозостойкость можно было бы осуществить и с индийским слоном и в результате — через сотню поколений, например, — получить более морозостойкого слона. Но стоит ли тратить на это средства и занимать этим ученых на протяжении ближайших сотен лет? Думаю, что нет. С биологической же точки зрения, введение животного типа мамонта в современные биогеоценозы вряд ли оправдано при современном интенсивном развитии оленеводства и хозяйственного освоения тундры.

¹ «Природа», 1969, № 6, стр. 114.

Непризнанный Демзельбен

Ф. К. Величко

Кандидат химических наук
Москва

Судьба была к нему несправедлива. Его коллеги-современники, может быть, более целеустремленные, чем он, может быть, более удачливые, но никак не более талантливые, постепенно обзаводились почетными прилагательными к своему имени — великий Берцелиус, знаменитый Либих, блестящий Дюма... А Демзельбен так и остался Демзельбеном. Память о нем изгладилась с исчезновением его публикаций со страниц химических журналов, все значительные его открытия как-то сами собой рассосались по научному багажу современных ему ученых. В курсах истории химии он не упоминается. И только студенты-третьекурсники, дотошно роющиеся в первоисточниках, нет-нет да и сошлются в своих курсовых работах на сочинение Демзельбена... Спасибо им за это!

Мне ничего не известно из житейской биографии Демзельбена; в либиховских «*Annalen der Chemie*», где на протяжении 48 лет (с 1833 г. по 1871 г.) печатались работы этого автора, не было некролога. Возможно, такое игнорирование Демзельбена обществом связано с его человеческими качествами. Демзельбен, по видимому, был отчаянный нелюдим. Ни один из его современников не может похвастаться знакомством или перепиской с ним. Очевидно, он принципиально отвергал и ученые сборища.

Демзельбен всегда публиковался один, без соавторов. Он был наказан за индивидуализм. Несмотря на всю свою продуктивность и глубину ученого, он не создал своей школы.

Однако было бы неправильно представлять себе Демзельбена тишайшим человеком, которого оттеснили от славы его более бойкие коллеги. Против такого представления говорит характерная черточка его публикаций — отсутствие инициалов. На

столь явное утверждение своей уникальности не решались даже самые выдающиеся химики.

Чем же отмечен путь Демзельбена в науке? Здесь от предположений я перехожу на твердую почву фактов. Уже в ранних работах Демзельбен проявил свои характерные черты исследователя — наблюдательность, оперативность и исключительное чутье на новые веяния в химии. Едва известный немецкий химик Митчерлих начинает в 1834 г. свои исследования по нитрованию бензола, Демзельбен чуть ли не в том же месяце подхватывает их, проводит ряд превращений только что открытого Митчерлихом нитробензола и заодно открывает сульфобензойную кислоту («*Annalen*»¹, т. 12, стр. 314). Публикации Митчерлиха и Демзельбена появляются в одной и той же книге «*Annalen*», но Демзельбен чуть-чуть опаздывает, и вся слава достается Митчерлиху. В 1835 г. у корифеев Дюма и Пелиго, развернувших исследования природных органических соединений, он отбирает лакомый кусочек — терпингидрат («*Annalen*», т. 14, стр. 75), известный ныне всем, кто прокашлял хотя бы неделю.

Как-то само собой повелось приписывать Либиху основополагающие работы по цианистому калию и сильной кислоте. Однако не Либих, а Демзельбен предложил цианистый калий употреблять в химическом анализе («*Annalen*», т. 41, стр. 285). Он же впервые указал на цианистый калий как на восстановитель. Десятилетия иступленной работы в одиночку, видимо, сильно подорвали здоровье Демзельбена. В шестидесятых годах эта фамилия все реже и реже появляется на страницах «*Annalen*». С 1872 г., ровно сто лет назад, имя Демзельбена исчезает навсегда.

¹ Так в дальнейшем мы будем называть «*Annalen der Chemie*».

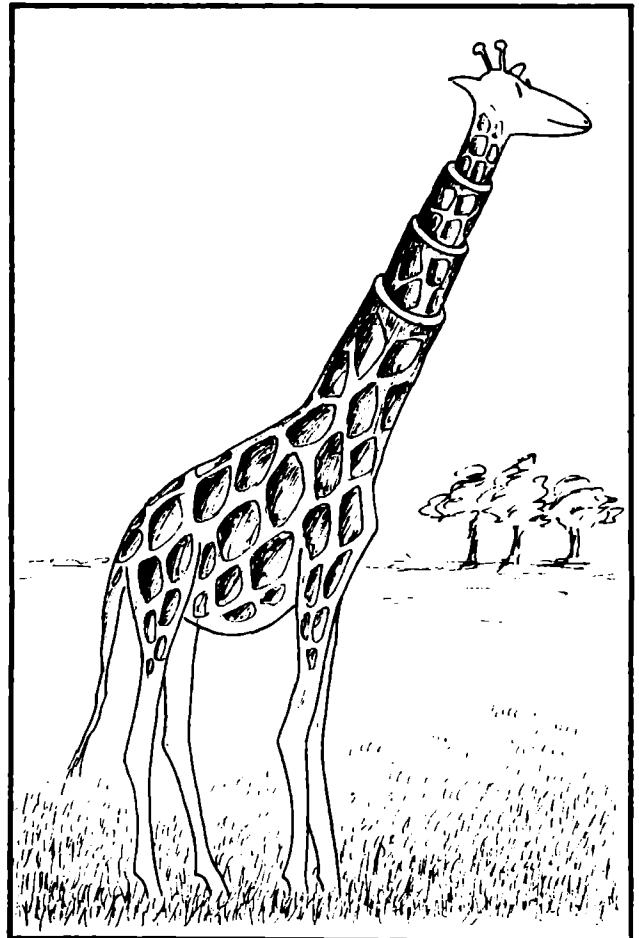
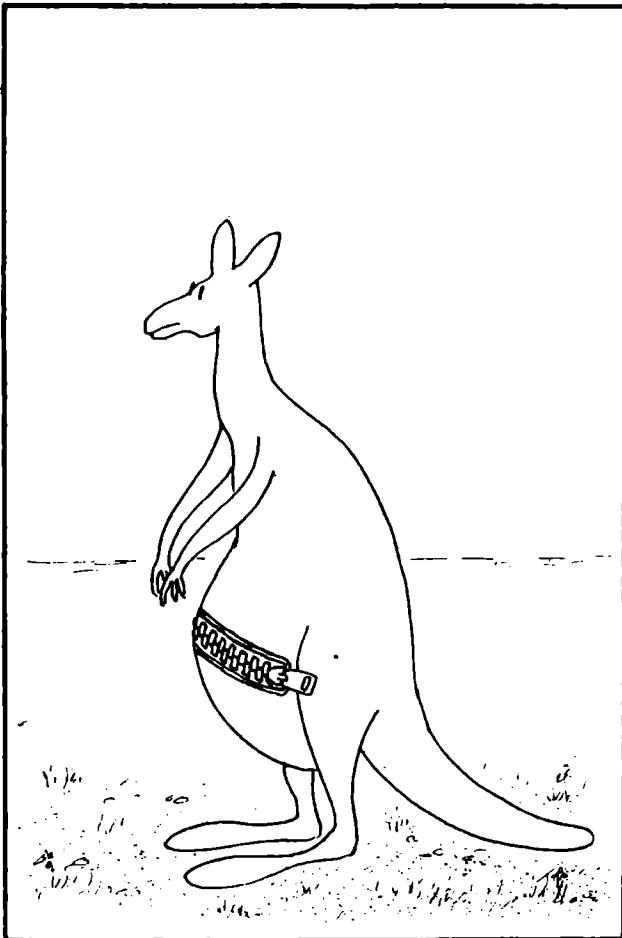
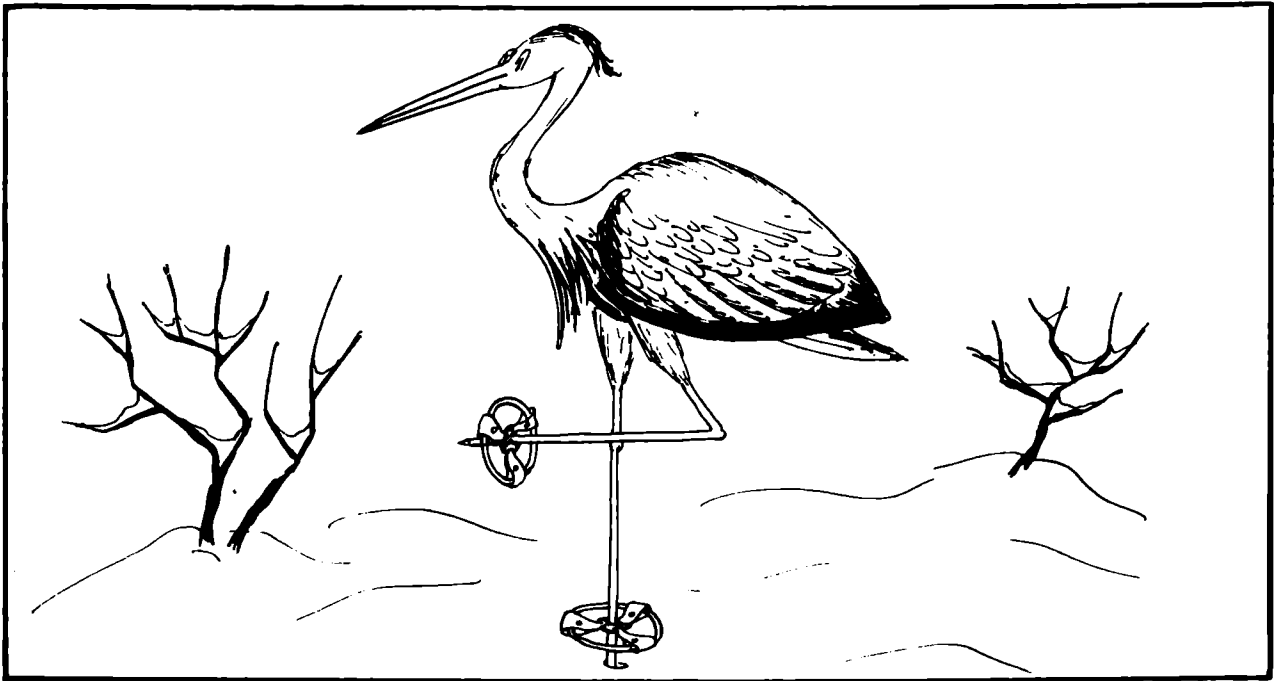
*

Увы! Как ни заманчиво открыть непризнанного гения, это — шутка: Демзельбена не существовало. По-немецки «*von Demselben*» значит «того же самого». Когда в «*Анналах*» подряд шло несколько статей одного автора, его фамилия печаталась только в первой, а далее указывалось: «*von Demselben*». В 70-х годах XIX в. форма заголовков в «*Анналах*» изменилась. Демзельбен исчез. Но случается, что студенты, впервые сталкивающиеся с обработкой литературных данных, включают Демзельбена в список авторов. У Демзельбена есть латинский двойник Идем (*Idem*), употребляющийся в научной литературе при многократном цитировании одного автора.

Научная литература иногда и другому подучивает над поверхностным знанием языков. Знаток английского А. Л. Пумпянский рассказывал мне о таинственном химике Хауэвз (*However*), который, в отличие от Демзельбена, всегда публиковался в компании с кем-нибудь, но обязательно ставил свою фамилию на первое место. Тут все дело в распространенной в английской научной литературе конструкции: «Однако такие-то (скажем, Смит и Браун) показали, что...» («*However, Smith and Brown showed that...*»). Случается, что первое слово принимают за фамилию.

Иногда встречаешь список литературы, в котором почти все французы — Мишели, во всяком случае инициалы их начинаются с буквы М. Оказывается, во французских химических журналах до сих пор принято писать: (статья) господина такого-то (к примеру, Ф. Дебрэ). Это выглядит как «*par M. F. Debre*», и вот F. Debre перекочевывает в список литературы в виде M. F. Debre. Будем надеяться, что в трудах уважаемого Читателя «демзельбенов» и «мишелей» нет.

Зеркало „Природы“



Бионика наоборот.

Рисовал Ф. Куриц.

Цена 50 коп.
Индекс 70707

