

ПРИРОДА

6.72



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. АРТЮШКОВ

Академик

Б. Л. АСТАУРОВ

Доктор биологических наук
А. Г. БАННИКОВ

Академик

А. И. БЕРГ

Академик

А. П. ВИНОГРАДОВ

Зам. главного редактора
доктор физико-математических наук
В. М. ГАЛИЦКИЙЧлен-корреспондент АН СССР
Б. Н. ДЕЛОНЕДоктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Академик

Б. М. КЕДРОВ

Академик

И. К. КИКОИН

Член-корреспондент АН СССР
Н. К. КОЧЕТКОВЧлен-корреспондент АН СССР
В. Л. КРЕТОВИЧДоктор физико-математических наук
Б. В. КУКАРИНДоктор философских наук
Г. А. КУРСАНОВ

Академик

К. К. МАРКОВ

Доктор философских наук
Н. Ф. ОВЧИННИКОВОтветственный секретарь
В. М. ПОЛЫНИНЗам. главного редактора
Доктор геолого-минералогических наук
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙЗам. главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВДоктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯЗам. главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВДоктор биологических наук
К. К. ФЛЕРОВДоктор биологических наук
А. Н. ФОРМОЗОВ

Академик

Г. М. ФРАНК

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Академик

Н. В. ЦИЦИН

Доктор географических наук
Л. А. ЧУБУКОВ

Академик

В. А. ЭНГЕЛЬГАРДТ

Доктор 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.Подписано к печати 15/V-1972 г. Т-08828
Формат бумаги 84×108¹/₁₆
Уч. изд. л. 15,7. Усл. печ. л. 11,76
Бум. л. 3,5. Тираж 51 000 экз. Зак. 383.2-я типография издательства «Наука»
Москва, Г-99, Шубинский пер., 10.Обложка отпечатана на Подольской фабрике
офсетной печати.
Подольск, Революционный проспект, 80-42.П. Н. Федосеев. Взаимосвязь
философии и естественных наук

2

А. А. Ничипорович. Фотосинтез
и биосфера

9

Б. Л. Астауров. Перспективы
управления полом животных

16

Г. С. Бисноватый-Коган. Почве-
му вспыхивают Сверхновые

24

Б. С. Вольвовский, Б. И. Силкин.
Твердая оболочка Земли и
землетрясения

34

О. С. Адрианов, Л. Н. Молод-
кина. Лобная область мозга и
элементарная рассудочная дея-
тельность

40

В. В. Добровольский. Равнина
под микроскопом

47

В. А. Энгельгардт. У истоков
отечественной молекулярной
биологии

56

Ю. А. Шрейдер. Язык как ин-
струмент и объект науки

66

И. И. Белостоцкий. Русский мо-
билист начала XIX века

74

Г. А. Месяц, С. П. Бугаев. На-
носекундный ускоритель элек-
тронов

78

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

Н. М. Пуца. Куда лимонница
откладывает яйца

85

Г. Н. Батурич. Фосфориты най-
дены в глубинах океана

86

НОВОСТИ НАУКИ

КНИГИ

Б. П. Алисов, А. А. Малинов-
ский, Е. Д. Смирнова. Одна из
первых книг по экологии че-
ловека

98

С. П. Капица. Необходим со-
временный курс физики

100

К. К. Марков. Новый синтез
геоморфологии

102

Ю. М. Пуцаровский. Удачное
обобщение сведений о Гондван-
е

102

М. Д. Махлин. О «нежных пи-
тонах» и «мыслителе — бунта-
ре»

103

Новые книги

99, 101, 104

ЗАМЕТКИ, НАБЛЮДЕНИЯ

М. М. Дагаев. Полное солнеч-
ное затмение 10 июля 1972 г.

106

В. И. Арабаджи. Эхо у камня
Говорливый на Вишере

106

Н. Н. Дроздов. Кровососущий
вьорок

107

В. Е. Флинт. Нанду

107

РЕДАКЦИОННАЯ ПОЧТА

Становится ли в Москве холод-
нее?

109

В КОНЦЕ НОМЕРА

П. Хейн. Груки

111

На первой странице обложки. Насекомое ме-
лового периода из отряда сетчатокрылых
(Neuroptera) семейства Coniopterygidae в
таймырском янтаре. Увелич. в 70 раз. См.
заметку А. П. Расницына «Палеонтологические
находки на Таймыре», стр. 94.

Фото Б. В. Клищенко

На второй странице обложки. Фотография
следов динозавра на плите мезозойских
песчанников. См. заметку Н. И. Хомизури
«Следы динозавра в Таджикистане», стр. 94.

Фото Н. Н. Коландадзе

На четвертой странице обложки. У страуса
нанду птенцов всегда прогуливает самец. См.
заметку В. Е. Флинта «Нанду», стр. 107.

Фото Н. А. Бохонова

При перепечатке ссылки на журнал
«Природа» обязательны.

Редакция рукописей не возвращает

Взаимосвязь философии и естественных наук

Академик П. Н. Федосеев



Петр Николаевич Федосеев, вице-президент АН СССР, председатель Научного совета по комплексной проблеме «Философские вопросы современного естествознания». Основные работы посвящены философским проблемам современного общественного развития и научного познания. Монографии: Дialeктика современной эпохи. М., 1966; Коммунизм и философия. Изд. 2-е, М., 1971; Марксизм в XX веке. М., 1972.

Жизненная сила ленинских идей

Стремительное развитие естествознания, проникающего в самые сокровенные тайны природы, усиление его связи с практикой, производством — такова одна из наиболее ярких примет нашего времени. Научно-техническая революция, занявшая место в ряду важнейших процессов современной эпохи, открыла перед человечеством невиданные дотоле возможности социального прогресса, но одновременно породила и немало серьезных проблем. В этих условиях закономерно возрастает интерес к философским принципам естественных и технических наук. Этот интерес, как и всегда в период крутых поворотов в развитии науки, пробуждает и у философов, и у естествоиспытателей потребность заново рассмотреть извечный вопрос о характере своих взаимоотношений.

Советские философы и ученые-естественники в решении этого вопроса всегда опирались на идею о необходимости союза философов-марксистов и естествоиспытателей, выдвинутую 50 лет назад в работе В. И. Ленина «О значении воинствующего материализма». Намечая в ней основные пути развития марксистской философии, определяя задачи, которые она призвана решать в процессе формирования социалистической идеологии, В. И. Ленин указывает на необходимость философского осмысления новейших достижений наук о природе как важнейшего условия защиты и развития

рассуждения. Это огромная работа, успешное выполнение которой требует объединения усилий как философов, так и естествоиспытателей. «Мы должны понять,— писал В. И. Ленин,— что без солидного философского обоснования никакие естественные науки, никакой материализм не может выдержать борьбы против натиска буржуазных идей и восстановления буржуазного мирозерцания. Чтобы выдержать эту борьбу и провести ее до конца с полным успехом, естествоиспытатель должен быть современным материалистом, сознательным сторонником того материализма, который представлен Марксом, то есть должен быть диалектическим материалистом»¹.

На протяжении полувека менялись конкретные формы осуществления этого союза, которые зависят от уровня развития наук о природе и от степени разработанности их философских проблем. Но выдержал проверку временем, доказав свое непреходящее значение, сам ленинский принцип содружества философов-марксистов и естествоиспытателей.

Актуальность этого ленинского принципа объясняется тем, что он логически вытекает из материалистического — единственно научного подхода к природе как объекту философского мышления, из марксистской теории науки и ее социальной роли. С момента своего возникновения марксистская философия решительно порвала с натурфилософскими установками, которые неизбежно навязывают естественным наукам апри-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 45, стр. 29—30.

орные концепции, ведут к подмене конкретного анализа конкретных проблем умозрительными спекуляциями, действительных связей — связями вымышленными, фантастическими. «Современный материализм, — отмечал Ф. Энгельс, — является по существу диалектическим и не нуждается больше ни в какой философии, стоящей над прочими науками»¹. Задачу научной философии ее основоположники видели в том, чтобы изучать наиболее общие законы природы, общества и мышления и вырабатывать цельный, научно обоснованный взгляд на мир.

Это понимание предмета научной философии и ее взаимоотношения с естествознанием было развито В. И. Лениным. Он показал, что в условиях бурного прогресса естественных наук, крутой ломки старых и возникновения существенно новых понятий, принципов и теорий, интенсивной тематизации естествознания, значение взаимосвязи философии и естественных наук не только не ослабевает, но, напротив, резко возрастает. Материалистически истолковав известное положение Гегеля о тождестве диалектики, логики и теории познания, В. И. Ленин пришел к выводу, что философское осмысление достижений естественных наук, всей истории человеческого познания, техники, материальной и духовной культуры, всех процессов социальной жизни — главный источник развития материалистической диалектики. С другой стороны, раскрывая на этой основе наиболее общие законы объективной реальности, она вооружает конкретные науки общим философским методом познания и преобразования действительности.

Таким образом, как показал В. И. Ленин, взаимодействие философии и естествознания — объективная потребность развития обеих этих областей знания, которая может быть реализована в полной мере только в форме союза философов-марксистов и естествоиспытателей. Диалектический материализм не претендует на решение специфических проблем

конкретных наук о природе, но он не может развиваться в отрыве от последних. Естествознание не занимается специальной философской разработкой таких вопросов, как, например, взаимоотношение субъекта и объекта, теории и практики, но без принципиального теоретического ответа на них невозможно правильно подойти ни к одной методологической проблеме той или иной науки или теории, осуществить синтез достижений различных наук, построить новую научную картину мира. Творческое содружество представителей диалектического материализма и конкретных наук о природе при решении мировоззренческих и методологических вопросов естествознания в интересах прогресса как самого естествознания, так и философии — такова суть завещанного В. И. Лениным союза.

Весь опыт философской работы по обобщению данных специальных наук, налаживанию творческого содружества между философами и естествоиспытателями в нашей стране неопровержимо доказывает великую жизненную силу ленинских идей. Все главнейшие наши достижения в этой области — утверждение диалектико-материалистического мировоззрения среди представителей естественных и технических наук, налаживание их творческих, деловых контактов с философами, успехи в обобщении данных новейшей науки о природе и обогащение на этой основе материалистической диалектики — покоятся на последовательной реализации разработанных В. И. Лениным принципов союза естествоиспытателей и философов. И, наоборот, всякий раз, когда допускался отход от этих принципов, возникали помехи и трудности, тормозившие совместную плодотворную работу философов и ученых-естественников. Авторитет марксистско-ленинской философии среди естествоиспытателей, их содружество с философами укреплялись в процессе острой борьбы с враждебными философскими направлениями, по мере преодоления трудностей, недостатков и ошибок, в ходе совместной положительной работы по философскому осмыслению новейшего естествознания.

Сейчас мы можем с уверенностью сказать, что завещанный В. И. Лениным союз успешно претворяется в жизнь. Он служит одним из основных источников развития марксистско-ленинской философии, важным условием прогресса естественных и технических наук.

Как уже отмечалось, на разных этапах союз естествоиспытателей и философов-марксистов принимал различные формы. В 50-е годы исследования по философским вопросам естествознания концентрировались в основном вокруг известных и признанных научных теорий, в частности теории относительности и квантовой механики. Были разработаны широкие диалектико-материалистические основы истолкования других ведущих естественнонаучных теорий, определяющих лицо естествознания первой половины нашего века. На этой базе удалось углубить и конкретизировать некоторые категории диалектики, в первую голову такие, как причинность, необходимость, случайность, возможность, действительность, закон. В этот же период шла ликвидация накопившихся в предшествующие годы трудностей и ненормальностей во взаимоотношениях философов и естествоиспытателей.

Продолленная в этот период работа позволила в 60-е годы подойти к новому рубежу: философские исследования в области естествознания стали все более и более ориентироваться на проблемы, связанные с будущим науки, с тем, что еще только зарождается, переживает период становления, но обещает стать ведущим направлением новейшего естествознания.

Пристальное внимание было обращено на проблемы таких разделов науки, как физика элементарных частиц, внегалактическая астрономия, молекулярная биология, кибернетика, исследование операций. Широкое развитие получили системно-структурные исследования. Более глубоко стали анализироваться проблемы активности познания. В области собственно философии на первый план выдвинулись вопросы о единстве мира и качественном своеобразии отдельных областей действительности, об общем и особенном, что было

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 25.

обусловлено проникновением физики и химии в биологию, широким применением кибернетики, усилением взаимодействия естественных и общественных наук.

Новый подход к исследованию философских вопросов естествознания, расширение тематики, ее научная актуальность определили дальнейшее развитие и укрепление союза естествоиспытателей и философов. Основные методологические проблемы современного естествознания разрабатываются ими совместно. Это проявляется в подготовке коллективных трудов и в систематической организации и проведении конференций и симпозиумов по актуальным философским проблемам современного естествознания. Сами эти проблемы и главные направления их разработки стали определяться совместно философами и естествоиспытателями. Широкое распространение получили философские методологические семинары в естественнонаучных институтах и учреждениях.

Как и все ведущие проблемы современной науки, основные философские вопросы естественных наук являются комплексными. Их исследование предполагает и опирается на сотрудничество представителей различных наук. Следует подчеркнуть, что в разработке целого ряда философских вопросов наук о природе ведущая роль во многом принадлежит нашим естествоиспытателям, таким как С. И. Вавилов, А. Ф. Иоффе, В. А. Фок, М. А. Марков, А. Д. Александров, Н. Н. Семенов, Н. П. Дубинин, В. А. Энгельгардт, В. А. Амбарцумян, А. И. Берг, С. Л. Соболев, П. К. Анохин и др.

Высокий научный уровень исследований по философским вопросам новейшего естествознания сделал более действенной борьбу против буржуазной философии и усилил влияние материалистической диалектики на процессы осмысления современной мировой науки. Развитие последней убедительно показывает, что именно диалектико-материалистическое мировоззрение служит надежной основой для действительно научного философского осмысления ее стремительного прогресса.

Сближение наук о природе и обществе

Специфика нынешнего этапа разработки философских вопросов естествознания определяется возросшей ролью науки и техники в создании материально-технической базы коммунизма, во всестороннем развитии социалистического общества. Выдвигнутая XXIV съездом КПСС задача органического соединения достижений научно-технической революции с преимуществами социализма заставляет по-новому взглянуть на традиционные вопросы философии естествознания и техники, выявляет в них такие грани и аспекты, которые ранее казались малозначительными или вообще не замечались. Речь идет о том, что нужно разрабатывать философскую проблематику естественных и технических наук в тесной связи с их социальной ролью, учитывая процессы и явления, порождаемые ими в общественном развитии.

Необходимость именно такого подхода диктуется прежде всего углублением процесса сближения естественных и технических наук с общественными. Он закономерно вытекает из предсказанного марксизмом превращения науки в непосредственную производительную силу, а производства — в технологическое применение науки, из единства производительных сил и производственных отношений. Философское значение этого процесса исключительно велико. На его фоне очевидна несостоятельность концепций, противопоставляющих обществоведение и естествознание, воздвигающих непреходимую грань между природой и общественной жизнью.

Современный этап сближения наук о природе с общественными науками нуждается в дальнейшей разработке теории и методологии, позволяющих, с одной стороны, осуществить этот синтез, осмыслить его сущность, с другой — дать ключ к решению качественно новых, комплексных проблем, возникающих на стыке естествознания и обществоведения. Таковую мировоззренческую и методологическую функцию в состоянии выполнить только марксистско-ленинская

философия, представляющая собой целостное учение о наиболее общих законах природы, общества и мышления. Задача состоит в том, чтобы углубить, конкретизировать ее основные положения и категории применительно к особенностям данного процесса.

Взаимодействие естественных и общественных наук разворачивается в различных плоскостях, которые можно исследовать с трех основных точек зрения: экономической, или производственной, — изучение изменений в общей структуре и организации производства, вызываемых естественными науками через технику; социальной — исследование воздействия революции в науке и производительных силах на социально-экономическую, политическую, духовную, идеологическую сферы общественной жизни; гносеологической — разработка общих принципов и методов подхода к комплексным проблемам, анализ изменений в познавательных средствах естествознания и обществоведения в результате их сближения.

Конечно, далеко не все проблемы, возникающие в каждой из отмеченных областей, относятся к числу тех, которыми призвана заниматься философия естествознания. Но бесспорно, что все более глубокое сближение наук о природе с науками об обществе подчеркнуло недостаточность чисто онтологического, гносеологического и логико-методологического направлений исследований в рамках философских вопросов естествознания. Созданная на их основе «трехмерная» картина научного познания должна быть дополнена новым «измерением», которое подытоживает наиболее общие процессы и явления, порожденные глубоким проникновением науки и техники в общественную жизнь. Такой предельно широкий, «четырёхмерный» синтез новейшего естествознания — важнейший источник развития и повышения эффективности диалектико-материалистического мировоззрения как цельной системы знаний, запечатлевающей материальное единство мира во всем его многообразии.

Приведем несколько примеров, иллюстрирующих сказанное.

В настоящее время перед нашим обществом стоит огромной важности задача — управление большими системами в сфере народного хозяйства, политических отношений, в науке. Какое место занимает человек в такой сложнейшей системе, как «человек — природа — техника»? Мировоззренческое и методологическое значение этого вопроса исключительно велико, и научный ответ на него может быть дан только на основе диалектико-материалистической философии и современных данных естественных, технических и общественных наук.

Другой пример. Научно-техническая революция необычайно расширила возможности воздействия человека на природную среду. Оно приобрело чуть ли не космические масштабы. К сожалению, люди часто не представляют результатов этого воздействия. А ведь некоторые изменения в окружающей нас природной среде носят необратимый характер, ухудшают естественные условия жизни людей. Но фатальны ли такие последствия? В связи с этим возникает необходимость исследования не только социологических, но и общеполитических аспектов взаимоотношений человека со средой.

В последние годы все острее встает проблема так называемого «информационного взрыва». Потребности развития науки, задачи оптимизации производства и переработки информации требуют решения проблемы ее содержательности, ценности. Как найти критерии для измерения этих качеств информации? Эта «задача века» стоит перед наукой в целом и философией в особенности, поскольку она всегда стремилась к «спрессовыванию» информации путем обобщения понятий. В этой связи очень остро стоит задача дальнейшей разработки самой диалектики, ее теории, поскольку напор новых данных со стороны науки требует развития понятийного аппарата, в том числе конкретизации и углубления категорий диалектики. Важным источником такого развития всегда было естествознание. Нельзя не вспомнить в этой связи об образцах обогащения категорий и законов материалистической диалектики на базе

естественных наук, оставленных нам В. И. Лениным в «Материализме и эмпириокритицизме» и «Философских тетрадах».

Перечень примеров можно было бы продолжить. В частности, заслуживает упоминания такое важное направление, родившееся на стыке естественных и общественных наук, как гносеологические и логико-методологические проблемы исследования сложных систем (автоматизированные системы управления; сложные системы, применяемые в космонавтике; биотехнические устройства в медицине и т. д.). Но и из перечисленных примеров можно составить представление о специфике проблем, порожденных научно-технической революцией и сближением естественных и общественных наук, об их теоретическом и практическом значении.

Современное научное познание: его особенности и проблемы

Другая важная черта анализа философских вопросов естествознания, также связанная с научно-технической революцией и новой социальной ролью науки, заключается в том, что в ходе разработки логико-методологических проблем научного познания в целом и отдельных отраслей естествознания все большее внимание начинает уделяться выявлению особенностей научного мышления вообще.

Чем это вызвано? При исследовании проблем философии естествознания можно столкнуться с подходами двойного рода. С одной стороны, это тенденция к разработке методологических проблем отдельных наук. С другой стороны, делается акцент на разработку теории самой диалектики, новых философских категорий. Хотя теоретическая неправомерность обособления указанных подходов ясна, оно все же постоянно практикуется. Потребности развития как самого естествознания, так и материалистической диалектики выдвигают в качестве главной задачи философское осмысление современной науки как формы познания и (в определенном

виде) преобразования действительности.

Решение такой задачи состоит, по существу, в разработке материалистической диалектики как цельной и стройной системы мировоззренческих и методологических принципов, так сказать органа современной науки, и предполагает обобщение не только процессов и явлений, происходящих в «чистой» науке, но и изменений в характере связей науки с практикой, в самой общественной практике под воздействием науки. Необходим учет влияния на научное мышление социально-экономических и идеологических факторов, борьбы двух противоположных социальных систем на мировой арене. Ясно, что решение этой задачи в целом требует комплексного подхода, усилий представителей всех разделов марксистской философии.

Среди результатов, полученных в области философских вопросов естествознания, в первую очередь следует выделить достижения в разработке общих логико-методологических проблем, образующих в совокупности то, что принято называть логикой и методологией науки.

Была проведена большая работа по обобщению процессов математизации и формализации науки; по изучению изменения структуры научных теорий (повышение степени абстрактности концептуального аппарата, переход от наглядных моделей к моделям, не обладающим этим свойством, усложнение связи теоретических положений с опытом); проникновения понятий и методов одних наук в другие (физики — в химию, физики и химии — в биологию и т. д.). Много внимания уделялось и уделяется мировоззренческому, гносеологическим и логико-методологическим вопросам кибернетики и кибернетизации науки и техники. В последние годы возникли новые, хотя и специальные, но достаточно общие методы познания, которые находят применение во многих науках (семиотические и структурно-системные методы). Они также подверглись обстоятельному философскому разбору.

В ходе этих исследований стало еще очевиднее, что философское осмысление изменений в познаватель-

ном аппарате естествознания может быть дано только с позиций материалистической теории отражения, ибо только она дает научное объяснение возникновения, развития, специфики содержания различных сосуществующих и исторически сменяющих друг друга методов, позволяет предсказать тенденции развития научного мышления. Обогащение и конкретизация философского содержания принципа отражения на основе указанных исследований увеличивает его мировоззренческую значимость, делает его еще более эффективным средством анализа логико-методологических проблем научного познания.

При рассмотрении логико-методологических вопросов естествознания всегда отмечают возросшую роль теоретического мышления. Несомненно, роль теории, и в связи с этим роль логического аппарата, знаковых средств познания, возросли в огромной степени. Но значительно расширились также и возможности наблюдения, увеличились эмпирические данные. Происходит своеобразное соревнование между лавиной новых эмпирических данных и способностью теоретического мышления «переварить» их, т. е. описать, включить в ту или иную конкретную теорию, объяснить и предсказать. Именно в ходе взаимодействия теории и опыта рождаются новые идеи, открытия, концепции, в том числе те, которые принято называть революционными переломами в науке.

Развитие естествознания и философии показало, что невозможно объяснить все богатство отношений между теорией и опытом, ответить на многие важные вопросы, выдвигаемые прогрессом наук (в частности — на вопрос о характере научных революций), если при рассмотрении этих проблем ограничиться формально-логическим анализом. Здесь необходим гораздо более широкий подход, учитывающий и охватывающий все существенные моменты человеческой познавательной деятельности.

Известно, что кризис неопозитивизма и падение его престижа в глазах широких слоев научно-технической интеллигенции Запада в значительной мере обусловлены его неспособностью решить указанные

проблемы с позиций эмпиризма и абсолютизации формально-логических методов. Представители различных направлений «философии жизни» решают проблему соотношения теоретического и эмпирического, абсолютизируя субъективную активность личности. Некоторые сторонники так называемой франкфуртской школы высказывают мнение, что единственная свободная от «догматических» предпосылок теория познания — это социология познания.

Диалектико-материалистическая философия не отрицает роли формально-логических методов исследования, социальных факторов и творческой активности личности в процессе познания. Но она показывает производное и подчиненное значение каждого из них в отношении того, что составляет действительную сущность человеческого познания — взаимодействие субъекта с объектом в процессе практической деятельности. Это взаимодействие понимается и объясняется в марксистской философии, исходя из признания материальности природы и общества, диалектики объективной реальности и отражения последней в сознании, из принципа общественного характера познания. И мышление, и практическая деятельность человека определяются законами объективной реальности. Субъективная активность человека не абсолютна и не произвольна, она в конечном счете детерминирована внешней реальностью, объективной диалектикой.

В этой связи ясно, насколько актуальна разработка на базе естественных наук материалистической диалектики как теории объективной диалектики. Верно, что материалистическая диалектика осуществляет свою мировоззренческую функцию в отношении наук о природе не непосредственно, а в качестве методологии. Но верно и то, что она является общей теорией и методом познания постольку, поскольку является одновременно наукой о наиболее общих законах, свойствах и отношениях внешнего мира. Исследование таких проблем, как взаимоотношение субъекта и объекта, природа реальности, взаимосвязь категорий, не может быть исчерпано диалектикой кон-

кретных процессов, раскрываемой физикой, химией, биологией и другими науками, но оно и невозможно без них. Вот почему анализ философских вопросов естествознания был и остается важнейшим источником развития диалектико-материалистического мировоззрения. В качестве главной задачи здесь выдвигается анализ философских вопросов наук, идущих в авангарде современного естествознания.

Лидером современного естествознания считается физика. Ее ведущая роль определяется тем, что она имеет дело с исходными, фундаментальными элементами и свойствами материи, а также тем, что она достигла наиболее высокой ступени организации знания, так что основные особенности современной науки выражены в ней наиболее рельефно. В силу этого физический стиль научного мышления оказывает весьма значительное воздействие на стиль естественнонаучного мышления вообще. Вопрос о месте физики, ее идей и методов привлекает внимание представителей многих отраслей естествознания. Дальнейший прогресс химии, всего комплекса биологических наук немалым образом связан с развитием физики. Поэтому встает комплексная задача исследования взаимоотношения и взаимообусловленности различных уровней познания, формы и структуры выражения знаний, природы научной теории, ее логической структуры и источников развития.

Воздействие физики на развитие наук о природе непосредственным образом влияет на все научное мировоззрение. Примером может служить трактовка «вечной» философской проблемы — взаимоотношения субъекта и объекта. В современной физике, в частности в свете положения об относительности квантового способа описания явления к средствам наблюдения, особенно наглядно выступает активный характер человеческого познания.

Глубокое философское осмысление квантовых представлений привело к необходимости изменения традиционных представлений о причинности как жесткой однозначной связи. Синтез ранее казавшихся несовместимыми идей причинности и

фундаментально-вероятностных квантовых связей — ярчайшее свидетельство проникновения диалектики в физику.

Важнейшее значение приобрели проблемы, связанные с выработкой современной формы атомизма как учения о принципах структурной организации материи, физические основы которого разрабатываются в ходе развития физики элементарных частиц. Следует отметить, что последняя находится на пороге открытий и выводов, сравнимых по своим последствиям с созданием теории относительности и квантовой механики. Под воздействием всех этих отраслей физики происходит глубокое переосмысление категорий структуры, элементарности, пространства, времени, причинности и т. д.

Не менее значительны сдвиги в области биологии, которая тоже переживает период весьма интенсивных и глубоких преобразований. Резко возрастает ее роль в жизни общества. Не будет преувеличением сказать, что биология вступила в период революционного развития и человечество находится накануне «эры биологии». Такие оценки справедливы в том смысле, что биология становится теперь точной наукой, а ее новейшие достижения таковы, что они оказывают непосредственное воздействие на общественную жизнь. Это выражается как в расширении производственного использования биологии, так и в открываемых ею новых перспективах продления деятельной жизни человека, приспособления к среде в условиях освоения космоса и глобального освоения нашей планеты. Все это увеличивает роль философских проблем биологии, их значение для формирования естественных научных основ нашего мировоззрения.

Не претендуя на исчерпывающий анализ этих проблем, отметим некоторые, в определенном смысле важнейшие из них. Прежде всего, это философские исследования, концентрирующиеся вокруг центральных проблем наук об органической жизни — проблем организации живого, его функционирования и развития, проблем части и целого. Знаменитые открытия, привлекающие теперь об-

щее внимание к наукам о жизни, были сделаны за последние два десятилетия на путях применения новых идей физики, химии и кибернетики в области молекулярной биологии. Плодотворность этого аналитического, или редукционистского, подхода не вызывает сомнений. Но сами биологи все чаще сталкиваются с необходимостью дополнить его противоположным — «системным» (или «интегративным») исследованием. В основе последнего — стремление изучить сложно организованные объекты не просто как «целые», а в противоречивом единстве их целостности и расчлененности.

Ясно, что основная задача философской работы в этой области состоит именно в том, чтобы конкретно сформулировать и осветить с позиций диалектико-материалистической теории и метода новые подходы и принципы, которые лучше всего помогут объединить и развить названные основные тенденции современного биологического исследования.

Большой круг вопросов возникает на стыке кибернетических и философских исследований. Речь идет прежде всего о философском осмыслении новых принципов и понятий, внесенных в науку кибернетикой, особенно понятий «информация» и «управление». Весьма важным представляется использование кибернетических принципов и понятий в дальнейшем развитии марксистско-ленинской теории отражения: для решения проблемы идеального изучения генезиса и механизма активного отображения, для исследования сущности качественного скачка в творческой активности человека, активности социальных систем, для изучения механизма отражения не только настоящего, но и будущего.

Мы коснулись здесь лишь некоторых, важнейших направлений философского обобщения достижений новейшего естествознания, цель которого — не простая их интерпретация с точки зрения диалектического материализма, но вклад в философское осмысление современной науки. Главная задача, настоятельно выдвигаемая развитием науки и общественной практикой, заключается в том, чтобы всесторонне разрабатывать

теорию материалистической диалектики, всеобъемлющую целостную систему ее законов и категорий. Речь идет о выполнении ленинского указания о создании фундаментального труда, подытоживающего развитие всей философской мысли, истории диалектики, обобщающего достижения естествознания, техники, общественных наук, социального развития. Сам факт, что эта задача ныне ставится практически, что условия для ее разрешения подготовлены всем ходом развития диалектико-материалистической философии в нашей стране, служит ярким доказательством плодотворности ленинской идеи о союзе философов и естествоиспытателей.

Ленинская идея союза философии и естествознания и современная идеологическая борьба

Ряд зарубежных философов выступает против такого союза, отрицает необходимость разработки проблем объективной диалектики, диалектики материального мира. Один из аргументов, выдвигаемых ими в последние годы в поддержку своей точки зрения, заключается в том, что распространение законов диалектики на природу или выведение их из природы ведет будто бы к восстановлению старого отношения между философией и науками, старого понимания философии как науки наук. Так, Л. Коллетти заявляет, что толкование законов диалектики как всеобщих означает возрождение гегелевского идеализма¹. Как известно, гегелевский идеализм состоял вовсе не в этом, а в том, что сутью процессов, происходящих в действительности, в том числе и в природе, объявлялось самодвижение абсолютной идеи, логических категорий, что сами диалектические законы Гегель понимал как законы разума. Критически перерабатывая наследие Гегеля, основоположники философии диалектического материализма показали, что диалектика категорий отражает

¹ L. Colletti. Il marxismo e Hegel. Bari, 1969.

диалектику внешней реальности, в том числе диалектику самой природы. Игнорирование последней всегда вело к ослаблению и подрыву мировоззренческой и методологической роли философии, лишало ее такого мощного источника развития, как науки о природе. Не случайно В. И. Ленин подчеркивал в «Философских тетрадах»: «Продолжение дела Гегеля и Маркса должно состоять в диалектической обработке истории человеческой мысли, науки и техники»¹. Успехи, достигнутые советскими учеными на этом пути, доказывают его плодотворность для самой марксистской философии и для прогресса наук о природе.

Нельзя не видеть, что к пониманию этого постепенно приходит все большее число естествоиспытателей на Западе. Они осознают не только правомерность философских вопросов естествознания и значимость их разработки для развития научного познания в целом, но и плодотворность подхода к этим вопросам именно с позиций диалектического материализма. Диалектичность картины, встающей перед взором ученых, когда они пытаются составить более или менее целостное представление о мире на базе новейшего естествознания, подталкивает их к выводу, что общей методологией последнего должна быть философия, сознательно исходящая из принципа универсальности развития и дающая его научную трактовку. Такую философию они находят в марксизме.

Это не означает, конечно, что неопозитивизм и неотомизм — два главных идеалистических течения, претендующих на роль философии науки, — потеряли влияние среди ученых западного мира. Не преодолены полностью среди них и скептическое отношение к философии в целом, сомнения в необходимости и целесообразности контактов ученых с философами. Подобно тому как известный молевский герой не подозревал, что он говорит прозой, так и многие представители естественных и технических наук не замечают, что в ходе размышлений над узловыми

проблемами собственных наук они начинают мыслить философски.

Не следует также упускать из виду трудности, сложности, противоречивость процесса движения в сторону диалектического материализма в условиях господства враждебной ему буржуазной идеологии. Часто это движение совершается в известной мере бессознательно, медленно, а порой оно приостанавливается в самом начале из-за того, что ученый не в силах преодолеть груза предрассудков, предубеждений против марксизма, или из-за неблагоприятной идейно-политической обстановки в обществе. И тем не менее это движение происходит, будучи выражением непреодолимого главного направления исторического процесса — перехода человечества от капитализма к социализму и коммунизму.

В начале нашего столетия, подытоживая революционные изменения в физике, В. И. Ленин отмечал, что физика идет к диалектическому материализму, но идет «...не прямо, а зигзагами, не сознательно, а стихийно, ...»¹. С тех пор современное естествознание в целом значительно продвинулось в этом направлении. Однако противоречие между объективными, естественнонаучными предпосылками к повороту ученых в сторону диалектического материализма и осознанием необходимости такого поворота сохраняется. Выражением такого противоречия является стихийный естественнонаучный материализм. Напомним, что В. И. Ленин видел в нем одну из возможных ступенек к диалектическому материализму и подчеркивал необходимость союза с его представителями в борьбе «...против господствующих в так называемом «образованном обществе» модных философских шатаний в сторону идеализма и скептицизма»².

Естественнонаучный материализм, как и в то время, когда о нем писал В. И. Ленин, остается в философском плане пестрым течением, не свободным от идеалистических заблуждений, механистических и метафизических идей. Но с тех пор он претер-

пел и определенные изменения, необходимость которых диктовалась революционными изменениями в естествознании. Главное, в чем современный естественнонаучный материализм сделал шаг вперед по сравнению со своим предшественником, заключается в более сознательном подчеркивании объективности внешнего мира и объективности содержания научного познания. Однако он унаследовал основную ограниченность предшественника — боязнь больших теоретических обобщений, недооценку или прямое отрицание объективной диалектики. Это существенно ослабляет позиции естественнонаучного материализма в борьбе с идеалистическими концепциями и затрудняет продвижение его сторонников к диалектическому материализму.

Жизнь приносит все новые и новые доказательства того, что единственная философия, которая дает правильный ответ на коренные вопросы, выдвигаемые развитием природы, общества, познания, — это марксистско-ленинская философия. Подчеркивая динамичность диалектико-материалистического мировоззрения, Ф. Энгельс писал: «С каждым составляющим эпоху открытием даже в естествоисторической области материализм неизбежно должен изменять свою форму. А с тех пор, как и истории было дано материалистическое объяснение, здесь также открывается новый путь для развития материализма»¹. Путь решения этой задачи в условиях революционных преобразований в естествознании указал В. И. Ленин, обосновавший идею союза естествоиспытателей и философов. Несомненные успехи, достигнутые на этом пути советскими учеными. Но столь же несомненно, что им предстоит сделать еще больше, чтобы материалистическая диалектика становилась могучим инструментом познания и преобразования мира.

УДК 100.2, 113. 50

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 131.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 332.

² В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 45, стр. 29.

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 21, стр. 286.

Фотосинтез и биосфера

Член-корреспондент АН СССР А. А. Ничипорович



Анатлий Александрович Ничипорович, заведующий лабораторией фотосинтеза Института физиологии растений АН СССР им. К. А. Тимирязева. Ученик А. А. Рихтера. Автор многих научных и научно-популярных работ, в том числе монографии «Теория фотосинтетической продуктивности» (М., 1956, London, 1957). Председатель научного совета по фотосинтезу АН СССР.

Основой всех жизненных процессов на Земле являются многочисленные и разнообразные, точно регулируемые, взаимозависимые и взаимосвязанные превращения органических веществ и заключенной в них энергии.

Практически единственным источником новообразования органических веществ на нашей планете служит процесс фотосинтеза зеленых растений. Растения образуют органические вещества в большом избытке и обеспечивают ими не только свою собственную жизнь, но жизнь всех других живых существ.

Именно на основе фотосинтетической деятельности растений предшествующих геологических эпох сформировалась современная жизнь и биосфера нашей планеты. Вместе с тем громадные количества основного химического элемента органигена — углерода были надолго или навсегда захоронены в недрах Земли в составе осадочных карбонатов или мертвых органических остатков, образовавших затем горючие ископаемые. Таким образом, громадные количества подвижного до того углерода оказались в биологических тупиках, а атмосфера оказалась сильно обедненной основной пищей фотосинтезирующих растений — углекислым газом.

Все это, в совокупности с изменением климата, привело к сокращению масштабов фотосинтетической деятельности растений. Далеко еще не ясно, в каком направлении и в каких темпах идет дальнейшая эволюция фотосинтеза и биосферы и может ли, а если да, то как, воздействовать на этот процесс человек.

Деятельность человека в последнее время становится сопоставимой с масштабами глобальных процессов формирования и эволюции биосферы. Один из результатов этой деятельности состоит в том, что, добывая с возрастающей интенсивностью горючие ископаемые и сжигая их, человек выводит из биологических тупиков колоссальные количества углерода и возвращает их в атмосферу в пригодном для фотосинтеза растений виде — в виде углекислого газа.

Таким образом возникла ситуация, при которой могли бы быть существенно увеличены объем фотосинтеза, а в связи с этим сумма жизни на Земле. Возможно также вплотную подойти к практическому решению некоторых острых проблем таких, как, например, проблема пищевых ресурсов, эрозия почв и т. д.

Однако современная растительность Земли не использует всего дополнительно поступающего в атмосферу углекислого газа, концентрации его в атмосфере постепенно возрастают, а концентрации кислорода — уменьшаются.

При этом вместо возможного положительного результата могут возникнуть и отрицательные последствия в виде изменения климатов (тепличный эффект) или в виде повторного и, может быть, уже необратимого ухода громадных количеств углерода в биологические тупики в результате усиленного поглощения углекислого газа водами океанов и дополнительного образования осадочных карбонатов и неиспользуемых мертвых остатков.

Однако возможно и конструктив-

ное вмешательство человека в современную ситуацию: активация и расширение масштабов фотосинтетической деятельности растений, умножение суммы жизни на Земле и расширение возможностей для последующего биологического, технического и социального прогресса.

Некоторые из этих возможностей обсуждаются ниже.

Фотосинтез — фабрика жизни

Фотосинтез — практически единственный в природе процесс, в котором зеленые растения, усваивая из внешней среды простейшие, окисленные, бедные энергией неорганические вещества — углекислый газ, воду, минеральные соли, — подвергают их с помощью энергии солнечного света сложным превращениям и образуют из них в громадных масштабах разнообразные, богатые энергией, способные к разнообразным взаимным химическим превращениям органические соединения (углеводы, белки, жиры, органические кислоты и т. д.), а в конечном итоге — общую растительную биомассу.

Другим важным следствием процесса фотосинтеза является выделение во внешнюю среду свободного кислорода, освобождаемого из молекул воды.

Образуемые зелеными растениями органические вещества служат пищей для всех живых существ нашей планеты в том числе для человека, а кислород — окислителем, обеспечивающим процессы дыхания.

Все живые существа земного шара подвергают органические вещества фотосинтетического происхождения многократным превращениям и, в конце концов, совместными усилиями и во много стадий полностью окисляют их с помощью кислорода, опять образуя углекислый газ, воду и минеральные соли — пищу для зеленых растений.

Так на Земле установился великий биологический круговорот веществ — круговорот жизни, движимый через процесс фотосинтеза энергией солнечного света.

Сумма жизни, возможный ее прогресс и эволюция полностью зависят

от масштабов фотосинтетической деятельности растительности Земли. А в ней ежегодно образуется в результате фотосинтеза около 100 млрд т общей растительной биомассы в расчете на сухой ее вес. Из них за вычетом трат на дыхание ежегодно остается в виде «нетто-продукции» около 80 млрд т.

Но масштабы фотосинтетической деятельности растительности Земли не постоянны.

В предшествующие геологические эпохи (начиная с верхнего протерозоя) условия для фотосинтеза растительности Земли были более благоприятны, чем в настоящее время: климаты (в межледниковые стадии развития Земли) были более теплыми и влажными, атмосфера была более богата основным компонентом пищи растений — углекислым газом и бедна кислородом¹.

Появившись в процессе эволюции (в протерозое), зеленые растения широко распространились затем по поверхности Земли и стали играть роль одного из важнейших геохимических факторов, коренным образом преобразуя лик нашей планеты и создавая основу для развития современных форм жизни и биосферы.

В ранние периоды фотосинтетической деятельности растений масштабы процесса фотосинтеза во много раз превосходили скорость окисления органических веществ. Благодаря этому громадные количества неокисленных мертвых остатков растений и животных послужили источником образования колоссального количества захороненных в недрах Земли горючих ископаемых. В результате жизнедеятельности некоторых водных фотосинтезирующих организмов и животных, а также в результате химического связывания большие количества углерода из углекислого газа воздуха перешли в состав осадочных карбонатов, образовав колоссальные залежи известняков и мела.

В итоге, из сферы возможного биологического круговорота были выведены в биологические тупики и захоронены колоссальные количества (тысячи и даже миллиарды миллиардов тонн) углерода и углекислого га-

¹ М. В. Муратов. Ранние эры в истории Земли. «Природа», 1971, № 11.

за. Содержание же последнего в атмосфере достигло в результате активной фотосинтетической деятельности растений очень низкого уровня — всего 0,03 объемных %. Это существенно ниже той концентрации, которая является оптимальной для фотосинтеза. Таким образом, растения земного шара сами создали для себя условия, когда им приходится осуществлять фотосинтез в напряженном углекислотном режиме. Это, а также изменение климатов Земли в сторону похолодания и усыхания привело к сильному сокращению объема фотосинтетической деятельности растений, а следовательно, и суммы жизни на нашей планете.

Далеко не безразлично знать, какова дальнейшая тенденция эволюции фотосинтетической деятельности растительности Земли и биосферы. Это особенно важно в связи с неуклонно расширяющимися масштабами современной деятельности человека.

Обеднив атмосферу углекислым газом, растения сильно обогатили ее кислородом. При этом на Земле получил широкое развитие мир высокоактивных организмов — аэробов, которые, используя кислород, приобрели способность к интенсивной жизнедеятельности и быстрой эволюции по пути приобретения высокосложной организации. Так на Земле появился мир позвоночных животных и, наконец, человек.

Растения обеспечили человека и растительной, и животной пищей, и многими техническими материалами, и топливом, и, наконец, громадными количествами кислорода. Последний не только поддерживает его жизнь как физиологический процесс, но и открывает ему безграничные возможности индустриальной деятельности: сжигая разнообразные виды топлива, человек получает тепло, свет, заставляет работать машины.

Биологические ресурсы и потребности человека

Используя и указанные выше и многие другие результаты фотосинтетической деятельности растений, человек расселился по всей поверхно-

сти Земли. Численность населения не только достигла высокого уровня, но и быстро возрастает. В геометрической прогрессии возрастают и потребности человека и темпы его индустриальной деятельности.

В связи с этим начинают возникать несоответствия между биологическими ресурсами фотосинтетического происхождения и потребностями человека. Это проявляется в недостатке пищевых ресурсов и ряда технических материалов (например, древесина, хлопок). Стремление покрыть дефицит усиливает воздействие человека на природу, интенсифицирует использование природных ресурсов.

В конечном итоге масштабы этих воздействий человека на природу, на мир растений, на результаты их деятельности, на эволюцию биосферы, становятся сопоставимыми с масштабами естественных глобальных процессов эволюции нашей планеты и ее биосферы.

В значительной степени воздействие человека на природу носит позитивный характер. Это относится, в частности, к земледельческой деятельности человека, где он культивирует высокопродуктивные растения, стремится расширять масштабы их фотосинтетической деятельности и повышать урожайность. В этом он достигает и имеет возможности достигнуть больших успехов.

Наряду с этим в воздействиях человека на природу и мир растений есть и негативные моменты: это и общее уменьшение площади лесов, и в ряде случаев нерациональная их эксплуатация. Это наблюдаемое в ряде случаев усиление процессов эрозии почв. Это, наконец, возрастающее загрязнение атмосферы, вод и материков вредными отходами индустриальной деятельности и пр.

Совершенно очевидно, что индустриальная, техническая деятельность человека — это важная и неотъемлемая сторона современного прогресса и эволюции человеческого общества. Она не только не должна и не может сдерживаться, но необходимо всемерно содействовать быстрейшему ее расширению.

Однако **непременным условием для этого должна быть одновременная забота и об одной из важнейших**

основ этой деятельности: о сохранении и повышении фотосинтетической продуктивности растительности Земного шара. В этой связи необходимо осветить еще один важный факт.

Углекислый газ в атмосфере

С 60-х годов прошлого века человек начал с возрастающей интенсивностью добывать и сжигать горючие ископаемые, возвращая в атмосферу громадные количества углерода в составе углекислого газа, который когда-то использовали растения прошлых геологических эпох в процессе фотосинтеза.

В настоящее время в результате индустриальной деятельности человека в атмосферу ежегодно поступает около 20 млрд т углекислого газа ($\approx 5 \cdot 10^9$ углерода) (рис. 1). Это составляет 15% того, что ежегодно фактически усваивают в процессе фотосинтеза вся современная растительность Земли и примерно 20—25% того, что усваивает только растительность материков. В будущем, примерно к 2000 г., количество выпускаемой в атмосферу в результате деятельности человека углекислоты возрастет в 4—5 раз.

Казалось бы, находясь на голодном «углекислотном пайке», растения Земли должны были бы жадно использовать тот углекислый газ, которым дополнительно снабжает атмосферу человек в глобальном масштабе. Так, например, происходит при искусственном обогащении углекислым газом воздуха в теплицах и даже в полевых посевах. Однако в масштабе атмосферы этого не происходит. Значительная часть дополнительного индустриального углекислого газа остается в атмосфере, и концентрация его в течение последних столет неуклонно и с сильным ускорением возрастает. Расчеты говорят о том, что концентрации его к 2300 г., когда человек будет сжигать наибольшее количество горючих ископаемых, возрастут примерно в 1,5—2 раза.

Таким образом, ясно, что современная растительность не использует всего дополнительного углекислого

газа, выпускаемого в биосферу человеком.

Так в наше время на Земле возникла следующая ответственная ситуация: человек начал возвращать из биологических тупиков громадные количества углерода в виде углекислого газа. В принципе возникла возможность заставить растительность Земли усвоить этот углекислый газ в процессе фотосинтеза, увеличить количество углерода, циркулирующего в биологическом круговороте, увеличить сумму жизни и живой биомассы, наконец, увеличить сумму мертвых, но биологически активных остатков, и прежде всего гумуса в почвах, создав прочную основу для будущего высокопродуктивного земледелия.

Последнее особенно важно, так как гумус — это важнейший фактор почвенного плодородия.

Если же растения не смогут усвоить этот дополнительный углекислый газ «индустриального происхождения», то он либо останется в атмосфере и послужит причиной нежелательного изменения климата, либо в значительной части будет растворен в водах океанов, где перейдет в состав осадочных карбонатов или мертвых остатков, ила и опять уйдет в биологические тупики, но на этот раз практически безвозвратно, сильно ограничив перспективу будущего.

Положение осложняется еще и тем, что, сжигая горючие ископаемые, человек использует на это миллиарды тонн ($\approx 12 \cdot 10^9$) свободного кислорода из атмосферы. И если растительность Земли не возвращает его полностью в атмосферу в процессе фотосинтеза, то это также надо рассматривать как отрицательный фактор в эволюции жизни и биосферы.

Как увеличить масштабы фотосинтеза на Земле

Итак, проблема увеличения масштабов фотосинтетической деятельности и продуктивности растительности Земли приобретает в настоящее время особый смысл и значение. Она является важной не только в свете современных задач увеличения пи-

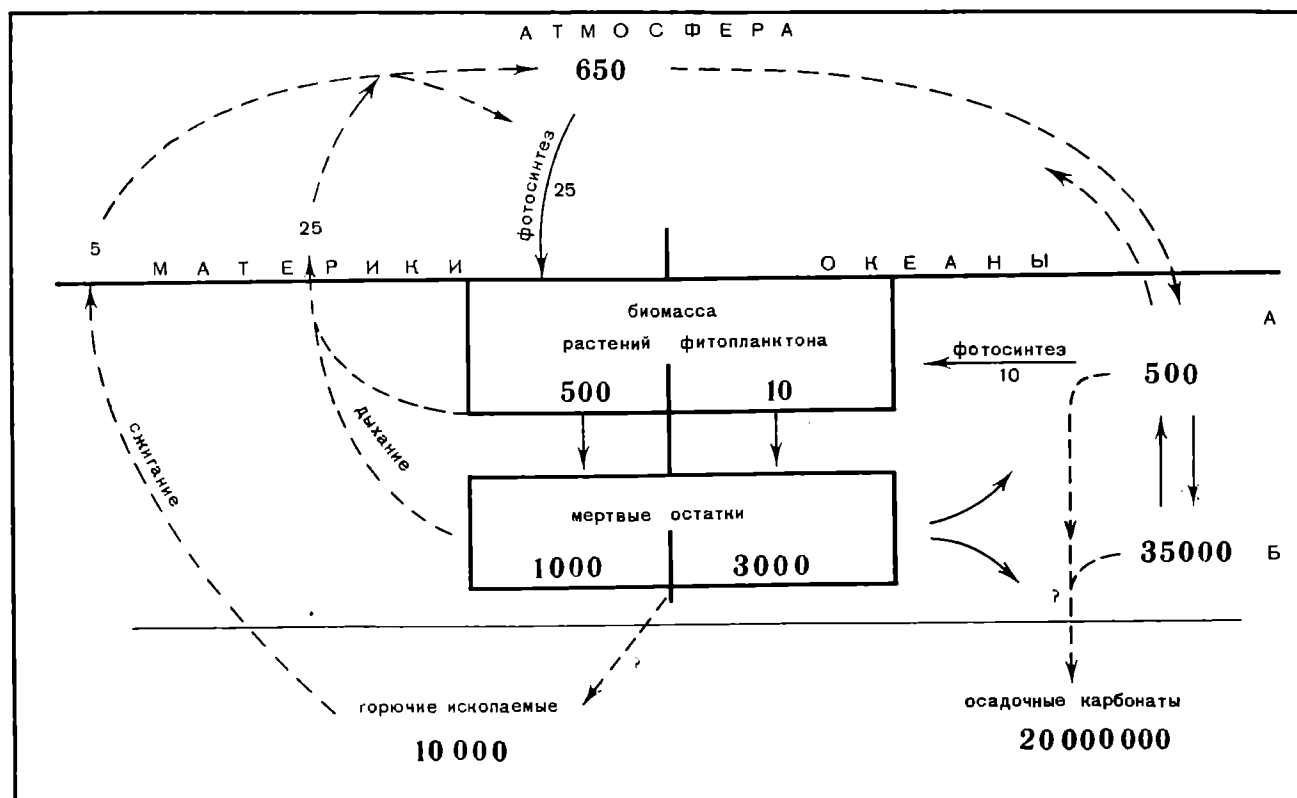


Рис. 1. Содержание (крупные цифры) и годовая скорость движения (мелкие цифры) углерода в разных компонентах структуры Земли и процессах, в млрд т. Для фотосинтеза, дыхания, сжигания — в млрд т в год. А — содержание углерода в составе CO_2 и бикарбонатов в слоях воды, населенных фитопланктоном; Б — то же в глубинных водах.

щевых, кормовых и некоторых технических ресурсов растительного происхождения, но и острой, с точки зрения перспектив дальнейшего развития биосферы и прогресса человечества.

В силу этого учение о фотосинтезе и получившая сейчас широкое развитие количественная комплексная теория фотосинтетической продуктивности растений стали крупными разделами современной науки¹.

С позиций этой теории должны быть оценены и те возможности и меры, при помощи которых человек мог бы наилучшим образом использовать возникшую ситуацию: наилучшим образом использовать дополнительно образуемый углекислый газ и тем самым обеспечить наилучшие

возможности жизни и прогресса будущих поколений.

С позиции теории фотосинтетической продуктивности современная ситуация может быть оценена следующим образом.

Главнейший фактор фотосинтетической деятельности и продуктивности растений — приходящая на Землю энергия солнечного света.

При оптимальных соотношениях всех факторов продуктивности современные растения способны использовать на фотосинтез 4—5% солнечного света. Однако фактический коэффициент использования энергии света всей растительности Земли составляет всего 0,2%.

Такое резкое несоответствие между этими показателями объясняется тем, что громадные количества приходящей на Землю энергии солнечного света обесцениваются как фак-

тор фотосинтеза то неблагоприятными сочетаниями ее с тепловыми условиями, то с недостатками или даже полным отсутствием влаги, то с недостаточным уровнем почвенного плодородия, недостаточной обеспеченностью растений азотом, фосфором, калием и другими элементами минерального питания.

Фактическое соотношение на поверхности Земли факторов продуктивности разнообразно. Но теория дает возможность определить как возможную продуктивность тех или иных типов растительности на Земле при существующем состоянии факторов продуктивности, так и возможную продукцию при их изменении, если человек будет располагать соответствующими возможностями (рис. 2).

Менее половины современной фотосинтетической продукции — около

¹ А. А. Ничипорович. К 200-летию открытия фотосинтеза. «Физиология растений», 1971, № 6.

27 млрд т общей сухой органической биомассы — дает растительность фитопланктона морей и океанов. Однако продуктивность ее резко ограничена острым недостатком в растворенном виде в водах морей и океанов таких важнейших питательных элементов, как фосфор, азот, железо. В силу колоссального объема вод океанов человек практически лишен возможности в сколько-нибудь ощутимых масштабах изменять это положение, и, таким образом, нельзя рассчитывать, что фитопланктон морей и океанов сможет использовать значительные количества дополнительной углекислоты индустриального происхождения.

То же можно сказать о растительности степей, а тем более пустынь. Из-за недостатка влаги продуктивность их очень низка и характеризуется крайне низкими к. п. д. света — всего в среднем в 0,5%. Не велика и абсолютная их продукция: всего около 5 млрд т общей растительной биомассы в год.

Основным производителем фото-

синтетической продукции являются леса земного шара. Их продуктивность высока как по относительным показателям (к. п. д. света в среднем около 2%), так и по абсолютным (38 млрд т общей сухой биомассы в год). Однако пока человек обладает сравнительно ограниченными возможностями кардинального увеличения фотосинтетической продуктивности лесов. Главной задачей современности является хорошая охрана, правильная эксплуатация лесов и, по крайней мере, сохранение их продуктивности на существующем уровне с последующим, однако, ее увеличением.

В конечном итоге можно считать, что в значительной степени задачу усвоения дополнительных количеств индустриальной углекислоты могут и должны выполнить культурные растения, фотосинтетическая деятельность которых регулируется, поддерживается и умножается человеком.

Правда, посевы и насаждения культурных растений занимают всего 12% площади материков Земли. Они

ежегодно образуют только около 7,5 млрд т органической биомассы.

Но у человека есть громадный арсенал возможностей увеличения этих показателей.

Так, по существующим подсчетам культивируемые площади могут быть увеличены в 1,5 раза. Человек совершенствует агротехнику, расширяет площади орошаемых земель, увеличивает количество применяемых удобрений, вводит в культуру новые высокопродуктивные сорта. И если в настоящее время средний к. п. д. света в фотосинтезе культурных растений составляет около 1—1,5%, то в лучших случаях он поднимается до 4—5%. Можно рассчитывать в среднем на доведение его на всех культивируемых площадях до 3%. Все это дает возможность рассчитывать на увеличение общей биологической продукции культурных растений, по крайней мере, до 30 млрд т общей органической биомассы ежегодно, или на дополнительное ее увеличение на 20—25 млрд т. На фотосинтетическое образование такого

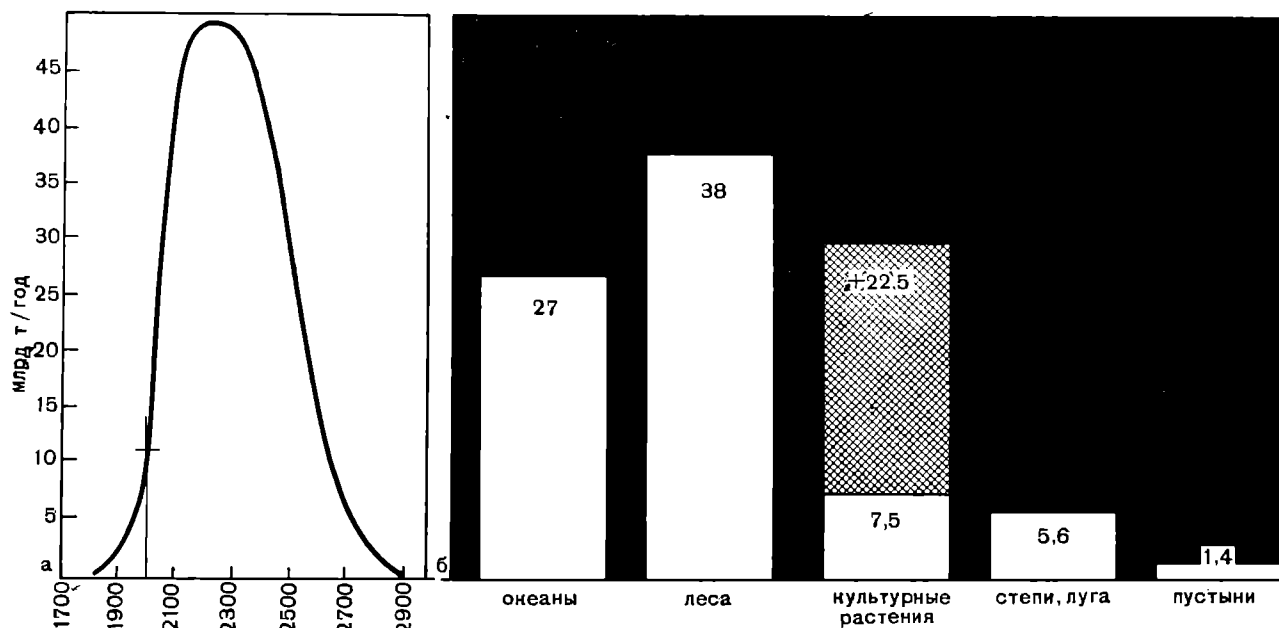


Рис. 2. а — динамика добычи и сжигания горючих ископаемых (по Х. Гаррисон-Брауну) в эквивалентах биомассы, которая могла бы быть создана в процессе фотосинтеза при усвоении выделяющегося углекислого газа; б — количество фитобиомассы, создаваемой растительностью разных типов (млрд т в год) в биосфере; заштрихованная часть столбика указывает на возможное увеличение продуктивности для культурных растений.

количества органической биомассы культурные растения должны будут ежегодно использовать около 40 млрд т углекислого газа. Это вполне сопоставимо с теми количествами дополнительной индустриальной углекислоты, которую человек будет выпускать ежегодно в атмосферу в течение ближайших 100—200 лет.

Однако для полного решения этой проблемы человек должен будет вовлечь в биологический круговорот и дополнительные количества других факторов продуктивности, и прежде всего воды, азота, фосфора, калия.

Так, чтобы обеспечить дополнительное образование 20—25 млрд т органической биомассы, в биологический круговорот веществ должно быть вовлечено не менее 300 млн т связанного азота (рис. 3). Безграничным источником его может быть атмосфера, состоящая почти на 70% из газообразного молекулярного азота (это составляет примерно $4 \cdot 10^{15}$ т N_2). К сожалению, в таком виде азот недоступен для питания ни растений, ни животных.

Его переводят в доступное для растений, связанное состояние только некоторые обитающие в почвах и на корнях растений бактерии и сине-зеленые водоросли (биологическая фиксация азота). Через этот канал культурные растения получают и сейчас около 60 млн т связанного азота. Можно считать, что при усовершенствовании севооборотов, технике обработки почв, количества азота, связываемого этим путем, будет удвоено и доведено до 100—120 млн т в год.

Но это далеко не достаточно для решения поставленной выше задачи.

В настоящее время около 40 млн т азота атмосферы связывается индустриальным путем. В результате этого сельское хозяйство получает азотные удобрения. Чтобы культурные растения могли производить дополнительно 20—25 млрд т органической биомассы, мировое индустриальное производство азотных удобрений должно быть доведено, по крайней мере, до 250—300 млн т в

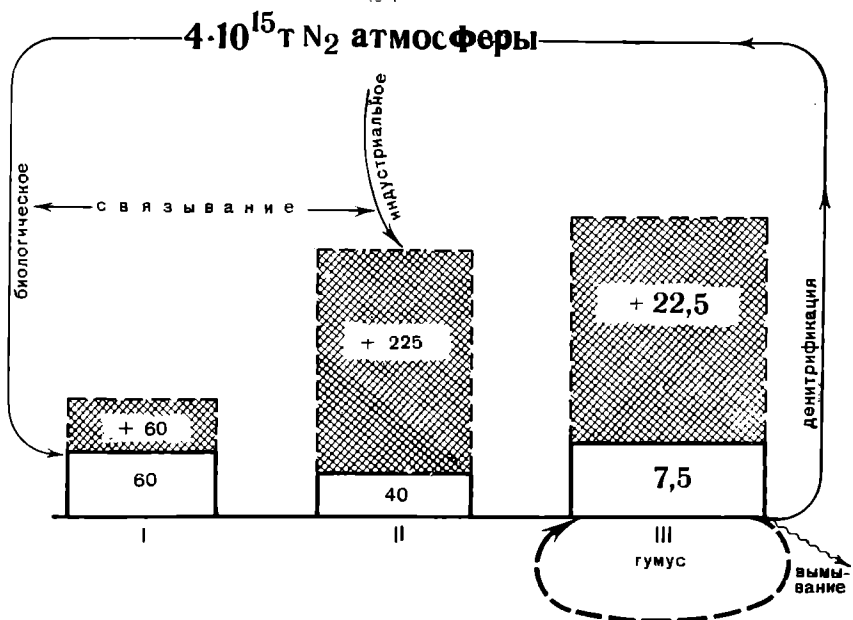


Рис. 3. Возможное участие азота в обеспечении современной (незаштрихованная часть столбиков) и предполагаемой (заштрихованная часть) продукции сельскохозяйственных растений: I — биологически связываемый азот; II — азот промышленно получаемых удобрений; III — общая продукция сельскохозяйственных растений. Количество азота — в млн т/год; количество растительной биомассы — в млрд т/год.

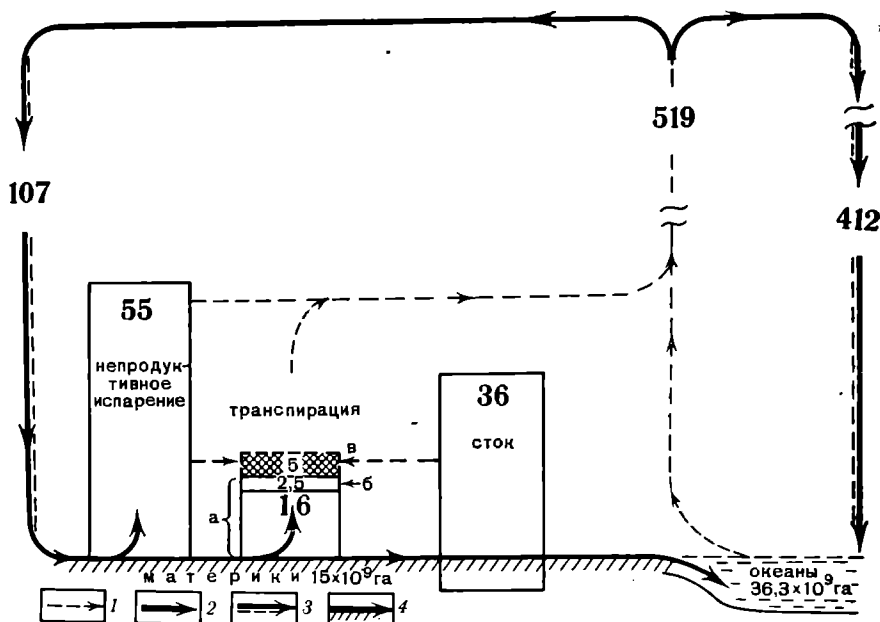


Рис. 4. Круговорот воды на Земле (млн км³): 1 — испарение, 2 — передвижение с массами воздуха, 3 — осадки, сток: а — испарение всей растительностью материков; б — испарение культурными растениями; в — необходимые дополнительные количества воды для повышения продукции культурных растений до 30 млрд т в год.

год. Это можно считать задачей реально выполнимой, тем более что источник для производства азотных удобрений (азот воздуха) практически безграничен.

Более сложным может оказаться вопрос о дополнительном введении в биологический круговорот дополнительных количеств фосфора, калия. Сложность положения в том, что источником их для производства удобрений являются естественные залежи, емкость которых ограничена. Кроме того, попадая в почвы культурных полей, эти элементы выносятся в урожаях, частично рассеиваются с их остатками по поверхности Земли, частично вымываются в моря и океаны. Там они, особенно фосфор, подвергаются биологическому и химическому связыванию и, оседая на дно, попадают в биологические тупики. Задача ближайшего времени — найти технические средства и возможности, чтобы моря и океаны возвратили растительности материков тот колоссальный долг, который они накапливали в течение миллионов и миллиардов лет и продолжают еще умножать и в настоящее время.

Для дополнительного образования 20—25 млрд т органической биомассы растения культурных полей должны иметь дополнительную воду в количестве не менее 5000 км³ (рис. 4). На материк земного шара ежегодно выпадает в виде осадков не менее 107 000 км³ воды. Из них 55 000 км³ подвергается непродуктивному стоку зрения фотосинтеза испарению, а 36 000 км³ идет в сток в моря и океаны.

Если сопоставить 5000 км³, необходимых для увеличения фотосинтетической продуктивности, с теми громадными количествами воды, которая ежегодно проходит через материк, то нужно считать, что и эта задача является практически разрешимой.

Итак, человек имеет реальные возможности заставить растения Земли усваивать в процессе фотосинтеза значительную часть углекислого газа, который образуется в результате индустриальной деятельности.

При этом может быть существенно увеличена сумма живой биомассы и сумма жизни на Земле.

Может и должно быть увеличено

количество мертвой, но легко вовлекаемой в круговорот веществ органической биомассы — почвенного гумуса. Последний должен быть громадным резервуаром, с одной стороны, хорошо связанных, но все же легко вовлекаемых в круговорот веществ углерода, азота, фосфора и других элементов минерального питания. Он будет основой дальнейшего прогресса в эволюции жизни, биосферы и обеспеченности человека. Это тем более важно, что теория фотосинтетической продуктивности обосновывает пути и возможности дальнейшего увеличения фотосинтетической продуктивности растений.

В результате выведения новых форм и сортов растений в результате усовершенствования самого фотосинтетического аппарата и фотосинтетической функции растений на генетической основе, фотосинтетическая продуктивность будущих культурных растений сможет достигать уровней, при которых к. п. д. света будет составлять в хороших случаях не только 4—5%, но и 7—8 и даже 10%.

При этом будут достигнуты не только положительные глобальные эффекты с сохранением на оптимальном уровне состава атмосферы, общего увеличения суммы жизни на Земле, но еще большие хозяйственные эффекты: урожаи культурных растений будут более совершенными по структуре, по качеству, будут более совершенными способы переработки и использования урожая.

Но достижение этих целей требует больших технических усилий и дальнейшего расширения и углубления фундаментальных теоретических исследований и, в частности, по дальнейшему развитию теории фотосинтетической продуктивности растений на всех ее уровнях, начиная от клеточного и молекулярного, объясняющего самые механизмы процесса фотосинтеза, и кончая уровнем законов фотосинтетической деятельности сложных фотосинтезирующих систем: фитоценозов, посевов, насаждений и, наконец, биосферы в целом.

В этом и состоит одна из важных задач современности.

УДК 541.144.7

ВНИМАНИЮ НАШИХ ЧИТАТЕЛЕЙ

■
*Подписаться
на «Природу»
вы можете
с любого месяца*

■
Подписка принимается без ограничений во всех пунктах «Союзпечати», в отделениях связи, почтамтах и у распространителей печати. Обо всех случаях отказа в подписке просим сообщить в Центральную контору «Академкнига» по адресу: Москва, Центр, Большой Черкасский переулок, 2/10.

■
*«Природа»
распространяется
в основном по подписке,
розничная продажа
ограничена*

■
Цена одного номера — 50 коп.

■
**Не забудьте
оформить подписку
в срок!**

Перспективы управления ПОЛОМ ЖИВОТНЫХ

Академик Б. Л. Астауров

«Некоторое время до нас доносились веселые, не очень пристойные песенки, которые пели носильщики, снимая шкуры со львов. Они тщательно собирали уже попахивавший внутренний жир. Местные жители-масаи убеждены, что при помощи этого жира можно регулировать пол новорожденного. Столовая ложка львиного жира обеспечивает мальчика, от половины ложки родится девочка».

Д. Хантер. Охотник, М., «Мысль», 1964, стр. 80.

«...Кроме того, по нашим данным, в потомстве животных, пьющих снеговую воду, должны преобладать самки».

Н. Лавровский (нештатный корр., Томск) «Тайна снеговой воды», «Известия», № 14092.

«Гарантирована почти стопроцентная вероятность рождения мальчика, если мама на пять сантиметров переросла папу, и появление на свет девочки, если мама гораздо ниже папы. При десятисантиметровой разнице в росте супругов надежнее всего определить пол ребенка в роддоме, после рождения».

Кандидат медицинских наук Д. Л. Длигач. Папа минус мама. Новые материалы о регуляции пола. «Химия и жизнь», 1972, № 1.



Борис Львович Астауров, директор Института биологии развития АН СССР. Цитогенетик, эмбриолог. Ученник Н. К. Кольцова, С. С. Четверикова и Д. П. Филатова. Основные работы посвящены проблемам генетики и биологии развития. Член международных обществ биологии развития, биологии клетки, Американо-русского общества зоологов и др. Награжден памятной Менделеевской медалью (1965), золотой медалью им. И. И. Мечникова (1970) за выдающиеся работы в области экспериментальной генетики и биологии развития.

В дни неузнаваемо преображающей нашу жизнь научно-технической революции, когда наука стала могучей производительной силой человеческого общества, многие ее самые далекие от насущных житейских потребностей «чисто теоретические» поиски и находки неожиданно обретают жизненно важное значение и облекаются в плоть и кровь практики.

В этом очерке мне хочется кратко рассказать об одном ярком примере, иллюстрирующем, как в сугубо теоретической области общей биологии, в недавнем прошлом совсем далекой от вопросов сельскохозяйственной и медицинской практики, — в области генетики пола, в результате объективного хода развития науки открываются перспективные практические выходы и как с довольно большой степенью вероятности она обещает в недалеком будущем оказать немаловажное влияние на рост производительных сил.

Пример этот представляется интересным своей рельефностью, быст-

ротою происходящих здесь изменений. Почти весь процесс революции в биологии — начиная от донаучного состояния совершенно загадочной проблемы, через период открытий и познания объективных закономерностей наследования пола и до их практического использования посредством сознательного управления соответствующими причинными механизмами — совершился на глазах одного поколения ученых, в основном после переоткрытия законов Менделя и официальной даты рождения генетики как экспериментальной науки (1900 г.). Есть много оснований думать, что завершающая, быть может, самая волнующая глава этой истории пишется на наших глазах.

Ведь совсем не так давно, на рубеже нашего века, проблема биологии пола чуть ли не вся целиком находилась в донаучном состоянии. Причины рождения существ разного пола, да еще обычно в примерно равном числе, самый смысл полового размножения при распространенности в природе способности к бесполому

размножению, оставались совершенно таинственными и служили предметом поистине бесчисленных умозрительных догадок, фантастических предположений, мифов и нелепых суеверий.

Однако за какие-нибудь 50—60 лет состояние научных знаний о биологических основах пола и полового размножения шагнуло так далеко, что мы оказались на пороге сознательного управления процессами определения пола, так что стало даже возможным, не рискуя показаться фантазером, написать о перспективности искусственной регуляции пола в разных отраслях животноводства¹.

Правда, на опубликованные в широкой прессе статьи последовал поток писем, во многих из которых предлагались собственные, доморощенные, подчас весьма курьезные «теории» определения пола или стоящие на уровне проектов вечного двигателя знахарские «надежные рецепты» получения мальчиков и девочек по заказу. Биология пола является одной из тех манящих своей таинственностью областей биологии, где, поражающие воображение сенсации, а порой и шарлатанство, находят себе обильную пищу и где пережитки донаучных представлений, в стиле тех, что приведены в эпиграфах к этой статье, особенно живучи и бытуют в умах широкой публики по сию пору.

И все же быстро пробежал еще десяток лет, и, невзирая на живучесть донаучных предрассудков, мы уже не только на пороге: в одной, правда второстепенной отрасли сельского хозяйства (шелководство), уже уверенно перешагнули порог, и задача искусственной регуляции пола у шелковичного червя решена не только принципиально, но и практически. Мало того, даже там, где решение этой задачи наиболее трудно, но и наиболее заманчиво — в области регуляции пола у высших млекопитающих животных, сделаны принципиально важные шаги в направлении точного сверххранного распознавания пола у едва зачатых зародышей и безошибочного выращивания по за-

казу зародышей именно того пола, который задумано получить.

Каково же современное состояние проблемы искусственной регуляции пола, каким путем мы к нему пришли и на что можем надеяться в предвидимом будущем?

Современное состояние проблемы

Круг вопросов, связанных с явлениями пола и полового размножения, представляет собой очень широкую и многоплановую по своим теоретическим аспектам биологическую проблему, имеющую ряд выходов в практику сельского хозяйства и медицины. В той мере, в какой проблема пола касается человека, она также связана со сложным комплексом социальных, демографических, культурных, моральных и этических проблем.

Проблема пола затрагивает нашу жизнь глубоко и разносторонне. Разные аспекты проблемы пола неизбежно привлекают к себе жгучий интерес. Интерес этот, разумеется, понятен и законен. Не даром крылатые слова Шиллера — «Любовь и голод правят миром» — вошли в поговорку. Оба эти чувства связаны с главными, неотъемлемыми атрибутами жизни: любовь — с самовоспроизведением и размножением живых существ, а голод — с обменом вещества и энергии, поддерживающим жизненный процесс.

Чтобы оценить общебиологическую широту проблемы пола, достаточно напомнить, что в той или иной форме явления пола свойственны практически всему органическому миру. Совсем недавно мы думали, что половое воспроизведение — удел относительно высокоорганизованных форм. Однако теперь мы хорошо знаем, что явление, составляющее самую сущность полового процесса, — рекомбинация наследственного материала двух особей, сопровождающаяся его перераспределением и возникновением третьего, нового сочетания генов и контролируемых ими наследственных признаков, — свойственна всему миру микроорганизмов. В сущности, вся генетика самых низших форм — бактерий, виру-

сов и фагов — это генетика рекомбинационного процесса.

Совсем недавние исследования Б. Н. Сидорова и Н. Н. Соколова¹ в Институте биологии развития АН СССР, произведенные на искусственно созданных кольцевых хромосомах, свидетельствуют в пользу того, что способность к рекомбинативному обмену соответствующими участками представляет собой неотъемлемое свойство высокополимерных цепных молекул «вещества наследственности» ДНК, неизменно проявляющееся и на молекулярном, и на хромосомном уровне.

В Институте молекулярной генетики национального центра научных исследований Франции под руководством Б. Эфрусси ведутся опыты, значение которых еще трудно полностью понять и оценить, но которые заставляют думать, что различия, которые в каком-то смысле можно называть половыми, наблюдаются даже среди митохондрий, т. е. внутриклеточных органелл, которые, как это теперь все более становится вероятным, по своему происхождению являются внутриклеточными сожителями — симбионтами, некогда ведшими самостоятельную жизнь в качестве свободноживущих низших организмов, а затем проникшими в клетки высших организмов — хозяев. Со всем этим перекликаются электронно-микроскопические исследования американского биохимика К. Виноградова, показывающие, что кольцевые молекулы особой, свойственной митохондриям, «митохондриальной ДНК» также могут быть вовлечены в процессы взаимной рекомбинации.

Этим всем мы хотим подчеркнуть, что проблемы пола и полового воспроизведения так или иначе касаются всех уровней органического мира и причину этого в настоящее время трудно понять с общезволюционной точки зрения: ведь перетасовка наследственного материала (молекул ДНК), представляющая собой необходимое условие и самое существо рекомбинационного полового про-

¹ Б. Л. Астауров. На пороге больших открытий, «Правда», 1961, № 282.

¹ См. Б. Н. Сидоров и Н. Н. Соколов. Генетическая рекомбинация: механизм обмена на цитологическом и молекулярном уровне, «Природа», 1970, № 4.

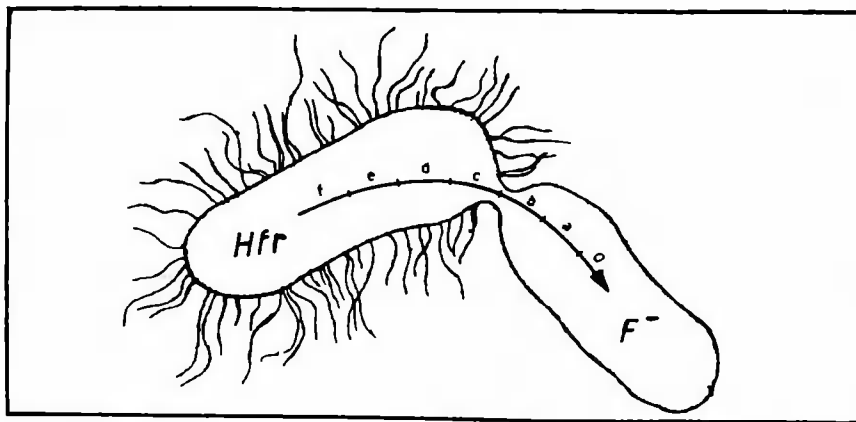
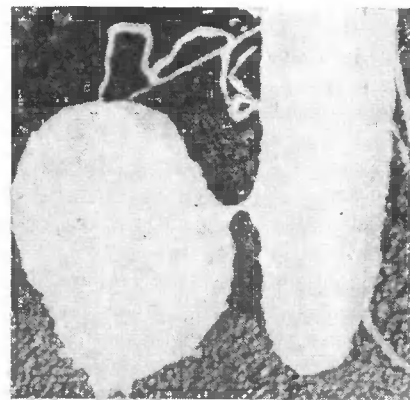


Схема полового процесса у бактерий *Escherichia coli*. Кольцевая хромосома бактерии-донора Hfr разрывается и проникает в бактерию-реципиент F⁻ до определенного пункта; a, b, c, d, e, f — участки хромосомы.



Микрофотография конъюгирующих бактерий *Escherichia coli*.

цесса, чрезвычайно сильно повышает наследственную изменчивость, а значит, и эволюционную пластичность организмов и, тем самым, эффективность естественного (а также искусственного) отбора. Способность к рекомбинации представляет собой, следовательно, условие, в высшей степени благоприятствующее прогрессивной эволюции. Как эволюционно полезное свойство она сама оказалась подхваченной естественным отбором.

Эта статья не будет, однако, касаться проблем пола в их полном, совершенно необъятном объеме и многогранности.

Мы сосредоточим свое внимание на нашем главном прицеле — на том, как успехи теоретических экспериментальных исследований, достигнутые в познании цитогенетических механизмов определения и развития признаков пола, с неизбежностью приводят к постановке, а в конце концов, и к решению ключевой научно-практической задачи — отысканию методов искусственной регуляции пола животных.

Естественно, однако, что решение этой задачи на млекопитающих животных, когда оно рано или поздно совершится, не сможет не приобрести значения и для регуляции пола у человека, где имеются некоторые аспекты проблемы, важные в медицинском отношении.

Экономическая полезность искусственной регуляции пола у животных

Однако если в связи с маячащей в перспективе возможностью регулировать пол потомства у человека нужна сугубая осторожность, то в безоговорочной полезности скорейшего обладания секретом искусственного получения полезных животных нужного пола двух мнений быть не может, об этом можно только мечтать.

Искусственная регуляция пола у животных бесспорно является одной из заманчивых проблем биологии. Ее решение имело бы большое народнохозяйственное значение. Как известно, во многих отраслях животноводства, в том числе и в ведущих, продуктивность животных разного пола резко различна, а некоторые виды продуктивности вообще ограничены одним полом (продукция молока, яиц, икры и др.). Возможность получения предпочитаемого пола в крупном животноводстве, птицеводстве, рыбоводстве и пр. позволила бы мобилизовать огромные резервы продуктивности без увеличения масштабов разведения.

Для молочного животноводства было бы, например, выгоднее, чтобы рождались преимущественно телоч-

ки, так как здесь можно обойтись, особенно помня о возможностях искусственного осеменения, очень небольшим количеством отборных рекордистов-быков. У кур яйценосного направления желательнее было бы выводить преимущественно курочек, будущих несушек на фабриках яиц. Обладающие большими размерами и скоростью роста самки — более продуктивный пол и у многих объектов искусственного рыборазведения. Наоборот, получение потомства мужского пола, особенно при условии последующей кастрации самцов, могло бы оказать большие услуги мясному скотоводству, где более продуктивны быки и волы; тонкорунному овцеводству, где кастрированные бараны (валухи) сильно (иногда в 1,5—2 раза) превосходят овец по настиргу шерсти; в свиноводстве, где откорм борава обходится дешевле откорма свиноматки, некоторым отраслям птицеводства, где, например, индюки и петухи мясных пород, особенно кастрированные — каплуны, далеко превосходят размерами особей женского пола. Обладающие значительно большим темпом роста и привесом петушки были бы также более желательным полом в бройлерном птицеводстве. Самцы нужнее в пантовом оленеводстве, где только рога доставляют панты; в некоторых, еще остающихся, несмотря на механизацию, случаях разведения рабо-

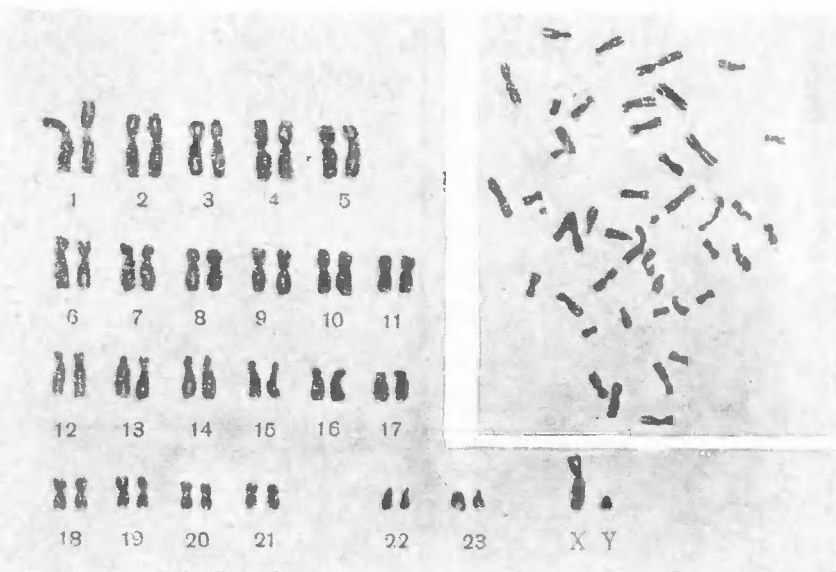
чего скота, где самцы (быки и волы, жеребцы и меринки у лошадей, кастрированные верблюды — атаны и инеры и др.) обычно сильно превосходят самок силой, резвостью, работоспособностью и т. д.

Очень большое значение имела бы регуляция пола у искусственно разводимых рыб (осетровых, лососевых, карповых). Рыбы имеют первостепенное хозяйственное значение. Строительство плотин и гидроэлектростанций, преграждающих рыбе путь к исконным местам икрометания, заставляет человека строить рыбопроизводные заводы и брать в свои руки воспроизводство стада таких ценных рыб, как осетровые и лососевые. У осетровых рыб самки сильно превосходят самцов по величине; и у лососевых, и у осетровых они дают ценнейший пищевой продукт — черную и красную икру. Как было бы важно, чтобы при искусственном разведении таких рыб на вырост выпускались в водоем главным образом мальки-самки.

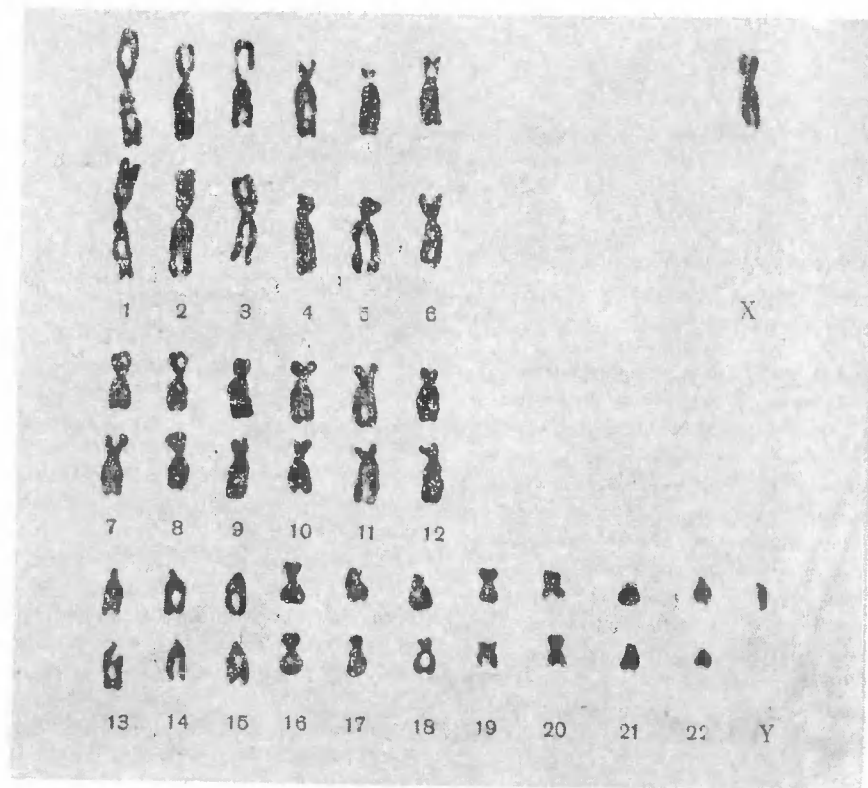
В шелководстве промышленное выкармливание только одних самцов тутового шелкопряда, коконы которых много шелконоснее, чем у самок, позволило бы получить, по скромным расчетам, на 20—25% больше шелка-сырца, чем от обычных выкормок гусениц обоего пола.

Словом, какой бы хозяйственно-ценный признак мы ни взяли, будет ли это живой вес, жирность, скороспелость, настриг шерсти, качество меха в звероводстве, смушка в каракулеводстве и т. д. и т. п., мы почти всегда обнаружим часто очень резкую неравноценность полов. Вероятно, нет такой отрасли животноводства, будь то скотоводство, птицеводство, звероводство, рыбоводство, шелководство и т. д., где объекты разведения не обнаруживали бы заметных различий особей разного пола по их продуктивности и где бы не было заманчиво получать в потомстве преобладание более продуктивного пола.

Эффект искусственной регуляции пола по отдельным «водствам», а тем более, суммарный итог мобилизации столь мощных резервов продуктивности, будь это в возможностях человека, был бы очень велик. Однако вправе ли мы на это рассчитывать?



Набор хромосом (всего 48) самца шимпанзе (*Pan troglodytes*). Хорошо заметно различие женской (X) и мужской (Y) половых хромосом. (По Рьярелли, 1962.)



Набор хромосом (всего 46) мужчины. Хорошо заметно различие женской (X) и мужской (Y) половых хромосом. (По Тийо и Паку, 1958.)

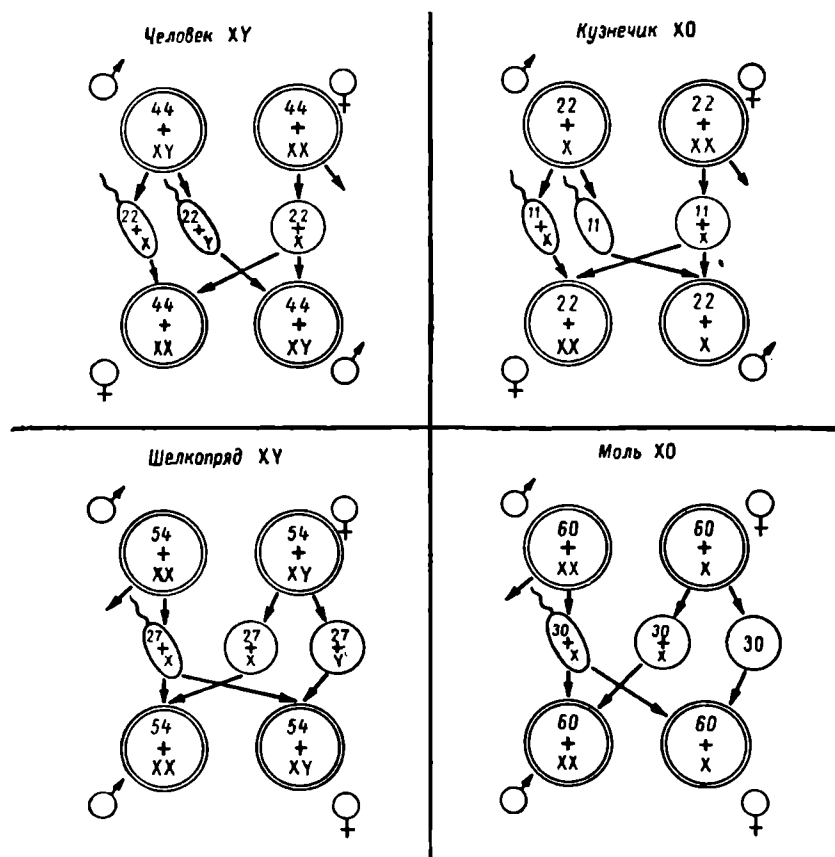


Схема различных типов хромосомного определения пола. Двойные кружки — зиготы; одиночные — гаметы; цифры указывают число аутосом.

Генетический механизм, которым нужно управлять¹

К началу 20-х годов нашего века генетикам и цитологам стало известно, что у подавляющего большинства многоклеточных животных, в том числе у рыб, птиц и млекопитающих, а также у насекомых (в том числе и у шелкопряда), и значит, практически у всех хозяйственно полезных животных и у самого человека определение пола и соотношение полов в потомстве зависит от распределения и наследования потомками пары особей носителей наследственности — половых хромосом. В клетках тела одного из полов (у одних животных это женский пол, у других — муж-

ской) обе хромосомы половой пары подобно всем остальным хромосомам, одинаковы, тогда как у противоположного пола партнеры половой пары различны или же одной из половых хромосом нет совсем.

У всех млекопитающих животных и у человека, а также у рыб одинаковыми половыми хромосомами обладает женская особь. Половые хромосомы обозначаются тогда буквой икс (X), так что женский пол имеет формулу XX. Напротив, половая пара хромосом мужской особи в этом случае состоит из неодинаковых партнеров: вместо одной из X-хромосом здесь имеется игрек-хромосома (Y), так что мужской пол характеризуется формулой XY.

В настоящее время цитологическая техника достигла такой высоты, что у многих животных пол можно легко

определить под микроскопом. Каждый желающий может, например, посмотреть в микроскоп свои половые хромосомы (в ядрах белых клеток крови или эпителия ротовой полости), причем люди, имеющие несчастье страдать некоторыми тяжелыми ненормальностями конституции, могут убедиться, что их заболевание связано с добавкой лишней или с недостатком X- или Y-хромосомы (XXX или X вместо типичного для женщин XX, или же XXY или XYY вместо типичной мужской формулы XY)¹.

При делениях, ведущих к образованию половых клеток (яйцеклеток у самки и спермиев, или живчиков, у самца), от каждой пары хромосом в половую клетку в норме попадает только одна, так что число хромосом в половых клетках уменьшено вдвое. Во все яйцеклетки от матери XX попадает по одной X-хромосоме. Напротив, при образовании живчиков деление приводит к тому, что в то время как один живчик получает X, в другой попадает Y-хромосома, так что образуется поровну два сорта живчиков — 50% — X (живчики «на самку») и 50% — Y (живчики «на самца»). Когда происходит оплодотворение яйцеклеток X имеющимися в равном числе живчиками X и Y, шансы сочетаний (X+X) и (X+Y) равны. При этом число хромосом вновь восстанавливается, и по законам случая в среднем половина зародышей получает половую конституцию самки (XX), а другая половина — самца (XY).

У некоторых животных из тех, которые нас будут интересовать, у всех птиц и у всех бабочек, в том числе и у тутового шелкопряда, — принципиально такой же хромосомный, полоопределяющий механизм является как бы зеркальным отражением только что описанного. У этих животных неодинаковыми половыми хромосомами (их в этом случае обозначают Z и W) обладают не самцы, а самки (ZW). Самцы же в этом случае обладают одинаковыми хромосомами половой пары. Здесь самки, а не сам-

¹ Б. Л. Астауров. Генетика пола. В кн.: Актуальные вопросы генетики, М., 1966.

¹ В. П. Эфроимсон. Биохимия наследственных болезней человека. Ж. Всесоюз. хим. общ. им. Д. И. Менделеева, т. 6, 1971, № 3.

цы производят поровну два сорта половых клеток — половину яйцеклеток W («на самку») и половину Z — («на самца»). После оплодотворения однотипными живчиками Z вновь получается поровну женских (ZW) и мужских (ZZ) потомков.

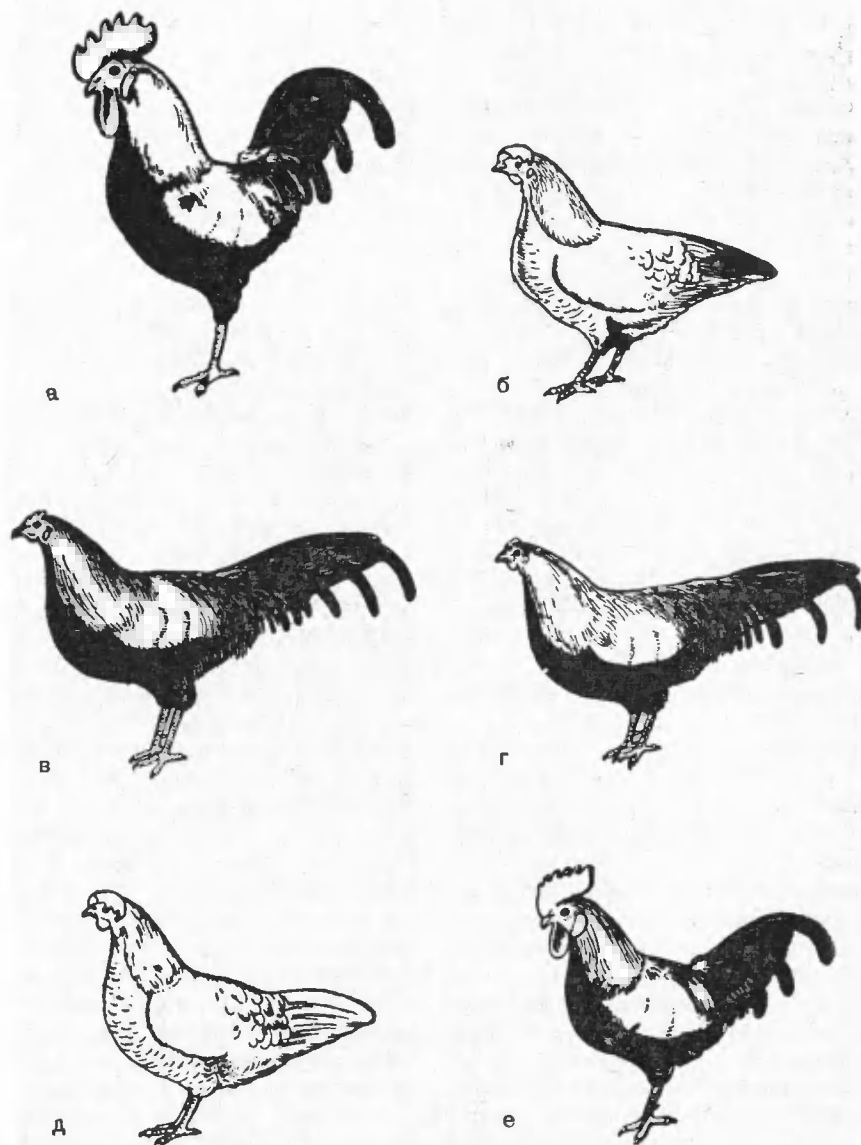
Таким образом, пол зародыша определяется в момент оплодотворения.

Конечно, половые признаки зародыша возникают не мгновенно — они, как и всякий другой наследственный признак, создаются в ходе развития и, значит, зависят не только от наследственной структуры ядра (генотипической конституции), но и от других компонентов развивающейся живой системы и окружающей ее среды.

В этом заложена принципиальная возможность влиять на проявление врожденной половой конституции с помощью внешних воздействий на развивающийся организм, и мы, действительно, знаем примеры более или менее полного извращения пола посредством удаления или пересадки половых желез, действия выделяемых ими гормонов, перезревания половых клеток и т. п. Особенно легко такое извращение генетически predetermined пола достигается у низших позвоночных, — рыб и амфибий. У рыб и амфибий гормональное переопределение пола может быть остроумно скомбинировано с управлением хромосомным механизмом определения пола и использовано для его искусственной регуляции, как будет подробнее рассказано ниже. На одной, живущей на рисовых полях и легко разводимой в неволе японской рыбке (медаке) и на нескольких видах земноводных это уже практически осуществлено.

Что же касается высших теплокровных позвоночных животных — птиц, млекопитающих, а также таких высокоорганизованных беспозвоночных животных, как насекомые, то удельный вес генотипических факторов определения пола у них так велик, что возникающая в момент оплодотворения хромосомная конституция зародыша predetermined пол практически бесповоротнo.

Правда, и у высших позвоночных



Преобразование петуха в курицу и курицы в петуха: а — нормальный петух; б — нормальная курица; в — кастрированный петух; г — кастрированная курица; д — кастрированный петух с пересаженным яичником; е — кастрированная курица с пересаженными семенниками. (По М. М. Завадовскому.)

удалением половых желез или их пересадкой особям противоположного пола удается получать «петухоголосых» кур, «куроперых» петухов и даже дающих молоко козлов с развитыми млечными железами. Напомним хотя бы замечательные исследования М. М. Завадовского. Однако при всей важности таких данных для теории развития пола и медицинской практики, для которой это открывает некоторые пути исправления врожденных или преоб-

ретенных дефектов половой конституции, для радикального решения задачи произвольной регуляции пола они не дают практически ничего.

Дело здесь не только в том, что пересадки желез в больших масштабах технически неосуществимы и что в силу так называемой тканевой несовместимости пересаженные органы отторгаются и рассасываются, давая лишь временный эффект. Существенно то, что половые железы и гормоны не являются первопричи-

ной формирования пола. В своем развитии по женскому или мужскому типу они сами зависят от более глубоких причин — хромосомной структуры клеточных ядер зародыша, предопределяющей пол задолго до образования и функционирования половых желез. Достигаемое здесь пересадкой желез переопределение пола является поэтому поверхностным и временным, и «петухоперая» курица все равно остается курицей, хотя она и щеголяет некоторое время в петушином наряде и поет петушиным голосом. Ясно поэтому, что гормональное переопределение пола — косвенный и неполноценный путь изменения признаков пола. Радикальный же путь решения этой задачи лежит через овладение описанным выше первичным ключевым хромосомным механизмом управления полом.

Недаром в тех нередких случаях, когда обычное численное соотношение полов 1♀:1♂ бывает изменено самой природой, она «пользуется» для этого именно этим же ключевым цитогенетическим механизмом.

Многие виды насекомых, ракообразных, червей и других беспозвоночных животных представлены, например, только самками, развивающимися девственно (партеногенетически) из неоплодотворенных яиц, у которых в подавляющем большинстве подобных случаев ядра клеток зародышей не изменяют своего хромосомного состава, сохраняя женскую половую формулу, свойственную клеткам тела материнской особи. Хромосомным механизмом пользуется природа и в широко известном примере медоносной пчелы. У пчелы большинство яиц оплодотворяется и развивается с нормальным (двойным) хромосомным комплексом, давая женских особей — бесплодных самок (рабочих пчел) и плодородных самок — маток. При этом превращение в рабочую пчелу или в матку зависит от кормовых условий воспитания женских личинок. Меньшая же часть яиц развивается без оплодотворения (партеногенетически) с половинным (гаплоидным) хромосомным комплексом и превращается в самцов — трутней.

До сравнительно недавнего времени казалось, что высокоорганизованным позвоночным животным, т. е. рыбам, земноводным, пресмыкающимся, птицам и, наконец, млекопитающим, подобный способ размножения недоступен совсем или возможен как редчайшее исключение. За последние 40 лет сложившиеся здесь представления приходится сильно менять. Сначала однополые женские виды были открыты у рыб, потом у земноводных (некоторые североамериканские тритоны) и, наконец, у пресмыкающихся (довольно многих ящериц как Старого, так и Нового Света). У этих однополых видов рыб и тритонов размножение происходит удивительным способом так называемого гиногенеза. При этом яйцеклетка (икринка) однополый расы осеменяется спермием исходного или близкородственного обоеполого вида. Однако слияние ядер спермия и яйцеклетки не происходит, спермий лишь стимулирует развитие яйцеклетки так, что оплодотворение оказывается ложным и зародыш развивается только с материнскими хромосомами, всегда превращаясь в самку. У ящериц же имеет место самый настоящий партеногенез — полностью девственное развитие, когда яйца развиваются без всякого участия самца. По мере того как мы лучше узнаем окружающий нас живой мир, число таких партеногенетических и гиногенетических видов все возрастает.

Возможен ли такой девственный однополый способ размножения у самых высших животных — птиц и млекопитающих?

Совсем еще недавно подобный вопрос показался бы зоологу диким. Но теперь в отношении птиц на него определенно приходится ответить утвердительно.

Что неоплодотворенные яйца птиц очень часто проходят первые, быстро затухающие шаги девственного развития (так называемый естественный зачаточный, или рудиментарный, партеногенез), было хорошо известно очень давно. Но совсем недавно американские исследователи открыли, что в трех линиях Кёрнуэльской темной породы кур неоплодотворенные яйца обнаруживают такое

неполное развитие в среднем в 57% случаев! И, наконец, как это ни удивительно, на Станции птицеводства сельскохозяйственного исследовательского центра в Бельвиле (США) М. Ольсен и другими исследователями не так давно обнаружены породы индеек (бельвилльская малая белая, широкогрудая, бронзовая), у которых неоплодотворенные яйца не только способны к длительному девственному развитию, но нередко из них даже выводятся индюшата; замечательно, что и эти, не имеющие отцов индюшата, всегда бывают самцами¹.

Вначале подобные партеногенетические индюшата-самцы выводились очень слабыми и погибали не старше трехнедельного возраста. Но по мере проводившегося исследователями отбора на способность к партеногенетическому развитию их жизнеспособность возрастала, и теперь уже получены половозрелые и плодородные, оставившие потомство, партеногенетические индюки. Не исключено, что дальнейшим отбором можно будет вывести породы индеек, способные давать при развитии неоплодотворенных яиц одних самцов, а при оплодотворении — потомков обоего пола.

Может возникнуть вопрос, почему же в одних случаях девственного развития возникают одни самки, а других (гораздо более редких) — одни самцы? Не подрывает ли это хромосомную теорию определения пола? В действительности, никакой неувязки здесь нет. Наоборот, противоположные результаты находят себе объяснение только на основе поведения половых хромосом в ходе процессов созревания неоплодотворенной яйцеклетки и образования хромосомной структуры партеногенетического зародыша. Как часто бывает в науке, исключение здесь не ниспровергает, а наоборот, с особой силой подчеркивает значимость правила.

Дело в том, что в случаях однополо-женского константного партеногенеза в природе некоторые деления ядра яйцеклетки, которые она прохо-

¹ Б. Л. Астауров и Ю. С. Демин. Партеногенез у птиц. «Онтогенез», 1972, № 2.

дит в норме в процессе созревания, т. е. превращаясь в половую клетку (гамету) и подготавливаясь к оплодотворению, становятся ненужными и сильно упрощенными. Обычного уменьшения диплоидного (двойного, парного) числа хромосом вдвое до гаплоидного — одиночного (с тем, чтобы диплоидность восстановилась при оплодотворении) здесь не происходит и партеногенетический зародыш начинает развитие с тем же двойным ($2n$) комплексом хромосом, которым обладает материнская особь. Естественно, что он развивается по материнскому типу и превращается в самку.

В случае же зачаточного партеногенеза у птиц (а также и у шелкопряда) сохраняется нормальный процесс созревания яйцеклетки с превращением ее в гаплоидную половую клетку. При этом в результате двух делений созревания материнского ядра происходит уменьшение числа хромосом вдвое. От каждой пары материнских хромосом в половую клетку попадает лишь одна. У птиц (так же как и у бабочек, в том числе у тутового шелкопряда), как было сказано выше, женскому полу свойственна хромосомная формула ZW , мужскому — ZZ . При созревании яйцеклеток ZW половина женских половых клеток в

редукционном делении получает хромосому W (яйцеклетка «на самку»), а другая половина — хромосому Z (яйцеклетка «на самца»). В этом и состоит женская гетерогаметия.

Успешное девственное развитие таких редуцированных яйцеклеток с половинным (гаплоидным) числом хромосом невозможно, они гибнут. Успешно развиваться они могут только в том случае, если в самом начале развития, при первом или одном из первых дроблений, произойдет восстановление диплоидности (двойного числа хромосом). Обычно это происходит путем удвоения (репликации) хромосом, не сопровождающегося делением ядра и клетки. При этом удвоение хромосом в яйцеклетках, получавших W -хромосому, приводит к несуществующей в природе и нежизнеспособной наследственной конституции WW . Такие, совсем не имеющие Z -хромосомы зародыши у птиц гибнут. Если же удвоение произойдет в яйцеклетке «на самца» (Z), то получится нормальная хромосомная структура ZZ с мужским и жизнеспособным генотипом. Поэтому-то при спонтанном партеногенезе этого типа развивавшиеся особи неизменно оказываются самцами.

Из всего этого видно, что, для того чтобы управлять определением

пола, человеку надо вмешаться с помощью физико-химических или биологических воздействий в процессы образования и развития половых клеток, в распределение половых хромосом при созревании половых клеток, найти способ влиять на их сочетание во время оплодотворения или девственного развития и, в конечном счете, на хромосомную конституцию зародыша.

Реальные возможности, которые здесь имеются, неодинаковы в разных группах животных и зависят от особенностей биологии их размножения. Образование мужских половых клеток обычно происходит скрытно в теле животного, но сами живчики почти всегда доступны воздействиям. Процессы деления ядер и распределения хромосом при образовании женских половых клеток — яйцеклеток разыгрываются то в недрах тела матери (птицы, млекопитающие), то в отложенных наружу яйцах или выметанной икре (насекомые, рыбы). Оплодотворение и само развитие зародыша также происходит то в утробе матери, то во внешней среде, и все это влияет на подходы при поисках способов регуляции пола.

(Окончание в следующем номере)

УДК 575

Читайте в № 7 журнала «Природа»

Нестационарные явления в мире звезд и галактик. **В. А. Амбарцумян.**

Стратегия космических исследований. **Х. Альвен.**

Н. К. Кольцов о науке.

Роль Н. К. Кольцова в развитии общей и экспериментальной биологии в нашей стране. **П. Ф. Рокицкий.**

Регуляция пола в практическом шелководстве. **В. А. Струнников.**

Подземное оледенение Восточной Сибири. **С. В. Томирдиаро.**

Этнические процессы и информация. **С. А. Арутюнов, Н. Н. Чебоксаров.**

Космическое железо на Земле? **М. А. Калганов**

Почему вспыхивают Сверхновые

Г. С. Бисноватый-Коган

Кандидат физико-математических наук



Геннадий Семенович Бисноватый-Коган, младший научный сотрудник Института прикладной математики АН СССР. Занимается теорией строения и эволюции звезд и квазаров, звездной динамикой; им, в частности, разработана теория механизма потери звездами массы на поздних стадиях эволюции.

Четыре раза за последнее тысячелетие, в 1006, 1054, 1572 и 1604 гг., люди наблюдали удивительное явление: на небе вдруг вспыхивала звезда, которая оказывалась во много раз ярче остальных звезд; необыкновенное свечение продолжалось десять — двадцать дней, затем яркость его постепенно снижалась, и через несколько месяцев звезда становилась невидимой для невооруженного глаза. Астрономы знают теперь, что на самом деле вспышки происходили не на пустом месте: вспыхивали звезды, не видимые простым глазом и, казалось бы, ничем не примечательные. Светимость звезд во время вспышек возрастала в $10^8 \div 10^{10}$ раз. Это явление было названо «вспышкой Сверхновой» — в отличие от «вспышки Новой», когда светимость звезды возрастает в $10^4 \div 10^6$ раз. Вспышки Новых звезд в нашей Галактике происходят гораздо чаще: редкий год обходится без наблюдения вспышек одной или двух Новых звезд, а куда большее их число остается необнаруженным.

Нашему поколению не довелось еще увидеть вспышку Сверхновой в нашей Галактике, но за последние десятилетия проводилось детальное исследование остатков вспышек Сверхновых звезд¹, которых известно сейчас

около 20. Особый интерес вызывала Крабовидная туманность — остаток вспышки 1054 г. Было обнаружено ее мощное излучение в радио- и рентгеновских областях, установлен не-тепловой характер свечения, и, наконец, три года назад в остатках Сверхновых — туманностях Крабовидная и Парус были обнаружены пульсары — вращающиеся нейтронные звезды¹. Так же пристально изучаются Сверхновые, вспыхивающие в других галактиках² (рис. 1). Для своевременного оповещения астрономов создана Международная служба Сверхновых звезд.

В настоящей статье будет рассказано, как современная астрофизика теоретически объясняет вспышки Сверхновых, каково место этого явления в эволюции звезд.

Взрыв Сверхновой как нестационарный этап эволюции звезды

Вещество во Вселенной состоит в основном из водорода (~70% по массе) и гелия (~30%). Когда звезда конденсируется из межзвездного вещества, она начинает интенсивно излучать энергию, черпая ее в реакции превращения водорода в гелий ^4He , при которой выделяется $6 \cdot 10^{18}$ эрг/г. Процесс горения водорода занимает основную долю времени эволюции звезды. После выгорания водорода начинается реакция превращения гелия в углерод ^{12}C и

¹ В 1952 г. после отождествления самого мощного после Солнца радиоисточника на небе — Кассиопеи А — с пекулярной туманностью И. С. Шкловским был сделан вывод, что примерно в 1700 г. на этом месте вспыхнула Сверхновая, остатком которой и является туманность. Вспышка прошла незамеченной ввиду сильного межзвездного поглощения света в направлении Кассиопеи.

¹ См. «Природа», 1970, стр. 26—43.

² См. C. T. Kowal, W. Sargent, F. Zwicky. «Pub. Astron. Soc. Pacific», v. 8, 1971, p. 307.

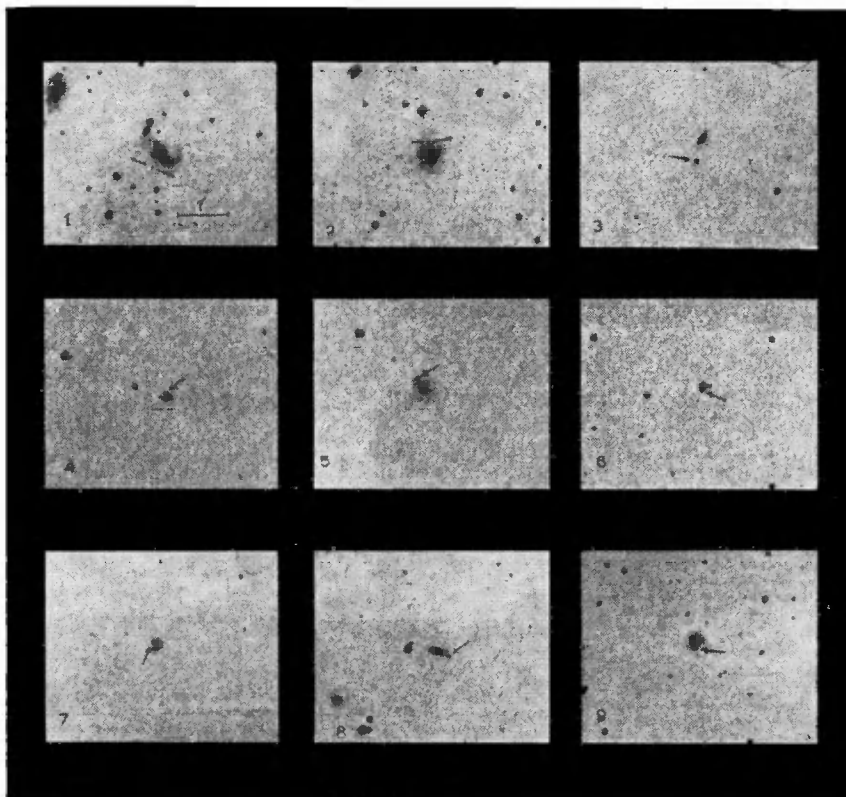


Рис. 1. Вспышки Сверхновых в других галактиках, зарегистрированные в 1970 г. Паломарской обсерваторией. Стрелки указывают на Сверхновую звезду. Светимость Сверхновой близка к светимости всей Галактики, т. е. равна светимости десятков миллиардов звезд. Более яркие пятна на фотографиях соответствуют звездам нашей Галактики, оказавшимся в поле зрения телескопа.

кислород ^{16}O , затем — образование магния ^{24}Mg , кремния ^{28}Si , серы ^{32}S и т. д., пока не образуется железо ^{56}Fe — элемент с самой большой энергией связи. Энергия, выделяющаяся при превращении ^4He в ^{56}Fe , в 4 раза меньше, чем при реакции превращения водорода в гелий, — $1,6 \cdot 10^{18}$ эрг/г; в то же время светимость после выгорания водорода увеличивается на 1—3 порядка, а на самых поздних этапах горения, кроме того, происходит огромная потеря энергии за счет излучения нейтрино. Энергия, уносимая нейтрино, может на много порядков превышать фотонную светимость.

После образования в центре звезды железного ядра потери энергии за счет излучения фотонов и, в основном, нейтрино продолжают. Источником энергии на этом этапе слу-

жит гравитационное сжатие, при котором температура в центре звезды T_c увеличивается. Когда T_c достигает величины $\sim 5 \cdot 10^9$ °K, начинается реакция диссоциации железа на нейтроны, протоны и ядра гелия (n , p , ^4He), при которой энергия поглощается. Теперь уже рост внутреннего давления звезды при сжатии не может компенсировать роста сил гравитации — происходит потеря устойчивости и начинается быстрое сжатие со скоростью свободного падения, которое затем сопровождается расширением внешней оболочки с огромным увеличением светимости. Это и есть вспышка Сверхновой.

Такая схема эволюции звезды (рис. 2), вплоть до вспышки Сверхновой, была предложена в 1960 г. английским астрофизиком Ф. Хойлом и американским физиком У. Фаулером

для объяснения вспышек Сверхновых II типа (к этому типу относятся звезды с массой $M > 20 M_\odot$). При вспышках столь массивных звезд выбрасывается масса до $10 M_\odot$ с кинетической энергией до 10^{52} эрг¹. При вспышках Сверхновых I типа выброшенная масса значительно меньше, до $1 M_\odot$, а ее кинетическая энергия — $10^{50} \div 10^{51}$ эрг; предполагается, что при этом вспыхивают звезды с массой $(1,5 \div 2) M_\odot$. Для объяснения вспышек I типа предложены две схемы. Первая из них, обсуждаемая Э. Шацманом и др., сходна со схемой Ф. Хойла и У. Фаулера для вспышек Сверхновых II типа, однако химический состав **предсверхновой** и причины потери устойчивости здесь могут быть другими. Вторая схема вспышек Сверхновых I типа (также предложенная Ф. Хойлом и У. Фаулером) связана с возникновением тепловой неустойчивости в вырожденном углеродном или кислородном ядре.

В действительности не существует резкого деления Сверхновых на два типа; например, в книге И. С. Шкловского «Сверхновые звезды» различается пять промежуточных типов вспышек (по Ф. Цвикки).

В описанных схемах до сих пор остается много вопросов, для которых не проведен количественный расчет, и, следовательно, ответы на эти вопросы не вполне достоверны. Расчет эволюции массивных звезд доведен лишь до стадии горения гелия и, с упрощающими предположениями, — до горения углерода. Неопределенной остается величина потери массы в процессе эволюции. Поэтому вопрос о модели предсверхновой также не решен; параметры предсверхновой — масса, распределение химического состава и энтропии — задаются достаточно произвольно.

¹ Для сравнения укажем, что светимость Солнца равна $4 \cdot 10^{33}$ эрг/сек. Сверхновая светит в течение примерно 100 дней (10^7 сек), поэтому мощность выделения энергии в ней составляет 10^{45} эрг/сек. В излучение идет около $10^{-2} \div 10^{-3}$ полной энергии. Таким образом, светимость Сверхновой ($10^{42} \div 10^{43}$ эрг/сек) равна светимости миллиардов солнц и сравнима со светимостью всей Галактики.

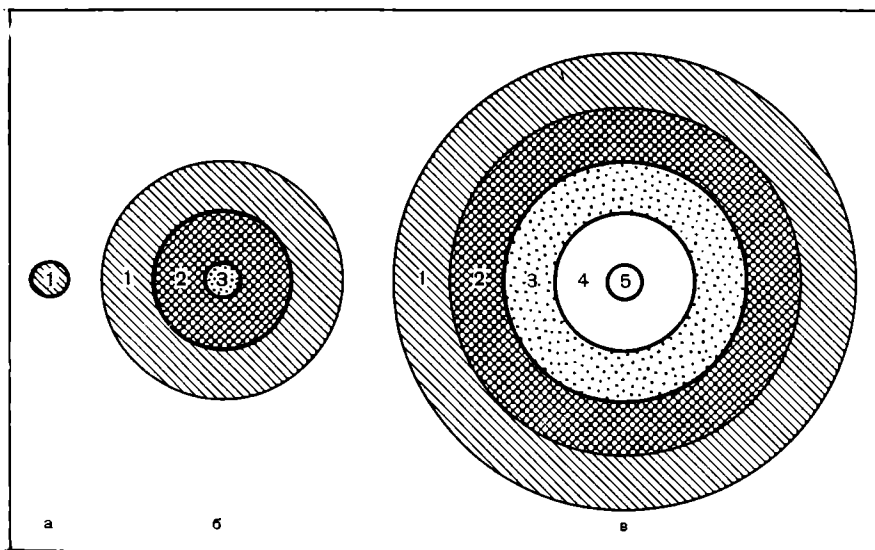


Рис. 2. Эволюция звезды с массой $\sim 30 M_{\odot}$ до стадии предсверхновой: а — однородная звезда на главной последовательности; весовое содержание водорода $\sim 70\%$, гелия $\sim 28\%$, тяжелых элементов $\sim 2\%$; в центральной области, где температура достаточно велика, идут ядерные реакции, в результате которых водород превращается в гелий; 4 $^1\text{H} \rightarrow ^4\text{He}$. В стадии «а» и между стадиями «а» и «б» звезда проводит 95% времени своей жизни. б — структура звезды после загорания гелия в конвективном ядре. Размер звезды увеличивается на 2 порядка, и звезда переходит в разряд сверхгигантов: 1 — область первичного химического состава, ядерные реакции не происходят; 2 — область переменного химического состава; на границе области 2 с ядром горит тонкий слой, где 4 $^1\text{H} \rightarrow ^4\text{He}$; 3 — гелиевое ядро (гелий $\sim 98\%$, тяжелые атомы $\sim 2\%$); идут реакции 3 $^4\text{He} \rightarrow ^{12}\text{C}$; $^{12}\text{C} + ^4\text{He} \rightarrow ^{16}\text{O}$. в — структура звезды после образования углеродно-кислородного ядра: 1, 2 — области с химическим составом и реакциями, такими же, как под этими номерами в модели «б»; 3 — область с гелиевым составом; ядерные реакции не идут, так как недостаточны температура и плотность; 4 — область переменного состава (от состава области 3 до состава области 5); на границе с ядром горит слой, в котором идут реакции 3 $^4\text{He} \rightarrow ^{12}\text{C}$; $^{12}\text{C} + ^4\text{He} \rightarrow ^{16}\text{O}$; 5 — углеродно-кислородное ядро, на 100% состоящее из тяжелых элементов; идут реакции 2 $^{12}\text{C} \rightarrow ^{24}\text{Mg}$; 2 $^{16}\text{O} \rightarrow ^{32}\text{S}$; $^{12}\text{C} + ^{16}\text{O} \rightarrow ^{28}\text{Si}$. В результате эволюции звезда от модели «в» переходит в предсверхновую, изображенную на рис. 3.

Модели предсверхновых звезд

По модели, предложенной Ф. Хойлом и У. Фаулером, у предсверхновой II типа весьма сложная структура (рис. 3), однако когда модели предсверхновых строят для последующего использования их в гидродинамических расчетах, идут на значительные упрощения.

Звезда в стадии предсверхновой находится в критическом состоянии — на границе гидродинамической устойчивости; дальнейшее излучение энер-

гии ведет к потере устойчивости и коллапсу (быстрому сжатию). Наиболее распространено теоретическое построение критических состояний таких звезд, которые полностью исчерпали свое ядерное горючее, т. е. целиком состоят из железа ^{56}Fe . Это позволяет сильно упростить задачу. В то же время основные параметры — плотность ρ и температура T в центре, распределение ρ и T по звезде — мало меняются, так как при тех же ρ и T давление для любого из веществ: ^{56}Fe , ^{32}S , ^{28}Si , ^{16}O , ^{12}C — мало различается.

Процессы, ведущие к потере ус-

тойчивости, происходят в железном ядре, поэтому качественно и количественно предсверхновая хорошо описывается моделью железной звезды. В гидродинамических расчетах, чтобы учесть эффект ядерного взрыва, железо во внешних слоях заменяют на ^{12}C или ^{16}O , модель при этом изменяется слабо. При построении модели звезд, не имеющих источников ядерной энергии, можно, не зная предшествующей их эволюции, произвольно задавать распределение не только химического состава, но и энтропии. Для предсверхновых с массой $M > \sim 2 M_{\odot}$ рассматривают обычно звезды с постоянной по массе энтропией. Такое распределение энтропии появляется в полностью конвективной звезде: возможно, в процессе эволюции звезда проходила стадии полного перемешивания. В других звездах, с $M < \sim 2 M_{\odot}$, очень велика теплопроводность электронов. Поэтому таким звездам приписывают, аналогично белым карликам, одинаковую по всей массе температуру. Результаты расчета моделей железных изоэнтропических и изотермических звезд, рассматриваемых на границе устойчивости, т. е. в критическом состоянии, представлены на рис. 4.

Для звезд с разными массами физические причины потери устойчивости различны. Рассмотрим эти причины.

Нейтронизация. Звезды с массой $M < \sim 1,2 M_{\odot}$ могут находиться в устойчивом состоянии при температуре и энтропии, равных нулю, и заканчивают свою эволюцию без взрыва, как белые карлики (участок ОА на рис. 4). Звезды с $\sim 1,2 M_{\odot} < M < \sim 2 M_{\odot}$ теряют устойчивость при небольшой энтропии; тепловое движение электронов при этом мало по сравнению с движением, обусловленным квантовыми эффектами (такое вещество называется вырожденным). В вырожденном веществе плотность определяет энергию электронов. При больших плотностях энергия электронов возрастает настолько, что превышает разность энергий связи между ^{56}Fe и ^{56}Mn , поэтому захват электрона и образование ^{56}Mn становится энергетически выгодным: $^{56}\text{Fe} + e^- \rightarrow ^{56}\text{Mn} + \nu$. Сразу за этой

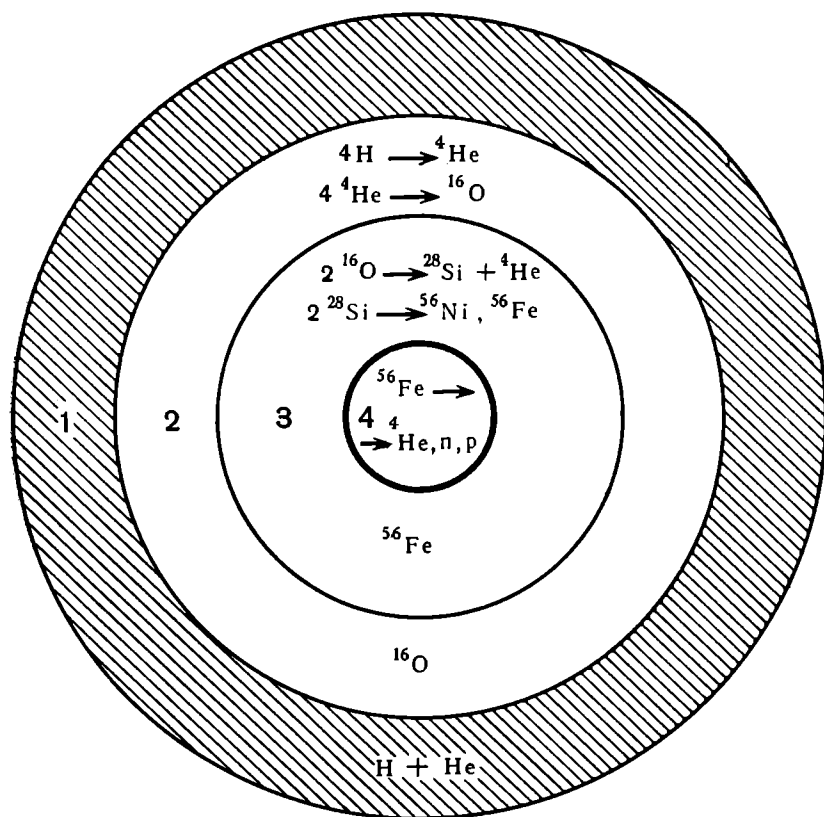
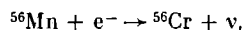


Рис. 3. Структура предсверхновой звезды с массой в $30 M_{\odot}$. Потеря устойчивости происходит из-за реакции диссоциации ^{56}Fe на ядра гелия ^4He , нейтроны и протоны. В мантии (области 2 и 3) происходит ядерный взрыв, ведущий к сбросу оболочки и части самой мантии. Ядерные реакции синтеза и диссоциации указаны в верхних частях слоев, химический состав — в нижних.

реакцией идет реакция:



так как разность энергий связи у ^{56}Mn и ^{56}Cr еще меньше — два электрона поочередно как бы вжимаются давлением в ядро, и вылетают два нейтрино.

Рассмотренные реакции и называют нейтронизацией, поскольку в них осуществляется превращение протонов ядра в нейтроны. При таких реакциях рост плотности вещества почти не сопровождается ростом давления, так как плотность электронов не меняется, пока все вещество не превратится в ^{56}Cr , а давление связано в основном с электронами. Таким образом, эти реакции становятся причиной потери устойчивости у звезд с массой $\sim 1,2 M_{\odot} < M < \sim 2 M_{\odot}$ (участок

AB на рис. 4). Скорость реакции нейтронизации, идущей по слабому взаимодействию, в момент потери устойчивости еще невелика, поэтому гидродинамическое сжатие начинается не сразу: сначала сжатие происходит со скоростью, определяемой реакцией нейтронизации; когда эта скорость достигнет скорости свободного падения, начнется настоящий коллапс. Существование такого промежуточного этапа характерно для развития неустойчивости у звезд с небольшой массой и может происходить при взрывах Сверхновых I типа.

Диссоциация железа ^{56}Fe . У звезд с массой $\geq 2 M_{\odot}$ потеря устойчивости происходит при меньшей плотности. Электроны в этом случае невырождены, их теплопроводность невелика, и энтропия обычно предполагается постоянной. После исчерпания запасов ядерного горючего звезда,

продолжая излучать энергию, сжимается. Температура при этом возрастает настолько, что высокоэнергичные фотоны разбивают железо на ядра гелия, нейтроны и протоны. Эта реакция идет уже с поглощением энергии, поэтому рост давления не компенсирует роста гравитационных сил, и начинается коллапс. В момент потери устойчивости температура настолько велика ($T > 5 \cdot 10^9 \text{ K}$), что практически все ядерные, электромагнитные и β -реакции протекают очень быстро — за время, гораздо меньшее времени свободного падения, поэтому химический состав при потере устойчивости остается равновесным по ядерным реакциям. Таким образом, в отличие от нейтронизации, с момента потери устойчивости гидродинамическое сжатие — коллапс — начинается сразу.

Образующиеся при β -реакциях нейтрино благодаря очень малому сечению взаимодействия свободно уходят из звезды, что усложняет определение ее химического состава. Следует отметить, что при построении расчетных моделей указанная особенность формирования химического состава предсверхновых звезд до конца еще не учтена.

Итак, основной причиной потери устойчивости у железных звезд с массами $\sim 2 M_{\odot} < M < \sim 300 M_{\odot}$ служат ядерные реакции, идущие с поглощением энергии, например диссоциация ^{56}Fe .

Рождение электронно-позитронных пар. Чем больше масса звезды, тем больше энтропия, при которой она теряет устойчивость. В равновесной смеси вещества с излучением (а именно такая смесь и составляет стационарную звезду) с ростом энтропии возрастает вклад излучения в давление и внутреннюю энергию, а вклад вещества уменьшается. В этих условиях существенное значение для устойчивости приобретает рождение электронно-позитронных пар $e^+ - e^-$, которое начинает интенсивно происходить при температуре $T \sim 0,1 m_e c^2 \simeq 6 \cdot 10^8 \text{ K}$.

Рождение пар — это процесс, требующий затраты энергии и потому уменьшающий рост давления при постоянной энтропии. Следовательно, рост давления не может компенсиро-

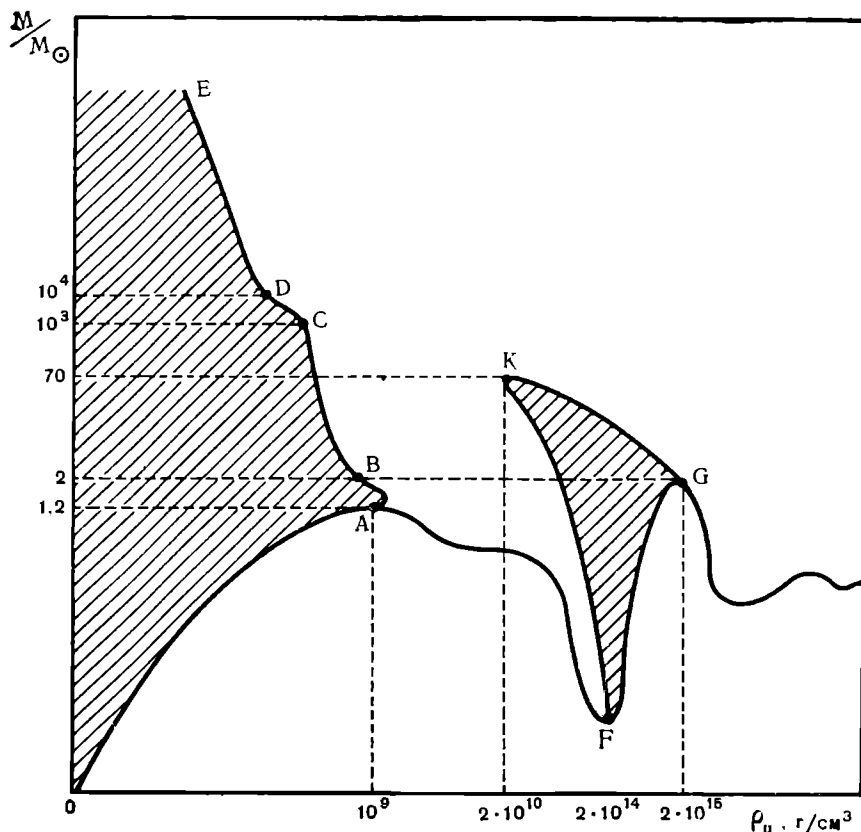


Рис. 4. Диаграмма состояния железных звезд. По оси ординат отложена масса звезды M в массах Солнца; по оси абсцисс — центральная плотность ρ . Заштрихованы области существования устойчивых конфигураций. Кривая $ABCDE$ показывает критическое состояние предсверхновых звезд при потере устойчивости. Кривая FKG охватывает область существования горячих устойчивых нейтронных звезд. Причины потери устойчивости: на участке AB — реакции нейтронизации и эффекты общей теории относительности (ОТО); на участке BC — реакция диссоциации железа $^{56}\text{Fe} \rightarrow ^4\text{He}$, n , p и эффекты ОТО; на участке CD — образование электронно-позитронных пар; на участке DE — эффекты ОТО. (Масштаб не соблюден.)

вать роста сил гравитации. Для масс $M > \sim 300 M_{\odot}$ давление излучения больше, чем давление вещества, и потеря устойчивости происходит из-за рождения пар. При этом критическая температура оказывается значительно ниже, чем та, при которой начинается диссоциация железа. Таким образом, рождение пар e^+e^- приводит к потере устойчивости у очень массивных звезд гораздо раньше, чем это произошло бы из-за диссоциации в них ^{56}Fe .

Эффекты общей теории относительности. Когда масса звезды превышает $10^4 M_{\odot}$ (обычно такую звезду называют сверхзвездой), начинает играть роль еще один дестабилизи-

рующий фактор, связанный с отклонениями от ньютоновской теории тяготения из-за эффектов общей теории относительности. Эти эффекты приводят к более быстрому, чем по ньютоновской теории, росту гравитационных сил по мере увеличения плотности. Для сверхзвезды, где давление более чем на 99% обусловлено излучением, эти поправки приводят к потере устойчивости, когда температура еще очень низка ($T \sim 10^6 \div 10^7 \text{ K}$) и нет ни ядерных реакций, ни рождения пар e^+e^- (DE на рис. 4). Однако неустойчивость сверхзвезды, очевидно, не связана со взрывами обычных Сверхновых; скорее, она имеет отношение к

процессам, происходящим в квазарах и ядрах галактик¹.

Механизм вспышки

Вернемся к звездам, неустойчивость которых вызывает взрыв Сверхновой. Масса их не превышает, вероятно, массы наблюдаемых звезд, т. е. $\sim 100 M_{\odot}$. Потеря устойчивости, как мы отмечали, ведет к коллапсу. Ясно, что видеть вспышку Сверхновой можно, когда вещество меняет направление своего движения и устремляется наружу. В простейшем случае это произойдет, если быстрое сжатие ядра приведет к образованию в центре системы устойчивой нейтронной звезды: оболочка, падающая медленнее, отразится от нейтронной звезды и будет выброшена наружу ударной волной.

Известно, что для холодного вещества максимальная масса нейтронной звезды составляет около $2 M_{\odot}$ (точка G на рис. 4). Горячая нейтронная звезда может иметь массу больше $\sim 2 M_{\odot}$. Остывая, она перестает быть устойчивой, претерпевает коллапс и превращается в застывшую звезду². Для возникновения ударной волны вовсе не нужно, чтобы твердое ядро существовало вечно: достаточно, если оно сохранится на то время, за которое падающая оболочка отразится от его поверхности и уйдет достаточно далеко наружу. Это время не

¹ См. Г. С. Бисноватый-Коган, Б. В. Комберг. Квазары — загадка Вселенной. «Природа», 1968, № 6; Э. А. Дибай. Галактики Сейферта. «Природа», 1972, № 1.

² Застывшие звезды (или как их иначе называют — «черные дыры») образуются в процессе коллапса, когда сжимающаяся со скоростью свободного падения звезда уменьшается в размерах до радиуса так называемой сферы Шварцшильда. Тогда тяготение становится настолько большим, что излучение не может выйти наружу. Для далекого внешнего наблюдателя время сжатия звезды до сферы Шварцшильда растягивается за счет эффектов общей теории относительности до бесконечности; все процессы, замедляясь, как бы застывают. Для Солнца, например, радиус сферы Шварцшильда всего 3 км, т. е. Солнце тоже стало бы «черной дырой», если бы всю его массу собрать в такой ничтожный объем. Подробнее см.: Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков. «Черные дыры» во Вселенной. «Природа», 1972, № 4.

превышает, вероятно, 10^{-2} сек. Таким образом, достаточно существования в течение нескольких секунд устойчивого сверхплотного ядра, чтобы возникла отраженная ударная волна!

Остановимся на некоторых работах, посвященных механизму вспышки Сверхновой.

Устойчивые сверхплотные конфигурации. Расчеты, проведенные автором, показали, что для звезд с массами, не превышающими $70 M_{\odot}$ (область FKG на рис. 4), возможны горячие сверхплотные конфигурации. Температура рассматриваемых звезд настолько высока, что они почти целиком состоят из нейтронов и протонов и лишь в оболочке (не более 5% массы) появляются ядра других элементов.

Все же одного факта существования сверхплотных устойчивых конфигураций недостаточно для утверждения, будто их появление в результате сжатия обязательно; необходимо сравнить энергию такой сверхплотной звезды с энергией предсверхновой той же массы, из которой она должна образоваться (участки FK и ABC на рис. 4). Если энергия у предсверхновой больше, то после излучения ее излишка может возникнуть сверхплотная звезда; если меньше — то сверхплотная звезда не образуется. Оценки показывают, что для масс $M < \sim 15 M_{\odot}$ энергия предсверхновой больше энергии сверхплотной звезды той же массы, и возможна остановка сжатия. Однако и у звезд большей массы избыток энергии в сверхплотном состоянии невелик, так что если бы в стадии предсверхновой имелся некоторый запас ядерной энергии, его, по-видимому, хватило бы для остановки сжатия. Для этого нужно, чтобы в стадии предсверхновой звезда не целиком состояла из ^{56}Fe , а, например, сохраняла в оболочке некоторое количество ^{16}O или другого ядерного горючего. С точки зрения эволюции звезды существование такого слоя весьма вероятно. Помимо энергетических соображений, быстрое сгорание ядерного горючего способствовало бы образованию детонационной волны, которая, превратившись в ударную, дает картину взрыва Сверхновой.

Охлаждение получившейся сверхплотной конфигурации происходит из-за мощного нейтринного излучения. При этом температура и плотность настолько велики, что даже для такой слабозаимодействующей частицы, как нейтрино, среда непрозрачна и уход нейтрино происходит не сразу, а только после большого числа рассеяний, поглощений и переизлучений на нуклонах, ядрах, электронах и позитронах. Если с удалением от центра поток нейтрино возрастет настолько, что нагревание вещества за счет поглощения нейтрино (так называемая «депозиция нейтрино») приведет к преодолению сил гравитации, то снова возникнет ударная волна и картина взрыва Сверхновой.

Таким образом, отражение ударной волны от сверхплотного ядра никогда не осуществляется в чистом виде, оно всегда сопровождается депозицией нейтрино и детонацией ядерного горючего.

Депозиция нейтрино. Роль нейтринных процессов при взрыве Сверхновой и возможность депозиции нейтрино была впервые использована в работе С. Колгейта и Р. Уайта (США) в 1966 г. Они рассматривали взрыв звезды в $10 M_{\odot}$ и пришли к выводу, что нейтринная депозиция способна привести к выбросу более $8 M_{\odot}$ и образованию в остатке холодной нейтронной звезды. Однако точный учет нейтринных процессов при гидродинамических расчетах провести очень трудно. В процессе сжатия звезда из нейтринно-прозрачной становится непрозрачной, и основной эффект депозиции проявляется именно в этот переходный период от прозрачности к непрозрачности.

Авторы модели депозиции нейтрино С. Колгейт и Р. Уайт были, естественно, склонны к сильной переоценке эффективности предложенного ими процесса. В последующих работах Д. Арнетта (США) роль нейтрино учитывалась более корректно, и его результаты значительно отличаются от результатов С. Колгейта и Р. Уайта. Во-первых, из расчетов Д. Арнетта следует, что нейтронное ядро образуется не холодным, а горячим. В предсверхновых с $M = 2 M_{\odot}$

выбрасывается $1,5 M_{\odot}$ и остается нейтронная звезда. При $M = 4 M_{\odot}$ также выбрасывается $1,5 M_{\odot}$, но остается горячая нейтронная звезда, превышающая предел устойчивости холодных нейтронных звезд (точка G на рис. 4), поэтому она должна после охлаждения превратиться в застывшую звезду в результате релятивистского коллапса. И, наконец, расчеты для $8 M_{\odot}$ и $32 M_{\odot}$ не дали никакого взрыва Сверхновой и привели лишь к образованию застывшей звезды. Следует отметить, что все эти расчеты велись на основе ньютоновской теории тяготения.

Ядерная детонация. Учет ядерной детонации в процессе коллапса впервые был проведен в СССР в работе Л. Н. Ивановой, В. С. Имшенника и Д. К. Надежина. Они рассчитали сжатие для звезд в $10 M_{\odot}$ и $30 M_{\odot}$, которые имеют кислородную оболочку, составляющую около 30% их массы. Из расчета следует образование горячего нейтронного ядра (в этом смысле результаты совпали с результатами Д. Арнетта), отражение ударной волны и выброс оболочки, составляющий для $10 M_{\odot}$ величину $0,013 M_{\odot}$ с энергией в 10^{49} эрг — без учета детонации и $0,19 M_{\odot}$ с энергией 10^{50} эрг — при учете детонации кислорода. Последняя цифра лежит вблизи нижнего предела наблюдаемых энергий взрыва Сверхновых II типа. Значительный наблюдаемый выброс массы авторы объясняют существованием вокруг плотного ядра (предсверхновой) протяженной оболочки, которая образовалась в результате предшествующей эволюции, например при истечении вещества. Масса оболочки сравнима с массой ядра.

Во всех этих работах рассматривались звезды большой массы $\sim 10 M_{\odot}$, дающие взрыв Сверхновой II типа. Расчет коллапса для звезд с меньшей массой — $1,42 M_{\odot}$, которые теряют устойчивость из-за нейтринизации, был сделан в работе К. Хансена и К. Уиллера (США) в 1969 г. Предполагалось, что начальная температура невелика ($T = 10^8$ °K, $\rho = 7 \cdot 10^9$ г/см³) и поэтому роль нейтрино незначительна. Было принято, что предсверхновая состоит из ^{12}C (90%) и ^{24}Mg (10%), поэтому при сжа-

тии возникает детонация, приводящая к полному разлету всей звезды с выходом энергии $8 \cdot 10^{50}$ эрг. В этой работе был сделан еще ряд допущений — относительно уравнения состояния, скорости ядерных реакций; не учитывались особенности эволюции предсверхновой I типа; кроме того, химический состав предсверхновой был выбран достаточно произвольно.

Итак, мы рассмотрели теории Сверхновых звезд, основанные на предположении о взрыве как результате смены сжатия расширением. Можно сделать вывод, что для звезд с массой $\geq 10 M_{\odot}$, представляющих собой Сверхновые II типа, выход энергии осуществляется, по-видимому, только за счет ядерной детонации. Огромная гравитационная энергия $\sim 10^{53}$ эрг, выделяющаяся при сжатии до нейтронной звезды, в основном уносится нейтрино. Депозиция нейтрино и просто отражение ударной волны от нейтронного ядра не могут дать энергии, достаточной для взрыва Сверхновой. Однако в звездах с большой массой потеря устойчивости происходит при температуре, когда вещество в центре звезды находится в состоянии равновесия (по ядерным реакциям), поэтому ядерное горючее может оставаться только в оболочке. При таких условиях эффективность ядерного взрыва, согласно результатам Л. Н. Ивановой, В. С. Имшенника и Д. К. Надежина, достаточна лишь для объяснения самых слабых Сверхновых.

Хотя теоретические исследования Сверхновой как нестационарного этапа эволюции звезды продолжаются и в СССР и в США, в последнее время все чаще обращаются к другим моделям Сверхновых.

Сверхновая как результат тепловой неустойчивости в вырожденном веществе

Прежде чем исчерпать все ядерное горючее и потерять гидродинамическую устойчивость, звезда проходит в процессе эволюции стадии, при которых возникает тепловая неустойчивость. Если звезда благополучно «переживает» потрясения, связанные с

тепловыми неустойчивостями, и исчерпает ядерное горючее, то может реализоваться описанная ранее картина взрыва Сверхновой. Но сейчас мы еще не в состоянии однозначно ответить на этот вопрос, так как нет последовательной теории ядерной эволюции звезды. Поэтому исследуют все возможные варианты образования Сверхновой, в том числе тепловую неустойчивость.

Тепловая неустойчивость в звезде с вырожденными электронами была предсказана английским астрофизиком Л. Местелом еще в 1952 г. и получила название «гелиевой вспышки». В процессе эволюции может образоваться вырожденное гелиевое ядро, давление в котором зависит не от температуры, а только от плотности. Благодаря этому температура в ядре возрастает беспрепятственно, причем настолько, что создаются условия очень интенсивного горения гелия. В результате звезда или переходит в невырожденное состояние или, возможно, разлетается. Образование вырожденного гелиевого ядра происходит в звездах небольшой массы — $< 2 M_{\odot}$. Как показали расчеты М. Шварцшильда и Р. Хэрма (США), гелиевая вспышка ведет к возникновению невырожденной гелиево-углеродной звезды, причем этот процесс почти не сопровождается ростом светимости звезды. У звезд большей массы гелиевое ядро образуется невырожденным, но в процессе дальнейшей эволюции возможно появление вырожденного ядра из ^{12}C или более тяжелых элементов, хотя точных эволюционных расчетов этих стадий не существует. В работе Д. Арнетта 1969 г. сделан упрощенный расчет эволюции ядра для звезды с массой от 4 до $9 M_{\odot}$: ядро, состоящее из вырожденного углеродно-кислородного вещества, начинает гореть при плотности $2 \cdot 10^9$ г/см³; развивается тепловая неустойчивость; возникшая в результате неустойчивости детонационная волна приводит к взрыву Сверхновой с выделением энергии $2 \cdot 10^{51}$ эрг при полном разлете всей звезды.

Похожая модель Сверхновой большой массы — $(45 \div 60) M_{\odot}$ — была построена ранее Г. Фрейли (США). Рассматривалась кислородная звезда,

у которой потеря устойчивости, сжатие, загорание кислорода и последующий взрыв происходили при небольших плотностях $\rho < 5 \cdot 10^6$ г/см³ и температурах $T < 4 \cdot 10^9$ °K. Сгорание $6 \div 25$ процентов кислорода ^{16}O приводит при этом к выделению энергии до 10^{52} эрг и выбросу значительной доли массы, вплоть до разлета всей звезды. В 1971 г. модель взрыва из-за тепловой неустойчивости была рассмотрена также Ж. Р. Бучлером, К. Уиллером и З. Баркатом (США).

Модели Сверхновой, основанные на развитии тепловой неустойчивости, весьма привлекательны. Ввиду отсутствия в них сильного сжатия энергии детонации ^{12}C или ^{16}O оказывается достаточной, чтобы привести к разлету значительной массы и выделению энергии в $10^{51} \div 10^{52}$ эрг, характерному для Сверхновой. Однако у таких моделей есть ряд недостатков. Они очень чувствительны к выбору начальной энтропии; скорость ядерных реакций в большой мере зависит от плотности и температуры, поэтому при отсутствии точных расчетов эволюции звезды нет уверенности, что развитие тепловой неустойчивости приведет к сильному взрыву, а не закончится спокойно, как при гелиевой вспышке.

Не решена также задача о динамической конвекции, которая в результате тепловой неустойчивости может привести к полному перемещиванию ядра с богатой водородом оболочкой и к возвращению звезды на главную последовательность. Кроме того, открытие пульсаров и отождествление их с вращающимися нейтронными звездами, обнаружение пульсаров в некоторых остатках Сверхновых подтвердили предположение, что эволюция звезды может продолжаться до полного исчерпания ядерного горючего в центре, последующего коллапса и возникновения мощных гидродинамических процессов, сопровождающих образование нейтронной звезды. Однако пульсары найдены лишь в остатках Сверхновых I типа, т. е. с малой массой $< \sim 2 M_{\odot}$, поэтому никаких выводов о механизме взрыва Сверхновых II типа сделать нельзя. Вращение нейтронных звезд, мощные магнит-

ные поля, окружающие их, натолкнули на мысль о новых качественных механизмах взрыва Сверхновых.

Сверхновая как взрыв быстро вращающейся звезды

До сих пор мы для упрощения рассматривали сферически симметричные невращающиеся модели. Между тем вращение — это важная характеристика звезды, хотя его влияние на эволюцию обычно не учитывается. Скорость вращения звезды не может превышать критической величины, когда центробежная сила уравновешивает гравитационную; в противном случае вещество образует диск. Реально у наиболее быстро вращающихся звезд скорость на поверхности не превышает $1/4$ от критической, а энергия вращения не больше 1% от гравитационной. В процессе медленного сжатия момент вращения успевает передаваться наружу, например за счет истечения вещества, и влияние вращения остается малым. После потери устойчивости начинается быстрое сжатие, в процессе которого обмен моментом вращения J между различными слоями звезды произойти не успевает. При сохранении момента вращения на единицу массы $J = v r$ скорость вращения v растет как $1/r$, энергия вращения $E_{\text{вр}}$ — как $1/r^2$, а центробежная сила $F_{\text{цб}} = v^2/r$ — как $1/r^3$. Сила гравитации при сжатии $F_{\text{гр}} \sim 1/r^2$ растет медленнее центробежной, поэтому при достаточно сильном сжатии (например, при переходе с кривой ABCD в область FKG на рис. 4), когда радиус уменьшается в $10^2 \div 10^3$ раз, значительная доля массы звезды перейдет в диск, где $F_{\text{цб}} = F_{\text{гр}}$, а в центре образуется быстро вращающееся ядро — нейтронная звезда.

Таким образом, в процессе сжатия гравитационная энергия переходит в энергию вращения (в основном в энергию вращения ядра), а также в колебательную энергию, которую неизбежно приобретает упругая система, если ее остановка совершается с разгона. Так как ядро останавливается быстрее, а амплитуда колебаний

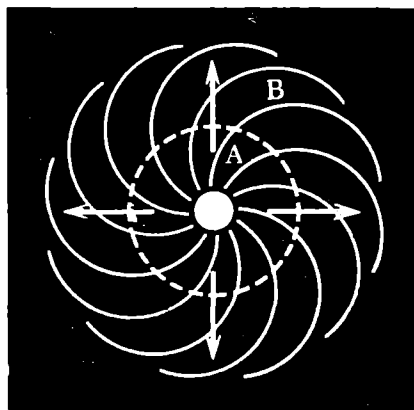


Рис. 5. Вращающаяся нейтронная звезда за счет намотывания (спирального искривления) силовых линий и возникающих вследствие этого магнитных сил закручивает и расталкивает окружающую оболочку. Давление в оболочке увеличивается, что приводит к появлению ударной волны: А — область, в которую интенсивно передается вращательный момент от ядра; В — невозмущенная область.

близка по величине к размеру системы, происходит процесс, похожий на отражение ударной волны в сферически симметричном случае. Так же как и там, выход энергии может оказаться из-за мощных нейтринных потерь недостаточным для объяснения взрыва Сверхновой. Однако в случае вращающейся звезды есть большой запас энергии, который нейтринно в силу закона сохранения момента вращения не могут унести, — это энергия вращения. Запас энергии вращения звезды (вращающейся твердотельно с критической скоростью) равен примерно $3 \cdot 10^{52}$ эрг и вполне достаточно для объяснения выхода энергии в Сверхновой. Существуют ли механизмы, передающие эту энергию наружу?

Предложено два механизма такой передачи, и оба связаны с магнитным полем. В механизме, предложенном автором, передача вращательной энергии от ядра к оболочке осуществляется за счет натяжения силовых линий магнитного поля, которое усиливается благодаря дифференциальному вращению оболочки (рис. 5). Рост момента вращения оболочки приводит к ее отходу от ядра. При определенных условиях,

когда благодаря той или иной конфигурации магнитного поля или распределения плотности вращательный момент передается интенсивно от ядра в область В и слабо из области В в область А, на границе областей возникает сгущение, которое выходит в область А в виде ударной волны, представляющей собой взрыв Сверхновой. Оценки показывают, что при значениях магнитного поля $10^9 \div 10^{10}$ гаусс передача вращательной энергии достаточно эффективна для объяснения взрыва Сверхновой.

Второй механизм передачи вращательной энергии предложен Д. Ганом и И. Острикером (США). Он связан с предположением, что в результате коллапса образуется нейтронная звезда, обладающая дипольным полем, при этом ось диполя не совпадает с осью вращения (наклонный ротор). Такая модель излучает низкочастотные электромагнитные волны на частоте вращения ротора. Когда магнитное поле H равно $(2 \div 3) \cdot 10^{12}$ гаусс, а скорость вращения близка к критической, излучение становится настолько сильным, что может, превращаясь в кинетическую энергию разлетающегося вещества, объяснить явление Сверхновой. Авторы этой работы рассматривали дипольное излучение в пустоту, хотя на самом деле звезда окружена плазмой, влияние которой необходимо исследовать. По данным наблюдения пульсаров, магнитное поле на их поверхности может составлять $10^8 \div 10^{13}$ гаусс, так что оба приведенных выше значения поля лежат в пределах допустимого.

Механизмы взрыва вращающейся звезды рассмотрены лишь качественно, и необходимы дальнейшие количественные расчеты.

К настоящему времени выполнен пока один количественный расчет коллапса вращающейся намагниченной звезды. Его авторы — Д. Ле Бланк и Д. Вилсон (США). Согласно их расчету, при коллапсе происходят мощные выбросы в направлении осей магнитного поля, предположительная величина которого огромна — $10^{15} \div 10^{16}$ гаусс. Расчеты носят предварительный характер, но они показывают, насколько разнообразной может быть картина коллапса и взрыва,

если учитывать вращение и магнитное поле.

Таким образом, наряду с депозицией нейтрино и ядерной детонацией энергия вращения, по-видимому, — один из важнейших резервуаров энергии взрыва Сверхновой.

Кривая блеска Сверхновой

Чтобы теоретические рассуждения обрели право на существование, они должны объяснить наблюдения, в данном случае — кривую блеска Сверхновых звезд, кинетическую энергию разлетающегося вещества и спектр излучения. Как это часто бывает в астрофизике, чтобы связать теорию с наблюдениями, нужно построить еще одну теорию. Такая теория известна под названием «теории кривой блеска». Кривая блеска описывает зависимость светимости от времени при вспышке. Пусть произошел взрыв и образовалась ударная волна, выходящая наружу и выбрасывающая вещество. Расскажем как объясняется свечение Сверхновой.

Выход ударной волны. Теория кривой блеска, развиваемая в СССР в работах Э. К. Грассберга, В. С. Имшенника, Д. К. Надежина, основана на расчете движения мощной ударной волны в оболочке звезды. Хорошее совпадение с наблюдениями получается в случае очень протяженной оболочки размером в десять тысяч радиусов Солнца ($10^4 R_{\odot} = 10^{15}$ см). Этому должна соответствовать большая эффективная температура излучения, равная в максимуме блеска $(2 \div 4) \cdot 10^4$ К, когда основная энергия излучается горячим газом в ультрафиолетовом диапазоне и на излучение приходится примерно сотая доля кинетической энергии разлетающихся газов.

Распад радиоактивных элементов. Если вокруг взорвавшейся звезды нет протяженной оболочки, то светимость слишком быстро падает и для объяснения кривой блеска с достаточно медленным спадом светимости необходимо предположить существование дополнительных источников энергии в разлетающемся веществе. Таким источником мог бы, например, быть распад в разлетающейся обо-

лочке радиоактивных элементов с периодом полураспада, близким к времени спада светимости. В начале 1956 г. в качестве такого элемента предлагался весьма экзотический ^{254}Cf с периодом полураспада 55 дней. В 1969 г. эта идея подробно была разработана в работе С. Колгейта и К. Макки, которые предложили элемент ^{56}Ni с периодом полураспада 6,01 дней. ^{56}Ni превращается в ^{56}Co , который в свою очередь превращается в ^{56}Fe с периодом полураспада 77 дней. Выброс ^{56}Ni вполне возможен при взрыве Сверхновой. В работе С. Колгейта и К. Макки суммарное количество выброшенного никеля и кобальта принималось равным $0,25 M_{\odot}$ при взрыве звезды с массой до $10 M_{\odot}$. По этой теории получается довольно низкая эффективная температура излучения в максимуме блеска и очень малое отношение энергии излучения к кинетической энергии.

Столь существенные различия помогут наблюдателям сделать выбор между двумя этими моделями.

Флюоресценция межзвездного вещества. В работе, выполненной в 1969 г. Р. Моррисоном и Л. Сатори (США), предложено другое объяснение кривой блеска Сверхновых. Они предполагают, что излучение выделяется в виде мощного ($\sim 10^{52}$ эрг) кратковременного импульса, главным образом в ультрафиолетовом диапазоне. Излучение ионизует окружающий газ, который поглощает значительную часть энергии и после прохождения световой волны начинает рекомбинировать. Если принять, что окружающая звезда среда до радиуса $R \sim 10^{17}$ см состоит из гелия ^4He , а плотность ионов He^+ составит после ионизации $\sim 1 \text{ см}^{-3}$, то излучение, возникающее после рекомбинации, очень хорошо объясняет кривую блеска Сверхновых I типа от самого пика на всей ниспадающей ее части. По этой модели образование протяженной разреженной гелиевой оболочки должно произойти до взрыва.

Трудность данной модели — в повышенном требовании к мощности излучения. Если энергия в импульсе составляет $\sim 10^{52}$ эрг, то полный выход энергии, когда коэффициент преобразования не превышает 10^{-3} ,

должен составить гигантскую величину — 10^{55} эрг $= 5 M_{\odot} c^2$, что мало правдоподобно.

Проверка теорий наблюдениями

Помимо объяснения существующих наблюдательных данных, теории взрыва Сверхновых предсказывают такие явления, обнаружение которых послужит проверкой той или иной из них. Отметим наиболее важные из подобных предсказаний.

Нейтринные наблюдения. Одно из самых существенных предсказаний гидродинамической теории Сверхновых — это вывод о возникновении при взрыве Сверхновой мощного импульсного (в течение всего нескольких секунд) нейтринного излучения с энергией до $\sim 10^{52} \div 10^{53}$ эрг. Средняя энергия одного нейтрино или антинейтрино ~ 20 Мэв. Если бы взрыв Сверхновой еще раз произошел в нашей Галактике, то современными средствами наблюдения такую вспышку нейтринного излучения можно было бы обнаружить. В самом деле, при подобном взрыве вблизи центра Галактики поток нейтрино в окрестностях Земли составил бы 10^{11} нейтрино/см² · сек.

Теория, основанная на тепловой неустойчивости, не дает столь мощного нейтринного импульса.

Ультрафиолетовые и рентгеновские наблюдения. С помощью наземных телескопов наблюдать Сверхновые в других галактиках можно лишь в оптическом диапазоне излучения. Специальные телескопы, установленные на ракетах и спутниках, позволили бы наблюдать Сверхновые в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах, а это дало бы ответ на вопросы о цветовой температуре излучения Сверхновых и о механизме образования кривой их блеска, так как по одним теориям в ультрафиолете выделяется основная доля энергии, а по другим — очень небольшая ее доля.

Информация о спектре кривой блеска Сверхновых может быть получена при исследовании зон ионизации вокруг остатков Сверхновых; существование таких зон указывало бы, что при взрыве образуется мощное ультрафиолетовое излучение, т. е. много ионизирующих квантов.

Остатки Сверхновых и эволюция звезд

Открытые в 1968 г. пульсары представляют собой остатки Сверхновых I типа и неопровержимо доказывают гидродинамическую природу механизма взрыва этих звезд. Существование у пульсаров сильного магнитного поля и вращения показало важность этих компонентов для самого взрыва и послужило толчком для появления ряда изложенных здесь качественных теорий. Однако пульсары обнаружены только в двух остатках Сверхновых — в туманностях Парус и Крабовидная. На месте других остатков Сверхновых видны лишь туманности без пульсаров; они служат источниками мощного радиоизлучения. С другой стороны, вокруг остальных пульсаров не видно остатков Сверхновых. Возможно, это следствие «эффекта пращи», согласно которому при взрыве одной компоненты в двойной звезде (а двойных и тройных звезд около 50%) и потере значительной части ее массы притяжение между звездами уменьшается и одна из них (с меньшей массой) улетает с большой скоростью. Кроме того, возможен «эффект отдачи» для одиночной звезды, если взрыв не был симметричным.

Согласно наблюдениям Д. Гана и И. Острикера, средняя скорость пульсаров аномально велика (~ 100 км/сек), и, следовательно, все достаточно «старые» пульсары должны были уже вылететь из остатков Сверхновых.

Пульсары, или нейтронные звезды, — это не единственная возможность, допускаемая теорией для остатка Сверхновой. Во-первых, взрыв может разметать всю звезду, оставив только туманность. Такая гипотеза не противоречит наблюдениям, так как в большинстве остатков Сверхновых не обнаружено никакой звезды. Допустима и противоположная картина: большая остаточная масса $> 2 M_{\odot}$ и возникновение коллапсирующей релятивистской звезды (коллапсара)¹. Проявления такой звезды весьма специфичны и заранее трудно предска-

зуемы. На первый взгляд она может светить лишь за счет аккреции — падения на нее вещества. Вполне вероятно, что коллапсары существуют в нескольких остатках Сверхновых, но они еще не выявлены, ибо неизвестно, как и в каком диапазоне коллапсар светит. Здесь нелишне напомнить, что до открытия пульсаров считалось общепринятым, что нейтронная звезда также светит только за счет аккреции в рентгеновском диапазоне, поэтому в качестве кандидатов в нейтронные звезды долгое время числились рентгеновские источники. Только счастливая случайность позволила обнаружить импульсное излучение пульсара в радиодиапазоне и надежно отождествить его с нейтронной звездой. Таким образом, очевидно, и для обнаружения коллапсаров необходимы самые различные наблюдения.

Неясна в настоящее время связь с остатками Сверхновых рентгеновских источников в нашей Галактике, известных уже около 7 лет. В некоторых из них, в частности в Центавре XR-3, недавно обнаружен рентгеновский пульсар, поэтому не исключено, что рентгеновские источники, так же как обычные радиопулсары, — это нейтронные звезды и остатки Сверхновых.

Теория подсказывает, что всякая звезда в процессе эволюции либо превратится в белый карлик, либо взорвется как Сверхновая. Третья возможность — «беззвучный коллапс», вплоть до коллапсара, вряд ли реализуется. Статистика Сверхновых, построенная на довольно скудном материале, позволяет сделать вывод, что лишь небольшая часть звезд на главной последовательности с массами $> 1,2 M_{\odot}$ взрываются как Сверхновые. Следовательно, звезды в процессе эволюции должны интенсивно терять массу, чтобы остаток был меньше $1,2 M_{\odot}$ и смог превратиться в белый карлик. Если учесть, что для объяснения взрывов Сверхновых достаточно массы $> (4 \div 5) M_{\odot}$, то отсюда с очевидностью следует, что потеря массы должна быть чрезвычайно интенсивной и может составлять 80—90% всей массы звезды.

Теория эволюции звезд с учетом потери массы находится лишь в ста-

дии начального развития. Анализ данных по Сверхновым в сочетании с многочисленными наблюдениями звезд позволяет сделать вывод о весьма существенной роли потери массы в ходе квазистационарной эволюции, однако установить величину потери массы очень трудно.

Роль нестационарных процессов в астрофизике

Как и в любой другой науке, в астрономии представления о неизменности, вечности сменялись представлениями о развитии и изменчивости. Причем с развитием астрономии для нее возрастает роль процессов все более кратковременных. Взрыв Сверхновой оказался явлением, которое в огромной мере повлияло на формирование наших представлений об эволюции звезд, о конечной их судьбе, и которое помогает в изучении свойств других галактик. А ведь время вспышки Сверхновой всего 100 дней; это не только ничтожно по сравнению со временем эволюции звезд, составляющим миллионы и миллиарды лет, но и очень мало по сравнению с жизнью человека. Однако гигантская мощность самого явления делает его несравненно более важным для нас орудием исследования, чем спокойный и неизменный свет многих миллиардов звезд, излучающий долгие миллиарды лет.

Если раньше многие поколения астрономов наблюдали одни и те же движения звезд, замечая лишь вековые изменения, то теперь масштабы времени в астрономии резко сократились: 0,033 сек. — таков период самого быстрого пульсара.

Сейчас мы стали свидетелями интенсивного накопления сведений о нестационарных явлениях во внегалактических объектах — ядрах галактик и квазарах. Взрывы, периодические и непериодические колебания блеска этих объектов в различных спектральных диапазонах, временные масштабы которых составляют недели и даже дни, — все эти явления не объединены еще стройной единой теорией, но, без сомнения, послужат основой для ее создания в будущем.

УДК 523.841.1

¹ Другие названия для подобных объектов — застывшая звезда, «черная дыра».

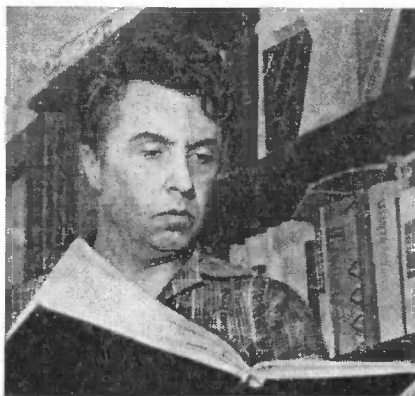
Твердая оболочка Земли и землетрясения

Б. С. Вольвовский
Кандидат геолого-минералогических наук

Б. И. Силкин



Борис Самуилович Вольвовский, ведет сектор международных экспедиционных работ в Советском геофизическом комитете АН СССР. Занимается сейсмическими исследованиями земной коры.



Борис Исаакович Силкин, работает в редакционной группе Советского геофизического комитета АН СССР, принимал участие в исследованиях по программе Международного геофизического года.

Наши знания о том, что происходит в недрах Земли еще далеки от совершенства: глубочайшая скважина в мире едва достигает десятка километров, и мы, можно сказать, только «поскребли» верхний слой краски на нашем земном глобусе. Но каждый день приносит новые сведения, которые пополняют представления о глубинном строении планеты. Много, в частности, дает нам сейсмология — наука, изучающая распространение упругих волн.

Очаги сильных землетрясений

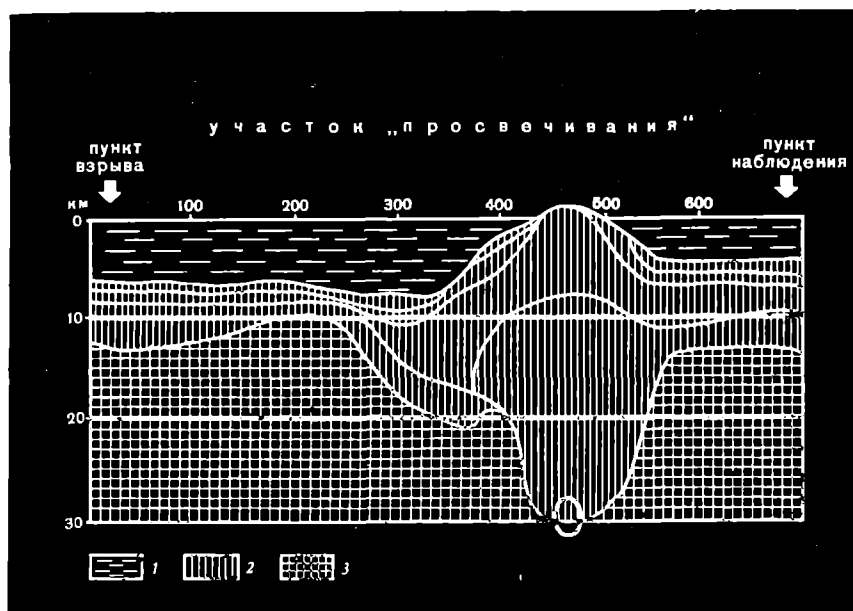
В последние годы в сейсмологии происходит смещение области преобладающего интереса — от изучения среды, в которой распространяются сейсмические волны, к изучению самих источников таких волн — очагов сильных землетрясений. Сейчас уже недостаточно знать, как те или иные глубинные процессы проявляются на поверхности Земли. Нужно понять, что же происходит в ее недрах. До некоторой степени это можно выяснить на моделях или путем теоретических расчетов и сопоставлений.

Моделирование как вещественное, так и математическое, позволяет выполнить, например, эксперимент, в котором процессы разлома в земной коре имитируются на двухмерной пластиковой модели, причем мощный лазерный импульс служит источником энергии для «спускового механизма» землетрясения. Удастся измерить скорость распространения разлома как функцию напряжения и энергии этого «спускового механизма».

Если сопоставить процессы деформации земной коры за последние 30 млн лет с возникновением землетрясений на территории нашей страны, можно сделать важные выводы:

измерения скорости движений земной коры на поверхности позволяют судить о деформациях и напряжениях, существующих в недрах; сейсмически активные области обычно отличаются большими значениями средней и максимальной скорости движения (до 1000%), и наконец, сезонные изменения обстановки, значительные атмосферные осадки и приливы тесно связаны с деформациями и могут играть роль «спускового крючка» для землетрясений.

Ученые обратили внимание на тот факт, что во многих районах при проходке шахт и других подземных выработок обнаружены сжимающие напряжения, в несколько раз превышающие нормальное гидростатическое давление. Такие «избыточные» напряжения особенно характерны для гранитного слоя земной коры на Балтийском щите, Североамериканской и Африканской платформах и палеозойских складчатых поясах Норвегии, Шпицбергена, Ирландии, Урала, Саян, Казахстана и о. Тасмании. По-видимому, такое избыточное напряжение максимально на глубине от 10 до 40 км, а ведь именно здесь выделяется около 70% всей сейсмической энергии Земли. Очевидно, это напряжение снимается при землетрясении лишь частично, и в энергию упругих сейсмических волн переходит только небольшая высвобождающаяся ее часть. Существующие данные о сол-



Схематический разрез земной коры в районе очага землетрясения (O). Сейсмические волны, «просвечивающие» земные недра, возникают от взрывов, производимых с одной стороны от участка «просвечивания», а регистрируются с другой стороны, 1 — толща воды, 2 — земная кора, 3 — мантия.

нечных затмениях за весь исторический период позволяют предположить, что радиус Земли сокращается на 3 мм/год. Следовательно, растяжение коры в рифтовых зонах, таких как Байкал или Восточно-Африканская система, или срединно-океанические хребты, может быть следствием «выдавливания» наиболее пластичной и легкой массы в обстановке общего сжатия планеты.

Сейсмический «климат» отдельных областей Земли определяется процессом тектонического, в частности, сейсмического течения горных масс в поле напряжений Земли. К сейсмической погоде, совокупностью которой определяется этот климат, относится чередование периодов относительного покоя с периодами усиления сейсмичности, подготовки и возникновения сильных землетрясений, форшоков (предваряющих) и афтершоков (последующих за землетрясением) толчков. Видимо, сейчас уже назрела необходимость активнее переходить от схем, позволяющих выявлять лишь геометрию направления напряжений и предпола-

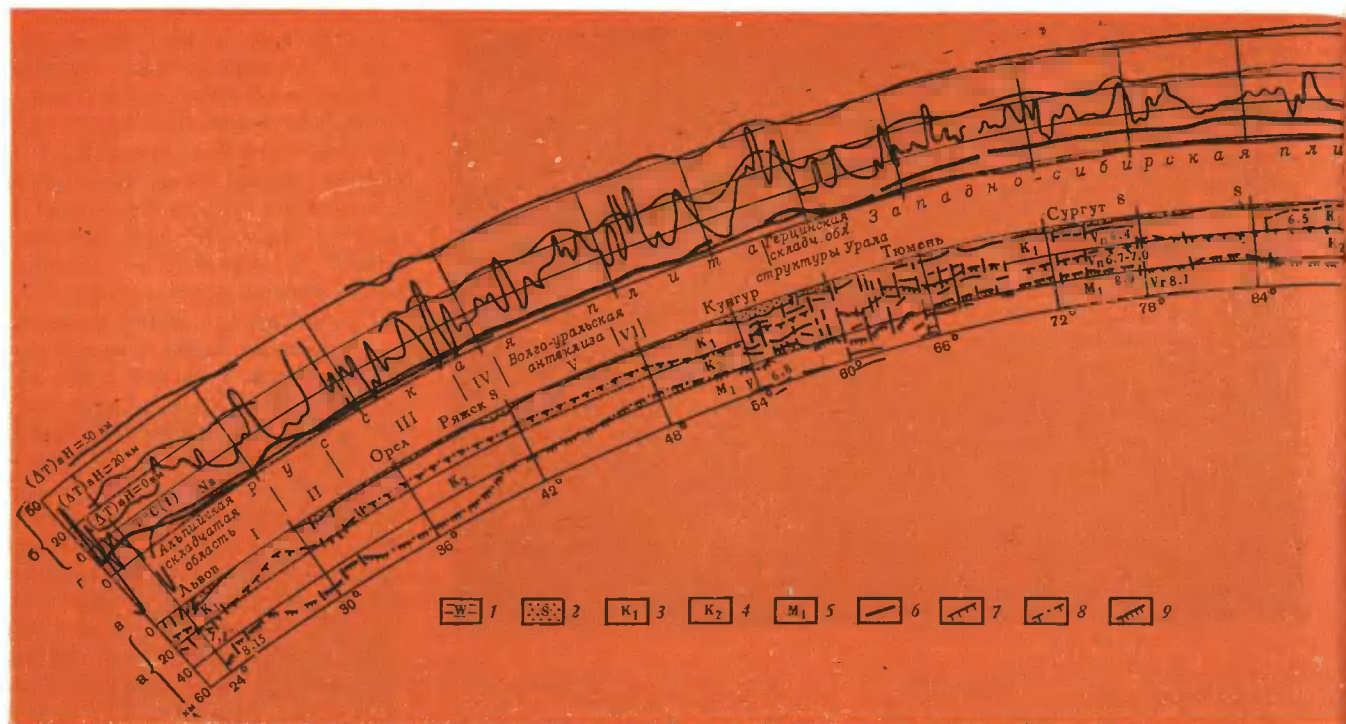
гаемых подвижек в очаге, к выяснению особенностей движений в очаге — скорости вспарывания материи, направления истинных подвижек, их величины. Тогда возникнет возможность непосредственно связывать накапливающиеся в очагах деформации с параметрами сейсмического и тектонического течения пород в поле напряжений Земли.

Теоретические расчеты, моделирование, анализ большого описательного материала и его сопоставление, результаты исследования землетрясений, наконец, наблюдения очагов самих сильных землетрясений в натуре позволяют считать установленным, что существуют качественные различия между простыми трещинами в земной коре, порождающими лишь слабые толчки, и очагами больших сейсмических катастроф, протяженностью в десятки и даже сотни километров. Изучение этих различий совершенно необходимо для приближения к прогнозу землетрясений, а в отдаленном будущем — и для предотвращения такого рода стихийных бедствий.

Что же предшествует землетрясению? В последние годы особенно интенсивно изучается физика разрушения материалов. В лабораторных условиях наблюдают процессы разрушения горных пород, уменьшения их прочности, чтобы получить ответ на вопрос — как ведет себя глубинная материя в естественных условиях перед толчком. Исследователи пришли к выводу, что непосредственно перед землетрясением в недрах создается область с аномальными физическими свойствами. Прежде всего, наблюдаются изменения скоростей распространения упругих волн в этой области. Естественно, такую зону предполагаемых аномалий следует подвергнуть «просвечиванию» упругими волнами от взрывов. Эти работы проводятся на Камчатке.

Удалось измерить, как изменяется скорость распространения упругих волн накануне землетрясения. После того как зафиксировали уменьшение скорости на 4% — произошло землетрясение. От момента первого зафиксированного уменьшения скорости упругих волн до землетрясения прошло 3,5 месяца. Очевидно, верна общая гипотеза: перед разрушением горных пород происходит уменьшение их прочности, образуются трещины скольжения, изменяются физические свойства. И, хотя проблемой «просвечивания» области будущего землетрясения занимаются всего несколько лет, удалось добиться относительно малой ошибки метода: изменение скорости упругих волн превосходит ошибку в 5—10 раз. Существуют и другие методы поиска предвестников землетрясений. Можно уже говорить о некоторой зависимости: чем сильнее землетрясение, тем больше временной интервал между ним и существованием предвестника. Идут поиски кратковременных симптомов, которые «предупреждают» о катастрофе за несколько часов.

Статистический анализ полного каталога слабых (с магнитудой, не превышающей 2,5) землетрясений Камчатки за 1965—1969 гг. обнаружил ряд предваряющих такие события параметров. Возникла возможность за 5—10 суток предсказывать, в какой период вероятность землетрясе-



Геолого-геофизический разрез земной коры по линии Карпаты — Курилы. Составили Н. А. Беляевский, А. А. Борисов, Б. С. Вольвовский, Ю. К. Шукин. Масштабы: горизонтальный 1 см = 50 км, вертикальные: а) на разрезе: 1 см = 10 км; б) на графиках аномального магнитного поля: 1 см = 200 гамм; в) на графике амплитуды неотектонических движений: 1 см = 500 м; г) на графике удельной сейсмической энергии: 1 см = $10^{-2} \times 10^{-12}$ эрг/см³ сек. 1 — вода; 2 — осадочный покров платформ и глубоких впадин, рыхлые осадки океанических и морских бассейнов; 3 — кристаллические и метаморфизованные породы преимущественно кислого состава (условно «гранитный» слой); 4 — кристаллические и метаморфизованные породы преимущественно основного состава (условно «базальтовый» слой); 5 — породы верхней мантии (предположительно ультраосновного состава); 6 — поверхность консолидированной коры (слоя K_1), по данным бурения КМПВ и ГСЗ; 7 — поверхность слоя K_2 «базальтовый», по данным ГСЗ.

ния с магнитудой от 5 до 6 возрастает в 1,5—2 раза по сравнению со средней вероятностью.

В океане, у южных берегов Камчатки, регулярно производились взрывы. Оказалось, что скорость возбуждаемых ими сейсмических волн изменяется до 1% своей величины, однако землетрясений с магнитудой более 6 при этом не возникало. Зато другая методика оказалась более обнадеживающей: перед девятью землетрясениями в районе мыса Шипунского с магнитудой от 5 до $7\frac{3}{4}$ в радиусе 150 км от них наблюдались аномальные изменения электротеллурического поля; сохранялись они в течение 2—16 суток.

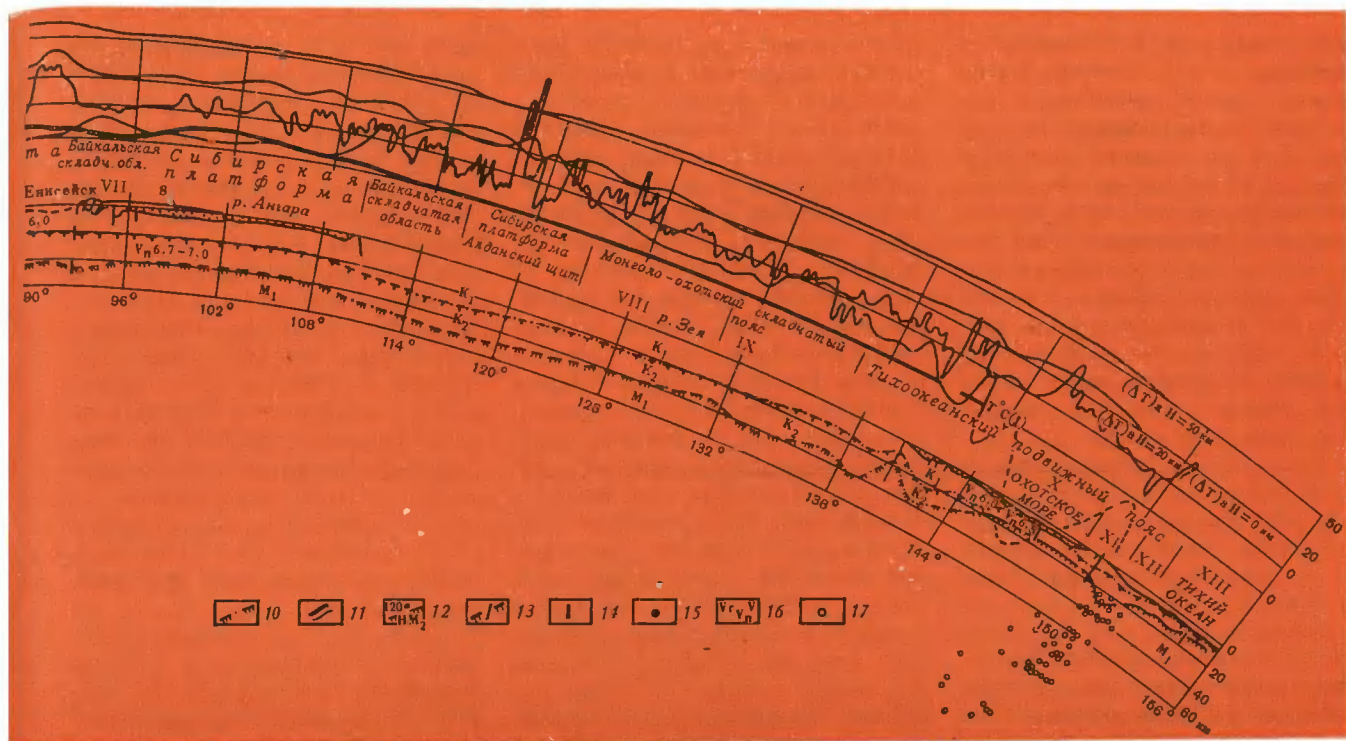
Расчеты и лабораторные опыты показывают, что эти изменения, возможно, имеют пьезоэлектрическую природу.

С этим отчетливо перекликаются другие наблюдения. Так, в 1930 г. крупному землетрясению на п-ве Северный Идзу (о. Хонсю, Япония) предшествовала совершенно необычная (в отсутствие грозовых облаков) грозовая деятельность, которая продолжалась во время землетрясения и после него. Видимо, большая роль в создании электрического потенциала принадлежит пьезоэлектричеству, порождаемому напряжениями в земной коре, содержащей здесь большое количество кристаллов кварца. Если пьезоэлектрические породы покрыты слоем почвы, обладающим свойством электропроводности, возникают лишь теллурические токи, а не грозовые разряды. В противном же случае атмосфера получает из почвы значительный заряд, вероятно, и питающий столь необычную грозовую актив-

ность. Примеры ее можно почерпнуть из самых различных источников, начиная с летописей, датируемых еще 373 г. до н. э., и кончая недавними землетрясениями в Лос-Анджелесе и Сан-Фернандо (штат Калифорния), которые также сопровождались грозой при ясном небе.

Не забывает наука и других, пожалуй, еще более «экзотических» способов возможного предсказания сейсмических катастроф. Так, перспективы могут скрываться в таких малоисследованных, но известных с древнейших времен факторах, как поведение животных в момент надвигающегося землетрясения.

Известны случаи, когда в Новой Зеландии перед подземным толчком наблюдалось беспокоейное поведение фазанов и лошадей, а в Ташкенте — муравьев. Многочисленные сви-



8 — то же по расчетным данным; 9 — поверхность Мохоровичича, по данным ГСЗ; 10 — то же по расчетным данным; 11 — другие промежуточные границы в земной коре и верхней мантии, по данным ГСЗ; 12 — точки магнитотеллурического зондирования (МТЗ) и глубина залегания поверхности проводящего слоя; 13 — разрывные нарушения в слоях S и K_1 , по геологическим данным; 14 — зоны аномальной сейсмической записи, возможно связанные с глубинными разломами; 15 — глубины до сейсмических границ на пересекающихся профилях; 16 — сейсмические скорости в км/сек; V_r — граничная, V — средняя, V_n — пластовая; 17 — гипоцентры землетрясений. I — Украинский массив; II — Днепровско-Донецкая впадина; III — Воронежский массив; IV — Пачелмский прогиб; V — Токмовский свод; VI — Татарский свод; VII — Енисейский мегантиклинорий; VIII — Сводовое поднятие Станового хребта; IX — Бурейский массив; X — Южно-Охотская впадина; XI — Курильская дуга; XII — Курильский желоб; XIII — Тихоокеанский талассократон.

детельства о том, что комнатные животные чувствуют землетрясение за минуту до толчка, а дикие — за несколько часов, иногда даже до четырех. Существует древняя японская традиция приписывать такую чувствительность некоторым породам рыб, якобы покидающим обычные места обитания или изменяющим характер поведения в бассейне и аквариуме. Безусловно, это чисто эмоциональная категория, и некоторые склонны считать ее всего лишь предрассудком. Но категорически отрицать этого не следует. Напротив, необходимо объединить усилия представителей самых различных специальностей, вооружить их оборудованием для широкой постановки экспериментов, чтобы затем или отбросить подобные идеи, или использовать их для практических целей прогноза землетрясений.

Выдающийся успех

Десять лет прошло с тех пор, как советский ученый В. В. Белоусов, выступая на VIII Генеральной ассамблее МГГС в Хельсинки, внес предложение о проведении международного проекта Верхняя мантия и ее влияние на развитие земной коры. Идея была поддержана широкой научной общественностью; около 50 стран участвовало в ее осуществлении.

На XV Генеральной ассамблее МГГС, проходившей в Москве в августе 1971 г., ученые единодушно оценили эти работы как выдающийся успех науки о Земле. Именно благодаря этому проекту мы сегодня знаем о состоянии вещества в недрах нашей планеты значительно больше, чем десятилетие назад.

В частности, советские ученые провели оригинальные эксперименты с ударным сжатием горных пород. В результате определенным вес получила гипотеза о том, что верхняя мантия состоит из окислов, а ядро — из сплава железа и кремния. Впервые нашим специалистам удалось успешно применить в физике Земли уравнения состояния вещества при высоких давлениях, что позволяет яснее представить, как именно и из чего «сделан» земной шар.

В США в лабораторных условиях проведены эксперименты по ударному сжатию материалов, по-видимому, подобных мантийным. Доказано существование в условиях температур и давлений, присущих нижней мантии, не только окислов, но и более сложных соединений в специальных, «плотно упакованных фор-

«мах». Теперь уже экспериментально доказано, что в верхней мантии имеется слой с пониженными скоростями распространения сейсмических волн (его именуют астеносферой), тогда как до сих пор существование такого слоя было предположением, обоснованным лишь теоретически. Такие пониженные скорости распространения сейсмических волн охватывают глубины между 50 и 200 км, где материя представляет собой нечто вроде частичного расплава с меньшей прочностью и вязкостью пород.

Наши японские коллеги провели серию опытов, в которых исследовались механические неупругие свойства горных пород при тех давлениях, что существуют в недрах. Отсюда возникло лучшее понимание законов пластичности, хода появления трещин и разрушения глубинной материи, а это, в свою очередь, очень важно для осознания природы и механизма землетрясений.

Минералогия земных глубин

Последние полтора десятка лет ознаменовались появлением новой дисциплины — минералогии земных глубин. По существу, это изучение поведения минералов при высоких температурах и давлениях.

Среди важнейших достижений этой молодой отрасли знания уже можно назвать полученные лабораторным путем новые, ранее не известные виды минералов с необычными свойствами (повышенная плотность, большая твердость, а нередко и высокая теплопроводность). Подтвердилось, что многие привычные минеральные вещества под действием высокого давления приобретают свойства металлов. Так, фосфор при давлении 40 тыс. атм приобретает свойства металла; водород при тех условиях, что царят в земном ядре, также превращается в металлический водород¹. Кстати, здесь таятся большие перспективы для ряда областей техники. Например, металлический бензин будет обладать огромной плотностью, малым объе-

мом и сможет быть размещен чрезвычайно компактно в незначительных емкостях на борту самолета с увеличенным радиусом действия. Если же удастся получить металлический водород в реально достижимых в широкой практике условиях, его свойства сверхпроводимости приведут к подлинной революции в ряде областей техники. Так проблемы, над которыми сегодня трудятся геофизики, переплетаются с практическими задачами завтрашнего дня.

Геофизики же, опираясь на методы современной математики, имеют теперь возможность вычислить, какие условия должны существовать в земном ядре, чтобы там могли возникнуть металлические модификации минералов, аналогичные полученным в эксперименте. На основе накопленных за последние годы данных ныне обосновывается мнение, что именно фазовые переходы минералов, связанные с изменением их объема, и есть один из возможных источников глубоких землетрясений. Ведь при смене температуры или нагрузки внезапное изменение объема может носить характер взрыва. Гипотеза, согласно которой землетрясения с очагом, залегающим между 400 и 700 км, вызываются именно таким образом, основана на изложенном механизме фазового перехода минералов.

Изменения же температуры и давления на глубинах, в свою очередь, связаны с существованием в теле Земли термических градиентов, которые приводят к оттоку тепла из одной области в другую. Вблизи поверхности термический градиент составляет 20—30° на километр глубины, а на стокилометровой глубине он близок к 1,5° на километр.

Сами эти градиенты более или менее постоянны, но при достижении критических условий начинается цепной процесс изменения кристаллической решетки; возможен и взрыв. Здесь уместна аналогия с водой, нагревание которой происходит медленно, а закипание — внезапно, только после накопления известных количественных изменений, лишь по достижении вполне определенной температуры.

Итак, можно резюмировать: стро-

ение мантии не такое простое, как представлялось ранее. На глубинах 400 и 700 км наблюдаются довольно резкие скачки физических характеристик. Такие границы в мантии не менее важны, чем известная из сейсмологических наблюдений граница Мохоровичича. Эти скачки физических свойств ныне хорошо увязаны с кристаллографическими данными о структуре минералов, полученных в лабораторных условиях путем приложения высоких давлений и температур. Нам пришлось отказаться от привычного представления об однородности верхней мантии. По-видимому, процессы, порождающие такую неоднородность, «спрятаны» достаточно глубоко и не доступны имеющимся сейчас методам исследования.

Однако общий оптимизм ученых неплохо характеризуется словами профессора Л. Кнопфа (США), бывшего все эти годы секретарем международного Комитета по проекту Верхняя мантия. Он говорил, что когда мы начинали работы по нашему проекту, мы были представителями самых различных дисциплин: сейсмологами, математиками, физиками, геологами, геодезистами. А теперь мы каким-то волшебным образом стали представителями единой науки о Земле... Это и рождает надежду на дальнейшее успешное продвижение наших знаний в глубины планеты.

Выдающийся успех проекта Верхней мантии побудил ученых принять решение о дальнейшем развитии заложенных в нем идей, организовав новый международный Геодинамический проект. Цели его состоят в том, чтобы продолжать изучение причин, вызывающих геологические процессы в глубине Земли. Особое значение в его программе будет уделено объединению методов, присущих всем наукам о Земле; сбалансированию наших знаний с тем, чтобы сведения о земной коре под океанами «догнали» куда более изученные в этом отношении континенты; исследованию тех геологических структур, которые прослеживаются не только на дне акваторий, но и выходят затем на сушу.

Общие наброски плана, по которо-

¹ См. «Природа», 1971, № 10, стр. 8.

му будет разворачиваться новый международный Геодинамический проект, включают изучение интереснейших тектонических процессов, происходящих в Исландии, на дне западной части Тихого океана и в пределах Альпийско-Гималайского горного пояса, изучение необъясненных распространенной ныне гипотезой «расширения морского дна» причин вертикальных движений в зонах разлома земной коры или асейсмичности подводных хребтов Вальвис, Карнеги, Кокосового, Техуантепек, Наска и др. Привлекают внимание попытки сторонников этой гипотезы обнаружить свидетельства существования в мезозое подводного поднятия Дарвина (Тихий океан). Результаты таких поисков должны пролить свет на многие неясности этой гипотезы в целом.

Очередное слово, раскрывающее историю и взаимосвязь магматических, метаморфических и тектонических процессов за Геодинамическим проектом. Он позволит провести глобальный анализ свидетельств, ведущих к реконструкции во времени положений континентов и океанов.

В тесном содружестве наук

Изучению процессов, происходящих в недрах Земли, помогают и новейшие данные о физике, химии и фигуре Луны, полученные благодаря работе нашего «Лунохода» и американских кораблей «Аполлон». В результате мы теперь отчетливее представляем себе, как переносится тепловая энергия из глубин Луны к поверхности и каковы механизмы вулканической деятельности на этом ближайшем космическом теле, еще недавно представлявшемся совершенно мертвым в физическом смысле слова. Методы изучения магнетизма горных пород позволили недавно обнаружить, что 3—3,5 млрд лет назад на Луне существовало магнитное поле. Оно было примерно в 40 раз слабее современного магнитного поля Земли. Можно полагать, что у Луны в ее древний период развития было жидкое ядро, обусловившее появление такого магнитного поля. Все это позволяет ска-

зать, что совсем еще молодая наука — сравнительная планетология — делает свои первые, но вполне решительные шаги.

Не уступает ей и значительно более древняя наука — геодезия. Направление, исследующее современные движения земной коры, оказалось весьма плодотворным. Наши ученые возглавили международные работы по составлению карты таких движений, охватывающей всю Восточную Европу. Такая карта сразу выдвигает нас далеко вперед в этой области, важной как для теории, так и для практических целей строительства крупных сооружений, требующих точного знания масштабов перемещения больших участков земной коры.

Разработанный в СССР метод глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ)¹ стал за последние годы буквально всеобщим достоянием. Огромные пространства на всех континентах теперь охвачены этими исследованиями. «Прозвучивание» земной коры уже позволило создать довольно четкую картину недр столь удаленных друг от друга территорий, как Аляска и Австралия, Новая Гвинея и Антарктида. Мы же можем с гордостью сказать, что теперь строение земной коры в нашей стране принадлежит к числу наиболее изученных в мире.

За рубежом развитие теоретических исследований в области взрывной сейсмологии идет примерно в том же направлении, что и в СССР. Однако вопросу определения природы зарегистрированных волн зарубежными учеными уделяется меньше внимания, чем это делается в СССР. Тем не менее значение работ по изучению земной коры сейсмическими методами в Западной Европе и Северной Америке в познании глубинного строения континентов весьма существенно. Они вскрывают те же особенности глубинного строения, какие установлены для различных геологических структур на территории СССР.

Чрезвычайно успешными оказались и работы по глубинному сейсмическому зондированию, выпол-

ненные в сотрудничестве учеными СССР, ГДР, Польши, Болгарии, Венгрии, Румынии и Югославии в областях Восточной Европы, коллективом французских, испанских, западногерманских и швейцарских геофизиков в Альпах, а учеными скандинавских стран — на севере Европы. Планы дальнейших таких исследований, вероятно, включают использование в научных целях тех мощных взрывов, которые время от времени производятся строителями крупных сооружений. Такие взрывы и распространяющиеся от них волны в твердом теле планеты позволяют, подобно молнии в темной ночи, «осветить» строение земных недр.

*

Проблемы, о которых шла речь, служили предметом горячих дискуссий во время проходившей в Москве в августе 1971 г. XV Генеральной ассамблеи Международного геодезического и геофизического союза. Работы отечественных ученых, участвовавших в Ассамблее, находились в центре внимания всех собравшихся. И определенным признаком высокой оценки нашей науки был тот факт, что в результате состоявшихся выборов четыре из семи международных Ассоциаций, а также ряд комитетов и комиссий, входящих в состав МГГС, будут теперь возглавляться советскими специалистами.

Трудно перечислить все научные аспекты столь большой и всеохватывающей конференции, какой была XV Генеральная ассамблея МГГС. Существенным является тот вывод, что на ней подтвердился давно отстаиваемый советскими учеными тезис:

Наука о Земле неделима, как неделим ее объект — наша планета, и лишь при комплексном ее изучении возможно добиться существенных успехов. С новой силой подтвердился также тезис о том, что только усилиями ученых всех стран, сосредоточенными на выполнении общих проектов, согласованных в международном порядке, можно плодотворнее изучать Землю.

¹ См. «Природа», 1972, № 4.

Лобная область мозга и элементарная рассудочная деятельность

Профессор О. С. Адрианов

Л. Н. Молодкина

Кандидат биологических наук



Олег Сергеевич Адрианов, доктор медицинских наук, заведующий Лабораторией условных рефлексов Института мозга АМН СССР. Автор многих научных работ в области морфофизиологии высшей нервной деятельности, ряда научно-популярных статей и брошюр о мозге и один из авторов монографии «Атлас мозга собаки» (М., 1959; N. Y., 1964).



Людмила Николаевна Молодкина, старший научный сотрудник лаборатории генетики и физиологии поведения Биолого-почвенного факультета МГУ. Работает под руководством Л. В. Крушинского. Автор ряда научных работ в области физиологии и патофизиологии высшей нервной деятельности и поведения животных.

функцию которых нельзя свести к какой-либо одной деятельности (например, зрению, слуху, обонянию, движению и пр.). К таким, особенно бурно развивающимся в эволюции структурам принадлежат лобная, теменная и также отчасти височная области коры мозга, которые особенно сильно развиты у человека в связи с его способностью к абстрактному, категориальному мышлению, выделению себя из окружающего мира, а также к сознательной переделке последнего. Эти особенности психики человека, как хорошо известно, возникли на основе присущей только ему трудовой деятельности и членораздельной речи.

В этой статье нам хочется поделиться с читателями некоторыми выводами, даже скорее гипотезами, к которым мы пришли, изучая опытным путем функции лобной области мозга животных и, главным образом, участие ее в способности к экстраполяции, «предвидению» будущих событий.

Функции лобной области

В эволюции млекопитающих одним из поздних и совершенных приобретений явилось развитие лобных отделов мозга (рис. 1). У человека поверхность лобной области занимает более $\frac{1}{5}$ площади всей коры мозга — от 20 до 25%. В то же время в сравнительном ряду животных наблюдается постепенное усложнение структуры и увеличение относительных размеров поверхности лобной области. Так, у кошки лобная область занимает 3,1% от всей поверхности

Рассуждать, предусматривать, предвидеть... Эта сторона умственной деятельности человека — одно из высших проявлений его психики. Однако способность «предвидеть», экстраполировать, свойственна не одному лишь человеку. Ч. Дарвин со всей определенностью говорил о том, что животным также свойственна некоторая степень «рассуждаю-

щей способности». На общий характер различных видов рассудочной деятельности у человека и животных указывал в свое время и Ф. Энгельс.

Рассудочная деятельность, как известно, связана с функцией высшего отдела нервной системы — головного мозга. Значительную часть территории коры мозга у человека и высших млекопитающих занимают структуры,



Рис. 1. Лобная область коры большого мозга у кошки (а), собаки (в), обезьяны макаки (б), шимпанзе (г), человека (д). Масштаб: а—2:1, б—д—1:1.

коры мозга, а у собаки 8,7%. Еще более возрастают эти цифры у представителей обезьян: у макаки — 12,4%, павиана — 12,2%, гиббона и орангутана — 13,7%, шимпанзе — 14,5%¹.

Функции этой области мозга довольно многообразны. Советский нейропсихолог А. Р. Лурия, например, характеризует картину поражения лобных областей мозга у человека как нарушение программирования произвольных движений и действий, формирования высших потребностей и намерений, как нарушение регуляции активных состояний организма, а также как расстройство механизма самоконтроля за своими действиями, контроля выполняемого путем постоянного сличения эффекта действия с исходным намерением².

Наряду с клиническими исследованиями поражений головного мозга у людей большую ценность представляют эксперименты на мозге животных. Они позволяют получить своеобразные модели патологических состояний с достаточной точной, зависящей от желания экспериментатора, локализацией характера и объема повреждения мозговой ткани. А в клинических условиях это естественно, далеко не всегда доступно. Изучение участия тех или иных структур мозга в поведении различных животных способствует также лучшему пониманию становления и развития этих структур и мозга в целом в процессе эволюции.

Исследования лобных областей у животных имеют свою длительную, почти вековую историю. Еще в прошлом веке физиологи пришли к заключению, что лобные доли мозга у животных служат органом высших психических функций — активного внимания и целенаправленного поведения (Э. Гитциг, В. Вундт, Д. Феррье, С. Франц, Л. Бианки, Г. Россолимо и др.). Однако эти определения страдали известным антропоморфизмом и тогда, естественно, не могли быть проанализированы более детально. Русский невролог В. М. Бехтерев в 1907 г. высказал новую по тому времени идею, что «безлобные» живот-

ные¹ «не оценивают нужным образом результаты своих действий, не устанавливают определенного соотношения между отпечатками новых внешних впечатлений и результатом прошлого опыта и... не направляют движений и действий сообразно личной пользе»².

После открытия И. П. Павловым метода условных рефлексов стало возможным объективно оценивать разнообразную деятельность нормального и поврежденного мозга. Как у нас, так и за рубежом с помощью разнообразных методик условных рефлексов (слюнных, двигательно-пищевых, двигательно-оборонительных и пр.) были проведены многочисленные исследования функционального значения лобных областей у различных животных³. Оказалось, что у лобэктомизированных животных прежде всего происходит резкое нарушение внутреннего, т. е. вырабатываемого в течение жизни, торможения: такие животные либо иногда надолго теряют способность дифференцировать (различать) раздражители, сопровождаемые пищей, от неподкрепляемых кормом сигналов, либо у них нарушается процесс угашения — временного исчезновения условного рефлекса в случае неподкрепления сигнала пищей.

Многие физиологи считают, что у лобэктомизированных животных происходит расстройство так называемой краткосрочной памяти, т. е. памяти на недавние события.

Несмотря на многообразие нарушений поведения у лобэктомизированных животных, можно говорить об известной общности расстройств, возникающих при удалении лобной области. У оперированных животных нарушается способность к предвари-

тельному синтезу отдельных условных сигналов, предшествующих двигательной реакции (П. К. Анохин, Н. И. Шумилина)¹. Они оказываются неспособными к учету эффекта собственных движений.

Участие лобных областей в элементарном прогнозировании

Несмотря на обширные литературные данные, выводы об участии лобной области в поведении не всегда однотипны. Это можно объяснить как применением различных методических подходов, так и использованием в эксперименте животных разных видов.

При анализе расстройств поведения у безлобных животных даже одного вида нужно принимать во внимание степень сложности предъявляемой задачи и четкость ее выполнения до операции. Известно, что хорошо выработанные, как бы автоматизированные, условные реакции нарушаются после различных операций куда меньше, чем менее упроченные.

Небезынтересно, что в клинической практике при контузиях или других повреждениях мозга прежде всего страдает память о недавних событиях. Зато образы и картины прошлого чаще хорошо сохраняются.

В наших исследованиях мы сопоставляли некоторые особенности поведения у неоперированных и лобэктомизированных кошек и собак. В этих целях мы использовали поведенческую реакцию, выделенную и описанную Л. В. Крушинским под названием «экстраполяционного рефлекса»². Способность животного к экстраполяции, т. е. элементарному прогнозированию, рассматривается в качестве одного из параметров его

¹ П. К. Анохин. Узловые вопросы в изучении высшей нервной деятельности. В сб.: Проблемы высшей нервной деятельности, М., 1949, стр. 9; А. И. Шумилина. Функциональное значение лобных областей коры головного мозга в условнорефлекторной деятельности собаки. Там же, стр. 561.

² Л. В. Крушинский. Экстраполяционные рефлексы как элементарная рассудочная деятельность у животных. ДАН, т. 121, 1958, № 4.

¹ Е. П. Кононова. Лобная область большого мозга. Л., 1962.

² А. Р. Лурия. Мозг человека и психические процессы. М., 1970.

¹ Позже таких животных стали называть лобэктомизированными. Этим термином мы и будем пользоваться в настоящей статье.

² В. М. Бехтерев. Основы учения о функциях мозга, т. VII, 1907, стр. 1464—1465.

³ Подробное изложение результатов экспериментального и клинического анализа поражения лобных областей мозга можно найти в книгах: Лобные доли и регуляция психических процессов, М., 1966; А. С. Батуев. Функция двигательного анализатора. Л., 1970.

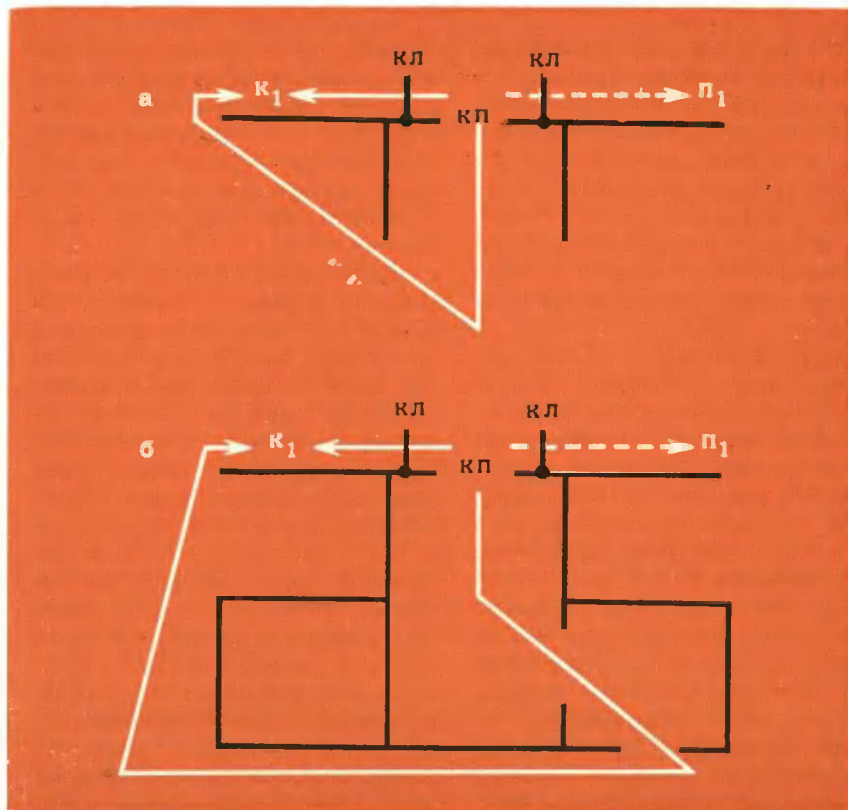


Рис. 2. Схема опытов для изучения способностей к экстраполяции. а — ширма с простой приставкой. Чтобы получить корм за ширмой после его исчезновения из поля зрения за клапаном (кл), животное должно пройти из положения к в положение к₁ (кормушка с кормом исчезает за клапаном). Первоначальный отрезок пути перпендикулярен направлению движения кормушки. п — пустая кормушка в исходном положении, п₁ — после исчезновения за клапаном, б — ширма со сложной приставкой. Животное проходит путь к корму за ширмой не только перпендикулярно направлению движения кормушки, но должно выйти из приставки со стороны, противоположной направлению движения корма. В данном случае корм продвигается влево, открыт правый ход.

рассудочной деятельности. Уловив простейшие законы, лежащие в основе изменения среды, животное оказывается в состоянии предвидеть вероятные будущие изменения ее и в соответствии с этим выполнять адекватный поведенческий акт, следовательно, проявлять элементарную рассудочную деятельность. Псд последней можно понимать способность животного без специального предварительного обучения адекватно реагировать на внезапное изменение условий окружающей среды¹. В частном случае животные прогнозируют направление движения биологически

значимого для них, обычно пищевого раздражителя, когда последний скрывается из поля зрения.

Исследование способности животных к экстраполяции производилось нами по методике проф. Л. В. Крушинского (рис. 2). Животное получает корм через щель в центре ширмы, с обратной стороны которой находятся две кормушки, одна с кормом и другая — контрольная, пустая. Через 1—2 сек. после того как животное начинает есть, кормушки раздвигаются вдоль ширмы в разные стороны, скрываясь за находящимися недалеко от щели клапанами. Стремясь получить корм, животное тянется за отодвигающейся кормушкой и вынимает голову из щели. Если оно обошло

ширму со стороны скрывшегося корма, оно поощряется подкормкой. Это показатель правильного решения задачи. Обход со стороны направления движения пустой кормушки — неправильное решение. Отсутствие обхода вообще — нерешение задачи. Наблюдая в такой форме опыта за тем, как животное находит исчезающий из его поля зрения корм, можно объективно зарегистрировать характер обхода и время, необходимое для нахождения корма. Этот несложный методический прием объективно оценивает поведение животного, характеризующее его элементарную рассудочную деятельность.

Особенно весомы для суждения о наличии этой способности результаты впервые предъявленной задачи. Ведь именно в этом случае исследователь имеет дело с такой формой деятельности, на которую еще не повлиял процесс обучения в данной конкретной обстановке эксперимента. В то же время повторные предъявления задачи дают возможность выявить влияние тренировки на правильное решение этой задачи.

Следовательно, экстраполяционный рефлекс не только объективно характеризует возможность элементарного предвидения (прогнозирования), но и позволяет изучить взаимоотношение этой способности с обучением. А это весьма существенно, поскольку в повседневной жизни практически все акты поведения представляют собой сплав этих видов рефлекторной деятельности.

Нами были проведены две серии опытов по выявлению способности к решению задачи экстраполяции: 1) как до, так и после удаления лобной области (на кошках и собаках), 2) только после операции (на собаках). Существенно подчеркнуть, что животные спустя несколько дней после лобэктомии по внешнему поведению практически не отличались от дооперационных. Обычно усиливались лишь те черты, которые были характерны для данной особи до операции (привязанность к экспериментатору у одних, трусливое отношение к посторонним людям у других, возрастание общей двигательной активности у третьих и пр.). Лобэктомизированные собаки способны воспроизво-

¹ L. V. Krushinsky. Objective study of elementary reasoning in animals. «Scientia», v. CV, 1970, pp. 1—13.

дить и выкармливать потомство.

Кошки, обученные до лобэктомии правильно обходить ширму, обнаруживали небольшое, но достоверное ухудшение этой способности после операции.

По данным морфологов¹, изучавших клеточное строение коры головного мозга, лобная область у кошек развита значительно хуже, чем у собак.

Как полагает Л. В. Крушинский, элементарная рассудочная деятельность у разных представителей млекопитающих должна быть поставлена в связь с особенностями организации их мозга в целом. В самом деле, обследованные неоперированные кошки решают экстраполяционную задачу при первом ее предъявлении примерно в 50% случаев, тогда как неоперированные собаки более чем в 85%.

Следовательно, подавляющее большинство собак в отличие от кошек решают простой вариант экстраполяционной задачи с первого раза или же довольно быстро этому научаются. Поэтому, после того как наши собаки решали наиболее легкий вариант задачи (одна ширма), эксперимент усложняли: последовательно добавлялись приставки — простая (см. рис. 2, а), а в случае решения — сложная (см. рис. 2, б). В последнем случае, как видно из приводимой схемы, чтобы получить корм, животное должно сделать поворот в приставке и выйти через выход со стороны, противоположной направлению движения кормушки с кормом.

Большой неожиданностью для нас было, что собаки, решавшие задачу до операции, после нее не дали однозначных результатов: у одних отмечалось ухудшение, у других — некоторое улучшение, а у третьих — результат вообще не изменился.

Различные результаты, вероятно,

могут быть объяснены предшествующим дооперационным опытом у исследуемых животных. Тем не менее, даже эти данные показывают, что если животному приходится иметь дело с выбором поведения, включающим программу будущих, известных ему до операции действий, то удаление лобных областей может ухудшить способность к прогнозированию.

Следует заметить, что нечто подобное было обнаружено еще в 40-х годах А. И. Шумилиной у безлобных собак, которые проявляли нарушение в выборе ответа, хотя до операции эта реакция у них была выработана. К аналогичному выводу пришли также некоторые зарубежные нейропсихологи (Г. Гросс и Л. Вейскранц, 1966) в работе на обезьянах.

По данным Дж. Штамма¹, лобная область у обезьян играет важную роль именно в начальном периоде обучения, когда животному еще недостаточно известна обстановка эксперимента. Из клиники известно, что больные с повреждением лобных областей значительно лучше осознают известную им конкретную ситуацию, чем перспективу ее изменения². Поэтому для оценки прогностических способностей животного нужен иной, более адекватный путь экспериментального анализа, чем выработка и упрочение до операции разнообразных реакций.

Это побудило нас исследовать способность к экстраполяции у лобэктомизированных собак в условиях составления и реализации более сложной программы будущих действий, но без предварительного опыта решения такой задачи. Этим требованиям отвечал вариант опыта, включающий обход ширмы после выхода из сложной приставки (см. рис. 2, б).

В этом случае результаты операции оказались однозначными: ни од-

на из 8 лобэктомизированных собак без выявленного дооперационного фона не смогла правильно решить такую сложную задачу при первом ее предъявлении, в то время как среди неоперированных собак у 40 из 63 наблюдались адекватные обходы.

Оказалось, что те же лобэктомизированные собаки и в дальнейшем решали сложную экстраполяционную задачу хуже неоперированных, хотя в общих чертах различие между обеими группами собак значительно сгладилось. Еще большее сходство выявлялось между исследуемыми животными в том случае, когда перед собаками ставилась упрощенная задача, требующая нахождения корма, передвигавшегося систематически только в одну какую-нибудь сторону: вправо или влево (опыты на угашение).

При такой постановке опыта в обеих группах исследованных нами собак время появления как первого правильного решения, так и безошибочных последующих решений (не менее трех раз подряд), было практически одинаковым. Однако при предъявлении корма с чередованием направления его движения вновь наблюдалось превалирование числа правильных решений этой задачи неоперированными собаками над оперированными (хотя и в меньшей степени чем до угашения). Последнее, вероятно, можно объяснить предшествующим индивидуальным опытом наших животных. Существенно то обстоятельство, что выявленные нами различия между оперированными и контрольными собаками в их способности к экстраполяции оказались статистически достоверными.

Таким образом, упрощенная задача решается лобэктомизированными собаками почти так же, как и неоперированными. Возврат к усложнению задачи выявляет различие между исследуемыми группами: лобэктомизированные собаки решают ее хуже, чем неоперированные — им требуется большее количество предъявлений для достижения правильных решений по сравнению с контрольными.

Итоги сложного варианта опыта позволяют сказать следующее: 1. Лобэктомия явно нарушает у собак спо-

¹ М. О. Гуревич, А. А. Хачатурян, А. Хачатуров. К цитоархитектонике коры большого мозга фелидов. В кн.: Высшая нервная деятельность, т. 1, М., 1929; О. С. Адрианов, Т. А. Меринг. Атлас мозга собаки. М., 1959; В. М. Светухина. Цитоархитектоника преко-ронарной и лобной области мозга в отряде хищных. В кн.: Развитие центральной нервной системы, М., 1959.

¹ J. Stamm. In the book: The frontal granular cortex and behavior. N. Y., 1964, p. 102.

² K. Goldstein. The significance of the frontal lobes for mental performances. (J. of Neurology and Psychopathology), 1936, N 17; О. К. Тихомиров. Нарушение программирования активного поиска у больных с поражением лобных долей мозга. В кн.: Лобные доли и регуляция поведения, М., 1966, стр. 604.

способность к экстраполяции направленного движения пищевого раздражителя при первом предъявлении данной экстраполяционной задачи без предварительного опыта ее решения до операции; 2. Лобэктомия в то же время не лишает собак способности научиться решать экстраполяционную задачу усложненного характера (без предварительного опыта ее решения до операции), однако такие собаки отстают по результатам решения задачи от неоперированных.

Таким образом, в наших опытах удаление лобной области приводит как бы к расчленению двух видов рефлекторной деятельности. Один из них, основанный на способности к обучению (условнорефлекторному решению), ухудшается незначительно, тогда как другой, лежащий в основе способности к экстраполяции, явно нарушается.

И. П. Павлов, занявшись в последние годы своей жизни изучением поведения человекообразных обезьян, допускал существование, помимо условнорефлекторной, такой формы ассоциации (связи), когда внешние явления, воспринимаемые животными, постоянно связаны между собой в их «сознании». Он говорил: «Это другой (не условный рефлекс.— Прим. авт.) вид ассоциации, имеющий значение, может быть не меньшее, а скорее большее, чем условные рефлексы»¹.

Есть все основания полагать, что экстраполяционный рефлекс как раз и является одним из видов ассоциации, о которой говорил И. П. Павлов.

Многие годы идею о существовании своеобразной, отличной от условного рефлекса, категории поведения — так называемой «психонервной деятельности, направляемой образами», развивает И. С. Беритов².

Чрезвычайное усложнение и увеличение лобных отделов мозга у человека вызвало качественные сдвиги в их функционировании, на основе чего стало возможным участие этих структур коры наряду с другими образованиями мозга в абстракт-

ном мышлении, трудовой деятельности и членораздельной речи. В этом смысле лобным структурам мозга человека присуща важная роль в осуществлении тех особенностей поведения человека, которых нет ни у одного из животных.

Вместе с тем, по-видимому, за лобной областью человека и большинства высокоорганизованных млекопитающих сохраняется очень существенная общая особенность — участие в обеспечении прогнозирования будущей деятельности и оценки ее результатов, особенно в условиях внезапного изменения отношений между предметами и явлениями в новой обстановке.

В сложных процессах нервной деятельности лобные отделы мозга функционируют, конечно, не сами по себе, а во взаимодействии с другими структурами головного мозга. Однако в этом взаимодействии лобные области, очевидно, играют в значительной мере специфическую роль. Повреждение у животных и человека других образований или ниже лежащих отделов, связанных с лобными областями, не выявляет той гаммы нарушений, которая имеет место у высших млекопитающих с разрушенными лобными отделами мозга. В частности, проводимые нами опыты показывают, что у собак с поврежденной теменной областью коры не наблюдалось однозначных изменений решения задачи на прогнозирование, как это имело место у безлобных животных.

Эмоции и рассудок: парадокс лобэктомии

При работе с кошками, которые до операции плохо решали задачу экстраполяции, мы столкнулись с поразительным на первый взгляд фактом: после лобэктомии у всех 7 животных этой группы наступило явное улучшение способности решать задачу, а у некоторых из них вскоре после операции это решение стало безошибочным. На приведенном нами графике наглядно показана «работа» кота Нарцисса до и после операции (рис. 3). Левая часть графика (более толстая линия — результаты

до операции) носит характер «заборчика», так как правильные обходы преграды чередуются с неправильными. Правая часть графика (более тонкая линия — результаты после операции) почти с самого начала представляет идущую вверх прямую линию, так как один правильный обход следует за другим.

Не только мы, но и многие другие физиологи в своих опытах над животными натолкнулись на довольно удивительное явление: лобэктомия у различных животных может иногда привести к улучшению (причем довольно внезапному) решения тех задач, которые были трудными для них до операции! Известно также, что в 40-х и 50-х годах нашего столетия нейрохирурги в ряде стран прибегали к операции лоботомии (перерезка связей между лобной областью и подкорковыми структурами) для лечения крайне тяжелых случаев психических нарушений у больных людей и иногда добивались известного улучшения общего состояния безнадежно больных. Можно думать, что в этом случае мы имеем дело с какими-то общими влияниями лобных отделов мозга человека и животных на их эмоциональное поведение. Лобные области, особенно их нижне-внутренние отделы вместе с рядом ниже лежащих структур так называемой лимбической системы активно участвуют в регуляции различных эмоциональных состояний организма. В связи с этим некоторые клиницисты и физиологи полагают, что отключение лобной коры способно уменьшить эмоции страха и чрезмерной раздражительности. Это наталкивает на мысль, что решение трудной задачи у наших неоперированных кошек не было в принципе невозможно; решение, вероятно, затруднялось неприятными (отрицательными) эмоциями, вызванными сложностью этой задачи¹. В наших случаях облегчение решения лобэктомизированными кошками каса-

¹ Павловские среды. т. III, 1949, стр. 262.

² И. С. Беритов. О нервной и психонервной деятельности, М., 1947.

¹ Д. А. Флесс и Е. И. Очинская, подробно изучали этот вопрос и показали, что психотропные препараты могут оказать в таких случаях благоприятное действие (см. Л. В. Крушинский. Есть ли разум у животных. «Природа», 1968, № 8, стр. 2—15).

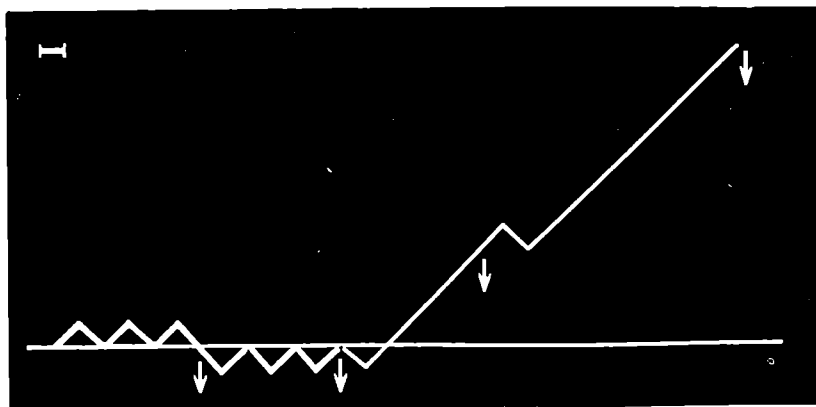


Рис. 3. График результатов опытов, представленный в виде кривой накопления. Решение экстраполяционной задачи котом Нарциссом до (толстая линия) и после (тонкая линия) лобэктомии. Каждый правильный оборот ширмы откладывается вверх от оси абсцисс под углом 45° в единицу масштаба графика, неправильный оборот — под углом 45° вниз от оси абсцисс. Стрелка — конец опытного дня.

лось лишь самого элементарного прогнозирования (опытов, где применялась ширма без приставок). Дальнейшие исследования в этой области помогут разрешить механизмы, лежащие в основе описанных парадоксальных явлений.

С большой степенью осторожности можно провести известную аналогию между лобэктомизированными животными и людьми с поражением лобных областей мозга. У таких людей нередко возникает наряду, а возможно, и в связи с состоянием эмоциональной ограниченности, уменьшение состояния страха и других признаков истощения нервной системы. Такие больные не испытывают чувства собственной неполноценности в случае необходимости решать сложные для них житейские проблемы, чувство, которое нередко возникает у здоровых людей. Это не означает, естественно, что подобные больные действительно в состоянии разрешить эти проблемы, но им оказывается под силу менее сложный, конкретный, привычный для них, однообразный вид деятельности.

Американский невролог Д. Фултон¹ сообщил об одном лингвисте, у которого наблюдалось поражение лобных областей, но он тем не ме-

нее был в состоянии работать по специальности.

Писатель А. С. Грин в рассказе «Возвращенный ад» психологически удивительно верно нарисовал картину изменения психики у героя после тяжелого ранения в голову. До ранения интеллигентный и способный писатель находился в состоянии сильного умственного и душевного перенапряжения. «Не было вещи и факта, говорит герой рассказа, — о которых я думал бы непосредственно: все, что я видел, чувствовал или обсуждал, — состояло в тесной, кропотливой связи с бесчисленностью мировых явлений, брошенных сознанию по рельсам ассоциации¹». Герой мечтал поглупеть. И вот такой случай представился... Оправившись от тяжелого ранения, повредившего лобные области, он говорил теперь о себе: «...моя мысль отныне удерживалась только на тех явлениях и предметах, какие я выбирал непосредственно пятью чувствами. В равной степени относится это и к моей памяти... Вспомнить настроение, мысль было не в моей власти; вернее, мысли и настроения прошлого скрылись из памяти совершенно бесследно, без намека на тревогу о них».

Трудные формы деятельности тре-

буют особенно большой работоспособности лобных областей мозга. При умственном напряжении у человека особенно отчетливо изменяется функциональная нагрузка именно этих отделов мозга, как это очевидно следует из анализа электрической активности лобных областей по сравнению с другими структурами коры мозга (В. Грей Уолтер, 1966; М. Н. Ливанов, Н. А. Гаврилова, А. С. Асланов, 1966 и др.).

По-видимому, аналогичного рода большее или меньшее «включение» лобных и некоторых других отделов мозга в более сложные формы деятельности в принципе возможно также и у высших животных. Дальнейшему анализу этой интересной проблемы могут помочь исследования феномена экстраполяции — этой измеряемой и объективно регистрируемой поведенческой реакции, отражающей способность к составлению программ будущего.

В повседневной жизни человека эта особенность проявления высших психических функций исключительно велика, хотя она прежде всего обнаруживается в случае необходимости решения новых задач, новых проблем. Это не всегда легкий для человека творческий вид деятельности. Еще известный педагог К. Д. Ушинский говорил, что «умственный труд едва ли не самый тяжелый труд для человека, мечтать — легко и приятно, но думать трудно»¹.

Изучение элементарного прогнозирования у разного вида животных в новой, внезапно изменившейся обстановке и, в частности, роли лобных областей мозга в этой сложной функции дает ключ к более глубокому пониманию формирования прогностических способностей как у здоровых людей, так и у людей с различными нарушениями мозговой деятельности. Анализ этого вопроса на экспериментальных моделях перспективен также для дальнейшей объективной оценки значения лобных областей мозга в сложных проявлениях психики.

УДК 591.481.1

¹ J. Fulton. Physiology of the Nervous System. London — New York, 1943.

¹ А. С. Грин. Собр. соч., т. 3, 1965, стр. 382.

¹ Сб. Золотые россыпи. Изд-во «Маяк», Одесса, 1968.

Равнина под микроскопом

Профессор В. В. Добровольский



Всеволод Всеволодович Добровольский, доктор географических наук, заведует кафедрой геологии и геохимии ландшафтов в Государственном педагогическом институте им. В. И. Ленина и руководит той же проблемной лабораторией геохимии ландшафта. Автор большого числа научных статей и книг, а также научно-популярных статей в журнале «Природа» (1969, № 6; 1971, № 4).

Равнины многообразны: низинная заболоченная поверхность Западной Сибири и бесконечные всхолмленные пространства Европейской части СССР, зеленые леса, саванны возвышенных плато Африки и пустынные плато Западной Австралии... Равнины резко доминируют над площадью, занятой горами, — из $\frac{1}{3}$ поверхности земного шара, которую воды океана оставили для континентов, горам принадлежит менее $\frac{1}{10}$. Да, удивительно равнинна наша суша. Может быть, поэтому так привлекают нас горы? И не этим ли обусловлен известный парадокс: начиная с эпохи Возрождения научная мысль билась над тем, чтобы выяснить, как образовались горы, и лишь в последние десятилетия объектом пристального исследования стали выровненные поверхности континентов.

А между тем их изучение очень важно в практическом отношении. Выяснить закономерности формирования равнинных территорий — это значит пролить свет на образование залежей нефти, каменного угля, бокситов и других полезных ископаемых. Знание истории развития выровненных поверхностей помогает делать правильные заключения о вторичных ореолах рассеяния рудных месторождений, а от этого зависит прогноз полезных ископаемых. Наконец, результаты детального изучения равнин помогают более рационально планировать поисковые работы.

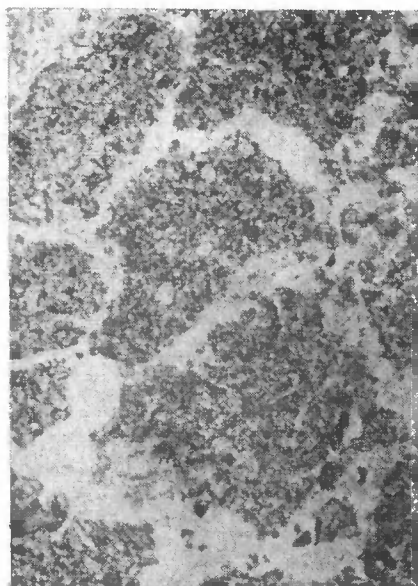
Нельзя также не отметить, что проблема образования равнинных территорий и небольших фрагментов огромных равнин в горах — так называемых поверхностей выравнивания — является одной из актуальных теоре-

тических проблем геоморфологии и геологии.

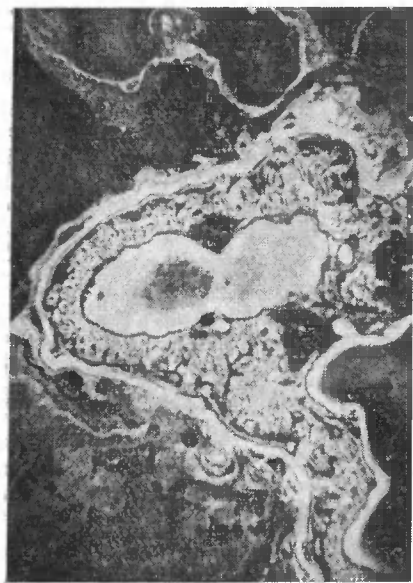
Еще в самом конце прошлого века известный американский географ В. Дэйвис наметил следующую схему образования равнины. Поднятый участок рельефа расчленяется благодаря врезанию рек. Одновременно под влиянием плоскостного смыва поверхность междуречий снижается вплоть до образования предельно выровненной поверхности — пенеплена. Эрозионно-денудационные процессы затухают по мере общего выравнивания территории. При новом подъеме территории (или опускании базисов эрозии) весь цикл повторяется.

Идея цикличности развития рельефа была воспринята, хотя и с определенными коррективами. В 20-е годы крупнейший немецкий геоморфолог и геолог В. Пенк разработал глубоко аргументированную систему взглядов на развитие рельефа: рельеф не может снижаться везде одновременно, а в первую очередь отступают крутые склоны долин.

В 40—50-х годах на долю Африки выпала судьба стать гигантским геоморфологическим полигоном, на котором проверялись каноны геоморфологии. Строение поверхности этого континента, казалось бы, полностью подтверждало концепцию В. Пенка. Вся Африка к югу от Сахары, действительно, состоит из остатков нескольких поверхностей выравнивания, ограниченных крутыми склонами. Факты указывали на то, что территория выравнивалась, когда склоны «пятились» и у их основания возникала ровная поверхность — педимент. При дальнейшем развитии этого процесса от древнего рельефа сохранялись



Гумусовый горизонт мощных черноземов Воронежской области под микроскопом. Мелкообломочные и глинистые минералы сцементированы коллоидальными органическими соединениями в прочные угловатые агрегаты. Прозрачный шлиф, увелич. в 35 раз.



Микроморфология латеритных кор Уганды. Метаколлоидные выделения железистых минералов (белое) свидетельствуют о том, что твердые латеритные панцири образовались из гелевидных осадков окиси железа, обильно насыщенных водой. Полированный шлиф, увелич. в 337 раз.

лишь изолированные останцы (инзельберги), и педименты сливались в единую более или менее ровную поверхность — педиплен.

Однако, когда изучать выровненные поверхности континентов стали специалисты многих стран, когда была организована международная комиссия по изучению поверхностей выравнивания на территориях, окружающих Атлантический океан, когда, наконец, изучать поверхности равнин стали при помощи фотосъемки не только с самолетов, но и со спутников и космических кораблей, появилось много новых данных об этих столь широко распространенных формах рельефа.

Известный современный геоморфолог профессор Дублинского университета Л. Кинг провел интересную работу, которую можно осуществить при современных транспортных возможностях. В сравнительно короткий срок (примерно за 20 лет) он обследовал не только «базу» современной геоморфологии — Африку, но и другие континенты. Результаты оказались поразительными. Выяснилось, что в распространении поверхностей выравнивания намечается закономерность: их количество не случайно, они имеют определенный геологический возраст и даже можно сопоставлять поверхности на разных континентах.

Трудно переоценить первые успехи в изучении выровненных поверхностей. Но при этом все же многое продолжает оставаться неясным. Даже в понимании термина «поверхность выравнивания» нет единого мнения. Одни исследователи считают, что поверхность выравнивания можно называть только сглаженные области с некогда сильно пересеченным рельефом. Другие к этому понятию относят ровную поверхность любого происхождения. Выдающийся советский геоморфолог Ю. А. Мещеряков (1923—1970) ввел в науку представление о полигенетических поверхностях выравнивания, которые определяются поверхностью гравитационного поля Земли. Эти сложные поверхности представляют собой сочетание денудационных¹, аккумулятивных и абра-

зионно-аккумулятивных поверхностей, а также поверхностей шельфа.

Для нас важно подчеркнуть, что многое в проблеме происхождения равнинных территорий невозможно решить, оперируя только представлениями о поверхности. Эти представления необходимо дополнить сведениями о содержании, т. е. о вещественном составе тех образований, которые формируют выровненную поверхность. И вот для получения этих сведений оказываются бессильными и километры аэрофотосъемки, и даже данные, полученные со спутников. Здесь необходим микроскоп.

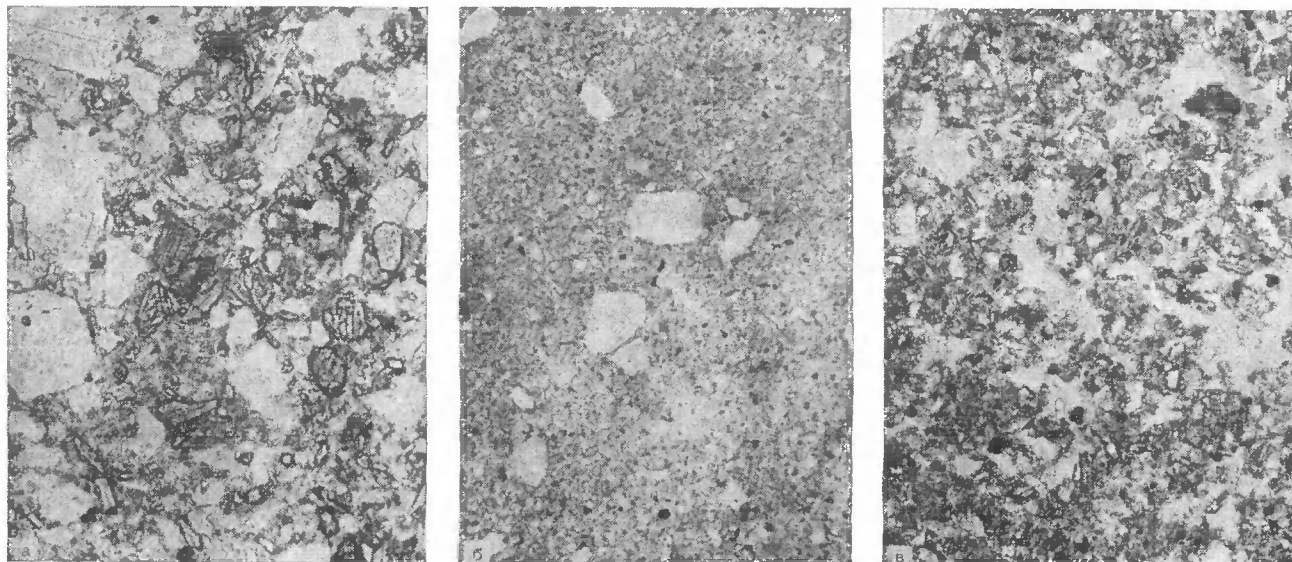
Мир обойденных величин

Наше время отличается резким расширением представлений о строении вещества. Современная инструментальная техника дает возможность увидеть и изучить не только одноклеточные организмы, измеряемые микронами, но и кристаллическое вещество, где единицей измерения служат ангстремы. Однако мало кто знает, каково же строение почвы, по которой мы ходим. Даже микробиолог, который изучает почвенные микроорганизмы и детально ознакомился с их анатомией при помощи электронного микроскопа, смутно представляет себе микростроение среды обитания этих организмов. А между тем она может быть изучена с увеличениями в тысячу раз меньшими: элементы почвенного микростроения имеют размеры от тысячных до десятых долей миллиметра.

При помощи микроскопа можно непосредственно увидеть то, о чем лишь предполагают на основании данных химического и минералогического анализа почвы и рыхлых поверхностных отложений. Можно увидеть разные формы органического вещества, конфигурацию пор, морфологию микроагрегатов.

Чтобы все это увидеть, надо приготовить специальные препараты: прозрачные и полированные шлифы с нарушенной структурой. В этом и состоит основная трудность: нужно отшлифовать образец и при этом не нарушить его строения. И если изготовление шлифа из твердой горной породы не вызывает трудностей, то

¹ Денудация — процессы плоскостного смыва.



Состав и микростроение четвертичных отложений Европейской части СССР (прозрачные шлифы, увелич. в 68 раз). Четвертичные отложения исходной области материковых оледенений (а) обогащены обломками неустойчивых минералов — пироксенов, амфиболов (темные рельефные зерна). Обломки кварца и полевых шпатов (белые) остроугольные, плохо окатанные. В покровных суглинках центральных районов Русской равнины (б) уже не видно неустойчивых минералов: они разрушены в процессе длительного переноса. Здесь среди обломков преобладает наиболее устойчивый минерал — кварц, бесцветные зерна которого обычно хорошо окатаны. Характерна бесструктурность суглинков. Лёссовидные суглинки южных районов Русской равнины (в) состоят из тех же минералов, что и покровные отложения центральных районов, но эти суглинки сложно агрегированы.

приготовить шлиф из рассыпающегося в пыль лёсса или рыхлой почвы — это настоящее искусство.

Кусочек рыхлой массы необходимо пропитать цементирующим составом, который должен быть достаточно жидким, чтобы проникнуть во все поры, и должен достаточно быстро затвердевать. Подготовленный таким образом образец шлифуют, последовательно меняя крупность абразивных порошков, наклеивают на предметное стекло, доводят до толщины (строго!) 0,03 мм, накрывают покровным стеклом. Приготовленный с таким трудом препарат еще может расколоться на множество обломков. Поэтому обращаться с ним нужно крайне осторожно.

Методика изготовления шлифов с оптимальными цементирующими средствами и специальной аппаратурой основательно разработана доктором Г. Ю. Альтемюллером (Институт биохимии почв в Брауншвейге, ФРГ). Но и при наличии самой удачной методики, изготовление хороших шлифов с ненарушенной структурой —

высокое искусство. Зато исследователь будет вознагражден за свой труд картиной микроформообразования.

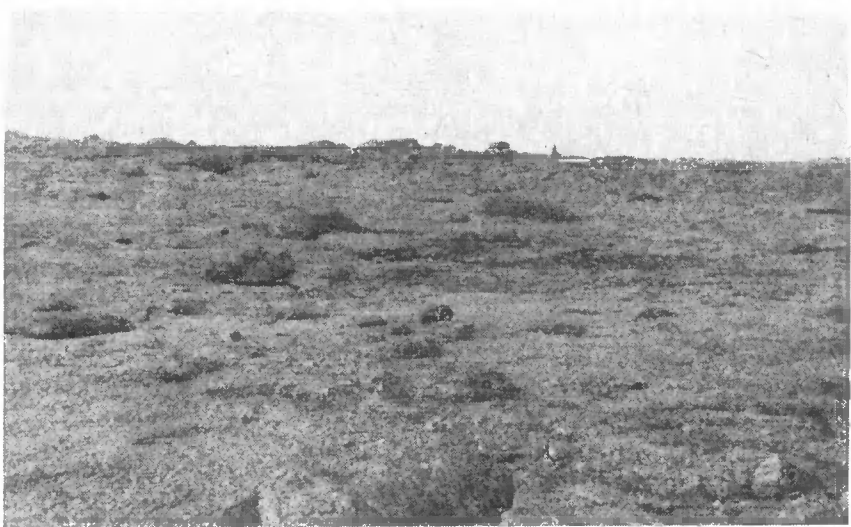
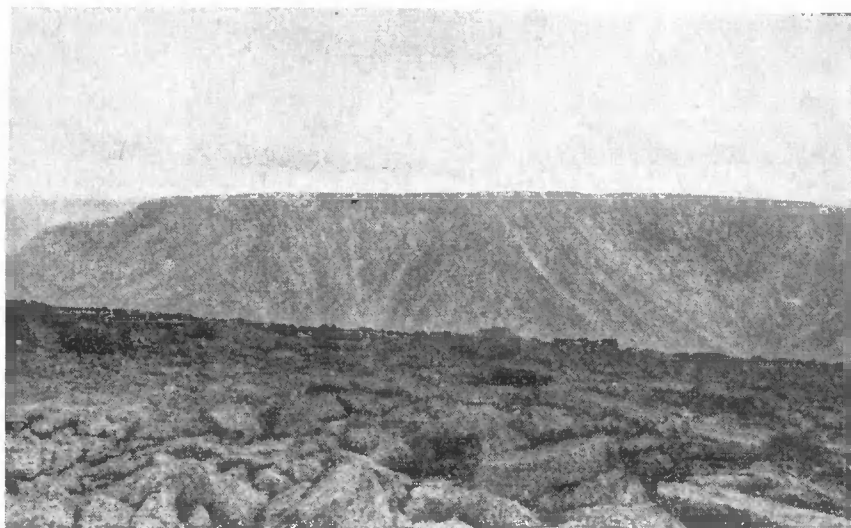
Одни микроформы возникают в тесной связи с микробиологическими процессами, другие — в результате сложных физико-химических явлений, природа третьих еще недостаточно ясна. Однако постепенно выясняется главное: различным сочетаниям природных факторов (рельефа, элементов климата, растительности и пр.) соответствуют определенные особенности микроморфологии почв и продуктов выветривания. Следовательно, микроморфологические исследования можно использовать для решения задач палеогеографии.

Почвы образуются главным образом на рыхлых отложениях четвертичного возраста, которые определяют важные детали микроморфологии почв. Исключительно важное значение имеет при этом и состав отложений. Автор, вначале один, а затем со своими сотрудниками, начал осущест-

влять программу изучения состава и микроморфологии покровных образований. Были организованы экспедиции в разные районы нашей страны, получены сотни шлифов, сделаны тысячи анализов. Из мозаики отдельных определений начинает вырисовываться общая картина формирования, переноса и преобразования продуктов выветривания на поверхности суши.

В области, подвергавшейся материковым оледенениям, четвертичные отложения содержат в большом количестве обломки неустойчивых минералов: пироксенов, амфиболов, темных слюд и др. По направлению к югу их содержание уменьшается. Это — результат гипергенного разрушения минералов при их длительном переносе и многократном переотложении.

Под воздействием ландшафтно-геохимических условий происходит закономерная упорядоченность обломочного материала. Там, где обильны дожди, распространены лесная растительность и соответствующая ей микрофлора, там развиты кислые почвы,



Издали Хибины кажутся горным краем. Только вблизи обращают на себя внимание ровные линии контуров вершин отдельных массивов (вверху). Поднявшись на эти вершины, можно убедиться в их поразительной выровненности (внизу).

а рыхлые отложения бесструктурны или слабо агрегированы. Содержащееся в них глинистое вещество способно ограниченно передвигаться под действием фильтрующихся атмосферных осадков. Сухой климат, степная растительность, нейтральные и слабощелочные растворы обуславливают сильную агрегированность покровных отложений аридных районов, скоагулированность и неподвижность тонкодисперсных частиц.

Преобразование минерального состава и микроформобразование по-

верхностных отложений совершаются на фоне выравнивания рельефа суши. Эти процессы тесно переплетены и часто взаимообусловлены. Возникает вопрос: а нельзя ли методы минералого-микроморфологических исследований использовать для изучения поверхностей выравнивания?

От Заполярья до субтропиков

Яркие примеры классической денудационной поверхности можно увидеть на Кольском полуострове. Зна-

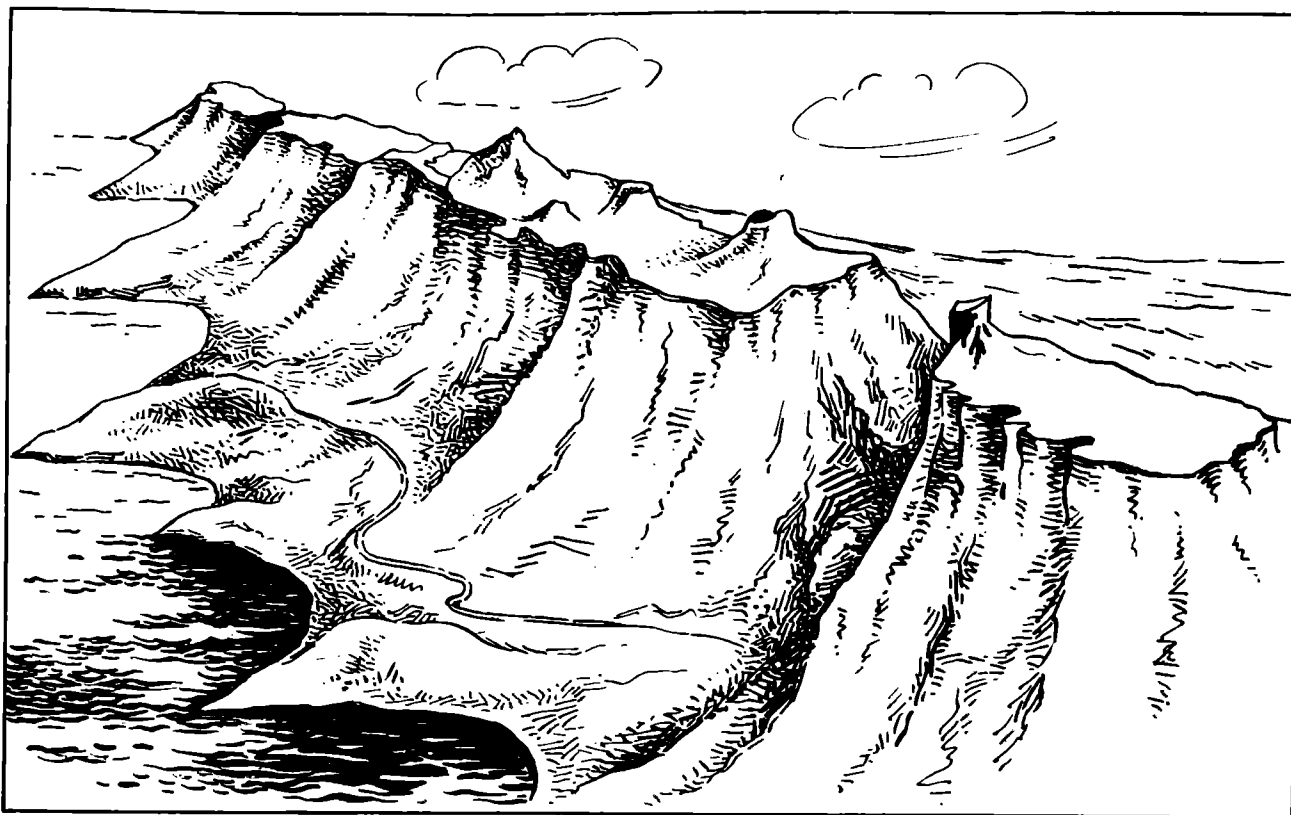
менитые Хибины, Ловозерские тундры, массивы Чуна-, Монче- и Волчьих тундр не только уникальны в геохимическом отношении, но не менее интересны для геоморфологии.

Суровые темные горы, круто обрывающиеся ледниковыми цирками, расчленены глубокими ущельями на отдельные массивы. В межгорных котловинах тускло поблескивают озера. Горные склоны покрыты мрачной таежной растительностью, выше сменяющейся порослью искривленных низких берез и еще выше — стелющимися кустарниками. Вместе с тем поражают вершины этих гор. Они до неправдоподобия плоские и ровные. Но эта плоская поверхность образована не голыми скальными породами. Плотные кристаллические породы, из которых сложены горные массивы, покрыты рыхлыми грубообломочными образованиями. На них-то и формируется почва.

Строение рыхлой толщи всех нагорных плато однотипно: на поверхности кристаллических пород располагается щебенчато-дресвяная масса, пересыпанная мелкоземом. Скопления наиболее грубых обломков приурочены обычно к самой поверхности, на глубине 20—30 см. Количество крупных обломков несколько уменьшается. Может быть, это связано с выдуванием мелких частиц.

На протяжении нескольких лет мы изучали минералогический состав и микростроение рыхлых образований, покрывающих нагорные плато всех крупных массивов Кольского полуострова. Оказывается, эти образования сложены продуктами выветривания особого типа.

В силу суровых климатических условий на протяжении четвертичного периода процессы гипергенного преобразования горных пород были подавлены. Выветривание протекало избирательно: разрушались не все минералы, а лишь наименее устойчивые. Например, на плато Хибин и Луавурта разрушался нефелин, а на плато Монче-тундры — высококальциевые плагиоклазы. Поэтому продукты выветривания нагорных плато имеют не глинистый, а дресвяно-щебнистый состав, в рыхлой же массе преобладают относительно устойчивые минералы местных пород.



С моря Главная гряда Крымских гор представляется островерхим хребтом. Трудно представить, что вершины этих гор — остатки древней поверхности выравнивания.

Важно отметить, что продукты выветривания не залегают на месте нахождения исходной породы. Они подверглись небольшому перемещению и сильно перемешаны. Более того, среди минералов присутствуют (правда, в небольшом количестве) такие, которых нет в местных коренных породах.

Таким образом, плоские вершины горных массивов Кольского полуострова — это не обнаженный цоколь кристаллических пород. В формировании их выровненной поверхности принимает участие покров рыхлых образований, состоящий из продуктов выветривания местных пород с примесью минералов, принесенных издалека.

Нагорные плато Кольского полуострова — сравнительно молодые денудационные поверхности. Спустившись же по меридиану на 2,5 тыс. км к югу, на другом полуострове — Крымском можно увидеть нагорные плато,

поверхность которых образовалась значительно раньше — несколько миллионов лет назад.

Крымские горы только из окна автобуса и с пляжа представляются островерхим хребтом, в действительности их вершины плоские. По крутому южному склону мы поднимаемся к наивысшей точке Крымских гор — Роман-Кошу. Грабовый лес постепенно редее. Позади остаются одиночные сосны и каменные осыпи. Последнее усилие — и мы стоим на краю ровной поверхности, местами нарушаемой округлыми депрессиями и неглубокими ложбинами. Это Бабуган-Яйла. Над ней возвышаются невысокие останцовые массивы. Один из них и есть Роман-Кош. Просто не верится, что находишься в горах, что рядом — крутой полукторакилометровый обрыв, а где-то внизу плещется море. Если бы вместо сочной зеленой травы здесь росла полынь, создалась бы полная иллюзия ланд-

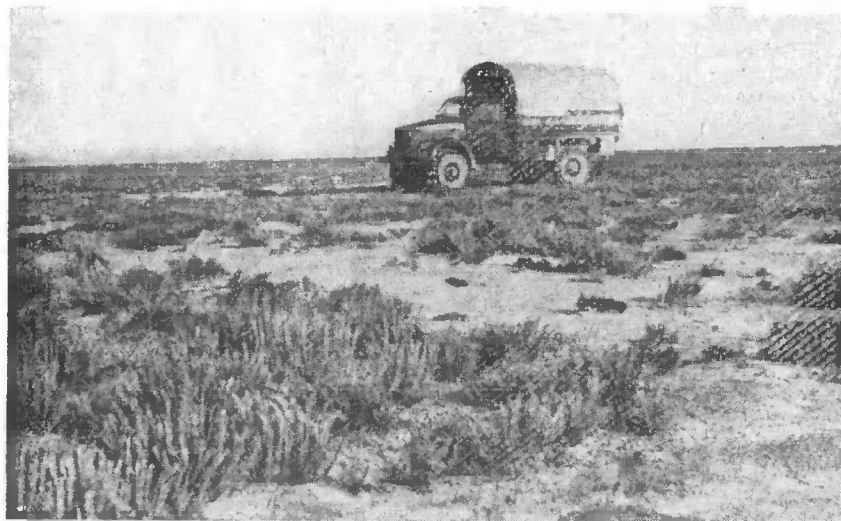
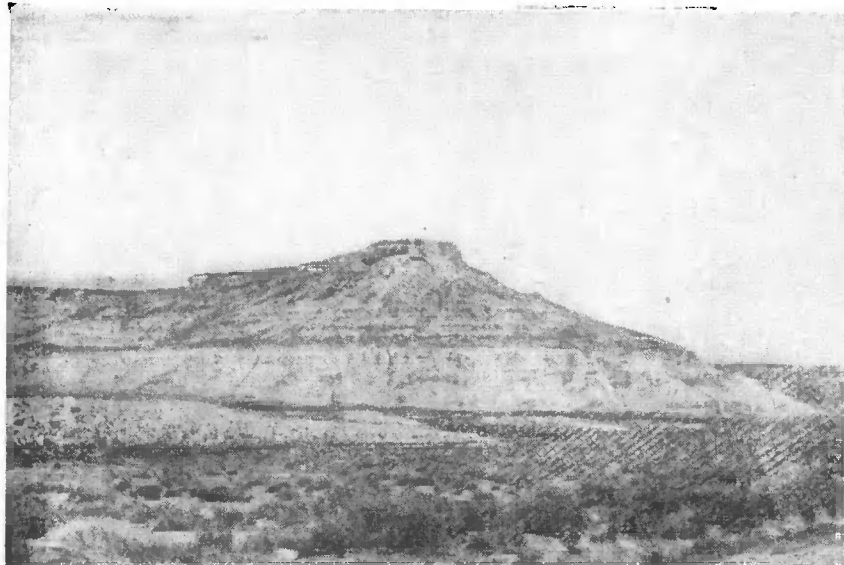
шафта Центрального Казахстана.

Главная гряда Крымских гор представляет собой систему высокогорных плато с отдельными останцовыми массивами. Цоколем плато служит изъеденная карстом, сниженная денудацией мощная толща почти горизонтально лежащих верхнеюрских известняков.

На первый взгляд эти плато — обычная, простая поверхность денудации. Но не будем спешить. Известняковый цоколь выступает на поверхность лишь в отдельных местах. Почти вся площадь плато покрыта ярко-красными глинами.

Что же представляет собой этот красноцветный покров? Древний возраст нагорных плато, выровненный рельеф — все как будто говорит о том, что красные глины — это элювий известняков. Многие исследователи так и считали. Но так ли это на самом деле?

Мы собрали с разных плато образ-



Плато Устюрт ограничено круглым уступом, напоминающим неприступную крепостную стену (вверху). Преодолев подъем, мы видим бескрайнюю ровную поверхность (внизу).

цы красных суглинков и изучили их состав. Прежде всего обнаружилось, что основными компонентами красной окраски являются тонкодисперсные силикаты гидрослюдисто-монтмориллонитового типа с примесью минералов группы галлуазита, а также обломочный кварц. Среди акцессорных минералов присутствуют высокоустойчивые — такие как циркон, ильменит, дистен, ставролит, гранат и др. Такой состав свидетельствует о том, что красноцветные суглинки образовались за счет выветривания не из-

вестняков, а каких-то силикатных пород.

Интересны и структурные соотношения суглинков с коренными известняками. Даже на глаз видны четкие контакты красных глин и белых известняков. А изучая шлифы с ненарушенной структурой мы не обнаружили даже следов постепенного перехода от одних пород к другим, что должно было иметь место в случае образования обломочного кварца и тонкодисперсных силикатов за счет выветривания известняков. Значит,

красноцветные глинистые покровы не являются элювием известняков, а были откуда-то принесены и лишь отложены на его поверхность. Становилось очевидным, что источником такого материала послужила древняя красноцветная кора выветривания магматических пород, остатки которой повсеместно сохранились на выходах изверженных пород Южного берега Крыма. Именно под микроскопом хорошо видно, как в результате гипергенного преобразования породообразующих минералов (плагиоклазов, пироксенов, амфиболов, слюд) возникали минералы группы гидрослюд, галлуазит и гидрохлориты. В дальнейшем они замещались тонкодисперсной массой красного цвета, и этот цвет, таким образом, обусловлен прочной сорбцией ионов окиси железа на поверхности тонкодисперсных частиц.

Как же в свете сказанного можно представить себе формирование плато Главной гряды? Начиная с верхней меловой южной части Крыма была равнинной сушей. Ее наиболее возвышенная часть располагалась южнее современной береговой линии. Здесь же был расположен основной массив магматических пород. Ландшафты древней Таврической суши были похожи на современные влажные субтропические леса. В этих условиях была сформирована мощная глинистая красноцветная кора выветривания. Во второй половине миоцена при изменении палеогеографических условий в сторону засушливости и тектонических движениях усилились эрозионно-денудационные процессы. Так как южная часть Таврической суши была приподнята, с этой, ныне погруженной под уровень моря территории красноцветные продукты выветривания сносились и отлагались на поверхности известняковой равнины, располагавшейся севернее. Известняки играли роль геохимического экрана, который способствовал коагуляции и выпадению тонких взвесей глинистых минералов. Расстояние переноса было не слишком большим, так как в массе красных глин встречаются не только крупные обломки жильного кварца, но даже мелкие обломки выветренных пород.

Область закарстованной известня-

ковой равнины, которая была перекрыта и выровнена красными глинами, поднялась в начале плиоцена. В результате последующих эрозийно-денудационных процессов, расчленивших исходную поверхность на изолированные плато, был сильно денудирован красноцветный покров. Вторично переотложенный красноцветный материал вошел в состав разнообразных красноцветных отложений Степного Крыма и Южного берега.

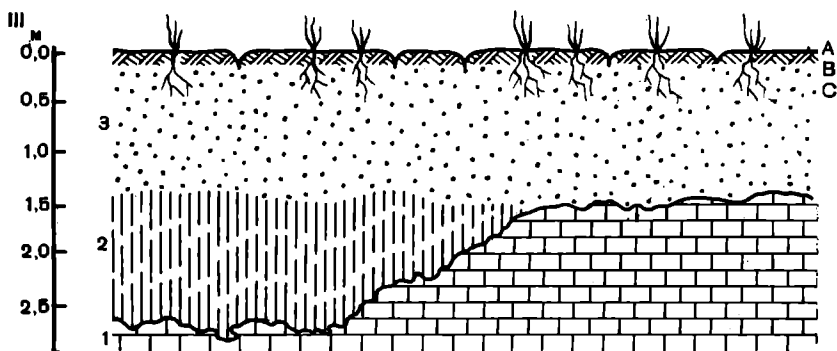
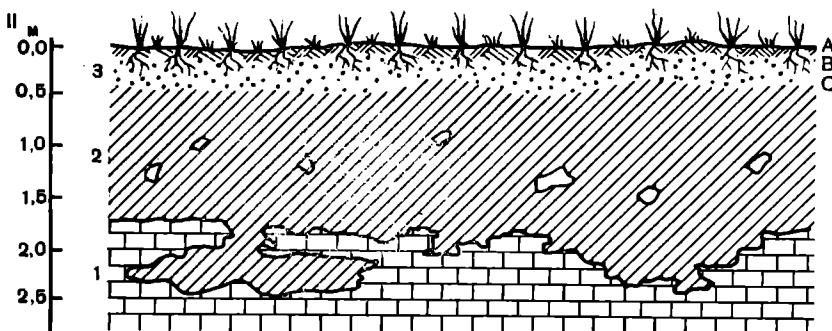
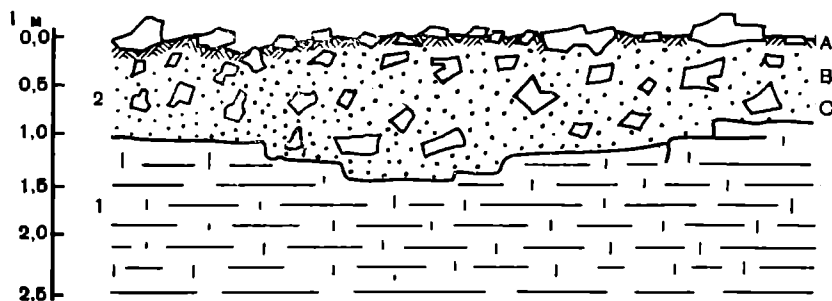
Таким образом, нагорные плато Главной гряды — прекрасный пример сложной поверхности выравнивания, формирование которой развивалось на протяжении нескольких миллионов лет. В ее образовании, помимо исходной неровной поверхности закарстованных известняков, принимают участие красноцветные суглинки, в свою очередь сильно денудированные и перекрытые маломощными золовыми отложениями с профилем современных горно-луговых почв.

Столь же сложное строение имеют остатки поверхностей выравнивания разного возраста, развитые на Урале, в Казахстане и других горных районах СССР.

Плато и равнины

Поверхности выравнивания, кое-где сохранившиеся в горах — это лишь небольшие фрагменты огромных равнин, некогда распространенных на континентах или их крупных частях. От этих фрагментов обратимся к поверхностям плато, которые возвышаются над окружающей территорией и тянутся на сотни километров. Такие плато широко распространены в Африке, Австралии, Южной Америке, Индостане. В СССР наиболее ярким примером такого рода является Устюрт.

Равнинность плато многие исследователи рассматривали как поверхность, унаследованную от ровного морского дна, сравнительно мало измененную последующей денудацией. Действительно, основание Устюрта сложено горизонтально залегающими морскими осадками верхнемiocенового возраста (известняками с прослоями мергелей и глин). Эти отложения перекрыты лёссовидными суглинками. Некоторые ученые полагали, да и сейчас так думают, что суглин-

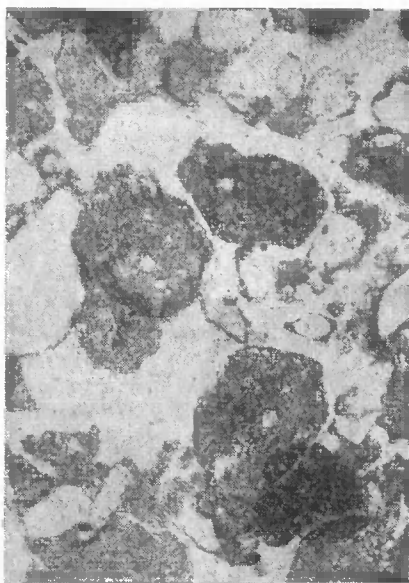


Строение поверхностей выравнивания. На исходной поверхности твердых пород располагаются покровные образования разного происхождения, внешнего вида и состава. Покровные отложения заканчивают формирование поверхности выравнивания, придавая ей современный облик. На покровных отложениях сформированы современные почвы (A, B, C — генетические горизонты почвенного профиля). I — простое строение поверхности выветривания горного массива Монче-тундры: 1 — кристаллические метаморфические породы; 2 — дресвяно-щебнистые покровные образования, на которых развиты полигональные торфянистые тундровые почвы. II — сложное строение поверхности выветривания нагорного плато (Северная Демерджи, Крым): 1 — плотные закарстованные верхнеюрские известняки; 2 — красные глины с обломками известняка и окатанной галькой жильного кварца; 3 — желто-бурые суглинки, на которых сформированы горно-луговые почвы. III — плато Устюрт: 1 — непрочные известняки сарматской толщи; 2 — горизонт шестоватого гипса; 3 — лёссовидные суглинки, на которых развиты серо-бурые почвы.

ки — элювий известняков. Однако с учетом новых данных эта точка зрения нуждается в пересмотре.

Наша экспедиционная машина пересекла плато от западного до восточного чинков (уступов). Через каждые 50—60 км мы рыли шурфы, отбирали образцы и тщательно их изучили. Оказалось, что лёссовидные суглинки — не элювий, а образование весьма сложного происхождения. Хорошо окатанные обломки местных пород составляют менее 10% от веса лёссовидных отложений. Их основную часть образуют обломки величиной 0,1—0,01 мм, состоящие из кварца, полевых шпатов, слюдистых агрегатов. Среди минералов-примесей присутствуют роговая обманка, гранат, рутил, циркон и др. Некоторые из этих минералов содержатся в виде ничтожной примеси в известняках основания плато, но чтобы они скопились в столь большом количестве, как мы сейчас видим, очевидно, пришлось бы растворить толщу известняков, во много раз превышающих их современную мощность. Следовательно, покров лёссовидных отложений, который нивелирует неровности известнякового рельефа и создает удивительную ровность поверхности Устюрта, образован компонентами, принесенными издалека.

Между толщей лёссовидных отложений и поверхностью отложений сарматского моря залегает оригинальное образование — горизонт шестоватого гипса. Он состоит из вертикально ориентированных кристаллов тонкопризматического и игольчатого гипса. Образование такого гипса происходило в плиоцене в гидроморфных условиях во многих местах Средней Азии и Южного Казахстана, а также на территории аридных областей Передней и Центральной Азии. Геохимической особенностью шестоватого гипса является высокая концентрация стронция, иногда столь высокая, что образуется целестин (сульфат стронция). Этот горизонт местами денудирован, местами переходит в толщу лёссовидных отложений, где часто встречается довольно значительное количество хорошо окатанных обломков сарматских известняков, а иногда — окатанные обломки целестина. Все это означает,



Округлые глинистые агрегаты (серое) и окатанные обломки кварца (белое) — важнейшие компоненты лёссовидных отложений, полоса которых протягивается от Алтая до Прикарпатья. Прозрачный шлиф увелич. в 68 раз.

что после образования горизонта шестоватого гипса в начале плейстоцена на поверхности Устюрта вновь развивались эрозионно-денудационные процессы.

Поверхность этого плато предстает перед нами как итог сложного и длительного процесса. Формировалась она на протяжении нескольких миллионов лет в изменявшихся ландшафтных условиях с несколькими (по крайней мере двумя) эрозионно-денудационными эпохами, и закончилось ее развитие аккумуляцией толщи лёссовидных суглинков.

Особенно сложно восстановить историю формирования поверхностей выравнивания, входящих в обширные равнины типа Северо-Американских или Русской. Перемещение отдельных блоков кристаллического фундамента способствовало образованию крупных ступеней рельефа. Выровненные поверхности этих ступеней находятся в сложных сочетаниях с участками опускания, заполненными мощными толщами осадков.

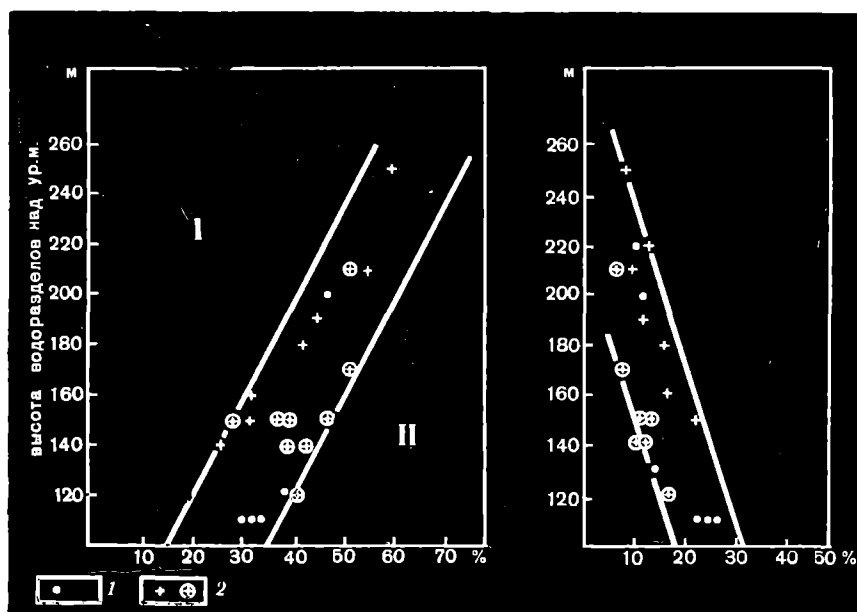
На юге и востоке Русской равнины и поднятые, и опущенные участки покрыты плащом лёссовидных отложе-

ний. Среди геологов и географов широко распространено мнение, что эти отложения представляют собой продукт денудации коренных пород. Учитывая огромный объем этих отложений, образующих сплошной покров на колоссальной площади, возникает вопрос: а как же могли сохраниться до сих пор некоторые ступени рельефа, исходные поверхности которых были выработаны в плиоцене (несколько миллионов лет назад) и даже в конце палеогена, т. е. около 30 млн лет назад?

Ответить на этот вопрос помогает изучение покровных лёссовидных отложений юга и востока Русской равнины.

Исходя из концепции пенеппенизации, их можно было бы рассматривать как продукт денудации снижающихся водоразделов. Однако, по мнению геоморфологов, в котором нет основания сомневаться, водораздельные пространства юга и востока Русской равнины представлены системой разновозрастных поверхностей выравнивания. Следовательно, развитие рельефа шло по типу педиппенизации. Но этот процесс предусматривает сохранение исходных поверхностей выравнивания. В действительности же они не обнажены, а покрыты молодыми лёссовидными отложениями. В чем же тут дело?

При выполнении массовых минералогических анализов по программе изучения покровных отложений был обнаружен факт, над которым следует задуматься. Почти повсеместно в составе покровных отложений преобладает приносимый издалека материал, а компоненты местных пород присутствуют в подчиненном количестве. Покровные отложения представляют собой сложную гетерогенную систему. Одни составные части этих отложений испытали длительный перенос через атмосферу, другие перенесены водой, третьи — обломки местных пород — были перемещены совсем на небольшое расстояние. Все эти частицы в процессе выравнивания поверхности многократно переотлагались и перемешивались. Например, покровные лёссовидные отложения, залегающие на палеогеновых опоках и диамидах Поволжья, состоят не из обломков этих пород, а в основном из



Степень округленности агрегатов величиной 0,1—0,2 мм в лёссовидных суглинках водоразделов Волго-Уральского междуречья. В результате размывания и переотложения лёссовидных суглинков количество хорошо округленных агрегатов с соотношением осей 1:1 увеличивается от высоких водоразделов к низким (справа), в то время как содержание овальных, плохо округленных агрегатов, оси которых относятся между собой как 1:1,2, больше на высоких водоразделах (слева). I — поверхности выравнивания нижнего плисцена, II — поверхности выравнивания верхнего плисцена. Образцы с водоразделов междуречий Волги — Урала (1) и Волги — Дона (2).

других минералов — кварца, полевых шпатов, тонкодисперсных смешанно-слоистых минералов. Следовательно, лёссовидные отложения нельзя считать продуктом денудации древних отложений. Это сложные аккумулятивные накопления, состоящие из продуктов выветривания, претерпевших длительный перенос.

И все же процессы эрозии и смыва происходят буквально на наших глазах. Характерным элементом микроморфологии лёссовидных отложений являются округлые агрегаты, которые были повсеместно обнаружены в полосе распространения лёссовидных отложений от Алтая до Прикарпатья. Они составляют 40—60% от всего количества агрегатов в лёссовидных отложениях этой полосы. Подобные агрегаты встречены не только в Евразии. Они характерны для лёссовидных отложений Северной Америки и Австралии¹.

¹ Отложения, почти нацело состоящие из таких агрегатов, австралийский исследователь Б. Батлер назвал «парна».

Тщательное изучение микроморфологии и распространения округлых агрегатов в покровных отложениях привело нас к заключению, что их образование тесно связано с почвообразованием в условиях степей и последующей эрозией степных почв. В процессе формирования степных почв почвообразующие породы насыщаются кальцием. Это обуславливает не только интенсивное образование в суглинках агрегатов неправильной формы, но и высокую их прочность.

Нарушение сплошности растительного покрова влечет за собой энергичную эрозию почв и размыв почвообразующих пород. При этом суглинистая масса распадается на агрегаты, которые в процессе переноса приобретают округлую форму. Современные почвы, развиваясь на лёссовидных отложениях, способствуют разрушению этих агрегатов. В шлифах видно, как округлые агрегаты в нижней части почвенного профиля постепенно теряют свои очертания, а в горизонте, переходном к гумусовому, пол-

ностью сливаются с неагрегированной почвенной массой.

Советский микроморфолог М. А. Флоринский проделал интересную трудную работу. Отобрав образцы лёссовидных суглинков с множества водоразделов от Приуралья до Среднерусской возвышенности и изготовив из них шлифы, он со скрупулезной точностью подсчитал содержание округлых агрегатов разной величины. Оказалось, что сортированность агрегатов возрастает от высоких водоразделов к низким. Создается впечатление, что в процессе переноса разрушались неустойчивые и накапливались агрегаты оптимальных размеров — 0,1—0,2 мм.

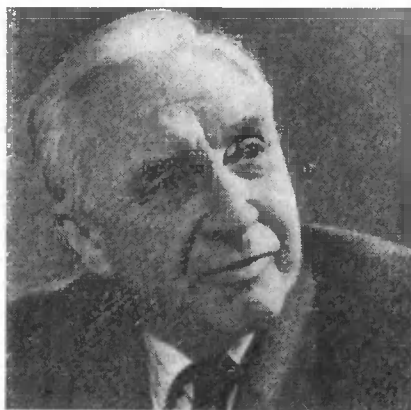
Степень округлости агрегатов также возрастает от высоких водоразделов к низким (см. рис. на стр. 55). Напрашивается вывод, что в процессе переноса от высоких водоразделов к низким агрегаты приобретали все более округлую форму. Следовательно, лёссовидные отложения, по-видимому, предохраняют исходные поверхности от разрушения, как бы принимая на себя «денудационные последствия» неотектонических движений. Если это так, то целенаправленное микроморфологическое изучение покровных отложений может быть полезным не только для геоморфологии, но и для неотектоники.

*

Итак, легко убедиться, что поверхности выравнивания проходят сложную эволюцию, которая не кончается, а только начинается образованием исходной поверхности (денудационной, абразионной и т. п.). Обязательным элементом поверхности выравнивания являются покровные образования разного типа — от твердых панцирей латеритных и карбонатных кор до рыхлых супесчано-суглинистых отложений. Их состав и микроморфология несут ценнейшую информацию о процессе формирования современной выровненной поверхности и о палеогеографических условиях ее развития. Использование такой информации обогатит теорию геоморфологии и может оказать помощь в решении некоторых вопросов поисковой геологии.

У истоков отечественной молекулярной биологии

Академик В. А. Энгельгардт



Владимир Александрович Энгельгардт, директор Института молекулярной биологии АН СССР, автор фундаментальных открытий в области биологии: открытия сопряжения процесса дыхания клетки с синтезом универсального, богатого энергией, соединения (АТФ), открытия каталитической активности структурного белка мышц — миозина; создал новую область биологии — механохимию. В настоящее время разрабатывает теоретические проблемы молекулярной биологии. Почетный член Нью-Йоркской, Индийской, Чехословацкой Академий наук, Венского, Кембриджского, Марсельского университетов и многих зарубежных научных обществ. Награжден Золотой медалью им. М. В. Ломоносова, Герой Социалистического Труда.

При обдумывании темы моего доклада на II съезде Всесоюзного общества генетиков и селекционеров им. Н. И. Вавилова отчетливо вырисовалась необходимость выбора такой линии, которая, даже не будучи подлинно генетической, все же могла бы найти должный отклик у слушателей. Задача была существенно облегчена тем обстоятельством, что область науки, которая мне в настоящее время ближе всего, а именно молекулярная биология в ее широких аспектах, теснейшим образом переплетается с генетикой, притом по ряду особенно важных ее разделов.

Первая половина нашего века была свидетелем необычного для нашей планеты явления — нарушения чисто биологических традиций: из брака трех предков родилась двойня. Предками были классическая биология, физика и химия, близнецами-потомками явились молекулярная биология и генетика в ее новом, нынешнем, в преобладающей степени молекулярном облике. Близнецы были несомненно типа сиамских: они неразрывно были связаны, воздействовали друг на друга, не могли бы один без другого существовать и развиваться.

Когда речь идет о том, что же считать за начало возникновения молекулярной биологии, то обычно склонны видеть это начало в возникновении в экспериментально-биологическое мышление принципа

трехмерности. Этот принцип приобрел решающее значение в качестве фундаментального фактора, определяющего собою специфические особенности тех материальных начал, в конечном счете молекул, которые ответственны за осуществление важнейших явлений жизнедеятельности. Раскрытие трехмерной, пространственной структуры «вещества наследственности», ДНК, привело к расшифровке генетического кода и тем самым заложило основу для новой, современной эры в развитии генетики, для которой характерны главным образом именно преобладание молекулярных аспектов.

Для всей прочей, широчайшей сферы молекулярной биологии тот же принцип трехмерности был дополнен раскрытием пространственной структуры белковой молекулы. Так был заложен весь основной фундамент молекулярной биологии, определивший ее центральную, главенствующую задачу — познание взаимосвязи между химическим строением и элементарными жизненными функциями молекул биологически важных веществ, а первую очередь обоих главных классов биополимеров — белков и нуклеиновых кислот.

Возникновение молекулярной биологии с ее необычайными стремительными успехами и достижениями, по праву сравнимыми с ядерной физикой, явилось кульминационным пунктом длительного протекавшего процесса — стремления познавать жизненные явления, пользуясь средствами химии и физики. Тут речь идет и о методах эксперимента, т. е. о технической стороне, но в такой же мере и о самих принципах мышления, свойственных точным наукам.

Доклад на Пленарном заседании II съезда Всесоюзного общества генетиков и селекционеров им. Н. И. Вавилова в Москве (31 января — 5 февраля 1972 г.).

Говоря об истоках молекулярной биологии, стало общепринятым рассматривать возникновение молекулярной биологии как результат изучения биологических систем, явлений и проблем представителями так называемых точных дисциплин, в первую очередь это были физики, химики, кристаллографы, а затем и математики, кибернетики и т. д. Однако было бы ошибкой думать, что только таким, чисто односторонне направленным воздействием исчерпываются формы взаимоотношения точных и биологических наук, т. е. что всегда шло только оплодотворяющее воздействие со стороны точных наук на науку, связанные с познанием живого мира.

Разумеется, издавна людей, посвятивших свои силы изучению коренных проблем физики и химии, в формах, отвечавших уровням соответствующих эпох, влекли к себе и загадки, выдвигаемые существованием и необычайными свойствами объектов живой природы. Именно на путях химических и физических исследований были получены ответы на множество важнейших из такого рода загадок. Но история развития научных знаний дает нам ряд убедительных примеров, что взаимодействие между двумя главенствующими линиями изучения Природы порой имело и прямо противоположный характер, когда стимул для раскрытия закономерностей, ставших затем достоянием и предметом изучения для точных наук, исходил именно от изучения или использования живых объектов и систем. При этом дело касалось вопросов совершенно коренного, кардинального значения. Достаточно будет привести лишь несколько особенно убедительных примеров такого рода.

Начнем с открытия явлений электрического тока. Явления статического электричества были известны человечеству с первых дней его существования или с самых древних времен античной культуры, будь то грозные явления природы в форме молнии или загадочные действия натертого шерстью янтаря. Но первый толчок к познанию электрического тока, этой первоосновы всей последующей технологии, был дан, как

хорошо известно, опытом Л. Гальвани, на основе свойств живой мышцы.

В области химических познаний в работах Дж. Пристли использование живых объектов существенно расширило сведения о свойствах только недавно перед этим открытого кислорода, а основополагающие исследования А. Лавуазье, посвященные процессам дыхания и горения, в одинаковой мере обогатили и химию и биологию совершенно новыми концепциями.

Величайший из всех законов природы, управляющий всем существованием нашей Вселенной,— закон сохранения энергии, т. е. первое начало термодинамики, был сформулирован Виктором Мейером в значительной степени на основе рассмотрения именно закономерностей функционирования живых объектов.

Живой мир сыграл свою роль и в развитии второго, столь же важного, всеобъемлющего закона природы— второго начала термодинамики. На первый взгляд создается впечатление, будто живой мир нарушает второе начало и способен уменьшать энтропию. Необходимость раскрытия этого противоречия в значительной мере привела к созданию понятия о так называемых «открытых системах», в работах И. Пригожина и др. Представления об открытых системах в настоящее время занимают важное место в современной термодинамике необратимых процессов, составляют целую важную главу физической науки.

Нет никакого сомнения, что указанный мною процесс— воздействие тех познаний, которые приносит нам изучение живого мира, на ход науки, имеющей дело с неживой природой,— будет и дальше неуклонно продолжаться, черпая материал главным образом из исследований, касающихся первичных основ биологических процессов, т. е. именно из молекулярно-биологического исследования.

На первом месте, разумеется стоит раскрытие природы биологического катализа, т. е. конкретно, в молекулярных понятиях, выраженного механизма действия ферментов. Всем хорошо известно, насколько

ферментативный катализ совершеннее, чем действие обычных каталитических агентов, будь то в химической практике или в крупных технологических условиях. Это касается в одинаковой степени и тончайшей избирательности действия, и огромных, на несколько порядков, различий в количественной эффективности. Познание и перенесение в химическую область основ биологического, ферментного катализа несомненно будет иметь революционизирующее влияние на ряд важнейших отраслей химической технологии.

Одной из весьма заманчивых проблем современной энергетики надо считать прямое превращение химической энергии в механическую работу, минуя стадии трансформации в тепло или электрическую энергию. Эта задача решена живым механизмом, сокращающейся мышцей, с ее механо-химической основой деятельности. И в этом случае можно ожидать существенных ответов на запросы нынешней технологии в результате раскрытия молекулярных механизмов деятельности биологического объекта.

Наконец, в совсем ином плане, мы вправе думать о том, какое влияние на развитие столь важных, новых отраслей знания, как теория информации и создание соответствующих технических разработок, принесет раскрытие принципов работы нашей центральной нервной системы с ее необычайной мощностью памяти и ассоциативных функций. Причем осуществляется это в условиях предельной, далеко не достигаемой для нашей техники, ультра-микроминиатюризации, приближающейся тоже к молекулярным уровням.

Если проследить начальные этапы интересующих нас подходов к изучению явлений жизни начиная с отдаленных периодов, то к истокам нынешней молекулярной биологии пришлось бы отнести все попытки и стремления ученых разных времен подойти к физическими и химическими методами к изучению биологических объектов и проявлений жизнедеятельности. В химическом плане, разумеется в первую очередь, речь должна идти об уже упоминав-

шихся опытах Лавуазье, применившего химический анализ для открытия важнейшего биологического факта тождества биологического окисления, лежащего в основе дыхания, с чисто химическим процессом горения. В длящейся и по наши дни дискуссии о «сводимости» биологических процессов к химическим реакциям вряд ли можно найти более убедительный аргумент, чем выводы великого химика, сохранившие свою силу на протяжении двух столетий, вплоть до наших дней.

Пути развития химического подхода к изучению живых объектов слишком хорошо известны, чтобы здесь было нужно конкретизировать отдельные этапы — достаточно просто перечислить имена главных основоположников, заложивших фундамент нынешней биохимии, таких как Л. Пастер и Ф. Вёлер, Ю. Либих и Э. Фишер, у нас А. Н. Бах и В. С. Гулевич, С. П. Костычев, А. Н. Лебедев и многие другие.

В период формирования и расцвета химического подхода к изучению живого мира основное внимание исследователей было сосредоточено на двух задачах: возможно более полном выяснении химического состава живых объектов и выяснении тех превращений, которым составные части организмов подвергаются, т. е. изучение обмена веществ, метаболизма. Функциональный подход к химическим компонентам живых систем занимал относительно малое место, сосредотачиваясь преимущественно на таких группах веществ, как витамины и гормоны, где по существу речь шла о конечном эффекте, и недоступным оставалось познание конкретных первичных механизмов наблюдаемого действия.

По сравнению с обширным материалом, накопленным к концу прошлого и первой четверти нынешнего столетия на путях химических исследований органического мира, чисто физические подходы развивались несравненно медленнее. Если в области химии можно было говорить о систематическом наступлении на широком фронте, то в области физических подходов дело ограничивалось отдельными, обособленными эпизодами. Наиболее ярким приме-

ром являются работы Г. Гельмгольца, раскрывшие, по крайней мере в их первых очертаниях, физические основы зрения. От этого знаменательного научного «эпизода» легко прослеживается длинная цепь звеньев, прекрасно иллюстрирующая принцип редукционизма, этого главенствующего пути нынешнего изучения живых систем. Объектом изучения у Г. Гельмгольца был глаз человека. Далее последовало использование сетчатки как образования, ответственного за фоторецепцию. Следующим шагом было сосредоточение внимания на элементах сетчатки, ее палочках и колбочках, затем последовал еще более глубокий уровень, фактически достигший молекулярного — изучение в работах Дж. Уолда фотохимических превращений зрительного пигмента. Тут можно проследить и поучительную чередующуюся смену познавательных категорий. Феноменологическое описание на том или ином уровне перерастает в установление каузальных зависимостей, т. е. переходит в объяснение, истолкование. Но с перенесением анализа явления на новый, более глубоко лежащий уровень, ранее достигнутое истолкование вновь приобретает черты феноменологической, описательной интерпретации. На основе этой феноменологии нового уровня должно снова последовать вскрытие дальнейших причинных факторов и представлений, т. е. опять возникает этап каузального поиска, и т. д.

Физическим фактором, участвующим в биологическом процессе, в работах Г. Гельмгольца был свет, лучистая энергия. В нашей стране в примыкающий по времени период биологическая функция света стала предметом изучения в работах К. А. Тимирязева по фотосинтезу, когда был установлен кардинальный факт корреляции количественного эффекта фотосинтетического акта и спектральных свойств хлорофилла.

Познание роли осмотических сил для свойств и функций биологических систем тоже является примером физических подходов к изучению живого мира. Это в одинаковой мере относилось как к растительным, так и животным организмам и каса-

лось таких разнообразных явлений, как тургор клеток, выделительная и концентрационная функция почек и т. д. Но, разумеется, особенно обширной областью приложения физических путей исследования живых систем была вся совокупность проявлений электрических сил. Классические работы таких ученых, как, например Е. Эдризн, А. Хилл на Западе, А. Ф. Самойлов у нас, могут служить ярким примером в этой линии исследования, преимущественно физиологической направленности.

Резкий перелом в развитии биологической науки наступил тогда, когда наметилось внутреннее объединение двух обособленно развивавшихся исследовательских направлений, из которых одно имело только химический характер, а другое — чисто физический. Стимулом, обеспечившим стремительный прогресс, явился синтез химического и физического подхода в изучении живых объектов. Этот синтез по времени практически совпадает с тем, что имело место в ходе развития самих указанных точных наук, т. е. с возникновением физической химии. Именно концепции физической химии оказались особенно плодотворными для глубокого проникновения в свойства и функции живого.

Новый подход характеризовался тем, что изучение объектов явлений живого мира, долгое время оставшихся предметом чисто описательной, феноменологической трактовки, глубоко прониклось тенденцией познавать самые внутренние механизмы биологических функций, притом базируясь на результатах химических и физических исследований. Так, постепенно, из первоначально разрозненных, нередко случайных фрагментов, зародилась в виде законченной системы физико-химическая биология. Это направление стало господствующим, наложило свой отпечаток на развитие учения о живом мире на протяжении всей первой половины нашего века. Физико-химическая биология стала непосредственным истоком для возникновения следующего этапа в изучении живого мира — нынешней молекулярной биологии. Соответственно именно этому возникновению и раз-

витию физико-химической биологии в нашей стране здесь и будет уделено главное внимание.

На Западе периодом становления физико-химической биологии явилась первая четверть нашего века. Тут надо назвать работы таких исследователей, как С. Серенсен и Л. Михаэлис, привлечших внимание к роли активной реакции среды, т. е. концентрации водородных ионов в протекании практически всех без исключения жизненных процессов. Этими учеными было введено понятие pH, водородного показателя. Ф. Хофмейстер сформулировал закон о биологическом действии ионных рядов. Р. Хэбер дал блестящий синтез накопившихся знаний в своем классическом труде «Физическая химия клеток и тканей». В Америке развернулись основополагающие исследования Жака Лёба, одного из подлинных отцов физико-химической биологии.

Так ко второму десятилетию XX в. в результате интенсивной работы ряда научных центров сформировалась в своих основных чертах физико-химическая биология, на длительный период наложившая свой отпечаток на все развитие экспериментальной биологии. В нашей стране формирование физико-химической биологии по срокам целиком совпадает с решающим историческим периодом — со становлением советского строя.

В дореволюционной России, если взять, скажем, первое десятилетие нашего века, физико-химическое направление в биологии было представлено в чрезвычайно малой степени. Такие области биологического исследования, как физиология животных и растений, систематика, сравнительная биология, были представлены крупнейшими учеными (И. П. Павлов, М. А. Мензбир, П. П. Сушкин, А. Н. Северцов, И. А. Огнев, С. Г. Навашин, К. А. Тимирязев и т. д.), вокруг которых группировались коллективы способных, творческих учеников, складывались школы. В противоположность этому, в области физико-химической биологии дело обстояло совсем иначе. Это еще был период работы одиночек, период тех или иных эпизодов. И. П.



Жак Лёб (7 апреля 1859—11 февраля 1924).

Павлов, хотя пророчески видел будущее развитие своей науки в приближении к уровню молекул, когда говорил о далекой цели — физиологии живой молекулы, но сам оставался величайшим представителем классического «организменного» уровня.

Элементы физико-химического подхода имелись в работах И. М. Сеченова по законам газообмена в крови, но отсюда еще далеко было до систематического физико-химического подхода к более широкому кругу процессов жизнедеятельности. То же касается упоминавшихся мною работ К. А. Тимирязева по фотосинтезу, т. е. процессу сугубо физическому, в котором биология совершенно неразрывно сплетается с физикой. Но и тут в ярко выраженной степени преобладал физиологический подход, что обуславливалось самим уровнем тогдашних познаний как в отношении химии молекулы хлорофилла, так и основ фотохимических процессов.

Немалой заслугой физика с широким кругом интересов, каким был П. П. Лазарев, надо считать созданную им теорию физических основ

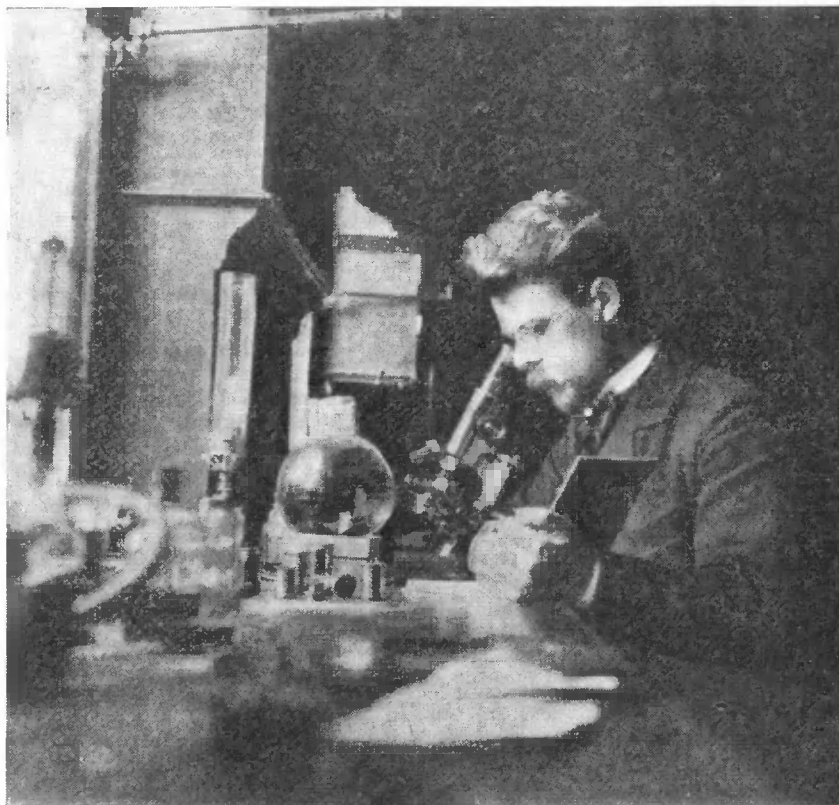
явлений возбуждения, изложенную в его широко известной книге «Ионная теория возбуждения». Однако это было преимущественно обобщение уже накопившихся к тому времени фактов и заключений, и лишь в ограниченной степени способствовало систематическому разворачиванию экспериментальных исследований.

Не будет преувеличением сказать, что огромная заслуга всего развития физико-химической биологии в Советском Союзе, в первые решающие периоды ее становления, целиком должна быть отнесена за счет необычайно плодотворной деятельности выдающегося исследователя, организатора и пропагандиста науки — Николая Константиновича Кольцова. Обладавший редким чувством нового и перспективного в науке, Н. К. Кольцов первым из отечественных исследователей решительно встал на путь использования открывшихся новых подходов, на путь целеустремленного развития этой новой ветви биологического исследования.

Так велика была роль, которую Н. К. Кольцову суждено было сыграть в развитии той области науки, которая по полному праву должна рассматриваться как подлинный, непосредственный исток нынешней молекулярной биологии, что именно этому ученому я уделяю главную часть своего выступления.

Упомянув имя Н. К. Кольцова, совершенно необходимо дать некоторую общую его характеристику, напомнить его личный, общественный, моральный и научный облик, облик человека, ученого, гражданина.

В том кратком очерке личности Н. К. Кольцова, который я хочу здесь представить, кое-что будет взято из личных воспоминаний. Это будет немного, так как волею судеб наши контакты с Николаем Константиновичем были сравнительно немногочисленны. Как я скажу далее, я числю Николая Константиновича своим первым учителем, даже более того — почти единственным. Хотя «уроки», полученные мною от него, были эпизодичны и кратки, но тем не менее они глубоко запечатлелись в памяти. Значительная часть фактических и биографических сведений почерп-



Н. К. Кольцов (3/15 июля 1872 — 2 декабря 1940). Фотография относится к периоду работы в Гейдельберге, в лаборатории О. Бючли (1902 или 1903 гг.)

нуты мною из биографического очерка, принадлежащего перу Б. Л. Астаурова¹.

По своей университетской подготовке Н. К. Кольцов числился зоологом и, действительно, в первые периоды своей исследовательской деятельности он был представителем, так сказать, классической, описательной зоологии, и притом представителем не заурядным, а таким, который уже своими первыми шагами привлек к себе внимание, как исключительно одаренный молодой ученый. Его первые работы — частично выполненные еще в студенческие годы — относились к области сравнительной анатомии и эмбриологии. Позднее научные интересы Н. К. Кольцова сосредоточились на клеточном уровне, его привлекла ци-

тология и, в частности, те перспективы экспериментального подхода к биологическим объектам, которые перед нею открывались.

Н. К. Кольцов был яркой фигурой в числе представителей наиболее прогрессивной профессуры царского времени. Он покинул родной ему Московский университет в ответ на репрессии, которые царское правительство, в лице министра просвещения Л. А. Кассо, предприняло против студенчества и всей постановки высшего образования. Легко представить себе, какой жертвой должно было быть для молодого ученого расстаться с таким центром науки, каким был Московский университет!

Мужественно звучал негодующий голос профессора Московского университета Николая Кольцова в защиту студенчества, лучшие представители которого за свободлюби-

вые мысли, неугодные царскому правительству, подвергались административному преследованию, суду и ссылке. Я как сейчас помню, какое огромное впечатление произвела конфискованная властями брошюра Н. К. Кольцова — «Памяти павших», какой популярностью и силой воздействия она пользовалась в кругах студенчества, да и вообще всей передовой интеллигенции.

Я могу только повторить слова Б. Л. Астаурова, из упоминавшейся мною его статьи, где Н. К. Кольцов характеризуется как ученый, для которого общественно-научная, организационная деятельность была «подлинной стихией — атмосферой, без которой он не мог дышать и творить». «Н. К. был полной противоположностью тем ученым, которые уходят от жизни в тишину своих лабораторий». Эта его черта в сочетании с кипучей энергией, широтой интересов, огромной эрудицией, с умением привлечь и заразить своим оптимизмом и энтузиазмом молодежь и с редким по остроте чувством нового в науке обусловили то, что он стал признанным создателем экспериментальной биологии в нашей стране, творцом многих школ и направлений в целом ряде ее отраслей... такие широкие русла исследования, как эндокринология, физико-химическая биология, генетика, экспериментальная цитология, не говоря уже о ряде более мелких ручейков, ныне поглощающие труд сотен и тысяч ученых, „У истоков своего появления в пределах нашей родины теснейшим образом связаны с инициативой Н. К. Кольцова, возникали при его личном участии или под его сильнейшим влиянием».

Мне хочется привести и слова одного из основоположников новых тенденций в генетических исследованиях Рихарда Гольдшмидта, сказанные им в книге воспоминаний, опубликованной в 1956 г.: «Не могу закончить своего обзора и перечня блестящих исследователей, не вспомнив о замечательной группе студентов, которых можно было встретить в лабораториях Гейдельберга и Мюнхена... Тут был блестящий Николай Кольцов, вероятно лучший из всех русских зоологов последнего

¹ См. «Природа», 1941, № 5, стр. 109; Н. К. Кольцов. Материалы и библиография. М., «Наука», 1972.



На русской зоологической станции «Виллафранка» в поселке Виль Франш на средиземноморском побережье Франции. Сидят во втором ряду: второй слева — заместитель директора станции М. М. Давыдов, третий слева — Макс Гартман, крайний справа — Ризард Гольдшмидт, Н. К. Кольцов — стоит в центре (1899 г.).

поколения, общительный, невероятно культурный ученый с редкой ясностью мышления, которым восхищались все знавшие его. Он часто посещал западные лаборатории, и мы были с ним друзьями начиная с моих студенческих лет... Он создал крупнейший и самый современный институт экспериментальной биологии в своей стране. Там получила развитие фундаментальная генетика, не имевшая еще в то время надлежущего признания в России.

В официальной науке, т. е. в университетах и в системе Российской Академии наук, в начале XX в. не только не было ни одного специализированного центра, где была бы представлена физико-химическая биология, но даже в отдельных лабораториях и на университетских кафедрах это направление фактически полностью отсутствовало. Первой на-

учной ячейкой, где новое, зародившееся на Западе направление биологического исследования, оказалось представленным в нашей стране и стало неуклонно, систематически и целеустремленно развиваться, была скромная лаборатория в замечательном по своей идейной, общественной направленности центре научного преподавания и исследования — в Народном университете им. Шанявского. Это была биологическая лаборатория, созданная по инициативе Н. К. Кольцова и им возглавлявшаяся на протяжении многих лет.

Покинув Московский университет, Кольцов перенес свою исследовательскую и педагогическую деятельность в Народный университет им. Шанявского, где руководимая им лаборатория и читаемые курсы стали средоточием тогдашней экспериментальной биологии. Уже в это

время главной областью научных интересов Н. К. Кольцова стал физико-химический подход к изучению органического мира. То, что сделал Н. К. Кольцов для развития этого нового направления в нашей стране, в полной мере сравнимо с заслугами общепризнанного пионера физико-химической биологии, каким являлся Жак Лёб в западном научном мире. Думается, что Н. К. Кольцов в своей деятельности сочетал и реализовал на нашей почве те традиции, которые были представлены на американском континенте Жаком Лёбом, а в западной Европе Р. Хэбером. Если книга Р. Хэбера «Физическая химия клеток и тканей» явилась своего рода настольным руководством для целого поколения западных биологов, то у нас таким же неисчерпаемым источником научных сведений, творческих импульсов новых поис-

ков для всего поколения биологов первой трети нашего века были лекции, лабораторные семинары, печатные труды Н. К. Кольцова. Именно в лаборатории Университета им. Шанявского и мне лично довелось впервые встретиться с Николаем Константиновичем и, скажу без преувеличения, сразу, всерьез и надолго подпасть под его очарование.

Я был в это время студентом Московского университета, и там работал в лаборатории одной из кафедр, но без большого удовлетворения, а репутация Университета Шанявского в это время быстро распространялась в студенческой среде, тяготевшей к науке. Я начал слушать там курсы лекций, читавшихся такими выдающимися учеными, как Лев Александрович Тарасевич — по учению об иммунитете, и Николай Константинович Кольцов — по экспериментальной биологии. Я стал постоянным посетителем этих лекций и стал посещать семинары, регулярно проводившиеся в лаборатории Н. К. Кольцова. Тут к этому времени собрался дружный коллектив научной молодежи, там я встретился с будущим профессором физиологии МГУ И. Л. Каном, с будущим гистологом Г. Р. Роскиным и др. Я решил обратиться к Н. К. Кольцову с просьбой, чтобы он мне подсказал какую-нибудь несложную экспериментальную задачу. Он отнесся, как это всегда было для него характерным, очень благожелательно и внимательно, дал мне отпечаток недавно им опубликованной статьи о влиянии рН на фагоцитоз у одного простейшего. Уехав на некоторое время домой, в Ярославль, где у меня была своя, весьма примитивная микроработатория, я занялся проверкой некоторых деталей, описанных в работе Н. К. Кольцова. Обнаружилось неожиданное обстоятельство: взвесь китайской туши, которая в опытах Н. К. Кольцова служила материалом фагоцитоза, сама по себе коагулировала в тех самых пределах рН, в которых особенно резко менялся фагоцитоз. Приехав в Москву, я немедленно поделился этими результатами с Н. К. Кольцовым, правда, идя к нему с некоторым опасением — не рассердится ли известный ученый ка-

кими-то поправками, предлагаемыми юным студентом. Опасения оказались совершенно излишними. Наоборот, Н. К. Кольцов с большим интересом отнесся к сообщенным результатам, вместе со мною стал обсуждать возможные причины, по которым это осталось не замеченным им самим, и мы быстро нашли эту причину — преимущество моих опытов крылось в их несовершенстве! У Н. К. Кольцова опытная смесь с культурой инфузорий непрерывно слегка взбалтывалась на шюттель аппарате, чтобы обеспечить требуемую аэрацию, и это препятствовало коагуляции частиц туши. А я, конечно, таким аппаратом не располагал, что и способствовало выявлению влияния изoeлектрической точки на суспензию туши. По просьбе Н. К. Кольцова, я на следующий день принес мои растворы буферных смесей, мы произвели тут же опыт, и Н. К. Кольцов поручил немедленно померить электрометрически рН моих смесей. Все оказалось в порядке и оправдалось заключение, что рН оказывал влияние не на свойства живой клетки, а на свойства частиц туши, предлагавшихся клетке в качестве пищи. Н. К. Кольцов тут же наметил ряд дальнейших экспериментов для развития этих наблюдений, но обстоятельства прервали наш контакт, и этого не удалось сделать. Но я на всю жизнь вынес из этого, на первый взгляд, малозначащего инцидента важный урок — как руководитель должен относиться к результатам, не укладывающимся в ранее сделанные выводы, как поддерживать интерес у молодого, даже самого малоопытного соучастника в эксперименте. По своему складу я затруднился бы причислить себя к какой-либо, как это принято у нас называть, «школе», но Николая Константиновича Кольцова я с полной искренностью склонен рассматривать как своего первого учителя, и эту память я сохранил на всю свою жизнь.

Октябрьская революция открыла перед наукой в нашей стране невиданные прежде горизонты и возможности. С особенной силой это сказалось на судьбах физико-химической биологии, и Николаю Кон-

стантиновичу Кольцову выпало на долю сыграть тут решающую роль.

Уже в самые первые, особенно тяжелые для молодой Советской республики годы, Н. К. Кольцов был призван государственными организациями для выполнения важного и трудного задания — организовать и возглавить первый в нашей стране специализированный исследовательский центр — Институт экспериментальной биологии. С самых первых дней своего существования этот Институт встал на путь развития именно физико-химического направления, пронизывая им даже и такие разделы, которые в то время казались еще мало доступными для соответствующей перестройки — биологию развития, генетику, эндокринологию, морфологию. Само собой разумеется, что невозможно в коротком сообщении даже самым схематическим образом охарактеризовать фактическое содержание проводившихся в Институте исследований. Нас здесь, разумеется, интересует не содержание отдельных исследований, как бы интересны и важны они ни были. Речь может идти лишь о характеристике общей целеустремленности, направленности всего коллектива исследователей, который быстро сформировался под руководством Н. К. Кольцова. Институт быстро стал известен во всех наших научных кругах под наименованием «Кольцовского института».

Решающим моментом в успешном становлении нового научного центра явилось то обстоятельство, что благодаря притягательной силе научного авторитета Н. К. Кольцова его Институт сразу же стал центром сосредоточения наиболее талантливых, преданных науке молодых сил нашей страны. При всей несомненной большой значимости чисто исследовательской продукции Института, столь же важной его заслугой в деле развития биологического исследования в нашей стране была та огромная работа по консолидации имевшихся разрозненных научных кадров, а главным образом — исключительно продуктивная деятельность в области выращивания нового поколения исследователей. Здесь пришлось преодолеть исключительные трудности в



Кольцовская лаборатория экспериментальной биологии в Университете им. Шанявского. Слева направо: Н. К. Кольцов и его ученики — В. Г. Савич, И. Г. Коган, М. М. Завадовский, А. С. Серебровский, Г. В. Эпштейн, Р. И. Серебровская и др. (около 1912—1913 гг.)

связи с отсутствием традиций, вследствие малочисленности промежуточного звена в научном персонале. Но энергия, богатая инициатива, личное обаяние Н. К. Кольцова как ученого, его редкий организаторский талант обеспечили преодоление всех этих трудностей, и его Институт в самом буквальном смысле стал питомником исследовательских сил первоклассного уровня. Этим в решающей степени и было обеспечено успешное решение задачи создания в системе советских исследовательских учреждений целого нового направления в науке о живом мире — физико-химической биологии.

Не будет никаким преувеличением сказать, что совершенно подавляющая часть ученых, составивших первый эшелон нашей отечественной физико-химической биологии, а тем самым явившихся прямыми предшественниками будущих рядов молекулярных биологов,— все они так или

иначе были связаны с Кольцовским институтом, были его прямыми питомцами или, даже работая уже в стороне от него, поддерживали теснейшую научную связь с ним. Я могу здесь ограничиться лишь простым перечислением ученых, вышедших из стен Кольцовского института и проводивших в рядах его сотрудников определенные периоды своего становления как исследователи. Я буду в основном упоминать лишь тех, которых уже нет среди нас, поскольку именно они-то стояли у истоков советской физико-химической биологии, а тем самым и явились предшественниками и предтечами последующего развития нашей молекулярной биологии, с такими ее доминирующими разветвлениями, каким мы должны считать молекулярную генетику. Совершенно очевидно, что этот перечень ни в какой мере не будет претендовать на полноту, он предназначен лишь для того, чтобы дать

конкретное представление о размахе научно-воспитательной, если можно так выразиться, деятельности Кольцовского института.

Пять биологических кафедр Московского университета были в свое время возглавлены учениками Н. К. Кольцова. Это кафедры физиологии (И. Л. Кан), гистологии (Г. И. Роскин), генетики (А. С. Серебровский), динамики развития (М. М. Завадовский) и гидробиологии (С. Н. Скадовский).

Далее, к числу исследователей, работавших в орбите интересов Н. К. Кольцова, принадлежали такие видные ученые, как С. С. Четвериков, основоположник эволюционной и популяционной генетики, эмбриолог Д. П. Филатов, заложивший в нашей стране эволюционное направление в механике развития, Б. В. Кедровский, которому принадлежит заслуга быть в числе первых ученых, указавших на участие нуклеиновых кислот в синтезе белков; тем самым он участвовал

в формулировании одного из основных положений нынешней молекулярной биологии. Близким помощником Н. К. Кольцова был В. Н. Лебедев, много сделавший для развития технической стороны морфологических исследований живого, пионер научного кино в нашей стране.

В числе активных исследователей цитологического и генетического направления были С. Л. Фролова, П. И. Живаго и Д. Д. Ромашов, В. В. Сахаров, Н. К. Беляев, А. Н. Промптов. Этот список можно было бы долго продолжать, но моя цель — лишь конкретизировать, как плодотворна была деятельность Н. К. Кольцова в деле воспитания нового поколения исследователей работников, главным образом именно в плане физико-химической биологии.

Особенно прямая линия от Кольцовского института к нынешней молекулярной биологии, в ее генетических аспектах, представлена в лице его ученика Н. В. Тимофеева-Ресовского. В годы, когда уже порвалась его связь с Институтом, он, совместно с М. Дельбрюком и К. Циммером, явился соавтором знаменитой брошюры в яркой зеленой обложке, так называемого «Зеленого памфлета», или «Работы трех», в которой были намечены некоторые фундаментальные задачи и принципы, ставшие в последующем периферией крайними камнями в развитии молекулярной генетики. Та область науки, которой посвящен наш нынешний съезд, советская генетика своим становлением в особенно большой степени обязана этой деятельности Н. К. Кольцова. Это касается главным образом новых линий развития генетики, приведших ее к молекулярным уровням. Мы конечно должны помнить и о больших вкладах ленинградской школы, с такими учеными, как Н. И. Вавилов и Ю. А. Филипченко, но в их работах преобладала линия, если правильно ее так назвать, «классической» генетики; на развитие физико-химических подходов, сыгравших столь большую роль в формировании современной молекулярной биологии, эта школа оказала менее ощутимое влияние.

Мне довелось в течение ряда лет работать в непосредственном сосед-

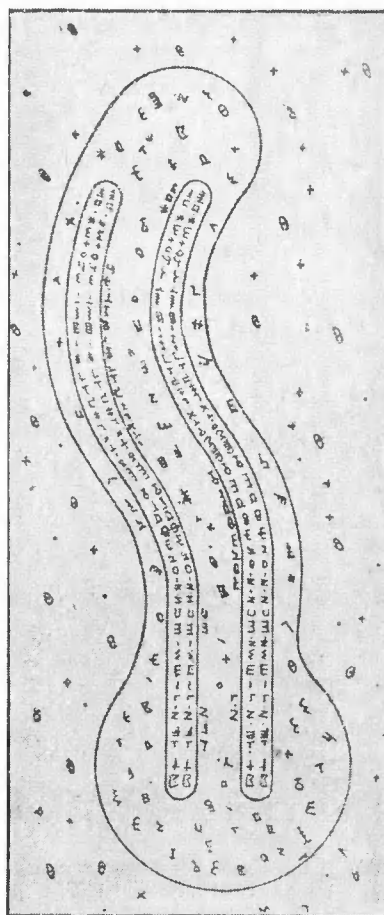


Схема хромосомы (по Н. К. Кольцову, 1928 г.). В середине две светлые скелетные нити, представляющие собою пучки длинных молекул, — две мицеллы. Значки, из которых состоят хромосомные молекулы, соответствуют белковым радикалам и в то же время генам. Обе скелетные нити представлены областями растворения хроматина, который кроме нуклеиновой кислоты, содержит все радикалы, входящие в состав хромосомных молекул. В ядерном соке показаны вокруг хромосомы немногие отдельные радикалы хромосомных молекул и мелкие частицы, являющиеся продуктами их распада.

стве с Институтом экспериментальной биологии, возглавлявшимся Н. К. Кольцовым. Наши два института — Биохимический и Кольцовский — объединяло не только территориальное соседство, но и тесный научный контакт. Поэтому я в полной мере мог оценить ту замечательную атмосферу, которая царил в Кольцовском институте, обеспечивала тесную научную и личную спайку всего коллекти-

ва. Это была атмосфера, соответствующая шутильной формуле, которой англичане любят выражать характер хорошей здоровой семьи и которая складывается из сочетания крепкой взаимной привязанности с полной непочтительностью. Тут не было культа авторитетов, не боялись острых научных споров, ценили хорошую шутку, порой даже язвительную, любили удачный дружеский шарж, от которого не был застрахован и сам директор. Мы там не слышали славословий или взаимных восхвалений, которые порой отравляют атмосферу иных собраний или повседневного быта в нашей среде.

Я не раз, говоря о созданном Н. К. Кольцовым научном коллективе, употреблял термин «школа». Мне кажется, что с полным правом можно поставить рядом друг с другом деятельность двух создателей научных школ в нашей стране — с одной стороны Н. К. Кольцова, с другой — А. Ф. Иоффе. Их заслуги в развитии двух важнейших областей советской науки — одного в области изучения законов неживой природы, другого — в познании живого мира, мне представляются в значительной степени имеющими одинаковый уровень значимости. Я перечислял имена большого числа ученых, явившихся питомцами кольцовской школы. Из ленинградской школы физиков в Лесном вышли такие крупнейшие ученые, возглавившие различные разделы физической науки, как П. Л. Капица и Н. Н. Семенов, Л. А. Арцимович и И. В. Курчатов, Я. И. Френкель и Ю. Б. Харитон.

Замечательно, что в обоих случаях с предельной отчетливостью выступала одна и та же основная, важная черта обоих этих школ: это не были школы, видевшие свои задачи в том, чтобы выращивать проповедников какого-либо специфического «учения», чего-то вроде вероисповедания, которое вслед за учителем продолжают провозглашать усердные апостолы, с неизбежным вырождением в эпигонство и застой. Напротив того — в обоих этих школах выращивались активные творцы науки, черпавшие в «школах» не фиксированную совокупность догм, а воспринимавшие высокие традиции научного поиска —

жажду познания истины, раскрытия новых закономерностей, строгую неумолимую требовательность к себе и терпимость к мнению собратьев по науке, смелость в поисках новых путей. В таких школах озабочены не тем, чтобы впрягать учеников в колесницу, влекомую по намеченным колеям, а стремятся растить у них крылья для полета, дальше и выше, к заманчивым целям, неизведанными путями.

Этого-то, второго типа школой и был Кольцовский институт.

Все то, о чем выше шла речь,— необычайно плодотворная научно-организационная работа, создание костяка исследовательских кадров, закладка подлинного фундамента, на котором выросла и развивалась экспериментальная биология с ее наиболее выраженным, определяющим обликом, каким является физико-химическая биология,— все это огромная, неоценимая заслуга Н. К. Кольцова и все это определяет одну из сторон его облика. Но как ни важна, ни ярка эта сторона, было бы неправильно, если бы она совсем оставила в тени собственную исследовательскую деятельность Н. К. Кольцова. Направления этой деятельности были многочисленны и разнообразны, но, я думаю, мне не поставят в вину, если я выделю только одну из линий, именно ту, которая целиком лежит и в плане нашего съезда и в плане молекулярной биологии, об истоках и путях развития которой в нашей стране я должен здесь говорить. Речь пойдет о замечательном научном предвидении, поистине пророческой интуиции, проявленной Н. К. Кольцовым в его ставших классическими статьях и воззрениях о строении и принципах функционирования хромосом.

Эта мысль не была случайной вспышкой, мимолетным озарением. Она владела умом Н. К. Кольцова на протяжении многих лет.

Мы имеем дело с совершенно необычайным событием. Знаменательную дату рождения молекулярной биологии принято относить примерно к 1955 г. Но Н. К. Кольцов за двадцать лет до этого, в двух словах — не фигурально, а в точном смысле,— в ошеломляющем, состоящем из двух слов заглавии своей замечательной

статьи «Наследственные молекулы» — именно этими двумя словами пророчески определил все содержание доброй половины того, из чего в дальнейшем, на наших глазах, суждено было сложиться нашей науке. Ведь именно тем, что было установлено существование «наследственных молекул» и обусловилось рождение молекулярной биологии, во всяком случае, в ее решающей части, составившей молекулярную генетику.

Для того чтобы дать точное, объективное представление о глубине проникновения предсказаний Н. К. Кольцова, самое лучшее будет, если предоставят слово ему самому — никто лучше его не мог бы обосновать и сформулировать его мысли.

Вот что пишет Н. К. Кольцов:

«В своей статье, напечатанной в «Science» осенью 1934 г., я дал такую картину структуры хромосом... Каждая хромосома представляет сложное образование, наиболее существенной частью которого является продольная нить, состоящая из ряда генов; я называю ее поэтому геномемой».

«Еще в 1927 г. в своей речи, произнесенной на съезде зоологов в Ленинграде, я развил гипотезу, что геномема есть не что иное, как огромная белковая молекула, или пучок одинаковых длинных молекул,—мицелла. В то время эта гипотеза могла оказаться парадоксальной, так как химикам не были известны молекулы столь гигантских размеров». Дальше он указывает, что позднее К. Мейер и Г. Марк для белков, Г. Штаудингер для каучука, Г. Марк для целлюлозы приучили к такому представлению.

«Еще более парадоксальным казалось изложенное мною тогда же предположение, что сложные молекулы протениновых соединений не могут создаваться в организме заново... Я формулировал эту мысль в тезисе: *Omnis molecula ex molecula*, т. е. всякая (конечно, сложная органическая) молекула возникает из окружающего раствора только при наличии уже готовой молекулы, причем соответствующие радикалы помещаются путем аппозиции (ван-дер-Ваальсовыми силами притяжения или силами кристаллизации) на те пункты имеющейся налицо и служащей затравкой моле-

кулы, где лежат такие же радикалы».

Что является основой современной концепции молекулярных механизмов осуществления наследственной информации? Такой основой остаются два положения: во-первых — о двунитчатой структуре ДНК; во-вторых — о принципе матричного синтеза как механизме репродукции генетической информации.

В схеме, которую дает Н. К. Кольцов, мы видим двунитчатую структуру «наследственной молекулы». В чем ее отличия от нашего сегодняшнего представления? Одно отличие — это то, что речь идет о белковой линейной молекуле. Но сам Н. К. Кольцов и в этом отношении проявил поразительную дальновидность. Он говорит о том, что предлагаемая схема «в своей химической части далека от завершения, более того — еще весьма спорна». Время внесло лишь ту поправку, что на место линейной белковой молекулы встала линейная полинуклеотидная цепочка.

Другое отличие состоит в том, что вместо двух комплементарных цепей мы имеем две идентичных цепочки. Но в то время принцип комплементарности вообще еще не фигурировал в химическом мышлении, а совершенно безоговорочно господствовало представление, выражавшееся словами: *Similia similibus attrahunt* — сходное притягивается сходным. Легко видеть, что оба эти отличия от нынешних представлений безоговорочно оправдываются тогдашним состоянием научных сведений и имеют подчиненное, а не принципиальное значение.

А что касается второго постулата — воспроизведение наследственной молекулы совершается на основе «затравки», как говорил Н. К. Кольцов, то тут даже вообще никаких поправок не приходится делать. Напротив, в этой мысли целиком и полностью содержится представление о матричном синтезе, этой наиболее фундаментальной, характерной черте всего биологического химизма. Именно в существовании этого механизма, не обнаруживаемого ни в каких известных нам в неживой природе химических процессах, и видим мы сегодня специфику химии живых систем.

УДК 57, 577.1

Язык как инструмент и объект науки

Ю. А. Шрейдер
Кандидат физико-математических наук



Юлий Анатольевич Шрейдер, заведующий сектором математической лингвистики ВНИИТИ АН СССР, автор свыше 120 работ по функциональному анализу, вычислительной математике, математической лингвистике и информатике. Среди них книги: *Метод статистических испытаний (Монте-Карло)*. М., 1962; *Что такое расстояние*. М., 1963; *Равенство, сходство, порядок*. М., 1971; *О понятии «математическая модель языка»*. М., 1971.

Место языка в науке

Попробуем взять наугад книгу или статью из той области науки, скажем — математики, физики или химии, в которой мы ничего не смыслим. Наверняка окажется, что мы не только не понимаем, что там говорится, но не понимаем даже и того, о чём говорится.

Разобраться в новой для нас области фундаментальных наук — значит, одновременно, понять и ее специфический язык. Прикладные науки обычно пользуются готовыми языками наук фундаментальных, вырабатывая на их основе свои жаргоны. Так, простейшее исчисление математической логики (алгебра высказываний) стало обыденным языком для автоматики и вычислительной техники. На базе этого исчисления возникли разные специальные языки описания переключаемых схем. Общепринятым языком техники стало дифференциальное и интегральное исчисление. В биологию широко проник язык химии. Впрочем, в наиболее фундаментальных областях биологии (например, в генетике) вырабатываются свои специфические языки.

Чем более фундаментальна область науки, тем больше тратится в ней усилий на создание и приведение в порядок собственного языка. Философские школы отличаются не только разными ответами на основные вопросы, но и существенно разными системами категорий, в которых формулируются ответы. Физик Дж. Гиббс полагал, что «математика — это язык». Иначе выразился по этому поводу И. М. Гельфанд, утверждая, что более 90% усилий математики тратят

на разработку своего языка. Физики и химики тратят на создание своего языка меньшую долю усилий и делают это менее систематично. И все же на долю постижения собственного языка этих наук приходится значительная часть трудности при изучении самих наук.

Чтобы облегчить чисто языковые трудности усвоения, наука тратит много усилий на создание традиционных систем обозначений, на выработку общезначимых концепций. В тех областях, где математический аппарат достаточно давно выработан, ученые стараются пунктуально соблюдать принятую символику, вплоть до того, что одноименные величины обозначают одними и теми же буквами: это особенно хорошо заметно в традиционных разделах физики (v — скорость, t — время) и в классических разделах техники.

Язык обычной алгебры, язык дифференциального и интегрального исчислений, языки логики высказываний, предикатов и отношений — вот примеры широко распространенных математических языков, используемых в самых разнообразных областях науки. Наряду с ними возникает множество специальных языков, так что, сталкиваясь с новым для нас разделом науки, мы вынуждены буквально «продираться» через новый язык. Это кажется непохожим на восприятие искусства, где язык на первый взгляд общедоступен.

Впрочем, «понятность» языка искусства нельзя трактовать как легкую доступность его смысла, простоту его проблем. Вряд ли можно серьезно утверждать, что Пушкин или Достоевский, Бах или Рембрандт выражают в

своих произведениях нечто более простое по сравнению с математическими работами. Но когда мы стараемся понять произведение искусства, сравнительно меньшая доля трудностей падает, как правило, на первичное постижение языка. Искусство гораздо свободней, чем наука, использует универсальные языковые средства. Создаваемые приемы сравнительно легко канонизируются и становятся элементами общепонятного языка.

Чтобы всерьез понимать математику или физику, нужно на профессиональном уровне понимать язык науки; общий же смысл музыки или живописи доступен даже любителю, не знающему законов гармонии. Иными словами, в фундаментальных науках мы не можем схватить общий смысл сказанного, не выныкнув в сами законы пользования языком науки, не постигнув в какой-то мере метаязык науки (т. е. язык, на котором описывается сам язык науки). Постигновение же метаязыка искусства (на котором излагаются законы гармонии, теория литературных форм и т. д.) не обязательно для восприятия художественного произведения, хотя, конечно, знание этого метаязыка обогащает наше восприятие.

Вообще, отказ от усилий на постижение языка искусства мешает воспринимать новые (или просто непривычные для нас) формы в искусстве. Нам обычно не хочется тратить усилия на освоение непривычного еще языка художественных произведений из-за опасения, что мы не получим ничего, кроме знания языка. Однако мы готовы изучать сложный раздел математики или физики, изучать их язык без гарантии, что постигнем при этом глубинный смысл изучаемого.

Возможно, это происходит из-за того, что человек, изучающий науку, не столь четко отдает себе отчет, когда он осваивает только ее язык, а когда — сущность. Впрочем, в математических работах (особенно в математической логике) все чаще четко выделяется само описание языка. Под влиянием математической логики и потребностей автоматизации программирования и информационного поиска была осознана ценность чисто семиотических исследований, где кон-

струируется или изучается сам по себе тот или иной язык.

Художественный язык вводится в обращение самим произведением искусства. Поэт своим творчеством создает новый язык, в котором и старые слова обретают новые смысловые связи. Из строчки Маяковского «у народа, у языкотворца умер звонкий забулдыга подмастерье» возникает образ вереницы поэтов, сказителей, пророков, творящих язык народа. (Подмастерьем-то здесь назван Сергей Есенин!) Впрочем, и язык науки не изобретается заранее, а создается в самом процессе развития этой науки.

Что такое смысл?

Семиотика — общая теория знаковых систем — выделяет три основных аспекта изучения текстов любого языка. Всякий текст можно изучать: 1 — с точки зрения выражения (семантический аспект); 2 — устройства (синтаксический аспект); 3 — восприятия адресатом (прагматический аспект). Родной язык нам дается прежде всего в его семантическом плане, ибо его синтактика, т. е. грамматическая система, осознается нами гораздо позже. (Понятно, что владеть содержательной стороной языка можно, только хорошо чувствуя его грамматические возможности.)

Традиционный способ изучения чужого языка начинается, наоборот, с описания грамматических основ. Смысловая сторона раскрывается позднее. Изучение точных наук сходно с обучением чужому языку: мы начинаем с изучения азов грамматики (учимся тому, как устроены обозначения, какова структура определений данной науки), и лишь постепенно переходим к раскрытию смысла науки. Школьная алгебра раскрывает нам элементарные основы грамматики математического языка — показывает, как надо обращаться с простейшими математическими выражениями.

Однако само понятие «смысла» можно расщепить на несколько уровней. С прагматической точки зрения мы можем различить по крайней мере три уровня понимания текста, зависящих от того, какой априорной

информацией обладает адресат. Первый уровень (например, иностранец, знающий основы русской грамматики, но со слабым собственным словарным запасом): адресат понимает грамматическую структуру фразы и умеет определить, правильно ли она построена. Второй уровень (буквальное понимание): адресат сопоставляет со словами их значения и способен восстановить класс ситуаций, описанных текстом. В этом случае условимся говорить, что адресат понимает первичную семантику фразы (или текста). На уровне первичной семантики фраза «Маша ест кашу» осмысленна, а фраза «Каша ест Машу» не осмысленна — ей нельзя приписать очевидной недвусмысленной ситуации. На грамматическом же уровне обе фразы одинаково правильные. Третий уровень — это понимание замысла автора, возможность ответить на вопрос, для чего написан этот текст. Замысел, заключенный в тексте, мы будем называть его глубинной семантикой.

С точки зрения глубинной семантики мы ничего не можем сказать о приведенных выше фразах, не зная контекста, из которого они взяты. В контексте данной статьи их глубинная семантика состоит в том, что они иллюстрируют разницу между пониманием грамматической структуры, первичной и глубинной семантики.

Итак, глубинная семантика — это цель или, если так можно сказать, — та сверхзадача, ради которой написан или произнесен данный текст. Для ее понимания принципиально недостаточны внутриязыковые средства. Грамматика и первичная семантика суть только необходимые ступени к постижению глубинной семантики, только языковые средства для выражения притчи. Наука вынуждена тратить много усилий на создание этих средств, на способы точного выражения первичной семантики.

В разговорном языке мы не исключаем возможность, что «Каша» — это прозвище девочки, а «маша» — название нового блюда. Тогда фраза «Каша ест машу» приобретает реальный смысл. В научном языке мы стремимся исключить такие казусы. Всякое правильно построенное алгебраическое выражение имеет четкую

первичную семантику, а неправильное — вроде $(ab +)^-$ — не может иметь в алгебре никакого смысла¹.

Эта упорная борьба за точность первичной семантики — неизбежная плата за детализацию, за возможность вычленив конкретное явление в природе, обществе или мысли. Искусство же гораздо шире пользуется общедоступными средствами выражения первичной семантики и очень экономно относится к созданию новых средств. Общепонятность первичной семантики — это общечеловечность искусства: мы способны ощущать высокую художественность росписи древнегреческих ваз, японских гравюр, старинных русских церковных напевов.

Но наше восприятие глубинной семантики художественных произведений в высшей степени субъективно. Здесь особенно резко проявляется тот факт, что воспринимаемый смысл текста (семантическая информация) существенно зависит от априорного уровня наших знаний². Владение языком науки как раз и гарантируется тем уровнем знаний (тезаурус воспринимающего), при котором можно понять более или менее однозначно тот замысел, который вложил в текст сам автор. В восприятии художественного произведения такой гарантии объективного понимания никогда нет. В силу этого, как мне кажется, язык художественных произведений в известной мере хуже выполняет коммуникативную функцию, нежели язык науки.

Идею, воспринятую из научного текста, мы как бы отчуждаем от автора и присоединяем к собственному тезаурусу, вводя ее в собственную систему знаний. Чтобы глубоко воспринять замысел художественного произведения, мы должны войти «внутрь» этого произведения, проникнуть внутрь авторского замысла, перейти на его тезаурус.

В науке трудность самого языка заставляет понимать текст на достаточно глубоком уровне. Ведь мы не в состоянии хорошо воспринять первичную семантику научного текста, не обратившись к глубинному смыслу.

В искусстве всегда есть соблазн ограничиться сравнительно доступной первичной семантикой: увлечься гладкостью стиха, занимательностью сюжета, легкостью мелодии, блеском красок. В результате можно и в Пушкине увидеть блестящего версификатора, почти неотличимого от третьестепенных эпигонов, а его яркие подражания Вольтеру принять за вершину пушкинской поэзии.

Впрочем, сходное явление возникает и от дурного популяризаторства науки, злоупотребляющего упрощением научного языка и создающего иллюзию понимания предмета за счет обхода серьезных трудностей.

Для современного уровня фундаментальных наук характерно внимание к принципам собственного языка, к семантической структуре своих законов. Наибольшее внимание этому уделяется, как уже говорилось, в математике, где языковые проблемы особенно тесно связаны с гносеологическими, с проблемами логических основ науки. Сейчас такой интерес к языку науки стал распространяться и в других областях знания.

Модель и теория

Чтобы сделать следующий шаг в понимании характерных черт языка науки, нужно разобраться в общелогических понятиях модели и теории. Далеко не всякая наука явно формулирует, что в ней является теорией, а что моделью¹.

За основу возьмем ту трактовку понятий «модели» и «теории», которая стала общепринятой в математической логике после появления работ польского логика А. Тарского. Однако мы не будем ограничиваться строго формальными теориями и моделями, как это делают логики, поскольку для нас существенна общезначимость этих понятий, не зависящая от кон-

кретного способа формализации. Строгие понятия из математической логики являются, с нашей точки зрения, только частными уточнениями соответствующих «размытых» понятий. Их содержание можно разъяснить, не прибегая к сложному математическому аппарату.

Теория описывает некоторые свойства предметов, но не сами предметы. В сущности, язык любой теории приспособлен к описанию свойств и отношений, отвлекаясь от того, существуют ли в реальности какие-либо объекты с такими свойствами и отношениями.

Можно, например, построить теорию цветов, где будут названия: «красный», «малиновый», «синий». В этой теории утверждается, что первые два сходны меж собой, но оба не похожи на третий. Однако соотношение этих названий с реальными окрашенными объектами не является предметом самой теории. Эти названия сама теория рассматривает как условные коды, допускающие разнобразную интерпретацию. Например, «красным» мы можем условиться считать объект, весящий более 10 кг, «малиновым» — более 12 кг, а «синим» — менее 5 кг. Сходство же в таком случае можно рассматривать по весу. Эта интерпретация примечательна тем, что в ней «малиновый» рассматривается как частный случай «красного». Расположение цветов по порядку в спектре или по цветовому кругу — это все только теории, пока мы не сопоставим названия цветов с реальными предметами. А вот еще одна странная интерпретация теории «цветов». Возьмем некое множество из кругов, слабо вытянутых эллипсов и равнобедренных треугольников. Круги будем считать красными, эллипсы — малиновыми, а треугольники — синими. Естественно, что круги в этом случае следует считать похожими на слабо вытянутые эллипсы. Таким образом, теорию можно, оказывается, интерпретировать и на модели из абстрактных элементов.

Итак, конкретная интерпретация — это то, что придает теории смысл, сопоставляет теоретические понятия (тексты и слова языка теории) с объектами, ситуациями и явлениями из некоторого множества. Впрочем, мо-

¹ Подробней см. Г. Э. Влэдуч, В. А. Успенский, Ю. А. Шрейдер. Семантические аспекты информатики. «Труды симпозиума СЭВ «Теоретические проблемы информатики», М., 1970.

² См.: Ю. А. Шрейдер. О семантических аспектах информации. Сб. Информация и кибернетика. М., 1967.

¹ См., напр.: А. И. Мальцев. Алгебраические системы. М., 1970.

гут быть и такие теории, которые не допускают никакой интерпретации. Как это ни покажется странным на первый взгляд, подобные теории также могут заслуживать изучения: во-первых, как объект методологического или формально-логического исследования и, во-вторых, чтобы убедиться в несостоятельности некоторых на первый взгляд правдоподобных идей.

Сама постановка задачи о смысле теории предполагает, что мы должны научиться отделять подлинные теории от теорий бессмысленных. Тем самым последние оказываются предметом рассмотрения логики. Хорошо известна роль знаменитых физических парадоксов в становлении физики. Но ведь всякий парадокс есть не что иное, как обнаружение на каком-то этапе бессмысленности (невозможности интерпретации) привычной теории...

Множество объектов со свойствами и отношениями, удовлетворяющими некоторой теории, называется моделью этой теории. Например, множество точек и прямых на плоскости — это модель системы аксиом (теории!) евклидовой геометрии. В евклидовой геометрии различие между теорией (системой аксиом) и моделью (собственно объектами на евклидовой плоскости) не казалось вначале столь уж важным, поскольку сами аксиомы строились так, чтобы описывать свойства именно этих геометрических объектов. В доказательствах теорем считалось вполне естественным апеллировать не только к понятиям теории, но и к «наглядным» свойствам модели.

Теория (в логическом понимании) — это описание свойств и отношений некоторых объектов, абстрагированное от существования этих объектов. Теория может использовать формальный язык; в этом случае она называется формальной теорией. Модель теории — это множество объектов, в которых воплощаются свойства и отношения, описываемые теорией. Модель является интерпретацией теории, определяющей первичную семантику последней.

Однако элементы модели могут обладать неисчерпаемым классом свойств, не имеющих никакого отно-

шения к данной теории. С другой стороны, и сама теория может иметь разные воплощения (модели). Например, теория гармонических функций может воплощаться в течении идеальной жидкости, в распределении электрических потенциалов, в вычислительной машине, осуществляющей численное решение уравнения Лапласа, и т. п. Наша «теория цветов» может воплощаться и в обычных цветах физических предметов, и в абстрактных геометрических фигурах.

Любопытно здесь припомнить полемiku Гёте с последователями Ньютона о природе цвета¹. На первый взгляд их теории цвета были несовместимы. На самом деле обе теории одинаково состоятельны, но имеют разные воплощения. Теория Ньютона относится к монохроматическим световым колебаниям (физически чистым цветам), а теория Гёте — к физиологическим цветам (к восприятию цвета глазом).

Полезно отметить относительность введенных понятий. Моделью теории может служить математический объект, который сам служит чьей-то теорией. Наоборот, весьма абстрактная теория часто рассматривается как модель метатеории, описывающей правила построения исходной теории².

Сама модель (в том числе и явление природы) описывается на некотором языке, допускающем сопоставление с языком теории. И соответствующую теорию можно рассматривать как своего рода интерпретацию смысла явления. Так же как теория, не имеющая моделей, бессмысленна, так и явление, не получившее теоретической интерпретации, не имеет еще научного смысла. Оно, тем самым, лежит вне системы научных понятий. Это не значит, что данное явление лишено внутреннего смысла, а означает только то, что этот смысл еще не разгадан, не существует в рамках научного знания. Узнать — это и значит понять внутренний смысл

явления, понять, воплощением чего оно является.

Идею лазера невозможно сформулировать на языке физики начала нашего века. Чтобы доказать существование алгоритмически неразрешимых проблем, необходимо было построить точный язык описания алгоритмов.

Описательные возможности, семантическое богатство и точность¹ теории — все это свойства языка теории. Изучение и развитие языков теорий (языков науки) оказывается не просто вспомогательным средством, но и одной из важнейших задач науки.

Сегодняшнее состояние науки отличается тем, что уже нет возможности ограничиться использованием разработанных математиками точных языков. В каждой достаточно развитой области науки начинает разрабатываться своя система языков, своя математизированная система описания явлений. Возникают особые ветви науки: математическая экономика (математическое планирование), математическая биология, математическая лингвистика и т. п. С другой стороны, интенсивно развивается семиотика, создающая общую теорию языков и знаковых систем, позволяющую выработать единые точки зрения на языки науки и рассматривать их не только как набор разнородных инструментов науки, но и как единый объект научного исследования.

Математическая логика доставляет нам «эталонные» по уровню строгости и точности языки теорий. Другие науки (в том числе и математика) создают свои языки, более приспособленные к их конкретным нуждам. Опыт математической логики помогает осознать, каковы те языковые средства, которые необходимо включить в язык науки. В языке многочисленных теорий непременно присутствуют следующие элементы: имена основных предикатов (свойств, изучаемых теорией); способы образования сложных понятий (логические связи, кванторы — операторы над высказываниями и т. п.); способы по-

¹ И. И. Канаяев. Гёте как естествоиспытатель. Л., 1970.

² Подробнее см.: В. А. Успенский. Логико-математические проблемы построения машинного языка. «Проблемы кибернетики», 1959, вып. 2.

¹ Имеется в виду точность утверждений самой теории, а следовательно, возможность точной проверки ее соответствия с реальным воплощением.

строения грамматически корректных высказываний о предикатах; список аксиом теории (т. е. высказываний, которые данная теория полагает истинными); правила логического вывода высказываний. Некоторое правильно построенное (в рамках данной теории) высказывание называется доказуемым (в данной теории), если для него можно построить логический вывод по правилам данной теории. Отрицание данного высказывания обычно является также правильно построенным высказыванием.

Если некоторое высказывание доказуемо и его отрицание также доказуемо в той же теории, то такая теория называется противоречивой. Бывает и противоположная ситуация, когда ни само высказывание, ни его отрицание не доказуемы. Это отнюдь не свидетельствует о негодности теории. Наоборот, существование подобных непроверяемых в теории высказываний типично для сколько-нибудь развитых формальных теорий.

Непротиворечивость теории — это и есть условие ее осмысленности. Наиболее непосредственный способ убедиться в непротиворечивости теории — это построить ее модель, где именам свойств соответствуют конкретные свойства объектов модели, где высказывания на языке теории переходят в содержательные утверждения о модели, а доказуемые в теории высказывания — в истинные утверждения. Теория считается состоятельной, если у нее есть модель.

Именно таким образом была в свое время обнаружена состоятельность геометрии Лобачевского, которая вначале многим математикам казалась несурасной. Для доказательства ее состоятельности в рамках самой обычной евклидовой геометрии была построена модель новой геометрии путем остроумного «трюка с переодеванием». Плоскостью называли полуплоскость, лежащую по одну сторону некоторой прямой — абсолюта; прямой — окружность с диаметром, лежащим на этом абсолюте. Легко убедиться, что для этих объектов выполнена вся аксиоматика Лобачевского.

Итак, если состоятельна сама геометрия Евклида, то не менее состоятельна и геометрия Лобачевского.

В этом месте мы непосредственно сталкиваемся с идеей непротиворечивости теории как условием ее осмысленности.

Но здесь мы сталкиваемся и с другой немаловажной особенностью логических и математических теорий — определенным произволом в правилах интерпретации. Подобную свободу толкования теории мы уже наблюдали в связи с описанной выше «теорией цвета». Сами правила интерпретации теории рассматриваются в логике как нечто стоящее вне этой теории.

В естественных науках правила интерпретации теории являются существенным элементом языка науки (сравните, например, принцип соответствия квантовой и классической механики). Когда мы говорим, что физическая теория нечто описывает, мы подразумеваем сложную систему соотношений этого описания с наблюдаемыми явлениями, т. е. с системой объектов, воплощающих эту теорию, служащих ее моделью. В этом проявляется различие языка математики и языков естественных наук. Осмысленность естественнонаучной теории означает не только логическую непротиворечивость, но и возможность разумной интерпретации.

Однако в теоретической физике можно заметить тенденцию сближения с математической точкой зрения. Перестановочные соотношения в квантовой физике — это теория в логическом смысле. Ее интерпретацией служит гильбертово пространство состояний, где динамические переменные реализуются в виде операторов, удовлетворяющих перестановочным соотношениям, предусмотренным теорией. П. Дираку принадлежит мысль о том, что при построении квантовой теории поля целесообразно исходить из алгебры динамических переменных, не связывая себя фиксированной интерпретацией этих переменных. На языке физики это означает, что гейзенберговский путь описания предпочтительнее более жесткого пути Э. Шредингера. Подчеркнем, что в изложении П. Дирака¹ (логическое несовершенство ко-

торого он сам отчетливо сознает) центральное место занимает проверка непротиворечивости (невозможности прийти к противоречию получаемых соотношений теории поля). В этом подходе принципиально допускается множественность интерпретаций теории.

Математика прошлого века интересовалась теориями, имеющими, по существу, единственную модель (есть лишь одна евклидова плоскость, один натуральный ряд чисел¹). Современная математика занимается теориями, имеющими много существенно разных (говоря точным языком — неизоморфных) моделей. Такие теории как бы существуют во многих ипостасях, имеющих общую природу, но разную индивидуальность. Простейший пример: теория групп.

Физики уже следуют за математиками в принятии их принципа свободы научных построений вплоть до первого противоречия. Речь идет о том, что внутренняя непротиворечивость и возможность ясной интерпретации служат серьезным доводом в пользу данного теоретического построения.

Менделеев привел в систему химические элементы, но некоторые клетки его таблицы оказались пустыми. С какой стати природа должна была их заполнять? Таблица ведь только разрешала существование этих элементов. Менделеев исходил из принципа, что все, разрешенное осмысленной теорией, должно существовать в природе. Так оно и оказалось в данном случае. В близком плане можно было бы поговорить о запрете Паули, о современных классификациях элементарных частиц и т. п. Важно одно, что логические (еще точнее: семантические) критерии состоятельности теорий, выработанные в математике, проникают и в физику.

Смысл и состоятельность теории

Первичный смысл теории описывается ее моделями — воплощениями в физических объектах, текстах или аб-

¹ См. П. Дирак. Лекции по квантовой теории поля. М., 1971.

¹ Нерушимую уверенность в единственности натурального ряда несколько поколебала ультраинтуиционистская логика.

страктных множествах. Среди моделей мы обычно не различаем те, которые имеют одинаковую структуру (изоморфные модели). Эти модели с точки зрения данной теории неразличимы, хотя они могут иметь разную природу или отличаться отношениями, которые данная теория не рассматривает вовсе. Так, грамматика не отличает рукописные тексты от текстов, напечатанных типографским способом. Мы заставляем себя видеть в наблюдаемых объектах только те черты, которые могут интерпретировать выбранную теорию, которые могут прояснять ее смысл. Классы моделей свидетельствуют, о чем говорит данная теория. Но они умалчивают о том, в чем заключается глубинный смысл теории, какова заложенная в ней цель.

Первичный смысл аксиом евклидовой геометрии заключается в описании свойств некоего абстрактного математического объекта — евклидова пространства. Глубинный же смысл состоит в том, чтобы понять формы и геометрические отношения физического пространства, хотя в последнем, весьма возможно, нет ни одного настоящего воплощения евклидовой аксиоматики: не очень ясно, имеет ли физический смысл понятие точки (можно ли вообще приписывать смысл расстояниям, меньшим чем 10^{-23} см?); неясно, что соответствует понятию прямой (можно ли приписывать абсолютный смысл физическим траекториям?).

В каждой теории может заключаться своя частная цель, определяемая ее ролью в процессе познания. На этой цели может иной раз сказаться воздействие конъюнктуры, заблуждений или моды. Подобные мотивировки быстро забываются, а с ними — и сама теория, если в ней не содержалось еще и более глубокой внутренней цели. Мало кто помнит построения, единственной целью которых было во что бы то ни стало не допустить признания теории относительности, квантовой механики или хромосомной теории наследственности. Но даже в ложной теории мог быть заключен глубокий смысл, и она часто продолжает жить в приличествующей эпохе форме. Так, в отвергнутой ныне теории теплорода было

открыто и ныне здравствующее второе начало термодинамики, а термин «тепловой поток» до сих пор используется при выводе уравнения теплопроводности.

Итак, глубинный смысл теории — это, в конечном счете, ее отношение к познанию объективной реальности, ее служение истине. В таком случае глубинный смысл любой теории определяется ее состоятельностью, ее способностью выражать истину, нечто реально существующее.

Как известно, в материалистической философии основным критерием истины считается общественная практика. Но стоит подчеркнуть — именно общественная практика, а не прагматическая утилитарность, сиюминутная полезность. Кроме того, нужно иметь в виду, что ни один человек не обладает знанием всей (в том числе будущей) общественной практики. С точки зрения практики своего времени противники Н. И. Лобачевского имели более серьезные основания чувствовать себя правыми, чем он, ибо евклидова геометрия вполне удовлетворяла тогдашнюю физику. И лишь исторический опыт науки доказал состоятельность идей Н. И. Лобачевского. С точки зрения практики своего времени система Птолемея была ничуть не хуже системы Коперника. Смысл открытия Коперника раскрылся только в последующем развитии науки.

Таким образом, проблема оценки состоятельности создаваемой теории остается актуальной. Ученый вынужден использовать внутренние критерии состоятельности разрабатываемой теории. Для этого мало одного владения первичной семантикой языка науки. Нужно ориентироваться в самих целях исследования, уметь ставить правильные цели. Занимаясь конкретной областью науки, ученый одновременно вырабатывает в себе некое общее понимание (чего? — пробуем это дальше выяснить), некоторое дополнительное знание.

Во-первых, это умение отличать точно доказанное от правдоподобного предположения. Следующая ступень того же — умение оценивать арсенал логических и языковых средств, фактически используемых в так называемом точном доказательстве, и тем

самым осознавать возникающие пробелы в доказательстве.

В естественных науках аналогичную роль играет ясное понимание смысла эксперимента и наблюдения: умение трезво и честно оценивать, насколько убедительно эмпирические данные интерпретируются в той или иной теории, какие гипотезы фактически используются в процессе интерпретации и какие факты и закономерности остаются в стороне.

В рассуждениях самой, казалось бы, логичной из наук — математики — сплошь и рядом встречаются логические пробелы, восполнение которых потребовало бы весьма громоздкой работы. Автору довелось однажды услышать весьма эмоциональную реплику одного математического логика: «Математики вообще не пользуются логикой, а рассуждают неизвестно как!» И действительно, нередко нужна очень большая работа, чтобы перевести вывод, который обычному математику представляется вполне строгим, на язык, удовлетворяющий критериям строгости математической логики.

Во-вторых, необходимо умение отличать точно поставленную задачу от неопределенной потребности осознать некоторую ситуацию и понимание, что точно поставленный вопрос в ряде случаев является научным достижением.

Аристотелевскую физику вполне могло удовлетворить объяснение такого рода: «Тела падают на землю, потому что они тяжелые». Для Ньютона уже существовал вопрос: «Какая сила действует на падающие тела?» Этот вопрос и сыграл роль мифического яблока, породившего теорию тяготения. Знаменитый перечень математических проблем, сформулированных Д. Гильбертом, привел к серии замечательных результатов.

На все это знание опирается научная этика — честное отношение к добываемой истине, т. е. ощущение необходимости до конца понимать степень основательности добытого результата, готовность преодолевать собственные заблуждения.

В занятиях наукой вырабатывается, как мне кажется, эстетическое чутье. Оценка внутренней содержательности научных фактов и теорий опира-

ется в какой-то мере на ощущение красоты мысленной конструкции. Со-стоятельность научной модели, полнота охвата существенных эмпирических фактов, надежность логического построения — все это проявляется в красоте. Система Коперника, принцип дополнителности Гейзенберга, уравнение Дирака — все они поражают своей красотой¹. Исторический опыт научных исследований, личный опыт ученых убеждают, что эстетический критерий бывает нередко вернее любого прагматического принципа или частного суждения о полезности результата. Очень часто оценка научной работы по ее внутренней красоте является наиболее трезвым и деловым подходом. Интуиция, опирающаяся на чувство красоты и опыт, дает учёному некое «предзнание» результата, который он собирается получить. Математик сначала «откуда-то» знает формулировку теоремы, а затем получает доказательство. Разумеется, добросовестный ученый не смешивает это «предзнание» с достоверной истиной, полученной «законными» средствами. Но без веры в ценность «предзнания» у него вряд ли хватило бы упорства на поиск доказательств. (Или хотя бы без веры в то, что проверяемое утверждение существенно, так что его опровержение тоже будет полезным знанием.)

До сих пор мы говорили о смысле создаваемых в науке теорий. Но и сами явления природы, общества и человеческой мысли «говорят с нами на своём языке», смысл которого мы пытаемся разгадать, отыскивая теории, воплощаемые в этих явлениях. Плохая теория не отражает никакого смысла, удовлетворительная кое-как описывает первичный смысл, а хорошая в какой-то мере угадывает глубинный смысл.

С другой стороны, наука почти никогда не имеет дела с явлением, так сказать, в «сыром виде». Она описывает явления на выработанном ею самой (и непрерывно развивающемся) языке, позволяющем рассматривать наблюдаемую систему как множество

объектов определенного сорта с определенными отношениями между физическими состояниями, переходами из одного состояния в другое...

Физик наблюдает почернения на фотопластинке или показания стрелок приборов, а говорит о столкновении частиц, их энергиях и импульсах; химик видит, в какой цвет окрашивается реактив, а говорит о перегруппировках атомов в молекулах; историк читает имущественную опись, а говорит о социальных и идеологических сдвигах в обществе.

Но при этом ученый уверен, что за непосредственным наблюдением таится реальный смысл. Может быть, тот язык, на котором мы сейчас пытаемся высказать этот смысл, слаб и вял. Может быть, за показаниями приборов скрываются вовсе не те частицы, о которых мы сегодня говорим, а, скажем, состояния «праматерии» или геометрические элементы пространства, или... Но и в теперешнем языке науки содержится необходимая нам частица истины о сущности мира. Так же, как частица истины заключалась в языке алхимиков, в представлениях о всепроникающем эфире...

Этот бесконечный поиск истины, связанный с готовностью критически пересматривать факты и находить новые ради крупницы смысла, делает осмысленным и необходимым само занятие наукой.

Научное познание и художественное видение

Установка на поиск глубинного смысла важна для развития науки, в частности, и потому, что научные знания играют все большую и большую роль в выборе существенных решений. Ограничиваясь первичной семантикой, мы низвели бы человека на уровень простого автомата, буквально понимающего поступающие к нему на вход сигналы. Понимать это обстоятельство особенно важно в нашу эпоху, когда создаются научные основы управления обществом.

Всегда есть соблазн увериться в однажды принятых критериях и принимать ответственные решения с полным ощущением собственной право-

ты. Особенно приятно, когда собственная правота подтверждается теоретическими рекомендациями науки. Но когда от науки оставляется «обезжиренная сыворотка» или, говоря иначе, бессмысленная формальная схема, изложенная самым модным языком, то она способна авторитетно подтвердить любой заранее подсунутый вывод.

Дело не только в том, что, исчисляя пользу от применяемой стратегии, мы сталкиваемся с противоречивыми условиями (невозможно, например, одновременно достичь максимального качества продукции и минимума затрат на производство). Есть более существенное противоречие между непосредственной пользой и смыслом. Наше представление о пользе всегда ограничено сегодняшними конкретными представлениями. Критерий исчисляемой в конкретных единицах пользы явно недостаточен. Какова конкретная польза искусства, чистой науки, детских игр? А ведь очевидно, что без всего этого целочеловеческое существование потеряло бы значительную часть своего смысла.

Истинная поэзия не приносит никакой конкретной пользы, ее цель — открытие и внесение в мир гармонии (смысла)¹. Так, любовная лирика не дает рецептов, как добиться успеха в любви, но открывает в этом естественном человеческом чувстве нечто иное, кроме инстинкта продолжения рода или способа получить наслаждение.

В науке стремление достичь пользы (или хотя бы получить осязаемый результат) и стремление добраться до глубинного смысла менее отделены друг от друга, чем в искусстве. Первое из них создает впечатление, что научные результаты возникают вполне объективно, независимо от личности исследователя. В известных пределах это так и есть. Ситуация с опытом Майкельсона была такова, что, даже не будь Эйнштейна, принципы специальной теории относительности были бы осознаны физиками. Но уже менее ясно, могла ли быть без Эйнштейна создана общая теория относительности или каким было бы на-

¹ П. Дираку принадлежит прекрасный афоризм: «Физический закон должен быть математически красивым». Впрочем, представление о красоте со временем меняется.

¹ А. Блок. О назначении поэта. Сочинения в двух томах, т. II, М., 1955, стр. 347—360.

ше понимание принципа дополнительнойности без Бора.

Наука бы просто исчезла, если бы занималась исключительно проблемами, имеющими непосредственно утилитарное значение. Точно так же разрушилось бы человеческое общество, если бы оно ставило себе целью только заботу о непосредственной пользе. При этом бесспорно, что мы просто не могли бы поддерживать нынешний уровень цивилизации, если бы не активная эксплуатация достижений науки. Но сама наука движется не стремлением к пользе, а поиском истины. В этом заключается родство целей науки и поэзии. Однако природа получаемых наукой результатов такова, что в них заключена потенциальная «полезность», обнаруживаемая в дальнейшем развитии. Примеры практического употребления самых абстрактных научных результатов стали уже общим местом. В противоположность этому вся ценность произведения искусства заключена в нем самом, и никаких практических приложений оно не сулит.

Наука открывает мир путем накопления фактов о мире. Это отражается в той особенности ее языков, которая позволяет пересказывать одно и то же содержание на разных языках, включать язык одной теории в язык более общей теории. Подобный перевод только обогащает научное знание.

Искусство же дает непосредственное целостное видение мира. Настоящее произведение искусства автономно: оно само есть и идея, и ее воплощение; оно само и теория, и модель, выраженные единым текстом. От этого и идет так называемая непереводаемость художественных произведений, неизбежные потери при переводе стиха, при создании кинокартины или пьесы на литературный сюжет и т. п. Перевод сам может стать произведением искусства, если он не буквальный, а создан по законам искусства. Но это уже другое произведение, вариация на тему, где неизбежно утеряно нечто от первоисточника.

Искусствоведческая наука не пересказывает смысл произведений, да и не может этого сделать. В лучшем

случае она дает содержательный комментарий, помогающий восприятию этого смысла. Наука о поэзии сравнительно легко раскрывает первичную семантику — конкретные значения отдельных элементов поэтического произведения (ритм, рифмы, ассоциации, образы). Но самый глубокий анализ конкретного стихотворения не равносителен по смыслу самому стихотворению, не заменяет исходный текст. В то же время любую научную работу можно пересказать разными способами, изложить на другом языке без потери смысла.

Точное знание грамматики и первичной семантики художественного языка помогает осознать выражаемый на этом языке глубинный смысл. Научный анализ не разрушает суть художественного, но обнажает его.

Искусство отличается от неискusstва не фантазией или изобретательностью творца, но законченностью и бесспорностью. Фантазия — это скорее свойство ученого, нежели художника, помогающее, первому вообразить, как могло бы быть устроено то, чего он на самом деле не знает. Когда физик сталкивается с противоречиями, обнаруженными в микромире, ему, как необходимая подпорка в его незнании, нужна «безумная теория», чтобы выйти как-то из тупика привычной логики. Такой род «безумства» для художника бесплоден. Оно означало бы только, что ему изменило внутреннее видение, способность ощущать глубинную реальность. То, что мы часто считаем «безумством» художника, проявляется в его способности оторваться от укоренившихся представлений о реальности, от штампа, скрывающего истинную реальность.

В науке уже сейчас заметны тенденции, роднящие ее с искусством: стремление к пользованию понятиями, обладающими абсолютным, а не условным смыслом; забота об адекватности применяемого языка и выражаемого смысла; использование эстетических критериев самостоятельности теории и т. п. Постепенно преобладают взгляды так называемой «позитивной науки», придающей абсолютное значение — наблюдаемым явлениям и относительное — их смыслу.

В работах великих ученых обычно присутствует элемент художественного видения мира. Возможно, именно чувство гармонии, красоты постигаемого смысла и роднит науку с искусством в их высших проявлениях. В глубоких научных исследованиях можно обнаружить высокую поэзию; подобно тому как высокой поэзии или музыке всегда свойственна неумолимая логичность и абсолютная точность знания и его выражения. Мир во всей своей полноте, физической и духовной, открывается поэту, наполняет его и выражается им. В творчестве поэта «стираются случайные черты» этого мира и открываются непреходящие ценности. Но ведь и в вершинах научного творчества открывается вечная истина, которая существовала всегда и останется истиной, что бы ни случилось на нашей планете.

УДК 401.

Рекомендуемая литература

Г. Э. Влэдуц, В. А. Успенский, Ю. А. Шрейдер. СЕМАНТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНФОРМАТИКИ. В сб. Теоретические проблемы информатики. М., 1970.

Р. Л. Гудстейн. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА. М., 1961.

Р. Карнап. ЗНАЧЕНИЕ И НЕОБХОДИМОСТЬ. М., 1958.

ЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА НАУЧНОГО ЗНАНИЯ. Сб. М., 1965.

А. А. Любичев. О КРИТЕРИЯХ РЕАЛЬНОСТИ В ТАКСОНОМИИ. В сб. Информационные вопросы семиотики, лингвистики и автоматического перевода, вып. 1. М., 1971.

А. И. Михайлов, А. И. Черный, Р. С. Гиларевский. ОСНОВЫ ИНФОРМАТИКИ. М., 1968.

Ю. А. Шрейдер. К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ СЕМИОТИКИ. В сб. Кибернетику на службу коммунизму, вып. 3. М., 1966.

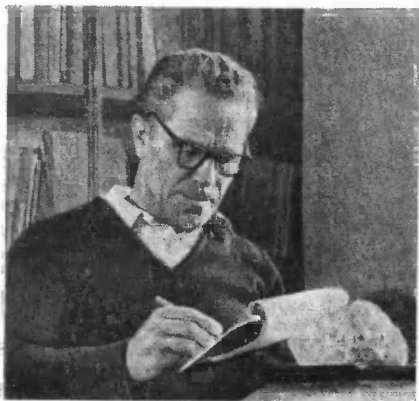
Русский мобилист начала XIX века

И. И. Белостоцкий

Кандидат геолого-минералогических наук

Корни всякого открытия лежат далеко в глубине, и как волны, бьющиеся с разбегу о берег, много раз плещется человеческая мысль около подготавливаемого открытия, пока придет девятый вал.

В. И. Вернадский



Игорь Иванович Белостоцкий, старший научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории зарубежной геологии. Специалист в области региональной геологии. Много лет работал в Алтае-Саянской области, изучая стратиграфию, тектонику, геоморфологию этой территории. Занимаясь геологической съемкой в одном из районов Динарида, заинтересовался проблемой тектонических покровов и гравитационных структур, по которым в последние годы опубликовал ряд научных работ.

Недавно автору этих строк случайно попала в руки изданная в 1820 г. книга русского любителя естествознания И. Д. Ертова «Мысли о происхождении и образовании миров» (первое издание вышло в 1805 г.)¹. В этой книге достаточно ясно высказан один из ранних вариантов идеи мобилизма, т. е. горизонтального перемещения материков.

Как известно, родоначальником теории дрейфа континентов, привлекающей такое большое внимание в наши дни, заслуженно считается А. Вегенер, который впервые четко сформулировал и аргументировал ее геологическими, а в особенности палеобиогеографическими данными.

Однако уместно вспомнить, что гипотезу дрейфа континентов совершенно независимо от А. Вегенера разрабатывал Ф. Б. Тейлор², а отдельные представления, ее предвосхищавшие, высказывались еще натуралистами XVII—XVIII столетий.

Первое дошедшее до нас высказывание о перемещении материков принадлежит аббату Р. Плассе и относится к 1668 г., т. е. появилось почти за 250 лет до работ А. Вегенера,

даже раньше зарождения самой геологии как науки. Есть основание считать, что мобилистические представления в конце 50-х гг. XVIII в. были известны М. В. Ломоносову. В своем труде «О слоях земных» он отмечал, что, по мнению некоторых ученых, сильные изменения климатической зональности Земли в геологическом прошлом происходили в результате крупных преобразований — «главных превращений» — земного шара, при которых «великие оною части перенесены с места на место чрезвычайным насильством внутреннего подземного действия»¹. Собственного отношения к этим представлениям М. В. Ломоносов не высказывает.

На рубеже XVIII и XIX столетий идея горизонтального смещения континентов, как считает Б. Л. Личков², который осветил историю леоболизма, проявлялась у Д. Геттона, Д. Плайфера и Дж. Гершеля, а затем в XIX в. высказывалась целым рядом исследователей — Ч. Ляйелем, Дж. Леббоком, Ш. Шредером, Р. Снидером, Дж. Эвансом и др. Среди них Б. Л. Личковым назван также русский ученый-самородок Е. В. Быханов, которого считают первым русским мобилистом послеломоносовского периода³.

¹ Эту книгу В. А. Осипов дал из своей личной библиотеки В. В. Белостоцкой, а она обратила внимание на содержащиеся в ней зачатки идеи мобилизма. При внимательном чтении книги стало совершенно ясно, что необходимо было дать оценку взглядов И. Д. Ертова с точки зрения истории мобилизма.

² К концу XIX — началу XX вв. относятся высказывания еще нескольких ученых, в большей или меньшей степени развивавших представление о перемещении материков, — Р. Веттерштейна, А. П. Карпинского, Ф. Сакко.

¹ М. В. Ломоносов. О слоях земных, 1954, стр. 616.

² Б. Л. Личков. Природные воды Земли и литосфера. Изд-во АН СССР, 1960.

³ Работы Е. В. Быханова, относящиеся к 1877 г., без фамилии автора были обнаружены в 1944—1946 гг. Г. Г. Леммлейном и Б. Л. Личковым, а его авторство установлено в 1948 г. Н. И. Леоновым.

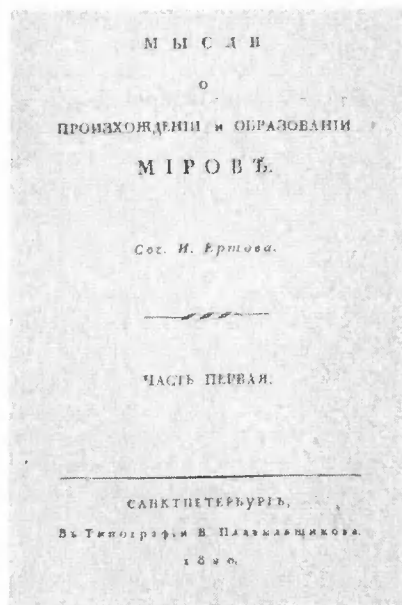
Тем с большим интересом я прочитал книгу еще одного русского автора, который значительно раньше, чем Е. В. Быханов, высказал мысль о перемещении материков и чье имя до сих пор при рассмотрении истории мобилизма не упоминалось вовсе. Но сначала — несколько слов о самом И. Д. Ертове¹. Он родился в 1777 г. в Петербурге, в семье купца, не получил никакого образования. Юношей поступил в приказчики к богатому купцу, но настолько пристрастился к чтению книг и увлекся наукой, что это помешало ему успешно заниматься коммерческой деятельностью, и он был разорен. В дальнейшем, работая в конторе, И. Д. Ертов посвящал науке также лишь свободное время и все же добился больших успехов в самых различных отраслях знания. Особое внимание он уделял астрономии, разработал собственную космогоническую гипотезу. Кроме различных вопросов естествознания, ученого-самородка интересовали история, просвещение, социальные вопросы и т. п.

В своей книге И. Д. Ертов, помимо вопросов астрономических, рассматривает происхождение материков и океанов, а также причины дислокаций горных пород, которые он пытается объяснить с позиций мобилизма.

Сводка научных представлений

В предисловии к своей книге И. Д. Ертов рассказывает, что еще в юности ему «пришли в голову первые мысли о движении миров и о происхождении неровностей на планетных поверхностях». В 1798 г. он начал издавать трактат под названием «Начертание естественных законов происхождения вселенной». В силу ряда причин (включая потерю состояния) довести до конца свой первоначальный замысел ему не удалось. В 1805 г. И. Д. Ертов выпустил в свет небольшую работу, содержащую основные положения прежней книги, назвав ее по-новому: «Мысли о происхождении и образзании миров».

¹ См. М. И. Шахнович. Первый русский космогонист И. Д. Ертов. «Природа», 1951, № 4, стр. 71—75.



Титул книги И. Д. Ертова, изданной в 1820 году.

Второе издание этой работы с дополнениями и поправками вышло в 1811 г., а третье, значительно расширенное, было подготовлено к 1820 г. (предисловие автора датировано 2 ноября 1819 г.). Это — обширное сочинение, включающее сведения по астрономии и общему земледоведению, данные о почвах, горных породах, полезных ископаемых, растительном и животном мире и т. д. Два первых раздела (а всего их семь) посвящены описанию Вселенной и Земли как планеты и объединены в часть 1, изданную в виде отдельной книги объемом 190 страниц.

Было бы неправильно рассматривать эту книгу как результат вполне оригинального исследования. Скорее это сводка важнейших научных данных конца XVIII — начала XIX вв. Однако при обсуждении тех или иных положений современной ему науки И. Д. Ертов нередко высказывает свои собственные соображения и идеи. Некоторые из них сейчас потеряли свое значение, а другие, наоборот, интересны во многих отношениях.

К числу интересных суждений автора относится, например, его представление о «начальном происхождении миров», т. е. планет, «из тончай-

шей первобытной жидкости, разложившейся по законам химическим в разные виды простых и сложных тел» (И. Д. Ертов, 1820, предисловие). Заслуживает упоминания и представление о том, что Земля состоит большей частью из твердых веществ, в связи с чем в ее фигуре неизбежны некоторые отклонения от формы эллипсоида вращения, вызываемые неравномерным распределением веществ по плотности. Интересен также вывод автора об изменчивости положения полюсов, с чем, по его мнению, должны быть связаны изменения климатической зональности Земли. Таких примеров можно было бы привести довольно много.

И. Д. Ертов как естествоиспытатель стремится рассматривать явления в их взаимосвязи. В частности, для важнейших процессов, происходящих на Земле и в ее недрах, он ищет объяснение во Вселенной. Подкупает стремление автора нарисовать общую, целостную и широкую картину мироздания, его убеждение в неизмеримости, бесконечности Вселенной, неисчислимости заключенных в ней миров, в беспредельном разнообразии их состава и облика. Замечательна и уверенность автора в познаваемости природных явлений, в растущих возможностях человеческого познания.

В то же время довольно часто проявляется и определенная ограниченность его представлений. Например, если он говорит о каких-либо крупных изменениях в строении планет, то представляет их как единичные акты творения или сугубо катастрофические перевороты. Эти и другие проявления метафизического или идеалистического мышления естественны для человека, чьи взгляды формировались на рубеже XVIII и XIX вв. В них сказывался и общий уровень науки той эпохи. Геология тогда только зарождалась, сущность геологических процессов оставалась неясной, в самом разгаре были споры непутистов и плутонистов, никто не имел хотя бы приблизительного понятия о длительности геологического времени и т. д. И все же многие положения, заключенные в книге, поразительно верны, а в ряде случаев и опережают свое время. Задолго до

того, как появилась реальная возможность постановки проблемы дрейфа континентов, автор попытался сформулировать эту проблему.

Тектонические воззрения

Говоря об условиях залегания горных пород на материках, И. Д. Ертов отмечает, что «нередко встречаются тяжелые тела лежащими на легких и твердые на слабых». Это служит выражением тектонических перемещений, особенно интенсивно проявившихся в горах. Если обычно осадочные толщи лежат слоями друг на друге горизонтально или со слабым наклоном, то «в гористых местах настилка сих веществ иногда так бывает исковеркана, что слои сии лежат... почти перпендикулярно к поверхности».

Образование дислокаций, происхождение гор и материков, как думает автор, должны иметь общую причину, объяснить которую ранее не удавалось. Обычно предлагалось одно из трех объяснений (или их комбинация): влияние вулканизма, разрушительные наводнения (в том числе «всемирный потоп») и деформация пород в результате кристаллизации и просадки. Все эти объяснения И. Д. Ертов считает недостаточными.

Как пережиток средневековых представлений о «всемирном потопе» большой популярностью в конце XVIII в. пользовалась разделявшаяся многими естествоиспытателями мысль, что уровень океана в прошлом был на тысячи метров выше современного и приближался к уровню высочайших горных вершин. Подтверждение этому видели в том факте, что на горах до 4000 м абсолютной высоты встречаются ископаемые остатки морских животных (раковины). И. Д. Ертов возражает против этого представления. Понижение уровня океана на 4000 м по отношению к прежнему он считает невероятным, хотя и допускает некоторые, сравнительно небольшие его изменения (т. е. эвстатические колебания, если говорить современным языком). Ему кажется более правдоподобным, что перемещалось само твердое ве-

щество Земли, местами нагромождаясь в виде гор и образуя изгибы пластов, ранее лежавших горизонтально. Об этом свидетельствуют уже упомянутые данные о значительной деформации толщ и об их частичном раздроблении, в том числе и тех слоев, в которых содержатся окаменелости. Он обращает внимание на то, что органические остатки встречаются не просто на поверхности гор, а «в природном веществе своем» — внутри слоев горных пород, чаще всего известняков. Тем самым подчеркивается одновременность осадконакопления и захоронения окаменелостей; и то, и другое имело место до движений, обусловивших деформации слоев.

Но если при постоянстве объема гидросферы твердое вещество Земли перемещалось с одних мест на другие, образуя нагромождения в виде гор до нескольких тысяч метров высотой, то в тех местах, откуда это вещество переместилось, должны были образоваться соразмерные таким нагромождениям впадины, которые и заполнились водами океана. Так устанавливается общность причин образования гор (с их интенсивно дислоцированными толщами), происхождения материков и океанических впадин.

Чтобы выяснить природу этих причин, И. Д. Ертов обращается к некоторым особенностям расположения и очертаний материков и размещения гор на их поверхности. Он констатирует, что, во-первых, большинство материков сосредоточено в Северном полушарии, во-вторых, форма материков часто приближается к треугольной, причем один из углов (обычно острый) бывает оттянут к югу, а в-третьих, мощные и протяженные горные цепи иногда явно тяготеют к западной или юго-западной окраине континента, примером чему служат Кордильеры Америки. Автор говорит также о некотором соответствии в форме материков и расположенных к востоку от них океанов и замечает сходство в очертаниях восточного берега Южной Америки и западного берега Африки.

Для объяснения этих явлений И. Д. Ертов предлагает в сущности мобилистическую идею. Он допускает, что

вращение Земли могло привести к тому, что верхние части ее твердой оболочки отстали от более глубоких частей в своем движении в направлении вращения (с запада на восток), т. е. испытали относительное смещение с востока на запад. При этом оторванное от своего основания вещество должно было нагромождаться в виде высоких гор, обращенных крутым склоном к западу, а позади этих гор образовались более низкие горы, возвышенности и равнины. Это движение вещества, несомненно, было способно стать причиной сильнейших деформаций толщ и даже беспорядочного нагромождения их друг на друга. Позади каждого возникшего таким путем континента должны были остаться обширные шрамы или углубления, откуда отрывалось перемещенное вещество; они стали местами современных океанов. Выражая это представление, автор прямо называет Атлантический океан «бывшим недром Америки».

Асимметрию Земли — сосредоточение материков преимущественно в Северном полушарии — автор пытается объяснить, исходя из той же предпосылки о решающем влиянии ротационных сил. Он предполагает, что на распределение материков и океанов каким-то образом мог повлиять наклон земной оси, т. е. ее неперпендикулярность к плоскости солнечного экватора. Однако попытка конкретизировать это представление выглядит совершенно неубедительной. По И. Д. Ертову, материки «выкатились» на севе́р потому, что в то время, когда произошло первое осевое вращение, Земля была повернута Северным полушарием от Солнца, в связи с чем Южное получило большую силу вращения. Даже если бы можно было допустить, что наша планета начала вращаться вокруг своей оси совершенно внезапно, то и в этом случае трудно понять ход мыслей автора. Но главная его ошибка — в совершенно ненаучном, метафизическом допущении именно такого внезапного перехода от полного покоя к стремительному вращению, причем до начала вращения Земля должна была представлять уже «готовый», твердый шар, окруженный водной оболочкой. Здесь мы сталки-

ваемся с проявлением катастрофизма в самой крайней и примитивной форме. Однако если вместо перехода от полного покоя к быстрому вращению допустить наличие определенных колебаний в ротационном режиме Земли, некоторых ускорений и замедлений ее вращения, то мысль о влиянии наклона земной оси на геодинамику может оказаться не такой уж абсурдной.

Вот как И. Д. Ертов представляет себе причины особенностей строения материков: покрытые сплошным слоем воды «в несколько сот сажен толщиной» верхние слои твердого вещества, «...не могшие удержаться на своем месте, сдвинулись в противоположную сторону вращения или, правильнее, отстали... и, напирая друг на друга, навалили в одних местах высокие бугры, а в других... оставили глубокие ямы; и таким образом искося и даже местами исковеркав первичную настилку вещества, произвели на поверхности земной выпуклые края первоклассных гор, склонами к западу обращенные; за оными выкатились из углублений последующие бугры и... произвели побочные горы и отроги, а сии, понижаясь, ...превратились, наконец, в холмы и равнины». И далее: «...По сему умозрению материка должны были выкатиться от востока к западу... в равных пропорциях на оба полушария». Но к действию кориолисовых сил прибавилось влияние «...наклонения земной оси, отчего и материка соответственно сим двум причинам получили косое расположение».

В другом месте, обсуждая вопрос, почему морские раковины иногда встречаются высоко в горах, автор пишет, что «раковины родились» еще до того, как «твердое вещество сдвинулось буграми и произвело возвышения и углубления, то есть материка и вместилища для океанов;... и которые слои лежали прежде ...на дне морском, те вместе с раковинами, кораллами и прочими морскими произведениями поднялись из-под воды и остались частью **под накатившимися сзади буграми** (подчеркнуто нами.— И. Б.), а частью сами... образовали горы и долины...»

Хочется обратить внимание читателей на те слова, которые выделены

нами в последней цитате. Речь идет о толщах морских отложений, которые перекрыты «накатившимися сзади» массами твердого вещества, перемещавшегося в горизонтальном направлении при образовании гор и континентов. Здесь автор в связи с общими мобилистическими посылками между строк выразил идею надвига и в известной мере предвосхитил покровную теорию, хотя вряд ли точно знал о реальном существовании тектонических перекрытий.

Это служит еще одним примером того, что даже при весьма невысоком общем уровне знаний и отсутствии необходимых фактических данных естествоиспытатели прошлых столетий иногда проявляли удивительно верную интуицию, предугадывая решение вопросов, приобретающих особое значение для ученых последующих поколений.

Некоторые выводы

Если мы познакомимся с историей мобилизма в изложении Б. Л. Личкова (1960), то без труда заметим следующие характерные обстоятельства.

Ставя вопрос о перемещении континентов, ученые разных эпох, по крайней мере четырежды до А. Вегенера, указывали на поразительное сходство в очертаниях противоположных берегов Атлантики: Р. Пласе в 1668 г., Р. Снидер в 1856 г., Е. В. Быханов в 70—90-х годах XIX в., Ф. Сакко на рубеже XIX и XX в. Теперь этот ряд имен надо удлинить, причем вторым в нем должен быть назван И. Д. Ертов, указавший в начале XIX в. на сходство атлантических берегов Южной Америки и Африки. Отмеченное сходство — это, конечно, далеко не решающий довод в пользу мобилизма. Однако характерно, что такой довод давно возникал у исследователей и служил одним из отправных пунктов для зарождения мобилистических представлений. Со времени А. Гортон и Дю Тойта, кроме очертаний берегов, стали обращать внимание на сходство геологического строения и тектоники противлежащих районов Африки и Южной Америки, разделенных Атлантическим океаном.

Известно, что появление идеи перемещения материков почти всегда было сопряжено с попытками объяснить палеоклиматические данные. Это в полной мере проявилось и в цитированном высказывании М. В. Ломоносова и в более поздних работах, включая теорию самого А. Вегенера. Для И. Д. Ертова этот аргумент также имел существенное значение.

Не менее характерно, что многие ученые, высказывая свои догадки о дрейфе континентов, связывали это явление с ротационным режимом Земли и влиянием на нее Луны и Солнца. В последнем случае обычно подразумевается приливное трение (эффективность его воздействия, как отмечает Б. Л. Личков, предсказывалась еще Е. В. Быхановым). Это направление теоретической мысли также было в значительной мере предугадано И. Д. Ертовым — он прямо связывает геодинамику с вращением Земли. Однако нельзя не признать, что влияние Солнца на земной шар понимается им чрезвычайно упрощенно (в форме «передачи силы обращения»), а влияние Луны, если не считать морских приливов и отливов, вообще не учитывается. Впрочем, современные концепции мобилизма, в том числе так называемая новая глобальная тектоника, или тектоника плит литосферы, связывают перемещения континентов с совершенно иными причинами — в первую очередь с конвекционными потоками подкорового, мантийного вещества.

Многие ученые, участвовавшие в разработке концепции мобилизма, пытались объяснить образование гор с их складчатой структурой теми же причинами, с которыми связано возникновение материков и океанов. Причем они обращали внимание на особенности расположения горных систем и континентов, на общие черты лика Земли, в частности ее асимметрию и т. п. По этому пути также пошел И. Д. Ертов.

Таким образом, основной ход мыслей этого ныне не заслуженно забытого естествоиспытателя во многом поразительно совпадает с общим направлением, в котором развивались идеи мобилизма в течение последующего столетия.

Наносекундный ускоритель электронов

Профессор Г. А. Месяц

С. П. Бугаев

Кандидат технических наук



Геннадий Андреевич Месяц, доктор технических наук, заместитель директора Института оптики атмосферы СО АН СССР, руководитель отдела электроники; специалист по импульсной технике, эмиссионной электронике и электрическим разрядам в газе и вакууме. С 1967 г. занимается исследованиями по генерированию мощных наносекундных электронных пучков. Автор ряда работ и монографий: Техника формирования высоковольтных наносекундных импульсов, М., Атомиздат, 1963; Формирование наносекундных импульсов, М., «Энергия», 1970. Лауреат премии Ленинского комсомола.



Сергей Петрович Бугаев, руководитель лаборатории электроники Института ядерной физики при Томском политехническом институте. Автор работ по физике вакуумного разряда, эмиссионной электронике и генераторам мощных электронных пучков. Лауреат премии Ленинского комсомола.

Прогресс в изучении атомного ядра и элементарных частиц тесно связан с увеличением энергии ускорителей. Эксперименты в физике высоких энергий направлены на исследование процессов, происходящих при столкновениях разогнанных в ускорителе частиц с ядрами вещества-мишени. Чем больше энергия частицы-«снаря-

да», тем большее число ядерных реакций можно наблюдать. До энергии 76 млрд эв разгоняет протоны Серпуховской ускоритель — самый большой в мире.

Важная информация о процессах, происходящих между взаимодействующими частицами, может быть получена и при использовании легких

частиц — электронов с большими энергиями. Характер отклонения или рассеяния электронов позволяет судить о пространственном распределении электрических и магнитных полей в частицах. На линейном ускорителе в Стэнфорде (США) электроны разгоняются до энергии 21,5 млрд эв. К сожалению, обычно количество ускоренных до высоких энергий частиц невелико и ток их составляет миллионные или, в лучшем случае, тысячные доли ампера.

Ускорители применяются не только для научных исследований в ядерной физике¹. В медицине и биологии, например, с их помощью изучают влияние излучения на организмы. Широко используются ускорители в промышленной дефектоскопии — для неразрушающего контроля крупногабаритных и толстостенных изделий и материалов; в машиностроении — для скоростной фотографии быстро движущихся деталей машин и механизмов; в физике, химии и во многих других областях.

Для всех этих целей применяют в основном электронные ускорители — бетатроны, микротроны, линейные ускорители, выбор которых определяется уже не максимальной энергией, а количеством ускоренных частиц и стоимостью установки. Обычно выбирают установки, дающие энергию электронов от 1 до 20 Мэв и ток от сотых долей до единиц ампера.

В последние годы созданы установки, которые генерируют электронные пучки с энергией свыше 10 Мэв и то-

¹ См. С. П. Капца. Магнитно-тормозное излучение — новый инструмент исследований. «Природа», 1971, № 10.

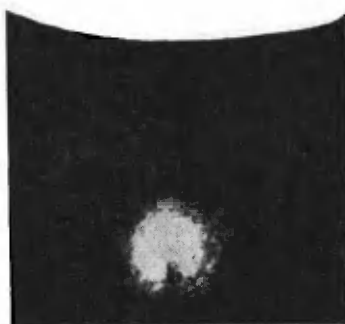
ком в 200 тыс. а. Импульсная мощность такого электронного пучка составляет $2 \cdot 10^{12}$ вт (два миллиарда киловатт!), что превышает установленную мощность всех электростанций мира в 1970 г. Правда, электростанция способна давать энергию длительный срок, а электронный пучок такого ускорителя — лишь очень короткое время, измеряемое десятками наносекунд (наносекунда — одна миллиардная доля секунды).

Наносекундный ускоритель отличается от уже известных огромным током, невиданным ранее числом электронов в пучке (до $10^{15} \div 10^{18}$ электронов в импульсе), большой концентрацией энергии и очень малой длительностью импульса тока. Совокупность этих качеств позволяет использовать такой ускоритель в самых различных целях.

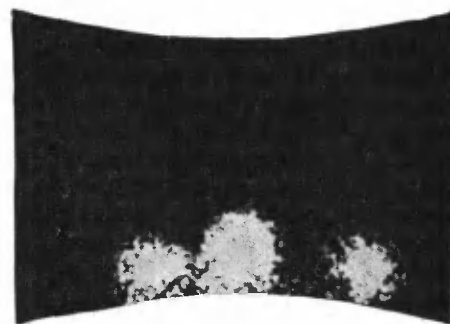
Взрывная эмиссия электронов

Во всех известных ускорителях разгоняемые частицы либо совершают большое число оборотов по круговым орбитам, постепенно увеличивая свою энергию, либо последовательно проходят ряд ускоряющих промежутков, к которым приложено электрическое напряжение. В наносекундном ускорителе существует лишь один ускоряющий зазор, к которому приложена вся разность потенциалов. В известном смысле это возвращение назад, к истокам ускорительной техники. Но такой шаг дает возможность применить вместо термоэмиссионных катодов, ток которых не превышает 100 а, катоды со взрывной эмиссией электронов, позволяющие получать токи до 1 млн а.

Для получения таких больших токов часто используют катоды в форме металлического острия. Если к металлическому острию приложить высокое напряжение, напряженность электрического поля на его кончике будет равна приблизительно V/r , где V — напряжение, r — радиус кривизны кончика. Если, например, амплитуда импульса напряжения 10^6 в, а радиус кончика 10^{-2} см, то напряженность поля составит величину $\sim 10^8$ в/см. При столь высокой напряженности поля из металлического



а



б

Рис. 1. Фотографии плазменных сгустков у поверхности катода, образованных в результате взрыва микроострий: а — острый катод; б — плоский катод. Снимки сделаны с помощью электронно-оптического преобразователя; время экспозиции 2 нсек; яркость изображения усилена в 10 тыс. раз.

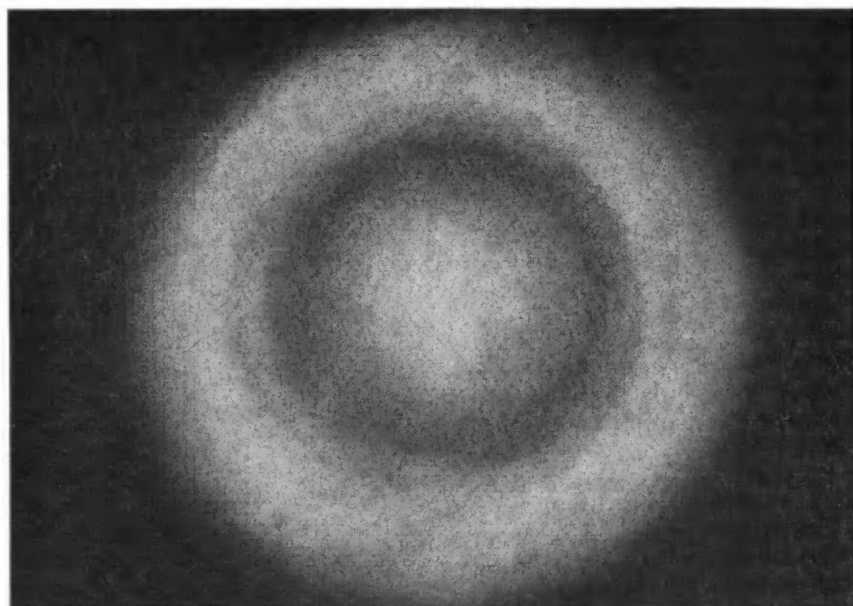


Рис. 2. Структура потока электронов, эмиттируемого катодом-острием. Электроны выходят не только из кончика острия, но также из боковой поверхности. Под влиянием магнитного поля, которое создается электрическим током, текущим через острие, возникает «кольцеобразная» структура пучка.

острия за счет холодной электронной эмиссии вырываются электроны, плотность тока которых для вольфрамового острия — около 10^9 а/см².

Долгое время считали, что электроны из катода-острия извлекаются именно за счет автоэлектронной эмиссии. Однако при чрезвычайно высокой плотности тока уже через время, не большее 10^{-9} сек, происходит взрыв кончика острия, аналогично взрыву металлической проволоки, если по ней пропустить за ко-

роткое время большой ток. Как известно, энергия, выделяемая в единице объема проводника, по которому течет ток, равна произведению квадрата плотности тока на удельное сопротивление и время. С повышением температуры металлического острия растет его удельное сопротивление. Кроме того, увеличивается плотность тока, так как автоэлектронная эмиссия при высокой температуре становится термоавтоэлектронной. Это приводит к еще большему разогреву

острия. В результате кончик острия взрывается и образуются пары металла¹, которые сильно разогреваются проходящим электронным пучком, ионизируются и образуют плазму (рис. 1, а). Взрыв острия и образование плотной плазмы вокруг него приводит к усилению тока электронов, испускаемого острием². Напряженность электрического поля на катоде в течение всего импульса поддерживается очень высокой из-за плотной плазмы вблизи острия. Эмиссия электронов, усиленная электрическим полем плотной плазмы, образованной в результате взрыва острия, была названа взрывной эмиссией.

Взрывная эмиссия электронов происходит и при использовании плоских металлических катодов, на поверхности которых нет видимых простым глазом острий. Однако, как показывают исследования таких поверхностей, на них всегда существуют тонкие микроскопические выступы, напряженность электрического поля на которых, по сравнению со средней напряженностью поля в промежутке, будет возрастать приблизительно в H/r раз (H — высота, r — радиус кончика). Это усиление поля может быть стократным и более³. Поэтому эмиссия электронов с плоских катодов также происходит за счет взрыва микровыступов (рис. 1, б).

После взрыва острия плазма металла расширяется в вакууме со скоростью $v = (2 \div 3) 10^8$ см/сек и заполняет ускоряющий промежуток через время $t = d/v$, где d — длина промежутка. Поэтому длительность импульса тока не может быть больше, чем время t . Электронный пучок, получаемый с одиночного острия, сильно расходится и обладает неоднородной структурой (рис. 2). Эти недостатки можно устранить, если использовать катод с большим числом эмиттирующих центров, например

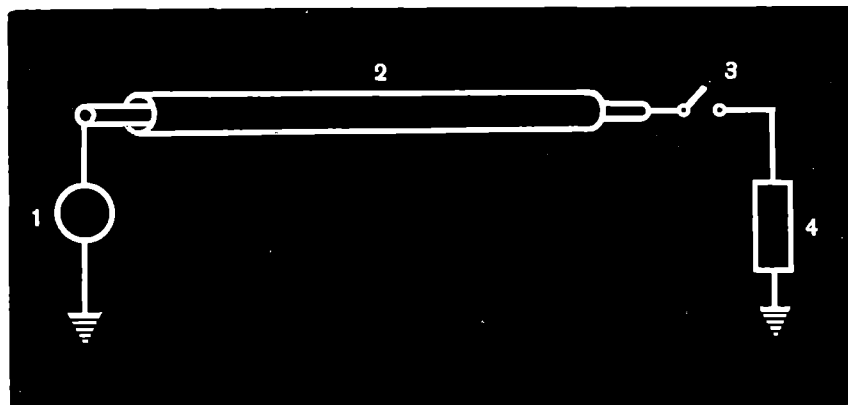


Рис. 3 Схема генераторов импульсного напряжения с одиночной формирующей линией: 1 — источник высокого напряжения; 2 — формирующая линия; 3 — искровой разрядник; 4 — нагрузка.

многоострый катод. В некоторых ускорителях для получения на катоде значительного числа эмиттирующих центров используют разряд по поверхности диэлектрика. При этом на диэлектрике создают большое число металлических эмиттеров (например, на диэлектрик натягивают металлическую сетку) или, наоборот, в плоский металлический катод впрессовывают диэлектрические вкладыши. В местах контакта диэлектрика и металла усиливается электрическое поле (особенно, если диэлектрическая проницаемость $\epsilon \gg 1$) и с этих мест развивается поверхностный разряд. Так как скорость движения плазмы по поверхности диэлектрика $\sim 10^7$ см/сек, т. е. больше, чем в вакууме, то весь катод быстро покрывается плазмой и эмиттирует электроны со всей поверхности¹.

Генерирование наносекундных импульсов

Для ускорения электронов, эмиттируемых катодом, необходим импульс высокого напряжения и малой длительности. Генератор импульсов состоит из трех элементов (рис. 3): источника напряжения, формирующей линии и коммутатора. В качестве источника обычно применяют генератор постоянного напряжения Ван де

Граафа, импульсный генератор Маркса, а также различные импульсные трансформаторы. При использовании импульсных зарядных устройств размеры генератора можно сделать существенно меньшими, чем при использовании источника постоянного напряжения, так как электрическая прочность изоляции при импульсном напряжении выше, чем при постоянном. Для формирования импульсов высокого напряжения прямоугольной формы с длительностью $\sim 10^{-7}$ сек и менее применяют отрезки коаксиальных или полосковых линий, представляющих собой металлические трубы, вставленные одна в другую, либо полосы металла, изолированные друг от друга.

Как работает такой генератор? Источник высокого напряжения «медленно», в течение секунд или микросекунд, заряжает формирующую линию. Когда линия заряжена, осуществляется электрический пробой изолирующей среды между электродами коммутатора, и линия соединяется с нагрузкой. При этом происходит разряд формирующей линии через коммутатор, вследствие чего на нагрузке появляется импульс напряжения.

Нетрудно видеть, что время нарастания напряжения от нуля до амплитудного значения (так называемая длительность фронта импульса) будет определяться быстротой срабатывания коммутатора и его собственным сопротивлением. Действительно, чтобы получить импульс тока с амплиту-

¹ Например, при плотности тока $5 \cdot 10^7$ а/см² с площадки молибденового острия размером 10^{-6} см² испаряется в среднем около $3 \cdot 10^{-3}$ г/сек металла.

² См. Г. А. Месяц, Д. И. Проскуровский. Письма в ЖЭТФ, т. 13, 1971, вып. 1, стр. 7.

³ См. Г. Н. Фурсей, П. Н. Воронцов-Вельяминов, ЖТФ, 1967, т. 37, № 10.

¹ См. С. П. Бугаев, Г. А. Месяц. ЖТФ, 1967, т. 37, № 10.

дой в 200 тыс. а и фронтом 10^{-8} сек, коммутатор должен обеспечить скорость переключения в $2 \cdot 10^{13}$ а/сек! Решение этого вопроса при напряжениях генератора в миллион и более вольт встречает серьезные технические трудности. Создание такого коммутатора — главное в решении всей проблемы наносекундного ускорителя.

Основные потери энергии происходят в коммутаторе, поэтому собственное сопротивление коммутатора определяет коэффициент полезного действия ускорителя. Снижения потерь энергии в коммутирующем разряднике и увеличения скорости переключения можно достичь, используя параллельное включение большого числа искровых каналов. Это позволяет уменьшить сопротивление коммутатора во столько раз, сколько включено каналов. Уже существуют коммутаторы с большим числом каналов в твердом диэлектрике. Однако зажечь одновременно несколько искровых каналов в мощном газовом коммутаторе очень трудно¹.

Интересные возможности открываются при инициировании разряда в газе пучком ускоренных электронов². При этом удается или обойтись без канала разряда или за время порядка нескольких наносекунд осуществлять параллельное зажигание большого числа каналов.

Получение и фокусировка релятивистских электронных потоков

Мощный релятивистский электронный пучок обладает рядом удивительных свойств, которые были установлены Г. И. Будкером, В. Беннетом, Х. Лоусоном и др. Схема наносекундного ускорителя, создающего такой пучок, показана на рис. 4, а его общий вид — на рис. 5. Электронный пучок из диода через окно направляется в камеру для его фокусировки или выводится непосредственно в

¹ Одновременно зажигать несколько каналов можно также, используя несколько лучей лазера.

² См. Б. И. Ковальчук, В. В. Кремнев, Г. А. Месяц. ДАН, т. 191, 1970, № 1.

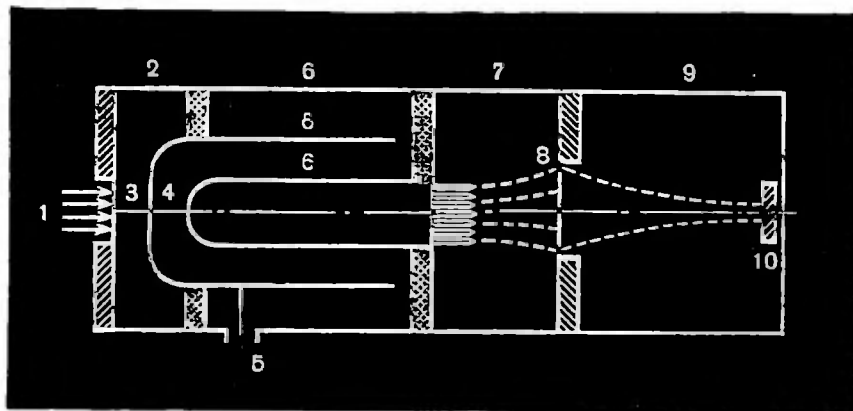


Рис. 4. Схема наносекундного ускорителя: 1 — пучок электронов, которые инициируют разряд в газе, заполняющем коммутатор. Пучок проникает в коммутатор через окно из тонкой металлической фольги. Таким образом можно зажечь разряд за несколько наносекунд; 2 — заполненный газом коммутирующий разрядник; 3, 4 — электроды коммутатора; 5 — зарядка накопителя; 6 — накопитель из трех коаксиальных труб; 7 — вакуумный диод, в котором образуется мощный электронный пучок; между электродами этого диода приложена ускоряющая разность потенциалов; 8 — окно из тонкой металлической фольги, прозрачное для ускоренных электронов и герметизирующее вакуумный диод; 9 — дрейфовая камера, в которой пучок фокусируется; 10 — мишень.

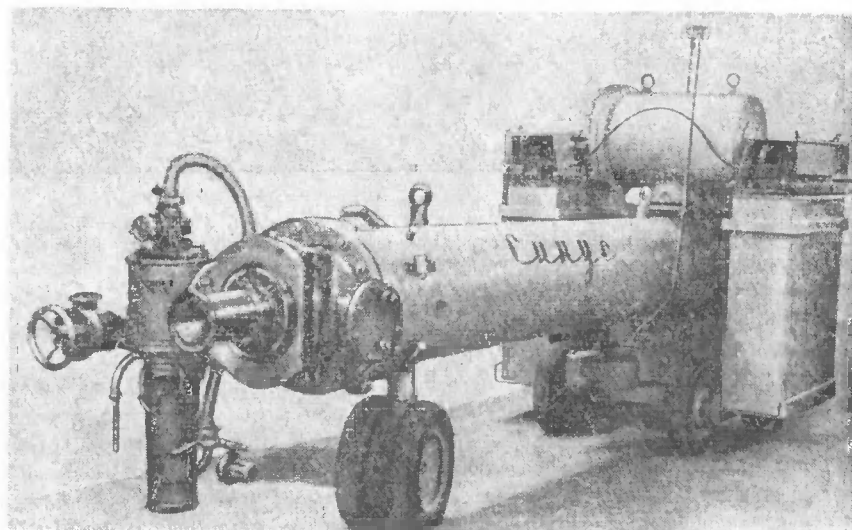


Рис. 5. Фотография наносекундного ускорителя электронов с энергией 1 Мэв, током 35 тыс. а и длительностью импульса 40 нсек. В этом ускорителе коммутатор запускается электронным пучком.

атмосферу, но так как в диоде — вакуум, а в камере — газ, то окно, чтобы оно не пропускало газ в диод, закрывается фольгой из алюминия или титана толщиной в десятки мкм.

Поток электронов, выведенный из диода, стремится расширяться под действием электростатического отталкивания. Можно компенсировать

эти силы, если пропускать электронный пучок сквозь «фон», состоящий из частиц с положительным зарядом. Такая ситуация получается, когда пучок проходит сквозь газ. При соударениях с электронами часть газовых молекул превращается в положительные ионы, и образуется плазма. В зависимости от соотношения числа

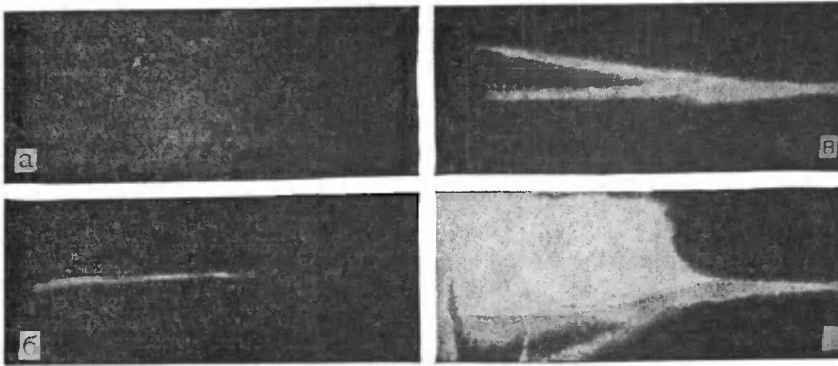


Рис. 6. Форма электронного пучка в дрейфовой камере при разных давлениях: а — при $p = 10^{-3}$ мм рт. ст.; б — при $p = 10^{-1}$ мм рт. ст.; в — при $p = 1$ мм рт. ст.; г — при $p = 760$ мм рт. ст. Ток электронов в пучке 50 тыс. а; энергия электронов 3 Мэв.

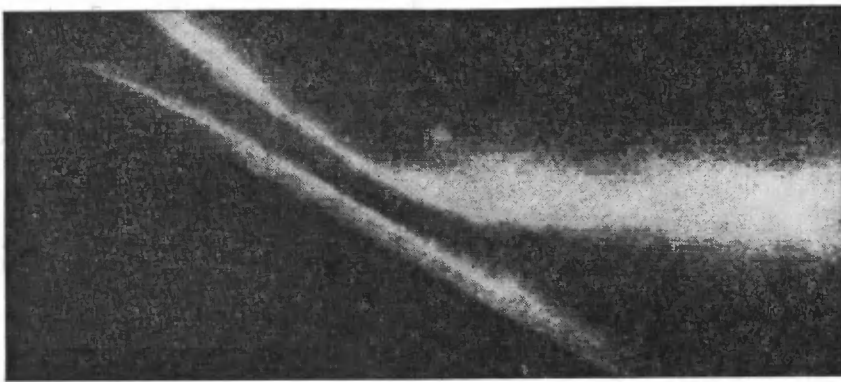


Рис. 7. Отражение пучка электронов от металлической поверхности происходит так, как если бы за поверхностью проходил совершенно такой же пучок.

электронов n_e и ионов n_i в единице объема пучка можно достичь частичной компенсации — $n_e \gg n_i$, полной — $n_e = n_i$ и даже перекомпенсации, когда $n_e < n_i$.

Однако в сильнооточных релятивистских пучках действует и другая сила, направленная противоположно силам расталкивания. Дело в том, что движущиеся электроны порождают магнитное поле, которое стремится сжать пучок. Чем больше скорость частиц, тем сильнее сжимающая сила.

Еще одна интересная особенность наносекундного релятивистского электронного пучка состоит в том, что в плазме, которую пронизывает такой пучок, за счет самоиндукции образуется встречный ток, текущий в направлении, противоположном току в пучке. Этот ток создает магнитное

поле, способное нейтрализовать поле самого пучка.

Итак, поведение пучка, проходящего сквозь плазму или газ, определяется совокупностью электрических и магнитных полей, созданных пучком. Если изменять давление газа, сквозь который проходит пучок, меняется и соотношение сил, обусловленных электрическими и магнитными полями, и это определяет поведение пучка. При давлениях в дрейфовой камере ниже 10^{-3} тор, т. е. примерно в миллион раз меньше атмосферного, радиальные силы расталкивания превyšают все остальные. Это приводит к рассеиванию пучка (рис. 6, а).

Вполне понятно, что исследователей интересует вопрос о предельных токах такого пучка. После быстрой нейтрализации объемного заряда

электронов при прохождении пучка через газ остается только сжимающее магнитное поле. Чем больше мы будем увеличивать ток в пучке, тем сильнее будет это поле. В конце концов собственное магнитное поле становится настолько сильным, что «пережимает» и ослабляет пучок (см. рис. 6, г): электроны в пучке резко изменяют траектории своего движения, что и приводит к ослаблению тока.

Если мощный релятивистский пучок проходит вблизи металлической поверхности, то быстро нарастающее магнитное поле, связанное с пучком, наводит в проводнике вихревые токи встречного направления. Складывается такая ситуация, будто за поверхностью металла расположен проводник с током равной силы, но противоположного направления. Поскольку магнитные поля двух токов встречного направления приводят к расталкиванию проводников, электронный пучок отклоняется от металлической поверхности (рис. 7) и даже закручивается, если его ввести в полое металлическое кольцо. Это свойство делает возможным транспортировку такого пучка в металлической трубе. Электронный луч, инжектированный в полое металлическое кольцо, может вращаться в нем довольно долгое время, поэтому возможно накопление электронов в таком кольце путем многократного инжектирования.

Применение мощных электронных пучков

Прежде всего отметим использование наносекундного ускорителя в качестве поставщика электронов, которые в дальнейшем разгоняются до более высоких энергий в другом ускорителе. Считается перспективным применение плотных релятивистских электронных пучков для повышения эффективности ускорителей на встречных пучках, а также для создания мощных накопителей ускоренных частиц.

Интересны перспективы применения мощных электронных пучков для коллективного метода ускорения ионов, предложенного В. И. Векслера.

ром¹. Идея этого метода состоит в следующем. В ускорителе создается плотный сгусток релятивистских электронов. Если в этот сгусток ввести некоторое количество положительных ионов, то они будут захвачены электронами и получат такую же скорость, как и разгоняемый электронный сгусток. Однако энергия этих ионов в конце цикла ускорения будет больше энергии электронов во столько раз, во сколько релятивистская масса ионов больше массы электронов.

Резкое торможение электронов при попадании их на металлическую мишень приводит к появлению рентгеновских лучей и γ -квантов. Отметим, что генерация тормозного излучения — наиболее давнее применение ускорителей прямого действия (пример — рентгеновская трубка). Малая продолжительность испускания электронного пучка и огромный ток частиц позволили использовать наносекундный ускоритель как мощный источник импульсов γ -излучения очень короткой длительности². Такие импульсы излучения находят применение, при сверхскоростном фотографировании быстротекущих процессов, происходящих в глубине массивных тел. Примерами могут служить взрывы, ударные волны в гидродинамических трубах и т. п. Для получения четких фотографий таких процессов, кроме большой интенсивности излучения, необходимо, чтобы время экспозиции было много меньше времени существенного смещения снимаемого объекта.

На страницах научной печати обсуждается вопрос о перспективах применения мощного релятивистского электронного пучка для инициирования управляемой термоядерной реакции. Вследствие трудности, связанных с удержанием плазмы в магнитном поле, предлагается осуществлять нагрев дейтерий-тритиевой смеси до термоядерных температур за столь короткое время, чтобы плазма без всяких удерживающих магнитных

полей не успела разлететься. Для реализации этой идеи необходим способ, позволяющий освободить в объеме нескольких кубических миллиметров вещества за очень короткое время огромную энергию (порядка 10^{14} эрг). Н. Г. Басов с сотрудниками¹ предложили использовать для этой цели облучение дейтерий-тритиевой мишени гигантским импульсом лазера.

При попадании мощного релятивистского электронного пучка на мишень вещество взрывается из-за мгновенного выделения большой энергии. При этом образуется плазма, нагретая до высокой температуры. Эффект аналогичен воздействию на мишень лучом лазера. Однако чтобы получить выход термоядерной энергии, необходимо еще почти в сто тысяч раз повысить плотность электронного пучка и решить ряд сложных технических вопросов.

При прохождении электронного пучка через газ за очень короткое время образуется плазма в больших объемах. Это рождает ряд новых возможностей применения наносекундного ускорителя. Например, если электронный пучок инжектировать в газовый промежуток между электродами, к которым приложено напряжение, можно четко управлять моментом начала разряда и включать большие токи за очень короткое время. Накачка лазеров электронным пучком позволяет получать вспышки лазерного излучения очень большой мощности. И, наконец, мощный электронный пучок может быть использован для плазмо-химических процессов: для разложения сложных веществ (например, крекинга нефти) и для синтеза сложных соединений.

При облучении твердых тел на обычных ускорителях исследователь «видит» конечный продукт совершившихся процессов и, подобно археологу, восстанавливает сложную цепь превращений (механизм реакций) по конечным продуктам. Использование короткого и мощного импульса электронов позволяет за короткое время произвести достаточно сильное возбуждение твердого тела, чтобы затем

проследить всю цепь превращений, в которых одни короткоживущие состояния переходят в другие, вплоть до появления конечных продуктов.

Перспективы

Перспективы увеличения мощности в электронном пучке связаны с дальнейшим наращиванием энергии в накопительном устройстве импульсного генератора и совершенствованием методов передачи этой энергии электронному пучку.

Во всех разработанных до сих пор импульсных ускорителях электронов накопление энергии происходит в емкостном накопителе (в линии или в конденсаторе). Как известно, удельная энергия, содержащаяся в таком накопителе, пропорциональна ϵ — относительной величине диэлектрической проницаемости изолятора. Сейчас в качестве диэлектрика накопительных линий используют главным образом трансформаторное масло, для которого $\epsilon = 2,2$, а рабочая напряженность электрического поля $E = 2 \cdot 10^5$ в/см. В этом случае удельная энергия, накопленная в емкостном накопителе, составляет $3,5 \cdot 10^{-3}$ дж/см³. Из-за такой низкой удельной энергии габариты ускорителей, формирующие линии которых заполнены трансформаторным маслом, велики. Так, импульсный источник γ -излучения «Гермес-11» был смонтирован вместе с зарядным устройством в металлическом баке диаметром 6,7 м и длиной 26 м. Объем трансформаторного масла 680 м³.

Плотность энергии современных конденсаторов составляет 10^{-1} дж/см³. Оценки показывают, что для решения ряда проблем необходимо получить энергию в пучке до 10^8 дж. Следовательно, объем емкостных накопителей для таких энергий будет составлять тысячи м³.

Естественно, что создание столь больших накопителей встретит серьезные трудности. Заманчивыми в связи с этим кажутся попытки использовать в качестве диэлектрика емкостного накопителя воду. Диэлектрическая проницаемость воды $\epsilon = 80$, что почти в 40 раз превосходит диэлектрическую проницаемость трансформаторного масла. Кроме того, известно, что при воздействии импульса

¹ См. В. П. Саранцев. Новый метод ускорения ядерных частиц. «Природа», 1970, № 6.

² См. В. А. Цукерман, Л. В. Тарасова, С. И. Лобов. УФН, т. 102, 1971, вып. 2.

¹ См. «Природа», 1971, № 1, стр. 7—16.

длительностью порядка 10^{-7} сек и менее электрическая прочность дистиллированной воды не ниже, чем трансформаторного масла. Следовательно, можно ожидать увеличения удельной энергии в накопителе почти в 40 раз. Однако реализовать это преимущество воды оказалось не так-то просто. Дело в том, что вода имеет значительно меньшее, чем другие диэлектрики, удельное сопротивление электрическому току. У трансформаторного масла удельное сопротивление $10^{13} \div 10^{14}$ ом·см, а у воды всего $10^5 \div 10^8$ ом·см. Поэтому зарядить накопитель с водой импульсами зарядного напряжения длительностью в микросекунды (а тем более постоянным напряжением) невозможно, так как электрические заряды в таком накопителе утекают быстрее, чем накапливаются. Сейчас во многих лабораториях эти трудности уже преодолены.

Значительно большие удельные

энергии можно запастись в магнитных накопителях, особенно при использовании сверхпроводников, в которых устранены электрические потери. При напряженности магнитного поля 10^5 э удельная энергия составляет 40 дж/см³. Энергию в магнитных накопителях можно запастись, например, при помощи ударных генераторов, в которых механическая энергия ротора, раскрученного до высоких скоростей, передается магнитному полю при внезапном торможении ротора. Особенно большие удельные энергии могут быть получены при использовании взрывных генераторов, предложенных А. Д. Сахаровым. В них химическая энергия взрывчатого вещества $\sim 10^4$ дж/см³ преобразуется в энергию магнитного поля при сжатии контура, по которому предварительно протекал ток. Практически в таких генераторах достигнуты поля $> 10^7$ э.

Но у магнитных накопителей большой ток и относительно низкое на-

пряжение, а устройства, обеспечивающие быстрое и надежное отключение тока, пока не разработаны. Один из наиболее перспективных методов отключения — электрический взрыв проводника. Этот метод обрыва тока в настоящее время исследуется в различных лабораториях.

Наносекундный генератор мощных электронных пучков — это еще физика, даже еще фундаментальная физика, но одновременно ясно чувствуется, что новая технология, которая возможна благодаря использованию этого ускорителя, станет неотъемлемой частью промышленности недалекого будущего. Практические применения мощных релятивистских электронных пучков, о которых рассказано в статье, далеко не исчерпывают всех направлений внедрения этого орудия производства, уже разрабатываемых в научных и научно-технических институтах.

УДК 621.384,6

Конкурс для молодых ученых

Академия наук СССР объявляет в 1972 г. конкурс на соискание трех медалей с премиями для молодых ученых:

1 медаль с премией в размере 200 рублей присуждается за лучшую научную работу в области экспериментальных исследований по физике твердого тела;

1 медаль с премией в размере 200 рублей присуждается за лучшую научную работу по органической химии;

1 медаль с премией в размере 200 рублей присуждается за лучшую научную работу по социально-экономическим и идеологическим проблемам научно-технической революции.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В целях поощрения молодых ученых за лучшие научные работы Совет Министров СССР постановлением от 4 мая 1971 г. № 257 учредил 3 медали с премиями в размере 200 рублей каждая, присуждаемые Академией наук СССР ежегодно в декабре

по тематике, определяемой Президиумом АН СССР за год до присуждения.

Медали с премиями присуждаются отдельным ученым за лучшие научные работы (серии научных работ по единой тематике), открытия, изобретения.

К участию в конкурсе на соискание медалей с премиями допускаются следующие лица не старше 33 лет: научные и научно-технические сотрудники, преподаватели, стажеры-исследователи, аспиранты научно-исследовательских учреждений, высших учебных заведений, предприятий и организаций.

Право выдвижения кандидатов на соискание медалей с премиями предоставляется:

а) ученым советам научных учреждений и высших учебных заведений;

б) министерствам, ведомствам; в) академиям наук союзных республик, отделениям АН СССР;

г) техническим советам промыш-

ленных предприятий и конструкторских бюро.

Организации, выдвинувшие кандидатов на соискание медалей с премиями, обязаны не позднее октября с. г. представить в Президиум АН СССР (Москва, В-71, Ленинский проспект, 14, индекс 117071) с надписью «На соискание медалей АН СССР с премиями для молодых ученых»:

а) мотивированное представление, включающее научную характеристику работы;

б) опубликованную научную работу (серии работ), материалы научного открытия или изобретения (в 3-х экз.);

в) сведения об авторе (перечень основных научных работ, открытий, изобретений, место работы и занимаемая должность, год рождения, домашний адрес).

Медали и дипломы о присуждении медалей АН СССР с премиями вручаются на годичном Общем собрании Академии наук СССР (первая декада марта).

Куда лимонница откладывает яйца

Н. М. Пуца

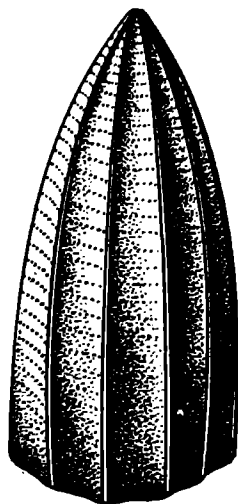
Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

В оврагах и затененных местах еще много снега, а на деревьях уже начинают набухать почки. В воздухе появляются первые вестники весны — дневные бабочки, среди которых наиболее многочисленны лимонницы (*Gonepteryx rhamni* L.), относящиеся к семейству белянок (*Pieridae*). Проведя зиму в укромных местах (нередко даже в жилищах человека!), они с первыми лучами апрельского солнца пробуждаются.

Ярко выраженный у лимонниц половой диморфизм (крылья самки беловато-зеленые, самец более эффектной лимонно-желтой окраски), а также строгая пищевая специализация гусениц делает этот вид бабочек удобным объектом для полевых наблюдений, в частности облегчает возможность проследить поведение самки лимонницы во время откладки яиц.

Сроки откладки яиц у лимонницы растянуты, поэтому энтомологи указывают различные места нахождения яйцекладок. Так, например, Ф. Шнак¹ отмечает, что несмотря на прохлад-

ную погоду самка лимонницы откладывает от одного до трех яиц на нераспустившиеся почки крушины. Э. Никулеску же сообщает, что самка этого вида откладывает изолированно по одному или по два яйца на центральную или боковые жилки с нижней стороны листьев кустарника. В вырубленном лесу, где есть по-



Увеличенное яйцо лимонницы. Пегуральная величина: высота 1,4—1,5 мм, диаметр у основания 0,7 мм (по Э. Никулеску).

росль крушины, яйцекладка встречается даже на молодых побегах.

Мы заинтересовались поведением лимонницы во время откладки яиц. И вот что нам удалось выяснить.

Кормовым растением гусениц лимонницы в северной части Московской области служит крушина ломкая (*Frangula alnus* Mill.)¹. Однако самки лимонницы в поисках растения для откладки яиц подлетали с солнечной стороны к самым различным кустарникам и невысоким деревьям. Мы зарегистрировали, что одна и та же самка подлетала к осине, иве, березе и даже к высоким травянистым растениям — таволге, крапиве и др. Приблизившись на расстояние около 30 см к растению, бабочка не садилась, а перелетала к другому. Иногда она углублялась на 10—15 м в лес. Наконец, на самой опушке ей встретился куст крушины. Самка облетела его, затем села на распускавшуюся почку крушины и быстро отложила одно зеленовато-желтое яйцо вытянутой формы, слабо заметное на фоне листа. Сколько-нибудь четко выраженных дополнительных движений (ощупываний листовой пластинки и т. д.) мы не отметили. После откладки яйца самка, как правило, летит на какое-либо цветущее растение, чтобы подкрепиться нектаром.

Невозможно точно указать, какое расстояние может пролететь бабочка в поисках крушины. По нашим наблюдениям — более километра.

Ответить на вопрос, чем руководствуется самка лимонницы при поиске крушины и выборе места откладки

¹ F. Schnack. Im Wunderreich der Falter. Erlebnisse und Abenteuer, Berlin, 1930.

¹ По кормовому растению гусениц лимонницы в отечественной литературе иногда называют крушинницей.

яиц, в настоящее время еще затруднительно. Видимо, самка использует при этом как зрительное восприятие, так и химические стимулы.

Интересно, что самка откладывает яйцо не на любой лист крушины, а на молодые листья распускающейся почки.

Такое место откладки имеет ряд преимуществ. Во-первых, в результате разворачивания листа отложенное яйцо оказывается на его нижней стороне, что способствует защите яйца и вышедшей из него гусеницы от дождя, ветра и т. д. Во-вторых, пока в яйце происходит образование личинки, лист растет, как бы подготавливая



Место откладки яйца самкой лимонницы (отмечено стрелкой).

достаточное количество полноценной пищи для гусеницы. В-третьих, отдыхающая гусеница первого возраста, располагаясь вдоль жилки, сливается с общим рельефом и фоном листа, что способствует ее маскировке.

Таким образом, начиная с момента откладки яиц, проявляется совершенство защитных приспособлений лимонницы, которое, по мнению А. А. Яхонтова¹, и объясняет многочисленность особей этого вида.

УДК 595.78

¹ А. А. Яхонтов. Наши дачные бабочки (определитель). Учпедгиз, М., 1935.

Фосфориты найдены в глубинах океана

Г. Н. Батурин

Кандидат геолого-минералогических наук
Институт океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР

Во время 43 и 48-го рейсов «Витязя» (1968 и 1970 гг.) со дна Тихого океана были подняты многочисленные обломки предположительно третичных метасоматических фосфоритов и фосфатизированных пород. Ранее фосфоритовые конкреции и фосфатизированные породы были известны только на океанском шельфе и континентальном склоне. Неудивительно, поэтому, что эти находки привлекли к себе внимание геологов. Во-первых, в вопросе о генезисе фосфоритов пока не сложилось единого мнения, а эта находка проливает свет на некоторые вопросы их происхождения. И, кроме того, она затрагивает ряд важных проблем более широкого характера, как, например, гайоты, железо-марганцевые коры и др.

Расстояние между крайними точками этих находок превышает по широте 3000, а по долготе 6000 км. В большинстве случаев фосфориты и фосфоритизированные породы

встречены на глубинах от 350 до 3500 м, на вершинах и склонах подводных гор. Породы этого типа представлены, помимо собственно фосфоритов с содержанием P_2O_5 20—32%, в той или иной мере фосфатизированными кораллово-водорослевыми и фораминиферовыми известняками, гиалокластитами, базальтами, марганцевыми корками¹.

По содержанию P_2O_5 и других основных компонентов фосфориты с подводных гор сходны с фосфоритами морского происхождения на океанских шельфах и континентах, но состав и содержание в них некоторых микрокомпонентов своеобразны.

Анализ образца фосфоритовой глыбы с одного гайота (Срединно-

Тихоокеанские горы) показал, что она содержит 0,098% редких земель. Это значительно выше, чем в голоценовых фосфоритовых конкрециях с шельфа Юго-Западной Африки (0,005%) и эоценовых — с шельфа Марокко (0,066%).

По соотношению между отдельными группами редких земель фосфориты с подводных гор также отличаются от шельфовых фосфоритов; состав редких земель в проанализированном образце почти такой же, как в морской воде. В частности, относительное содержание элементов цериевой группы составляет: в морской воде — 67,2%¹, в образце фосфорита с подводных гор — 66,1%, в прочих исследованных фосфоритах — от 73,8 до 89,2%².

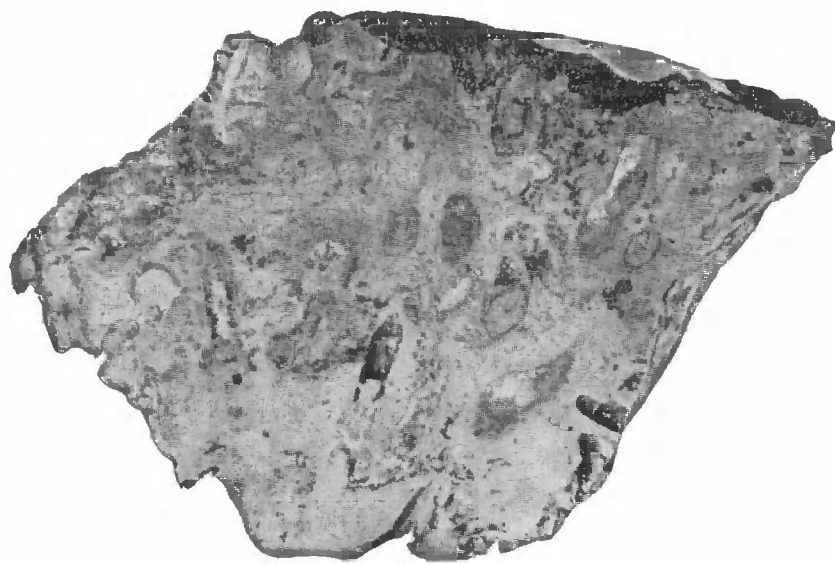
В то же время содержание в рассматриваемых фосфоритах (80 образцов) такого типичного спутника фосфора, как уран, в десятки и сотни раз меньше (0,0001—0,0006%), чем это характерно для фосфоритов в целом.

Аналогичные или еще более низкие содержания урана установлены

¹ E. Goldberg, M. Koide, R. Schmitt, R. Smith. Rare earth distribution in the marine environment. Journ. Geophys. Res., 1963, v. 68, N 14, p. 4209.

² В. З. Блисковский, Д. А. Ми-
неев, В. Н. Холодов. Аксессуары лантаноиды в фосфоритах. «Геохимия», 1969, № 11, стр. 1348.

¹ П. Л. Безруков, П. Ф. Андрущенко, И. О. Мурдмаа, Н. С. Скорнякова. Фосфориты надне центральной части Тихого океана. ДАН, т. 185, 1969, № 4, стр. 913.



Фосфатизированный коралловый известняк (содержание P_2O_5 15%) с вершины одной из подводных гор. 48-й рейс «Витязя» (1970 г.), станция 6261-2, координаты $32^{\circ}16'$ с. ш., $172^{\circ}51'$ в. д., глубина 370 м. Видны продольные и поперечные срезы кораллов с промежутками, заполненными фосфатизированным известняковым детритом.

в метаморфизованном гуано и фосфатизированных кораллах с некоторых океанских островов. Так, в образце гуано с побережья Перу содержание урана составляет 0,00002%, с о. Фернандию (Галапагосский архипелаг) — 0,00005%, в образце фосфатизированного коралла с о. Рождества (Индийский океан) — 0,00004%.

Это позволяет предположить, что между фосфоритами с подводных гор и гуано имеется определенная генетическая связь. Обращает на себя внимание также совпадение районов распространения фосфоритов на подводных горах и метасоматических фосфоритов на островах. Островные фосфориты образовались, по мнению многочисленных исследователей, в основном за счет материала гуано, которое постепенно теряло органический углерод и азот и относительно обогащалось фосфором. Одновременно фосфатный материал замещал карбонатные и другие подстилающие породы.

Масштабы этого явления в геологическом прошлом значительны: в

плейстоцене на океанских островах накопились сотни миллионов тонн гуано, преобразовавшегося в метасоматические фосфориты.

Поскольку подводные тихоокеанские горы выступали когда-то над поверхностью океана, найденные на них фосфориты могли образоваться таким же путем, как и метасоматические фосфориты на островах. Указанные выше особенности состава фосфоритов можно объяснить тем, что слабометаморфизованное гуано, почти стерильное по отношению к большинству тяжелых металлов, извлекало их из морской воды после погружения островов. Различия в степени извлечения металлов объясняются, по-видимому, резко окислительными ($Eh + 450$ мв) и щелочными ($pH 7,7-8,5$) условиями морской воды, препятствовавшими осаждению урана, но не лимитировавшими концентрации редкоземельных элементов.

О том, что многие из подводных гор (гайоты) были островами, свидетельствуют их срезанные волновой эрозией вершины, а также присутст-

вие в фосфатизированных известняках остатков известковых водорослей и кораллов, живших на глубинах меньше 50 м. На некоторых других подводных горах, где также найдены фосфориты, распространены фораминиферовые (в том числе фосфатизированные) известняки, отложившиеся на сравнительно больших глубинах. По-видимому, такие горы сначала поднялись над поверхностью воды, а затем вновь опустились.

Фосфориты с подводных гор нередко покрыты железо-марганцевой коркой толщиной до 5—10 см. В некоторых корках наблюдаются прожилки, прослои и гнезда фосфата, а также тонкодисперсный фосфат при общем содержании P_2O_5 2,7—14,8%. Это может быть связано как с миграцией фосфора из находящейся под рудными корками фосфатной массы, так и с осаждением фосфора из морской воды или гидротерм.

Из морской воды фосфор в какой-то мере извлекается коагулирующими коллоидами гидроокислов железа и марганца. О поступлении в океан вулканогенного фосфора свидетельствуют факты повышения его содержания в воде при некоторых подводных извержениях¹. Но могут ли эти элементы (P, Fe, Mn) находиться в составе вулканогенных гидротерм и осаждаться совместно — неизвестно. Поэтому установить происхождение фосфора в железо-марганцевых корках пока трудно.

Таким образом, к настоящему времени имеются данные в пользу того, что источником фосфатного материала метасоматических фосфоритов, по крайней мере некоторых подводных гор Тихого океана, были скопления гуано. Однако выяснить этот вопрос окончательно можно будет только после завершения детальных петрографических и геохимических исследований фосфоритов.

УДК 553.64.

¹ К. К. Зеленов. Подводный вулканизм и его роль в формировании осадочных пород. Тр. ГИН АН СССР, 1963, вып. 81, стр. 30.

Новый старт к Венере**Сверхуроганы на Марсе****«Экспорт» лунного стекла****Рыжий снег на Ганимеде?****Переменность эмиссионных линий в сейфертовских ядрах****Как увидеть черные дыры****Оптическая ориентация электронов в твердых телах****Новое о контроле активности генов****РНК-полимераза регулирует синтез РНК****Новое свойство микробных полисахаридов****Углекислота извлекает алкалоиды****Гигиеническая оценка синтетического паркета****Палеонтологические находки на Таймыре****Следы динозавра в Таджикистане****Урановый «бум» в Австралии****Хром — спутник алмазов****Крупнейшие волны в Тихом океане****17, 18, 19-й рейсы «Гломара Челленджера»****Магнитосферное свечение Земли****Ионные вакансии снижают симметрию кристаллов****Толщина осадочного слоя — 6 км!****Международный контроль за загрязнением моря****Коротко****Новый старт к Венере**

В 1972 г. представилась очередная благоприятная астрономическая возможность для запуска автоматической станции к Венере. Такие возможности возникают регулярно, через интервалы времени, в которые повторяются одинаковые относитель-

ные положения Земли, Солнца и Венеры, т. е. через каждые 584 земных суток. Советские ученые успешно воспользовались этой возможностью: 27 марта был осуществлен запуск межпланетной автоматической станции «Венера-8».

Советской космонавтике принадлежат выдающиеся достижения в изучении Венеры. Исторический полет

Таблица

Станция	Дата запуска	Вес, кг	Примечания
«Венера-1»	12.2.1961	643,5	первый запуск автоматической станции к планете Венера. В мае 1961 г. станция прошла на расстоянии 100 тыс. км от планеты
«Венера-2»	12.11.1965	963	запущена в пролетном варианте: 27.2.1966 г. прошла на расстоянии 24 тыс. км от Венеры
«Венера-3»	16.11.1965	960	первый в истории межпланетный перелет — 1.3.1966 г. станция достигла Венеры
«Венера-4»	12.6.1967	1106	18.10.1967 г. при спуске на парашюте в атмосфере впервые в истории космонавтики провела измерения газового состава и параметров атмосферы Венеры
«Венера-5»	5.1.1969	1130	16 и 17 мая 1969 г. вошли в атмосферу Венеры и провели исследования более глубоких ее слоев. Уточнены данные, полученные станцией «Венера-4»
«Венера-6»	10.1.1969	1130	
«Венера-7»	17.8.1970	1180	15 декабря 1970 г. в 8 час. 34 мин. 10 сек. по моск. времени совершила мягкую посадку на поверхность Венеры и в течение 23 мин. передавала информацию с ее поверхности

станции «Венера-4» в 1967 г. позволил начать прямое изучение атмосферы Венеры, которое было продолжено в мае 1969 г. спускаемыми аппаратами станций «Венера-5» и «Венера-6». Станции определили химический состав атмосферы и ее параметры (температуру, давление и плотность) на различных высотах над поверхностью. Было надежно установлено, что атмосфера Венеры состоит главным образом из углекислого газа (около 97%). 15 декабря 1970 г. станция «Венера-7» провела измерения параметров атмосферы на всю ее глубину и впервые в практике мировой космонавтики совершила мягкую посадку на поверхность Венеры. Данные от этой станции позволили установить, что у поверхности планеты температура составляет около 500°C , а давление 100 атм.

Некоторые сведения о запусках станций серии «Венера» приведены в таблице.

Ракета-носитель с автоматической станцией «Венера-8» стартовала в 7 час. 15 мин. по московскому времени. Станция была запущена к Венере с промежуточной околоземной орбиты в 8 час. 42 мин. — двигатели последней ступени ракеты-носителя проработали 4 мин. 3 сек. и сообщили станции скорость 11,5 км/сек. В результате станция «Венера-8» была выведена на орбиту перелета к Венере, которая согласно данным траекторных измерений близка к расчетной.

Вес автоматической станции 1180 кг. На борту станции «Венера-8» установлены вымпелы с барельефом В. И. Ленина и изображением Государственного герба СССР. Станция оснащена научной аппаратурой, которая позволит получить новые данные о межпланетном пространстве и планете Венеры. В процессе полета по орбите Земли — Венера планируется проведение с борта станции исследований физических характеристик межпланетного пространства, в частности, измерений концентрации нейтрального водорода и потоков солнечной плазмы.

В июле 1972 г., пролетев по траектории 312 млн км, станция «Венера-8» должна достигнуть окрестностей планеты. Программой предусмотрено от-

деление от станции спускаемого аппарата, который должен осуществить плавный спуск в атмосфере Венеры и выполнить научные измерения. Полученная информация позволит ученым продвинуться вперед в понимании сложной природы этой планеты.

С. А. Никитин

Москва

Сверхураганы на Марсе

Сезонные изменения природной среды на Марсе — волна потемнения и смена окраски его поверхности, пылевые бури и т. п. — давно требуют своего окончательного объяснения. Со своей гипотезой, частично объясняющей эти явления, выступили К. Саган (Лаборатория физики планет при Корнеллском университете, Итака, штат Нью-Йорк) и сотрудник Университета штата Флорида П. Джераш.

Данные, полученные при наблюдениях, выполненных как наземными обсерваториями, так и с борта космических аппаратов «Маринер-6 и 7», показывают, что разница высот возвышенностей и низменностей на Марсе превышает 10 км.

Сделанные ранее теоретические выкладки, исходящие из предположения, что местность на Марсе носит «плоский» характер, приводили к выводу, что ветры на этой планете не обладают достаточной силой, чтобы поднимать мощные пылевые бури.

Новые данные показали, что ветры, дующие вниз по склону марсианских возвышенностей, могут «складываться» с обычными, вызываемыми атмосферной циркуляцией ветрами, и приводить к перемещениям воздушных масс с общей скоростью, достигающей 350—480 км/час. Такие сверхураганы, даже и в условиях крайне разреженной марсианской атмосферы, вполне могут вызывать подъем значительных масс пыли с поверхности планеты.

«Science News», v. 100, 1971, № 13, p. 212 (США).

«Экспорт» лунного стекла

700 тыс. лет назад примерно 100 млн т стекла — в виде небольших обтекаемых по форме предметов, известных под названием тектитов, — было рассеяно по значительной части земной поверхности от Австралии до Китая. Исследования, длившиеся 7 лет и охватившие 1 млн тектитов из 205 различных мест, с расчетом на ЭВМ возможных траекторий движения тектитов в космосе, позволили Д. Р. Чепмену из Эймсовского исследовательского центра НАСА (США) прийти к заключению, что эта огромная масса вещества была выброшена взрывом из лунного кратера Тихо в направлении Земли.

До сих пор преобладало мнение, что австралийские тектиты образовались в результате столкновения с Землей гигантского метеорита. Однако расчеты показали, что для разбрасывания тектитов на поверхности Земли от Австралии до Китая удар метеорита должен был бы привести к удалению почти всей атмосферы над кратером, а для этого потребовалось бы 10^{32} эрг кинетической энергии метеорита, что в 1000 раз превышает всю энергию, получаемую Землей от Солнца за сутки. Взрыв, вызванный падением такого метеорита, смог бы образовать кратер диаметром в сотни километров. Ни одного такого кратера на Земле не найдено, и вряд ли он мог исчезнуть бесследно. Вместе с тем, если бы эта масса стекла имела лунное происхождение, для ее рождения в отсутствие атмосферы был бы достаточен кратер диаметром не более чем 100 км. Оказалось, что контуры покрытых тектитами областей имеют специфическую серпообразную форму, как и должно быть для объектов, выброшенных Луной в направлении Земли.

При помощи расчетов на ЭВМ, Д. Р. Чепмен попытался найти правдоподобные траектории Луна — Земля, которые могли бы соответствовать переносу 100 млн т тектитового стекла на известные области Зем-

ли. Такие траектории были рассчитаны для всех больших и достаточно молодых лунных кратеров, но всем требованиям удовлетворил только кратер Тихо. Д. Р. Чепмен установил, что траектория струи лунного вещества, которая могла бы дать нужное распределение тектитов на Земле, имеет угол «взлета» с Луны, который в точности совпадает с углом расположения одного из наиболее знаменитых «лучей» кратера Тихо — «луча Росса», идущего из этого кратера под углом 19° на северо-восток.

«Scientific American», v. 225, 1971, № 5, p. 50 (США).

Рыхлый снег на Ганимеде?

Исключительная сухость воздуха над обсерваторией Мауна Кеа (Гавайские о-ва, США) позволяет вести инфракрасные наблюдения небесных тел вплоть до длины волны 20 мкм (высота 4100 м над ур. м.). 17 марта 1971 г. на обсерватории с помощью 88-дюймового рефлектора наблюдалось затмение спутника Юпитера — Ганимеда. Спутник находился в тени планеты более 2 час. При параллельных наблюдениях в желтых лучах обнаружилось, что после захода в тень Юпитера видимость Ганимеда постепенно слабела и он исчез. Однако при наблюдениях в инфракрасных лучах (длина волны 18–25 мкм) посредством болометра Лоу спутник полностью не исчез. Поток инфракрасного излучения от него сначала уменьшился, а затем почти не изменялся и лишь слегка ослаб перед выходом спутника из тени. Таким образом, даже в тени Юпитера, когда на спутник совершенно не попадали прямые лучи Солнца, он все же продолжал наблюдаться по тепловому излучению. Это — первое измерение температуры спутника во время затмения (если не считать измерений Луны).

На основе простой модели отражательной способности поверхности Ганимеда было рассчитано, что средняя температура его диска во время затмения падает с 142 до 115°K ; аналогичное падение температуры Луны во

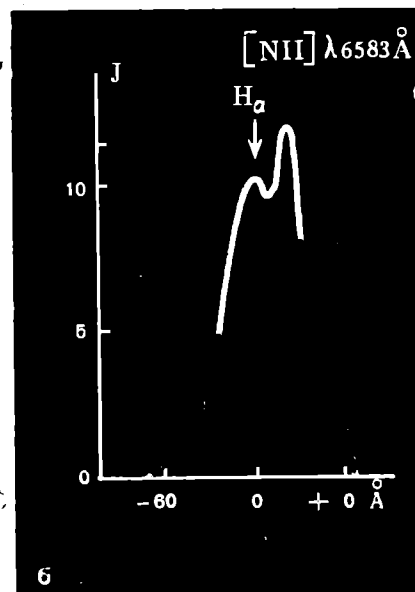
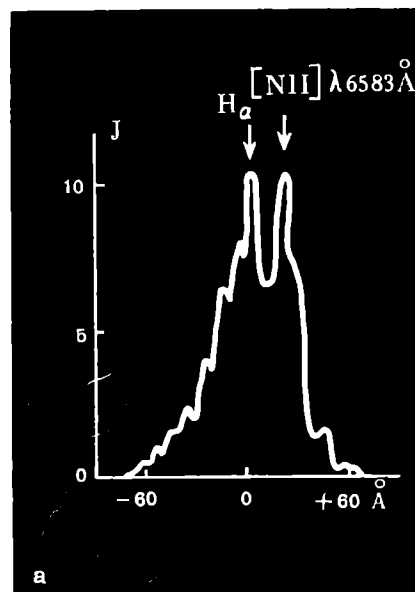
время лунного затмения составляет 150°K . Так называемый параметр тепловой инерции $1/\sqrt{K\rho}$, где K — теплопроводность, s — теплоемкость, а ρ — плотность, для поверхностного слоя Ганимеда оказывается вдвое меньше, чем для Луны. Это свидетельствует, что поверхность Ганимеда — очень плохой проводник тепла (примерно как тонко измельченный порошок в вакууме). Давление атмосферы на Ганимеде (если она вообще существует) не превышает $1/1000$ давления земной атмосферы. Возможно, поверхностный слой этого спутника состоит из рыхлого снега или инея. Спектры Ганимеда и другого спутника Юпитера — Ио свидетельствуют о присутствии твердого аммиака NH_3 , что согласуется с вычисленным значением параметра тепловой инерции.

«Sky and Telescope», v. 42, 1971, № 4, p. 205 (США).

Переменность эмиссионных линий в сейфертовских ядрах

В 1971 г. на телескопе им. Г. А. Шайна в Крымской астрофизической обсерватории была обнаружена переменность эмиссионных линий ядра галактики Сейферта NGC 3227¹. Запись интенсивности излучения ядра этой галактики в области спектра около линии H_α в 1967 г. и 1971 г. показывает, что в марте 1967 г. линия H_α и эмиссионная линия азота (NII) $6583 \text{ \AA}$ были одинаковы по яркости, а в мае 1971 г. их яркость различалась. Можно предположить, что переменность эмиссионных линий — общее свойство ядер сейфертовских галактик. Это явление еще не нашло объяснения, пока выдвинуты только некоторые гипотезы. В ядрах сейфертовских галактик газ перемещается,

в результате этих движений к наблюдателю может излучать то большее, то меньшее число газовых облаков, создавая впечатление увеличения или ослабления яркости. В. М. Лютый и А. М. Черепашук предполагают, что линии меняют свою яркость под влиянием не известного пока еще



¹ Подробно о галактиках Сейферта см. Э. А. Дибай. Галактики Сейферта. «Природа», 1972, № 1, стр. 11.
² «Астрономический циркуляр», 1971, № 663, стр. 1.

Интенсивность излучения ядра NGC 3227 в области спектра около линии H_α : а — в марте 1967 г.; б — в мае 1971 г.

источника с переменным излучением, который находится в центре ядра. Этот источник обеспечивает свечение то большего, то меньшего количества газовых облаков.

И. И. Проник

Крымская астрофизическая обсерватория
АН СССР

Как увидеть черные дыры

Любая звезда с массой более $\sim 2 M_{\odot}$ теоретически должна после выгорания в ней всего ядерного горючего превратиться в черную дыру, или коллапсар¹. Однако пока еще неясно, существуют ли вообще подобные объекты во Вселенной. Не исключено, что в процессе эволюции массивные звезды сбрасывают благодаря взрыву или истечению вещества всю «излишнюю» массу. Но какова бы ни была теория, существование коллапсаров должно быть подтверждено наблюдением. Как же можно наблюдать объект, от которого ничто не исходит? Этому вопросу посвящена работа Р. А. Сюняева и Н. И. Шакуры «Наблюдательные проявления коллапсаров в двойных системах», доложенная ими 24 февраля 1972 г. на объединенном астрофизическом семинаре Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга, Института прикладной математики АН СССР и Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР.

Если коллапсары вообще существуют, то их должно быть очень много, десятки миллионов или даже миллиарды в нашей Галактике. А так как 30—40% всех звезд Галактики объединены в двойные и тройные системы, то коллапсары, если нет специального изолирующего их механизма, должны оказываться и в составе двойных звезд. В двойной звезде иногда можно оценить массы их составляющих, и если масса одного

из компонентов, необычного по своим свойствам, окажется порядка $5 \div 10 M_{\odot}$, можно предположить, что это коллапсар. При этом в результате аккреции (вбирания в себя) вещества, испускаемого старой, нормальной звездой, черная дыра может быть окружена светящимся ореолом. Есть звезды со скоростью истечения вещества $\sim 10^{-4} M_{\odot}/\text{год}$.

Вещество, захватываемое коллапсаром (около 1% испущенного вторым компонентом) раньше, чем упасть на коллапсар, должно потерять почти весь свой момент количества движения. Поэтому захватываемое вещество образует вокруг коллапсара диск, в котором под действием вихревого трения постепенно теряет момент количества движения и энергию. При аккреции, в зависимости от характера вращения коллапсара, вещество может выделить 10 ÷ 20% от полной энергии покоя mc^2 . Это в сотни раз больше, чем при термоядерной реакции. Часть этой энергии идет на свечение в различных диапазонах волн. Например, при аккреции $10^{-13} M_{\odot}/\text{год}$ свечение будет порядка свечения Солнца. Наибольшее возможное свечение в такой модели не может превышать свечения Солнца больше, чем в миллионы раз.

При массе коллапсара $10 M_{\odot}$ и скорости аккреции $10^{-7} M_{\odot}/\text{год}$ коллапсар проявит себя как рентгеновский источник. При $10^{-12} \div 10^{-11} M_{\odot}/\text{год}$ коллапсар испускает в основном ультрафиолетовое и мягкое рентгеновское излучение. При этом оптическое излучение, порядка излучения Солнца и большее, получается за счет переизлучения в периферических частях диска, светящихся как прозрачный горячий газ.

Давление излучения при аккреции становится столь большим, что отгоняет часть вещества диска, чем ставит предел скорости аккреции. Равновесное свечение при аккреции $10^{-7} M_{\odot}/\text{год}$ имитировало бы ультрафиолетовую оптическую звезду со светимостью в миллион Солнца ($10^{38} \div 10^{39}$ эрг/сек) и с примерно такой же кинетической энергией разлетающегося вещества. Это напоминает характеристики звезд типа Вольфа — Райе.

Всего звезд Вольфа — Райе заре-

гистрировано 180 и из них 50 входят в состав двойных систем. Средняя масса для этих звезд равна $\sim 10 M_{\odot}$. Таким образом, имеет смысл провести тщательное исследование спектров и свойств звезд типа Вольфа — Райе, как кандидатов в коллапсары.

М. А. Корец
Москва

Оптическая ориентация электронов в твердых телах

Если газ облучать светом, то возникает явление ориентации спинов электронов атомов — оптическая ориентация атомов. Это явление впервые изучил французский ученый А. Кастлер (Нобелевский лауреат 1966 г.). Совсем недавно Г. Лэмпл¹ наблюдал оптическую ориентацию электронов в твердых телах. Новое явление, очевидно, получит в ближайшем будущем широкое практическое применение. В кристалле GaAs под воздействием оптического излучения происходит переход электронов из валентной зоны в зону проводимости, причем электронов с ориентацией спина, противоположной направлению момента циркулярно поляризованного фотона, переходит в 3 раза больше, чем электронов со спином, направленным по моменту фотона. Это соответствует 50%-ной поляризации электронов, которая регистрируется по поляризации рекомбинационного излучения. Эффект дает возможность измерить чрезвычайно важные физические параметры. При этом в стационарных условиях измеряются времена 10^{-10} сек.

Оптическая ориентация в полупроводниках интенсивно изучается советскими учеными². Явление оптической ориентации электронов в твердых телах позволяет создавать «меченные» по спину электроны, изучать

¹ «Phys. Rev. Lett.», v. 20, 1968, p. 491.

² М. И. Дьяконов, Б. И. Захарченя, В. И. Перель, С. И. Сафаров, В. Г. Флейтер, УФН, т. 105, 1971, вып. 4, стр. 772.

¹ См. Я. Б. Зельдович и И. Б. Новиков. «Черные дыры» во Вселенной, «Природа», 1972, № 4.

кинетику рекомбинации и спиновой релаксации, особенности зонной структуры твердых тел, взаимодействие ориентированных спинов с парамагнитными примесями.

Э. А. Маныкин
Москва

Новое о контроле активности генов

Проблема регуляции активности генов уже давно привлекает внимание ученых. Недавно группой биологов под руководством Дж. Зюбея (Колумбийский университет, США) был сделан еще один шаг на пути ее изучения. Объектом исследования послужил L-арабинозный оперон кишечной палочки *E. coli*, т. е. участок молекулы ДНК, кодирующий группу ферментов, связанных с включением L-арабинозы в метаболизм бактерии.

Согласно традиционной точке зрения, особый белок — репрессор, связываясь с опероном, препятствует ферменту РНК-полимеразе осуществлять синтез иРНК. Интенсивный синтез иРНК начинается, когда репрессор покидает оперон, связываясь с индуктором — L-арабинозой (субстратом для фермента L-рубиликиназы, кодируемого опероном).

Авторы предложили новую схему

контроля активности L-арабинозного оперона (см. рис.). Он состоит из трех так называемых структурных генов, обозначенных на схеме буквами D, A и B, а также двух контролирующих участков — инициатора «i» и оператора «O» и одного регуляторного гена C. Структурные гены кодируют 3 фермента, превращающие L-арабинозу в D-ксилоулозо-5-фосфат.

Еще ранее генетические и биохимические исследования показали, что активность L-арабинозного оперона регулируется специфическим контролем гена C.

Используя ДНК-управляемую бесклеточную систему, синтезирующую фермент L-рибулокиназу, фосфорилирующий рибулозу, кодируемую геном B, авторы показали, что продукт деятельности гена C существует в двух функциональных состояниях — репрессора и активатора, обозначенных на схеме P-1 и P-2, которые, вероятно, находятся в равновесии.

Репрессор и активатор связываются с соответствующими их контролирующими участками «O» и «i». Комплекс репрессора с участком «O» подавляет активность оперона, а комплекс активатора с участком «i» необходим для его интенсивной работы. L-арабиноза, очевидно, взаимодействуя с особым белком-регулятором, способствует превращению репрессора в активатор.

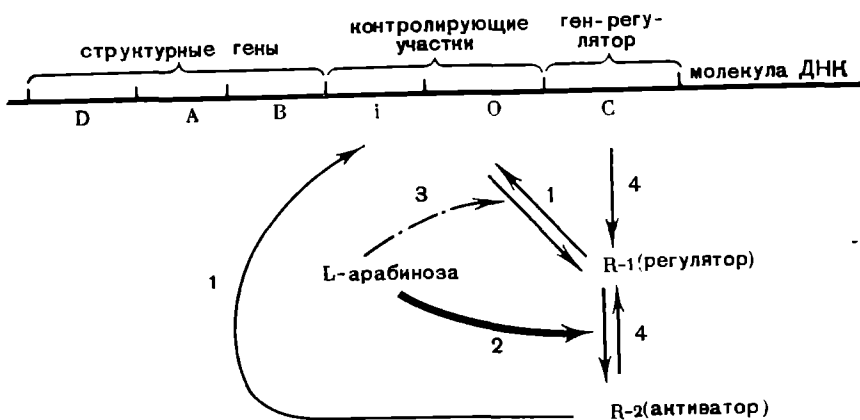


Схема контроля активности L-арабинозного оперона. 1 — специфическое взаимодействие репрессора и активатора с соответствующими контролирующими участками; 2 — влияние L-арабинозы на превращение репрессора в активатор; 3 — взаимодействие репрессора с L-арабинозой, играющей здесь роль индуктора; 4 — синтез репрессора, кодируемого геном C, и последующее превращение репрессора в активатор.

Авторами была выяснена способность циклической АМФ воздействовать на оперон. Циклическая АМФ стимулирует синтез иРНК, взаимодействуя со специфическим белком — посредником этого эффекта, названным CAP (Catabolite Activator Protein). В настоящее время не оставляет сомнений участие CAP также и L-арабинозного оперона в инициации транскрипции.

Авторы полагают, что изучение на бесклеточных системах процессов транскрипции может в значительной мере облегчить понимание механизмов контроля активности генов.

По материалам «Nature», v. 233, 1971, № 40, pp. 164—166; «Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.», v. 62, 1969, № 1100, pp. 820—825; v. 66, 1970, № 1, pp. 30—33.

РНК-полимераза регулирует синтез РНК

В основе регуляции синтеза белков лежит прежде всего регуляция образования информационной РНК. Еще недавно, согласно классической теории негативной регуляции Жакоба и Моно, считалось, что регуляция образования РНК осуществляется специальными белками — репрессорами, взаимодействующими с ДНК. При этом фермент РНК-полимераза считывала все участки ДНК, все гены, не блокированные репрессорами. И весь вопрос сводился к тому, блокирован репрессорами тот или иной участок ДНК или нет. РНК-полимеразе отводилась этой теорией по сути пассивная роль.

Уже вскоре после опубликования теории Жакоба и Моно в лаборатории доктора биологических наук Р. Б. Хесина (Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова Госкомитета по использованию атомной энергии СССР) было обнаружено, что изолированная РНК-полимераза сама узнает и считывает только определенные гены, даже на вирусной ДНК, освобожденной от репрессоров и других белков. Всю подряд ДНК фермент считывать не может, даже если белки-репрессоры отсутствуют.

В ряде случаев изменение структуры РНК-полимеразы влечет за со-

бой изменение ее свойств, в результате чего может произойти переключение синтеза РНК с одних групп генов на другие. Следовательно, от свойств РНК-полимеразы зависит, к каким участкам ДНК она прикрепится и на каких генах будет синтезировать РНК. Поэтому можно предполагать, что регуляция синтеза РНК основана в определенной степени на регуляции образования отдельных компонентов РНК-полимеразы и белковых факторов, которые с ней взаимодействуют.

Для изучения этого вопроса необходимо было выяснить структуру самого фермента. РНК-полимераза построена из разных компонентов — крупного компонента (core — фермента) и мелкого (σ -фактора), которые могут диссоциировать и соединяться друг с другом. Функциональное значение такой двухкомпонентной структуры заключается в том, что могут меняться свойства фермента, а следовательно, меняется и группа считываемых им генов. Ю. Н. Зограф и Е. С. Богданова в лаборатории Р. Б. Хесина в экспериментах при заражении бактерий фагом обнаружили новый белок, который назвали «анти- σ -фактор» — из-за его способности конкурировать с нормальным σ -фактором за крупный компонент. Анти- σ может выключать часть бактериальной РНК-полимеразы, тем самым количественно регулируя активность фермента. Особый интерес представляют механизмы, определяющие, какие наборы генов узнает и считывает РНК-полимераза. А. Траверс в США, Е. С. Богданова и А. Д. Гольдфарб в лаборатории Р. Б. Хесина нашли в составе РНК-полимеразы, выделенной из зараженных клеток, новообразованный σ -фактор — следовательно, при инфекции в молекулах РНК-полимеразы происходит смена этой субъединицы. Старый крупный компонент, согласно работам В. Циллига (ФРГ), сохраняется, но несколько модифицируется. До сих пор еще недостаточно ясно, придает ли σ -фактор зараженных клеток ферменту способность считывать новую группу генов, присоединяясь к крупному компоненту.

Таким образом, наряду с негативной регуляцией синтеза РНК при по-

мощи репрессоров, существует и позитивная регуляция, основанная на двухкомпонентной структуре РНК-полимеразы и на изменениях ее способности узнавать разные группы генов. Теперь, глядя на всю проблему в целом, можно сказать, что регуляция синтеза РНК в свою очередь основана в определенной степени на регуляции образования отдельных компонентов РНК-полимеразы и белковых факторов, которые с ней взаимодействуют.

«Вестник АН СССР», 1971, № 11, стр. 46.

Новое свойство микробных полисахаридов

Выяснение влияния полисахаридов, выделенных из различных видов микроорганизмов, на углеводный обмен имеет большое практическое значение. Сотрудники Ленинградского химико-фармацевтического института Н. П. Елинов, И. П. Соколова и Г. Е. Аркадьева изучали в динамике содержание сахара в крови кроликов. Животным вводили различные по составу и строению очищенные микробные полисахариды из *Actinomyces coelicolor* (препарат «сб»), *Rhodotoruba glutinis* (препарат «6Е») и *Aureobasidium pullulans* (препарат «11_{сд}»).

Все изученные полисахариды вызывали у кроликов повышение содержания сахара в крови. Этот эффект наступал уже через 15—20 мин. и сохранялся в течение значительно более длительного времени (3—7 суток) по сравнению с действием бактериальных липополисахаридов.

Авторы полагают, что этот эффект связан с более глубоким воздействием полисахаридов на регуляторные механизмы углеводного обмена. По-видимому, микробные полисахариды действуют на гипофизарно-адреналовую систему животных и тем самым способствуют повышению содержания глюкозы в периферической крови.

«Вопросы медицинской химии», т. 17, 1971, вып. 5, стр. 468.

Углекислота извлекает алкалоиды

Сотрудники Краснодарского научно-исследовательского института пищевой промышленности А. Н. Катюжанская и Н. Ф. Дюбанькова изучили возможность использования жидкой CO_2 для обработки сырья, содержащего алкалоиды — черного горького перца (*Piper nigrum*) и коры хинного дерева (*Cortex chinae*).

Исследования проводились на специально сконструированной лабораторной экстракционной установке. Оказалось, что при использовании CO_2 (время экстракции 110 мин., температура 21°С) достигается полнота извлечения хинина и, особенно, алкалоидов перца — пиперина, хавицина, метилпирролина и др. Получаемые экстракты полностью сохраняют ароматические и вкусовые свойства исходного сырья, что имеет большое практическое значение, поскольку позволяет сократить расход сухой пряности на 60—75% и использовать экстракт при производстве консервов.

«Прикладная биохимия и микробиология», т. 7, 1971, вып. 6, стр. 717.

Гигиеническая оценка синтетического паркета

Длительные исследования показывают, что некоторые виды синтетических покрытий пола могут выделять различные летучие вещества, неблагоприятно действующие на организм. Установлено, например, что релин и другие виды паркета, изготовленные на основе бутадиеновых каучуков, выделяют метилстирол, сернистый ангидрид, сероуглерод и другие токсические вещества. В помещениях с полами из элинолита концентрация стирола и дивинила превышает предельно допустимые количества (ПДК см. в табл.).

Синтетический паркет способствует электризации воздуха в помещениях: отмечено быстрое накопление пыли на поверхности пола и мебели, «слипа-

Таблица

Мономер	ПДК, мг/м ³ атмосфер- ного воздуха	Концентрация в воздухе после настила полов	
		через полгода	через год
стирол дивинил	0,003 1,0	0,073 29,0	0,055 23,1

ние» простынь и пододеяльников, ощущение «удара током» и образование искры при прикосновении к телу металлической частью фонендоскопа. Такие особенности синтетического паркета заставляют ограничить его применение в строительстве только теми помещениями, где человек находится кратковременно — вестибюлями, коридорами и лестничными клетками.

«Гигиена и санитария», 1972, № 1, стр. 25—29.

Палеонтологические находки на Таймыре

До недавнего времени фактических данных о насекомых мела почти не было. Отдельные их местонахождения были открыты в основном в последние десятилетия¹. Однако известные сейчас меловые фауны насекомых все еще очень немногочисленны, и к тому же находятся часто в удаленных друг от друга районах. Поэтому трудно установить, какие различия в их составе обусловлены возрастом, а какие — географическим положением. Между тем, уже давно установлено, что палеогеновые насекомые сравнительно мало отличаются от современных и, следовательно, время происхождения подавляющего большинства их современных групп восходит к концу мезозоя. Меловые и, в особенности, поздне меловые фауны представлялись едва ли не самым важным «недостающим звеном» в картине эволюции насекомых.

В 1970—1971 гг. Палеонтологический институт АН СССР организовал поиски меловых насекомых в иско-

паемых смолах на востоке Таймыра (бассейн р. Хатанги). Ископаемые смолы, неточно называемые в литературе «янтарями», «копалитами» и даже «копалами», уже давно известны из различных районов Сибири¹, но до сих пор не привлекали специального внимания исследователей. Между тем остатки насекомых в ископаемых смолах зачастую обладают великолепной сохранностью, и сравнить их с современными организмами можно значительно точнее, чем отпечатки на сланцах.

В результате проведенных работ собрано более 3 тыс. остатков животных, в первую очередь насекомых (см. первую стр. обложки), а также пауков, клещей, шерсть млекопитающих, перья птиц и большое количество растительных остатков. Эти сборы по объему примерно в полтора раза превышают все собранные до сих пор коллекции верхнемеловых насекомых вообще. Собранные остатки относятся, по крайней мере, к двум различным ярусам мела: к верхней части коньякского или нижней части сантонского яруса (около 83—86 млн лет назад) и к границе нижнего и верхнего мела (около 95—105 млн лет назад).

Многие группы насекомых, представленные в этих материалах, ранее были известны только из кайнозойских отложений и в мезозое найдены впервые. Таковы, например, бабочки, многие семейства жуков, двукрылых, ручейников, перепончатокрылых. Коньяк-сантонская фауна имеет почти совершенно кайнозойский облик; так, 96% обнаруженных в ней семейств существует доныне, в то время как в раннемеловых фаунах Забайкалья, например, около 50% семейств оказываются вымершими.

С другой стороны, многие группы насекомых, характерные для кайнозоя, отсутствовали или были редкими в коньяк-сантонских смолах. Полностью отсутствуют, например, высшие мухи, очень редки жалоносные перепончатокрылые, в частности муравьи, и некоторые другие (данные В. В. Жерихина и И. Д. Сукачевой).

Полученные результаты носят пока предварительный характер. Для оконч-

чательных выводов необходимы как сбор новых коллекций в различных районах Сибири, так и обработка собранных материалов специалистами-систематиками. Результаты этих исследований, без сомнения, представят большой интерес для понимания эволюции насекомых, хода становления современной энтомофауны и, вероятно, ряда общезволюционных проблем. Следует также ожидать, что, в связи с широким распространением мезозойских ископаемых смол, они окажутся важными и для изучения стратиграфии континентальных мезозойских отложений и, следовательно, для практики геологических исследований.

А. П. Расницын
Кандидат биологических наук
Москва

Следы динозавра в Таджикистане

При прокладке шоссе Душанбе — Куляб в 31 км от Душанбе (10 км к востоку от перевала Чермоzak — 1610 м) была вскрыта плита мезозойских песчаников с отпечатками следов небольшого динозавра (см. вторую стр. обложки).

На вертикально стоящей плите красно-бурого мелкозернистого плитчатого песчаника (простирание слоя СВ 65°, падение ЮВ 85—90°) видна дорожка из 23 заплывших следов,



Фотография следов динозавров на плите мезозойских песчаников

Фото Н. Н. Каландадзе

¹ См. «Природа», 1970, № 10, стр. 100.

¹ См. «Природа», 1937, № 8, стр. 79—82.

часть которых сильно разрушена выветриванием. Общая длина дорожки около 7 м, длина отдельного следа — 10 см, ширина — 8 см, длина шага — 30 см. Следы вытянуты в «ниточку». На наиболее хорошо сохранившихся следах видны четкие отпечатки трех передних пальцев. В свите в целом преобладают красно-бурые мелкозернистые песчаники, составляющие пласты от 0,15 до 1,0 м с резко подчиненными прослоями плотных глинистых сланцев, образующих тонкие — до 0,5—1,0 см плитки.

Н. И. Хомизури

Москва

Урановый «бум» в Австралии

Австралия, занимавшая пятое место в мире по добыче урана, в 1967 г. ввела ограничения на экспорт урановых концентратов. Эти действия объяснялись истощением запасов урановых месторождений, и интерес к Австралии, как экспортеру урана, заметно уменьшился.

Неожиданно в 1970 г. газеты и журналы всего мира опубликовали сенсационные сообщения об открытии в Австралии, в штате Северная территория, новых урановых месторождений Набарлек, Рейнджер I и Джим-Джим. По предварительным данным, запасы U_3O_8 для Набарлека оценивались в 50 тыс. т, а для Рейнджера I — даже в 60 тыс. т, что позволяло отнести их к крупнейшим месторождениям капиталистических стран. Урановые руды залегают в виде толстых линз среди древних протерозойских углистых сланцев и сопровождаются большим количеством сульфида железа — пирита. Они отличаются необычайно высоким содержанием урана и располагаются на небольшой глубине.

Открытие таких крупных месторождений вызвало сильное беспокойство в США, Канаде и Франции, поскольку новый выход Австралии на мировой рынок означал бы снижение цен на урановую продукцию. Это беспокойство усугублялось еще и тем, что в ряде стран скопились огромные ко-

личества нереализованных урановых концентратов. В частности, в США имеется 46 тыс. т таких концентратов, в Канаде — 8,5 тыс. т, во Франции — 6—7 тыс. т.

Неудивительно, что руководители многих горнорудных фирм в этих странах почувствовали облегчение, когда выяснилось, что при предварительной оценке запасы Набарлека были завышены в 6—7 раз! Тем не менее успешная разведка остальных месторождений, высокое качество руд месторождения Набарлек, а также находки новых, очень перспективных аномалий в этом районе снова повысили перспективы Австралии.

Австралийское правительство провело переговоры с делегациями Канады, ФРГ, Японии и с фирмами Англии о возможности кооперирования при добыче и обогащении урановых руд. Фирма «Вестингауз электрик» предложила заключить контракт на закупку уранового концентрата на сумму около 430 млн долларов. Этот интерес к урану не случаен, поскольку потребности в сырье для атомных электростанций только для США в 1980 г. составят около 29 тыс. т U_3O_8 .

Следует отметить, что фирмы-покупатели дают гарантии в том, что австралийский урановый концентрат не будет использован для производства ядерного оружия. Запрещение на экспорт ядерного сырья из Австралии в Китайскую Народную Республику отменено не будет.

«Mining Journal», v. 277, 1971, №№ 7094—7097, 7100; 7104 (США).

Хром—спутник алмазов

Основная масса алмазов добывается из кимберлитовых трубок, однако далеко не все кимберлиты алмазосодержащие. По каким признакам можно отличить продуктивную трубку от непродуктивной? Этот вопрос давно занимал геологов. Данные, полученные минералогом В. С. Ровшой для кимберлитовых трубок Якутии, позволяют решать эту задачу с помощью минералогического анализа, без применения сложного опробования.

Установлено, что на месторождениях высококачественных алмазов, как правило, широко представлены

хромсодержащие минералы — фиолетовый гранат-пироп, ярко-зеленый хромовый диопсид, хромшпинелид. В то же время обилие титановых минералов — оранжевого или красного граната, ильменита, а особенно слюды — является неблагоприятным признаком, указывающим на отсутствие в кимберлите алмазов.

ДАН, т. 201, 1971, № 6, стр. 1445—1448.

Крупнейшие волны в Тихом океане

Ф. Рудник и Р. Хесс (США) сообщили о крупнейших волнах в Тихом океане, зарегистрированных 1 декабря 1969 г. в 350 морских милях к северу от о. Оаху ($27^{\circ}30'$ с. ш., $157^{\circ}45'$ з. д.). Высота этих волн достигала: наибольшая за интервал в 1 час (среднее значение) — 24,4 м; значительная (средняя из $\frac{1}{3}$ наибольших высот) — 14,9 м; среднеквадратичная — 10,5 м. Время от начала шторма, на протяжении которого сила волнения достигала 50% от максимума, было меньше 12 час., но не короче 6 час. Период волн изменялся от 16 до 20 сек., а скорость их распространения достигала 117—160 км/час. Это волнение причинило северному побережью Оаху наибольшие разрушения приборов за всю современную историю.

«Journal of Geophysical Research», v. 76, 1971, № 3, p. 742 (США).

17, 18 и 19-й рейсы «Гломара Челленджера»

17-й рейс научно-исследовательского судна «Гломар Челленджер» проводился в центральной области Тихого океана. Были пробурены 6 скважин в глубоководных районах океана. Получены факты, подтверждающие, что здесь, как в других районах Тихого океана и в Атлантике скорость накопления морских осадков в третичном времени была малой.

В районе поднятия Магеллана ($7^{\circ}04'$ с. ш., $176^{\circ}49'$ з. д.) скважина достигла глубины более 1200 м. От-

мечено чрезвычайно быстрое накопление осадков, относящихся к позднему олигоцену.

Самые глубокие осадочные породы были подняты в двух пунктах, лежащих севернее западной оконечности разлома Клариион $10^{\circ} 40' \text{ с. ш.}, 173^{\circ} 33' \text{ в. д.}$ и $11^{\circ} 48' \text{ с. ш.}, 177^{\circ} 37' \text{ в. д.}$. Эти породы имеют карбонатный состав, что может указывать на значительное погружение ложа данного района. Современные глубины здесь составляют соответственно 5415 и 5792 м.

С мая по июль 1971 г. проходил 18-й рейс «Гломара Челленджера», который охватил район Тихого океана от Гавайских о-вов до побережья северной части штата Калифорния, а затем вдоль берегов штатов Орегон и Вашингтон, провинции Британская Колумбия (Канада) — Аляскинский залив до о. Кадьяк. Бурение осуществлялось в 11 пунктах.

В результате работ установлено, что окраина континента вблизи штата Орегон, примерно в 220 км от хребта Хуан-де-Фука, обладает нетипичными свойствами для зоны активного «исчезновения» океанической коры. Здесь нет обращенной в сторону суши зоны глубокофокусных землетрясений, а глубоководный конус выноса каньона Астория занимает положение желоба, обычно находящегося на стыке океана и континента. Этот конус состоит из терригенного материала, вынесенного р. Колумбия через континентальный склон по подводному каньону Астория. Развитие этого конуса, как полагают, указывает или на увеличение скорости осадконакопления в период плейстоценового оледенения, или на существование периода, когда «исчезновение» океанической коры не происходило.

Некоторые особенности окраины материка (побережье штата Орегон) указывают на то, что здешние подводные хребты сложены плиоценовыми или плейстоценовыми породами, смятыми в складки.

Наоборот окраина континента в районе п-ва Аляска является, по мнению американских исследователей, типичной зоной «исчезновения» океанической коры. Гипоцентры многочисленных землетрясений образуют погружающуюся в сторону суши зо-

ну, а данные о движениях указывают на происходящее здесь «подскальзывание» океанической коры под вышележащие слои. С Аляскинской глубоководной равнины в Алеутский желоб круто спускается толща осадков мощностью в 900 м, где она покрывается турбидитами, которые заполняют желоб.

19-й рейс «Гломара Челленджера» проходил в конце лета — осенью 1971 г. по маршруту о. Кадьяк (Аляска) — Иокагама (Япония). Глубоководное бурение было проведено в 11 пунктах Берингова моря и северной части Тихого океана.

Наиболее древними среди обнаруженных пород были маастрихтские меловые илы, которые были подняты с вершины северной горы, входящей в подводный Императорский хребет. В Беринговом море на границе между плиоценовыми и плейстоценовыми отложениями обнаружена примечательная смена известковых фораминифер песчанистыми. Присутствие меловых илов, относящихся к олигоцену и эоцену, на востоке Алеутского желоба ($52^{\circ} 34' \text{ с. ш.}, 161^{\circ} 12' \text{ з. д.}$), где глубина моря составляет около 4800 м, указывает, что в эти эпохи уровень карбонатной компенсации очевидно располагался на большой глубине. Это подтверждается и присутствием аналогичных илов такого же возраста в Атлантике и более южных областях Тихого океана.

Интересным фактом является перерыв на границе мелового периода и третичного времени (осадки среднего эоцена залегают непосредственно на осадках среднего маастрихта). Можно также считать выясненным, что «взрыв в развитии» диатомовой флоры в Беринговом море начался 11,5 млн лет назад; до этого момента такая флора в осадочных толщах практически отсутствует.

В результате исследований установлено, что 3 млн лет назад в восточной части Алеутской островной дуги, на Камчатке и в пределах Курильских о-вов, имело место усиление вулканической активности. Это событие может совпадать с моментом образования Калифорнийского залива.

«Geotimes», v. 16, 1971, p. 12; № 10, p. 12; № 11, p. 12 (США).

Магнитосферное свечение Земли

Недавние исследования, выполненные сотрудниками Морской исследовательской лаборатории США Ч. Джонсоном, Дж. Янгом и Дж. Холмсом, показали, что магнитосфера излучает специфическое свечение в ультрафиолетовой части спектра с длиной волны (λ) 304 Å.

По мнению исследователей, свечение вызывается ионами гелия, которые резонансно рассеивают фотоны с $\lambda = 304 \text{ Å}$. Именно эта длина волны соответствует той, на которой должны излучать возбужденные ионы гелия.

Так как вещество в области магнитосферы очень разрежено, наиболее вероятно, что любой протон рассеивает фотон лишь один раз. Тем самым яркость свечения, зарегистрированного детектором, установленным на борту геофизической ракеты, в области, лежащей ниже магнитосферы, должна быть прямо пропорциональна количеству ионов гелия, находящихся на линии наблюдения.

По мнению исследователей, открытие «магнитосвечения» Земли даст новое важное средство изучения структурной динамики магнитосферы.

«Science», v. 171, 1971, № 3968, p. 248 (США).
«Science News», v. 99, 1971, № 7, p. 114 (США).

Ионные вакансии снижают симметрию кристаллов

Исследование цирконосиликатов группы катаплеита, проведенное А. М. Портновым (Всесоюзный научно-исследовательский институт минерального сырья, Москва), показало, что структура этих редких минералов благоприятна для образования пустот и ионных вакансий.

Замена ионов натрия кальцием по схеме изоморфизма $2\text{Na}^+ \leftarrow \text{Ca}^{2+} + v^{\circ}$ вызывает появление в кристаллах катаплеита большого количества

ионных вакансий. При замещении $\text{Na}^+ \leftarrow \text{H}^+$ в кристаллической решетке за счет ничтожного размера протона также возникают аналогичные пустоты.

Появление в узлах кристаллической решетки большого количества таких предельно несимметричных пар, как пустота — катион или протон — катион вызывает снижение симметрии всего соединения. Подобные замещения в кристаллах предлагается выделять под названием «несимметричный изоморфизм».

ДАН, т. 202, 1972, № 2, стр. 430—433.

Толщина осадочного слоя — 16 км!

Обработывая материалы 15-месячной экспедиции, исследовавшей дно Индийского и Тихого океанов, Дж. Карри, Р. Рэйтт (Скриппсовский океанографический институт, Ла-Холья, штат Калифорния) и Д. Мур (Морской исследовательский центр, Сан-Диего, Калифорния) установили, что одна из наиболее мощных в мире толщ осадочных пород существует под дном Бенгальского залива.

Толщина слоя осадков, имеющего веерообразную форму, как показывают сейсмические измерения, местами превышает 16 км. Общая площадь осадочного конуса выноса пород с континента в Бенгальском заливе составляет около 6 км². Наибольшей мощности он достигает на континентальном шельфе, в непосредственной близости к дельте реки Ганг. Очевидно, именно продукты эрозии суши, выносимые со значительной территории Гангом и его притоками со склонов Гималаев, служат источником образования уникального по толщине слоя донных отложений. Поверхность осадочного конуса изрезана множеством «каналов» и «русел», оставленных подводными потоками, ширина которых местами достигает 15 км.

«Science News», v. 100, 1971, № 21, p. 344 (США).

Международный контроль за загрязнением моря

С 29 ноября по 18 декабря 1971 г. в Брюсселе проходила Международная конференция по разработке конвенции о создании международного фонда для возмещения ущерба от загрязнения нефтью, созданная Межправительственной морской консультативной организацией. В работе конференции участвовали делегации 45 стран мира, в том числе и делегация нашей страны.

На конференции была выработана Конвенция о создании и обязанностях Международного фонда. Конвенцией установлен максимальный размер возмещения, выплачиваемого Фондом всем лицам, потерпевшим ущерб от одного инцидента, в размере тридцати млн долларов. Кроме того, Конвенция представляет право Ассамблее Фонда увеличивать в необходимых случаях максимальный предел возмещения.

Проблема загрязнения мирового океана нефтью — одно из наиболее опасных последствий научно-технического прогресса — уже в настоящее время начинает играть все большую роль в практике международных отношений.

Ю. П. Беличенко
Москва

Коротко

● В Институте фундаментальных химических проблем Варшавского университета физиком А. Баксиком сконструирован первый польский лазер на красителях. Как известно, в таких лазерах дорогостоящий рубин заменен растворами органических красителей.

«Польское обозрение», 1972, № 8, стр. 20—21.

● С. Пандэй и К. Шмид экстрагировали из фракции III нормальной плазмы крови человека несколько ранее не известных основных белков, которые удалось разделить методом электрофореза на бумаге. Авторы предложили номенклатуру этих белков, по которой они обозначаются как белки В₁—В₉. Один из них опи-

щен до гомогенного состояния и имеет молекулярный вес 11 000.

«Biochem. Biophys. Res. Commun», v. 43, 1971, № 5, p. 1112.

● А. Акаши (Япония) обрабатывал лизоцимом яичного белка венские сосиски в оболочках из бараньих кишок и определял появление слизи, изменение окраски и бактериальную обсемененность сосисок при хранении их в течение 5 дней при 30°. Лучший способ предохранения сосисок от порчи — погружение оболочек до шприцевания фарша на 24 часа при 4° в 0,05%-ный раствор лизоцима или кратковременная обработка таким же раствором лизоцима готовых сосисок.

«Jap. J. Zootech. Sci.», v. 42, 1971, № 6, p. 289 (Япония).

● Отчего слон часто хлопает ушами? Исследования американских зоологов показали, что уши у слонов участвуют в терморегуляции. За ушами у них находится область с большим числом кровеносных сосудов, которые подходят близко к поверхности и могут эффективно охлаждаться током воздуха. В случае необходимости сократить теплоотдачу эти сосуды не наполняются кровью полностью и движение ушами прекращается.

«Journal of Mammology», v. 52, 1971, № 1, p. 21.

● Президиум АН СССР постановил организовать в 1972 г. Научно-исследовательский вычислительный центр АН СССР в составе Научного центра биологических исследований АН СССР в Пущине. Научно-исследовательский вычислительный центр будет обеспечивать научно-исследовательские учреждения Научного центра в Пущине современными вычислительными методами и разрабатывать новые пути применения математики в биологии.

● Академиями наук 7 социалистических стран — Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Румынии, СССР и Чехословакии — подписано соглашение о создании в Варшаве Международного математического центра. Направление научных исследований поручено определять международному ученому совету.

«Польское обозрение», 1972, № 4, стр. 11.

Одна из первых книг по экологии человека

Б. П. Алисов
Доктор географических наук
А. А. Малиновский
Доктор биологических наук
Е. Д. Смирнова
Кандидат географических наук
Москва

Н. А. Данилова. ПРИРОДА И НАШЕ ЗДОРОВЬЕ. М., «Мысль», 1971, 221 стр., ц. 45 к.

Среди новых наук, возникающих на стыках наук классических, одной из самых увлекательных является экология человека. Человек распространился по всей нашей планете и вынужден сталкиваться со всеми разнообразными сочетаниями природных условий, которые на ней существуют. И как ни велики достижения современной культуры и техники, создающие барьеры между человеком и природой, влияние ее на человека все же оказывается огромным. Но не только разнообразие земных условий отражается на жизни человека. Как теперь становится все более известно, на организм человека существенное влияние оказывают факторы космического порядка, начиная с годовых и суточных циклов, обусловленных движением самой Земли, и кончая процессами, происходящими на Солнце. Изучение влияния последних, прямого и опосредованного, дало даже основание говорить о новой дисциплине с необычным пока названием «гелиобиология».

Многие из факторов по отдельности освещаются в нашей научной и научно-популярной литературе, но, исходя из этого, трудно представить себе достаточно полную картину, отражающую все многообразие экологических факторов и их взаимоотношения в воздействии на организм человека. Такую картину набрасывает книга Н. А. Даниловой «Природа и наше здоровье», представляющая интерес для большого круга читателей. Широта проблем, затронутых в кни-

ге, такова, что оценка ее требует комплексного подхода. Авторы настоящей рецензии попытались оценить книгу с позиций физической географии, климатологии и с учетом ее медицинской и биологической сторон.

Формальная цель книги — осветить медицинские вопросы, связанные с воздействием природных факторов на здоровье человека и, в частности, дать представление о системе курортов нашей страны. Однако автор выходит за пределы этой задачи.

Первая — и основная — часть книги посвящена общим вопросам, связанным с влиянием различных факторов на организм человека. Автор начинает с проблемы ритмов, вызванных вращением нашей планеты вокруг своей оси и движением по орбите, а также периодическими изменениями состояния Солнца (27-дневными, 11-летними и более длительными). Основные ритмы (суточные, годовые) за долгие периоды эволюции у высших животных привели к выработке соответствующих функциональных циклических изменений (сон и бодрствование и пр.), связанных с низшими центрами головного мозга и с гуморальной системой, которые определяют ход «биологических часов». Обращается внимание на тот факт, что основной ритм биотоков мозга (альфа-ритм) по своей частоте совпадает с частотой пульсации магнитного поля Земли (8—16 колебаний в секунду).

Много внимания уделяется в книге

влиянию на здоровье человека солнечно-земных связей. Так, статистика показывает, что в годы высокой солнечной активности увеличивается вероятность появления новых форм вируса гриппа. (По В. Н. Ягодинскому, в 1947 г. начал циркулировать вирус А-1, в 1957 — А-2, в 1968 г. оказался особенно деятельным «гонконгский» вариант.) При повышении солнечной активности наблюдается рост числа инфарктов, психических расстройств и уличных катастроф, вызванных нарушением внимания водителей транспорта. Все это позволяет ставить вопрос об организации гелиобиологической службы, следящей за активностью Солнца и предупреждающей, когда надо принимать профилактические меры в отношении лиц с неустойчивой сердечно-сосудистой и нервной системой. В Польше биометеорологическая станция при Краковской медицинской академии передает сводки погоды с указанием на вероятные изменения в состоянии нервной системы.

Однако, несмотря на обширные статистические данные, свидетельствующие о влиянии солнечной активности на здоровье человека, механизм этого влияния еще неясен. Это и некоторые другие причины приводят к тому, что ряд ученых, в том числе крупнейший немецкий биоклиматолог Д. Ассеман, относятся к установлению гелиобиологических связей очень сдержанно.

В советской науке также имеются разногласия по этому вопросу. Около

двух лет тому назад на специальном совещании в АН СССР под председательством О. Г. Газенко был представлен разнообразный и, на наш взгляд, убедительный материал в пользу таких связей. В то же время в рецензии, помещенной в журнале «Природа»¹, В. В. Алпатов указал на неубедительность некоторых докладов, сделанных по этой же проблеме на первой конференции памяти А. Л. Чижевского и опубликованных в специальном сборнике.

Мы полагаем, однако, что в периоды становления новых наук, когда еще не выработаны критерии оценки исследований, увлечение «модными» направлениями часто приводит к публикации отдельных работ, выполненных достаточно легкомысленно. Такое положение имело место и в первые годы увлечения термодинамикой в биологии или кибернетикой, что, однако, не дискредитирует направлений в целом. Так же, на наш взгляд, это не дискредитирует и гелиобиологию. Изложение ее проблем в книге Н. А. Даниловой, с нашей точки зрения, вполне уместно.

В последующих главах Н. А. Данилова рассматривает влияние обычного солнечного излучения, воздушной и водной среды на состояние человеческого организма. Здесь же рассматриваются и экстремальные условия в Антарктиде и на больших высотах. При этом дается представление о методах оценки климатических показателей. Книга и здесь вводит читателя в круг не вполне еще решенных проблем. Например: играет ли роль для развития горной болезни снижение в крови CO_2 или болезнь развивается только из-за недостатка кислорода?

Н. А. Данилова старается — и успешно — показать сложные взаимодействия различных факторов среды в их влиянии на человека, например в вопросе о горном туризме, где переплетаются влияния пониженного атмосферного давления, быстрых температурных сдвигов, физической нагрузки и т. д. То же относится и к оценке талассотерапии (лечения морем), да, по существу, и ко всем делам книги.

Вторая часть книги посвящена описанию, на фоне комплексного физико-географического районирования СССР, курортов нашей страны и лечебных факторов — специальных, таких как грязи и минеральные воды, и общих — климат, рельеф и даже эстетические воздействия. Следует заметить, что и к последним нельзя относиться как к второстепенным, учитывая огромную роль нервно-психических перенапряжений в развитии многих заболеваний, в частности сердечно-сосудистых. В тексте дается общая картина курортов СССР и шесть частных описаний, касающихся областей, наиболее богатых курортами (три кавказских, крымская, балтийская и район Карельского перешейка). К книге приложен указатель географических названий.

Книга А. Н. Даниловой посвящена лечению природными факторами и должна вводить читателя в представление о курортах СССР и о правильном использовании их возможностей различными больными, с учетом характера заболевания, некоторых индивидуальных особенностей организма и даже местожительства больного или отдыхающего. Так, северянам не всегда полезны южные курорты, жителям Дальнего Востока — европейские, так как после переезда им требуется длительный период для перестройки организма, приспособляющегося к новому климату или к резкому сдвигу в суточных циклах. Такая же перестройка, но в обратном направлении, необходима и после отдыха — уже в обычных рабочих условиях. А это может перечеркнуть все положительные стороны курортного лечения. Н. А. Данилова дает правильные общие указания — какие места отдыха можно лучше использовать, чтобы избежать этих отрицательных явлений.

Таким образом, в книге Н. А. Даниловой уделяется особенно большое внимание климату как одному из важнейших природных факторов, на первый взгляд простому, понятному всем, в действительности же очень сложному в своих проявлениях, оказывающему влияние и на деятельность здорового человека, и на состоянии нуждающегося в отдыхе и лечении.

Климат как многолетний режим всей совокупности радиационных, электромагнитных и адвективных воздействий на географическую среду рассматривается автором в прямой или скрытой форме на протяжении всех глав книги.

Но, отвечая на формально поставленную задачу, связанную с курортным и вообще природным лечением, книга Н. А. Даниловой может быть еще более ценна в другом отношении, в том отношении, о котором мы говорили в самом начале. Это одна из немногих книг, систематически освещающих широкий круг вопросов экологии человека. Таких книг почти нет. Конечно, было бы хорошо осветить многие вопросы еще шире, но это — пожелание, которое можно предъявить почти к любой работе.

Книга написана как научно-популярная, но, по существу, имеет в значительной степени научный характер, поскольку представляет собой одну из первых сводок, синтезирующих в новом и важном аспекте данные из разных областей. Поэтому можно выразить сожаление, что она не снабжена списком использованной литературы.

Делая важный шаг в направлении экологии человека, автор все же не отрывается полностью от чистой курортологии, и вся работа находится как бы в неустойчивом равновесии между этими двумя областями. Желательно, чтобы в случае переиздания равновесие нарушилось бы окончательно в пользу экологии человека.

В заключение хочется порекомендовать книгу Н. А. Даниловой и врачу, и антропологу, и географу любого профиля, и читателю-неспециалисту.

Новые книги

Петр Сигунов. РАССКАЗЫ О ПРИРОДЕ. Ожерелья Джехангира. М., «Мысль», 1972, 152 стр., ц. 36 к.

В этих увлекательных рассказах о романтике ловли тайменей звучит голос не просто страстного спиннингиста: их автор — настоящий знаток рыб, истинный любитель природы.

В книге приведен интересный материал о биологии сибирских рыб.

¹ См. «Природа», 1970, № 11, стр. 112—113.

Необходим современный курс физики

Профессор С. П. Капица

БЕРКЛИЕВСКИЙ КУРС ФИЗИКИ. Т. 1. Ч. Киттель, У. Найт, М. Рудерман. Механика. Т. 2. Э. Парселл. Электричество и магнетизм. Перев. с англ. М., «Наука», 1971.

Написание курса общей физики — своего рода вечная проблема, которую каждое поколение должно решать заново, причем с развитием науки решение этой проблемы усложняется. Трудно переоценить значение курса физики и в формировании современного мировоззрения, но именно эта сторона дела часто не получается должного понимания.

Сравнительно недавно у нас вышли из печати переводы первых двух книг пятитомного американского «Берклиевского курса физики». Очень подробную рецензию на весь курс, написанную одним из редакторов русского перевода А. О. Вайсенбергом, можно найти в «Успехах физических наук»¹. Поэтому здесь мы не будем входить в детальный анализ этих книг. Нас скорее будут интересовать обстоятельства, приведшие к появлению этого курса, а также его общая характеристика и место, которое он занимает в современной литературе.

В общих чертах события, которые привели к созданию этих книг, начались в конце 50-х годов. Тогда в США произошла резкая переоценка ценностей, касающаяся системы образования. Мощным внешним толчком для этого послужили выдающиеся достижения советской науки, наиболее ярким выражением которых стал запуск в октябре 1957 г. первого искусственного спутника Земли.

Анализ преподавания физики, математики и биологии в американских школах, колледжах и университетах и

выявленное при этом отставание образования от состояния науки поставили перед администрацией и научной общественностью США задачу создания новых учебников.

Одним из результатов этого анализа стало издание школьного учебника «Физика», написанного коллективом авторов, связанных с Массачусетским технологическим институтом. Перевод этой книги вышел у нас в 1965 г. Большое внимание было уделено созданию курса физики для высшей школы. Для этой цели были выделены значительные средства, и к делу написания учебных курсов было решено привлечь крупных ученых. Один из таких коллективов возглавил профессор Калифорнийского технологического института Ричард Фейнман. В результате в течение 1961—1963 гг. были написаны известные «Фейнмановские лекции по физике», также вышедшие в русском переводе в 1965—1967 гг. Второй коллектив авторов работал в Массачусетском технологическом институте. Наконец, в Беркли, в Калифорнийском университете, группа ученых также предприняла написание еще одного курса — «Берклиевского курса физики», который сейчас стал доступен нашему читателю.

Таким образом, мы видим, что создание этой серии книг было не случайным, а явилось результатом целенаправленной, организованной деятельности, в основе которой лежала идея о том, что разделение функций обучения и развития науки, при котором подготовка кадров оказывается оторванной от живой исследовательской деятельности, является губительным для целостного развития науки.

Такой разрыв возник в США вследствие исторических причин, в первую очередь связанных с интенсивным развитием некоторых проблем физики в послевоенные годы, и неизбежно надо было искать способ компенсации возникающих здесь потерь. В результате к написанию общих курсов физики были привлечены ученые, являющиеся не только и не столько преподавателями физики, сколько активными, творчески работающими физиками. Только таким путем мыслилась возможность преодолеть тот разрыв, который возник между преподаванием физики и современным ее состоянием.

Публикация лекций Р. Фейнмана представляла собой, казалось бы, самое простое решение предложенной задачи. Действительно, Р. Фейнман — лауреат Нобелевской премии, одна из самых ярких фигур в современной теоретической физике, — прочитал очень интересный и своеобразный цикл лекций. С помощью двух весьма квалифицированных помощников, проф. М. Сэндса (ныне он ректор университета в Сан-Диего) и проф. Р. Лейтона, лекции были обработаны и изданы. Теперь эти книги совершенно необходимы каждому преподающему физику. Они — живое свидетельство могущества и глубины современной физики, они очаровывают читателя блеском и изяществом изложения. Однако при всем богатстве содержания и мастерстве изложения систематического курса не получилось. Опыт занятий со студентами, особенно теми, кто не стремится стать теоретиком, показывает, что лекции Р. Фейнмана не дают достаточно полного представления о всем

¹ См. УФН, 1971, т. 105, вып. 2, стр. 373.

содержании тех разделов, которые принято включать в общий курс.

В этом отношении Берклиевский пятитомник представляется гораздо более завершенным. Его авторами также являются известные ученые. Так, автор «Электричества» Э. Парселл — лауреат Нобелевской премии, открывший явления ядерного магнитного резонанса и радиоизлучение межзвездного водорода. В работе над «Механикой», помимо У. Найта и М. Рудермана, принимал участие Ч. Киттель, который был также общим редактором всей серии и который хорошо известен своими работами в области магнетизма и рядом монографий и учебников по физике твердого тела. Остальные тома курса также созданы известными учеными. Так, «Волны» написаны Ф. Крауфордом, «Квантовая физика» — Э. Вихманом, «Статистическая физика» — Ф. Рейфом. Наконец, специально для этого курса были составлены задачки и создан лабораторный практикум. Правда, по моему мнению, практикум удался меньше всего. Хотя, может быть, это впечатление основано больше на личном знакомстве с учебными лабораториями в Беркли, чем на методических достоинствах описания работ.

Основные тома этого курса заслуживают самого большого внимания не только со стороны тех, кто учит и учится, но и всех, кому интересен вообще образ мышления, характерный для современной физики. Действительно, в систематическом курсе, а такому условию эти книги несомненно удовлетворяют, само содержание в известной мере предопределено. Как указанные выше разделы, так и отдельные вопросы, среди которых есть все: маятники и спутники, электроны и фотоны, — традиционно входят в общий курс. Однако, что самое важное, эти понятия рассматриваются так, как это принято в наши дни. На классических примерах авторы курса с большим педагогическим тактом и мастерством воспроизводят подход и способ мышления, стиль современной физики.

Справедливо отказавшись от исторического построения курса, его составители в то же время часто обращаются к материалу прошлого, уме-

ло подбирая выдержки из работ Ньютона, Максвелла, Фарадея, Резерфорда, Эйнштейна и др., приоткрывая перед студентом наиболее яркие страницы в развитии физики, направляя их к изучению наиболее поучительных первоисточников. К сожалению, в русском переводе библиографические указания даны только на оригинальные сочинения. Несколько больше других повезло Ньютону. «Математические начала натуральной философии» в «Механике» цитируются дважды, причем один раз (стр. 118) наш читатель отсылается к «Известиям Николаевской морской академии», где в 1915 г. впервые был опубликован известный перевод А. Н. Крылова. Между тем более доступен седьмой том собрания трудов А. Н. Крылова (Л., 1935), где есть этот перевод. В конце «Механики», на стр. 447, те же «Начала» цитируются вновь, но уже как «Принципы натуральной философии» и без всяких указаний на русское издание.

При цитировании Фарадея, Максвелла и Эйнштейна вообще не дается указаний на их переводы, хотя все упоминаемые работы есть в советских изданиях «Классиков науки» и «Классиков естествознания». Это, пожалуй, наиболее заметный недостаток перевода, который в остальном сделан хорошо. К сожалению, само издание выполнено гораздо скромнее, чем американское, для которого характерно наличие хороших иллюстраций и больших полей. У нас, по-видимому, только поэтов издают так, что остается еще много места на странице, хотя при этом редко кто им пользуется. Правда, наше издание «Механики» стоит 1 р. 20 к., в то время как американское 6 долларов.

Итак, «Берклиевский курс физики» представляет собой попытку, несомненно удавшуюся, создания современного курса физики, и естественно, что им широко пользуются в ряде стран. Однако этот учебник ориентирован на американскую практику. Многие исторические примеры и особенно иллюстрации взяты из американской жизни. Поэтому появление такого курса на нашем книжном рынке никоим образом не решает задачу обеспечения советской высшей школы подобным пособием. Более

того, появление этих книг только подчеркивает отсутствие их советского аналога. Последним из полных курсов общей физики, созданных в нашей стране, был курс, написанный профессурой МГУ еще до войны. В него входили «Механика» С. Э. Хайкина, «Оптика» Г. С. Ландсберга, «Электричество» С. Г. Калашникова. Но с тех пор облик современной физики изменился необычайным образом, и при всех достоинствах эти книги несколько устарели. Справедливости ради надо отметить, что за истекшие годы издано множество книг и пособий. Тем не менее у нас по существу нет современного советского курса физики, и в нашей практике преподавания, особенно в тех вузах, где физика проходит по наиболее полной программе, мы испытываем большие затруднения.

В отличие от времен О. Д. Хвольсона, создавшего в начале нашего века знаменитый курс физики, все попытки в одиночку написать учебник не привели пока к полноценному, а главное, современному решению. Можно думать, что единственный выход из этого положения заключается в том, чтобы сделать попытку мобилизовать наших ученых, работающих в научных учреждениях и преподающих в вузах, и предпринять коллективное написание такого курса.

Значение полноценного курса физики трудно переоценить, его влияние на подготовку ученых и педагогов, инженеров и техников очень велико. Можно думать, что это один из существенных каналов, по которому передовая наука может эффективно влиять на промышленность нашей страны, один из путей внедрения в практику большого потенциала, достигнутого советской наукой.

■ Новые книги

Рэмон Вэсьер. ЧЕЛОВЕК И ПОДВОДНЫЙ МИР. Перев. с франц. Л., Гидрометеониздат, 1971, 250 стр., ц. 1 р.

Книга одного из ближайших сподвижников Жака-Ива Кусто насыщена самыми разнообразными сведениями об истории и современном состоянии исследований океанских глубин. Она тепло принята широкими массами читателей.

Новый синтез геоморфологии

Академик К. К. Марков

А. Е. Кривоуцкий. ЖИЗНЬ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ. М., «Мысль», 1971, 408 стр., ц. 1 р. 68 к.

А. Е. Кривоуцкий опубликовал прекрасную книгу, которая заполнила вакуум, образовавшийся в советской геоморфологической литературе. У нас нет современной непереваемой книги, освещающей геоморфологическую проблематику, притом книги небольшого объема (капитальная сводка проф. И. С. Щукина очень велика и опубликована в 1960—1964 г.).

Книга А. Е. Кривоуцкого состоит из десяти глав. В них освещаются: методологические вопросы, общая тектоническая основа геоморфологии, геоморфология наиболее крупных пространств Земли (океанических впадин, древних платформ, геосинклинальных складчатых поясов, молодых платформ, молодых плит, альпий-

ских геосинклинальных областей, окраинно-материковых геосинклинальных поясов,— всего семь глав) и, наконец, десятая глава посвящена экзогенному фактору.

Необходима была и ясность и смелость мысли автора, чтобы не потеряться в геоморфологических противоречиях и, критически их рассмотрев, высказаться далеко не апологетически по поводу некоторых вполне установившихся представлений. Так, например, автор восстает, приводя убедительные аргументы, против почти всеми геоморфологами принятого представления о множественности древних поверхностей выравнивания. Все выводы автора основаны не только на активном разборе литератур-

ных данных, но и на его собственных материалах исследований в многочисленных районах на территории Советского Союза.

Автору можно сделать один упрек: обзор экзогенного фактора изложен только в одной главе. Между тем, он справедливо замечает, что экзогенный и эндогенный факторы равноценны. Нужно также пожалеть, что книга не названа просто и ясно — «Геоморфология».

Ограничусь этой краткой рецензией, хотя книга, несомненно, должна получить много более подробных и положительных откликов. Свою же задачу я вижу только в том, чтобы обратить внимание на эту выдающуюся работу.

Удачное обобщение сведений о Гондване

Ю. М. Пушаровский

Доктор геолого-минералогических наук

Москва

М. Г. Равич. ЗАГАДКИ ГОНДВАНЫ. М., «Знание», 1972, 64 стр., ц. 12 к.

Даже в газетах время от времени пишут о Гондване — огромном древнем материке, занимавшем некогда большую площадь Южного полушария Земли. Обычно это бывает тогда, когда наукой открывается какой-нибудь новый факт, доказывающий былую непосредственную связь южных материков и Индии друг с другом. Но что же произошло в развитии Земли, в результате чего Африка, Южная

Америка, Австралия, Антарктида и Индия оказались разобщенными, разделенными океаном?

Весь связанный с этим широкий круг сложных вопросов и рассматривает автор в своей новой книге. Ценность книги увеличивается тем, что проф. М. Г. Равич сообщает в ней интересные итоги своих личностных исследований в Антарктиде, где он работал много лет. Нужно отметить, что

наша специальная научная литература не имеет обобщения по проблеме Гондваны, созданного на уровне современных знаний. Благодаря разносторонности подхода и серьезности анализа, книга может рассматриваться как существенный вклад и в этом отношении.

В книге поддерживается и развивается гипотеза о стадийном распаде единого Гондванского суперконтинента.

та, существовавшего около двух млрд лет, и дрейфа его отдельных частей — нынешних материков. Распад этот начался 190 млн лет назад, когда от Гондваны откололся и отодвинулся Африкано-Южноамериканский блок. 140 млн лет назад и этот блок распался и образовались современные Африка и Южная Америка. Третий этап начался 70 млн лет назад, когда произошло разделение Австралии и

Антарктиды. Материки продолжают дрейфовать и сегодня со скоростью в среднем 3 см в год. «Чем этот дрейф в конце концов завершится и завершится ли он вообще, пока не знает никто», — пишет автор.

К механизму движений автор подходит с позиций так называемой «новой глобальной тектоники», изложению сущности которой посвящен ряд разделов. Он признает, что верхняя

твердая оболочка Земли (литосфера) распадается на несколько гигантских плит, которые движутся в противоположные стороны от срединно-океанических хребтов. Однако эта концепция, как теперь выясняется, универсального значения для Земли не имеет. Поэтому соответствующие разделы книги наиболее дискуссионны. В целом познавательное значение новой книги несомненно.

О «нежных питонах» и «мыслителе-бунтаре»

М. Д. Махлин
Ленинград

А. М. Низова. ВЕЛИКИЙ УЧИТЕЛЬ — ПРИРОДА. М.: «Знание», 1971, 80 стр., ц. 15 к.

В последние годы на мировом книжном рынке все в большем количестве поступает научно-популярная и методическая литература, рассчитанная на родителей и воспитателей детей школьного возраста. Книжки типа «Математика для матерей», «Физика для отцов» и т. п., выходящие во Франции, Англии и других странах, написаны с учетом изменившихся и усложнившихся школьных программ и отвечают потребности многих родителей повысить свою компетенцию в тех предметах, которые изучают их дети.

Важную задачу выполняет наше изд-во «Знание», выпуская серию брошюр «Педагогический факультет» под рубрикой «Новое в жизни, науке, технике». Спрос на эти брошюры огромный. Достаточно сказать, что тираж брошюры А. М. Низовой «Великий учитель — природа», о которой пойдет речь, — 333 500 экз.

Брошюра во многом хороша (прошу запомнить это определение), написана живо, отвечает своему назначению. Оригинальна и форма: после каждой главы идут подборки: «Добрый совет»; «Маленькие почемушки»;

«Интересные обычаи и традиции». Можно, конечно, заметить в этих подборках известные недостатки: например, перечисляя, в каких странах изучение природы начинается с младших классов, автор не сообщает, как дело обстоит у нас (а в СССР, кстати, изучение природы начинается даже до школы, по программам учебных занятий в детском саду). Или, скажем, что интересного в таком «обычае и традиции»: «В школах Японии детям не позволено задавать вопросы учителю. Но зато (?) в конце каждого урока учащиеся должны поблагодарить своего наставника за то (!), что он хорошо их учил» (стр. 37).

Вообще, хорошая мысль — оснастить брошюру своеобразным методическим аппаратом. К сожалению, автор с этой задачей не вполне справилась, ряд подборок не несет смысловой нагрузки. Но все это, разумеется, были бы досадные мелочи, если бы вдруг мои глаза не уперлись в... банку со сгущенкой. Впрочем, в банку впиалась ядовитая змея, с жадностью поглощая сладкий концентрат (и выплюнув, видимо, за ненадобностью свои ядовитые зубы). Эта под-

робно изложенная история (стр. 44) напомнила мне сказку о волке, перешедшем по совету овец на питание травой. Ну, что поделаешь, попутал автора бес, переписала откуда-то, не задумываясь, очередную байку.

Ан, нет! А. М. Низова, оказывается, сама свидетель подобного чуда. На стр. 47 она с умилением повествует о своих (своих!) питомцах, которые дружно и «без всяких ссор» слизывали одновременно «лакомство» (все то же молоко, но уже парное). Кто же эти лакомки, тут же появившиеся «на запах» молока? Пожалуйста, кошечка Мурка с котенком Цыганком, щенок Каштанка, еж Енька и... уж Ужачка. Да, да, «маленький ужонек», но уже весьма общительный и интеллектуальный товарищ.

Если ужонек столь человечен и такой компанейский, чего же удивляться, что «в некоторых африканских и южноамериканских странах приручают питонов», которые охраняют маленьких детей «с большой нежностью» (стр. 52). Во-первых, в Южной Америке питонов нет (всего один вид — в Центральной Америке), там обитают удавы. Во-вторых, давай-

те же будем взрослыми: ну как может удав «нежно» ухаживать за ребенком? То и дело на страницах нашей прессы появляется эта легенда. Но надо же к ней подходить критически. Действительно, удавов приручают, действительно, держат в домах и садах. Удавы уничтожают грызунов, распугивают ядовитых змей. Но размеры этих «гигантов змеиного царства» — 2—3 м. Вряд ли безопасно держать у колыбели такую змею.

Впрочем, может быть, только змеи кажутся А. М. Низовой такими умными? Ничего подобного. Труд, как известно, создал из обезьяны человека. Орудия труда позволили человеку стать таким, какой он есть. А орудия труда — это предметы целевого, многократного использования. Но увы, из книжки А. М. Низовой мы узнаем, что в этом отношении человечество не одиноко на нашей планете. «Оказывается, не только люди, но и животные пользуются орудиями труда. Не верится? Но факты — упрямы». И далее на стр. 52 сообщается о прутиках в лапах шимпанзе и веточках, употребляемых галапагосским дятлом.

Затем рассказывается, как развива-

ет яйца восточноафриканский стервятник. «Догадливая птица», — умиляется автор. Наконец, как сенсация (через многоточие) подается факт, «что наиболее развитым животным является... дельфин» (стр. 65). Кстати, хотелось бы уточнить, что автор понимает под термином «развитый» — то же, что понимается в психологии и педагогике, когда мы говорим о развитии детей? В противном случае, каждый биологический вид можно считать развитым для своей ступени эволюционной лестницы.

Нет, все это не оговорки. Это чистой воды антропоморфизм, рецидив которого во второй половине XX в. просто смешон. А вот философия посложнее: «Итак, в животных есть великая преданность человеку» (стр. 46). Причем автор специально оговаривается, что «дикие животные не менее способны на дружбу с человеком» (стр. 44). Здесь так и проглядывает христианская мифология, суть которой в данном аспекте в том, что вся природа обращена лицом к человеку и ждет ласки (и сгущенного молока) от творения божьего. И действительно, на 48 стр. «набожный человек» тетка Евдокия (персонаж по-

ложительный) поучает: «Все, что есть живого, пусть живет. И нельзя его обижать, нельзя ему делать больно. В букваре нашем (чьем? церковном?) было сказано: «Не мучь мухи, и ей больно!» Преподнося подобную премудрость ребенку, мы, по логике вещей, должны ждать, что он перейдет на питание исключительно солью и водой, ибо «что есть живого (а это вся наша пища), пусть живет»...

Еще раз повторяю, книжка А. М. Низовой могла быть целиком хорошей, если бы не досадные нелепицы.

Надо думать, дорогие товарищи из издательства «Знание», что книги для родителей в серии «Педагогический факультет» тоже должны быть основаны на глубоких и проверенных знаниях. Впрочем, по вопросу о необходимости и ценности знаний у А. М. Низовой нет со мной расхождений. Она об этом пишет подробно и подкрепляет свои выводы такой сентенцией (стр. 26): «Даже такой мыслитель-бунтарь, как А. Эйнштейн, с уважением отзывался о знаниях, без которых считал немыслимым никакое творчество». Как я понял, речь идет о каком-то однофамильце гениального ученого.

Новые книги

■ НАУКА И ЧЕЛОВЕЧЕСТВО. 1971—1972. Доступно и точно о главном в мировой науке. Международный ежегодник. М., «Знание», 1972, 390 стр., ц. 2 р. 80 к.

Авторы ежегодника составляют интернациональный коллектив крупнейших ученых. Насколько велик этот коллектив, насколько широки международные связи ученых, можно судить по карте, помещенной в начале этого, уже десятого выпуска.

Настоящий выпуск открывается статьей вице-президента АН СССР М. Д. Миллионщикова, в которой говорится о наиболее важных чертах современного научно-технического прогресса. Последующие выступления сгруппированы в разделе «Чело-

век», «Земля», «Микромир», «Вселенная», «Технический прогресс».

Под рубрикой «Человек» публикуются статьи И. А. Кассирского «Гематология на новых путях», А. Б. Долгопольского «Какие языки родственны европейским?», П. С. Александрова «О призвании ученого» и др.

В других разделах выступают директор Гидрометцентра СССР В. А. Бугаев, американский специалист в области физики высоких энергий Сеймор Дж. Лиденбаум, Р. З. Сагдеев, работающий над проблемами плазмы, бельгийский ученый-металлург Пирри Коэр и многие другие.

Познакомившись с этим томом, читатель получит широкое представление об исследованиях, ведущихся на основных фронтах мировой науки, о

последних ее победах и о еще не преодоленных трудностях.

■ Энрико Ферми. НАУЧНЫЕ ТРУДЫ В ДВУХ ТОМАХ. Т. II. 1939—1954. М., «Наука». Серия «Классики науки». 1972, 712 стр., ц. 2 р. 64 к.

В январе 1939 г. знаменитый физик, лауреат Нобелевской премии Э. Ферми, покидает фашистскую Италию и становится сотрудником Колумбийского университета (США). Основные работы Э. Ферми, написанные им в США (1939—1954), и составляют содержание второго тома его «Научных трудов», издаваемых под общей редакцией Б. Понтекорво. Это отчеты, посвященные исследованиям в обла-

сти ядерной энергии, служебные записки, записи лекций, которые читал Э. Ферми, и т. п.

Все эти материалы, как говорится в редакционном предисловии, «не только характеризуют напряженную деятельность Ферми в это время, но и, вместе со вводными замечаниями Андерсона, Сегре и других, представляют большой интерес для истории науки и техники, для истории вообще».

В конце второго тома приведены основные даты жизни и деятельности Э. Ферми и библиография его трудов.

■
SIGN. LANGUAGE. CULTURE. * SIGNE. LANGAGE. CULTURE. * ZNAK. JEZUK. KULTURA. * ЗНАК. ЯЗЫК. КУЛЬТУРА. 1970. Mouton. The Hague. Paris.

Истоки семиотики — области знания, изучающей свойства знаковых систем, — восходят к трудам Г. В. Лейбница, Ф. де Соссюра, Ч. Пирса. Но ее стремительное развитие началось сравнительно недавно, что объясняется широким интегральным характером семиотики и обусловлено значительными успехами психологии, лингвистики, кибернетики и теории информации. Большой интерес специалистов многих стран привлекли две международные конференции по семиотике, состоявшейся в Польше в 1965 г. и 1966 г. (под эгидой ЮНЕСКО).

Данный сборник состоит в основном из докладов, прочитанных на этих конференциях. Большинство материалов, опубликованных на английском, французском, польском и русском языках, вскрывают важный аспект семиотики — ее способность ответить на многие существенные вопросы теории культуры. В частности, ряд статей сборника посвящен моделям и психологии языка, а также семиотике кино, искусства, литературы. Среди советских авторов — А. К. Жолковский, С. К. Шаумян, В. В. Иванов, Ю. К. Щеглов, Д. М. Сегал и другие. Составители сборника отмечают: «Неоценимым *spiritus movens* нашей деятельности был Роман Осипович Якобсон, который внес в нашу работу богатую традицию своей отечественной науки и связь с всемирной наукой».

С. В. Томирдиаро. ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА И ОСВОЕНИЕ ГОРНЫХ СТРАН И НИЗМЕННОСТЕЙ. Магаданское книжное издательство. 1972, 171 стр., ц. 68 к.

Когда образовалась на нашей планете мерзлота? Почему эпохи резких похолоданий сменяются волнами потеплений? Является ли мерзлота наследием ледниковых эпох или представляет собой продукт современного климата?

Обсуждению существующих мнений по этим и некоторым другим вопросам общего характера посвящена первая глава монографии С. В. Томирдиаро. Последующие главы рассказывают о вечной мерзлоте горных и равнинных районов Магаданской области и Якутской АССР, о различных методах освоения этих территорий, приводятся конкретные рекомендации.

«К сожалению, полный курс общего и инженерного мерзлотоведения преподается до сих пор только в Московском государственном университете... — пишет автор. Выпускники же большинства горных и строительных институтов и техникумов, приезжая на территорию Крайнего Севера и всего Северо-Востока СССР, остро нуждаются хотя бы в основных сведениях о природе, особенностях и прогнозах поведения вечной мерзлоты, которые нередко определяют даже главные принципы инженерной и хозяйственной деятельности на этих территориях. Дать такие представления самому широкому кругу специалистов и хозяйственников, осваивающих северные и восточные районы страны, — цель этой книги».

Монография может заинтересовать широкие круги читателей.

■
М. Кальвин. ХИМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ. Перев. с англ. М., «Мир», 1971, 240 стр., ц. 1 р. 55 к.

Согласно современным представлениям о происхождении и развитии жизни на нашей планете, периоду биологической («дарвиновской») эволюции предшествовал длительный период химической эволюции. Книга в основном посвящена именно этому периоду, который изучает органическая геохимия и направление, назван-

ное автором «молекулярной палеонтологией». По словам редактора и автора предисловия акад. А. И. Опариной, книга «не только содержит новейшие объективные данные по проблеме происхождения жизни, но и отражает общие теоретические взгляды на эту проблему ее автора — одного из крупнейших биохимиков США, блестящего экспериментатора и глубокого мыслителя». В конце книги автор делится своими размышлениями в связи с тем, что «человеку присуща потребность искать смысл как своей жизни, так и жизни вообще». Поэтому книга интересна не только для геохимиков и исследователей происхождения и развития жизни, но и для философов, а также для молодежи, выбирающей профессию научного работника.

■
РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ В ЗЕМНОЙ КОРЕ. Сб. статей. Перев. с англ. и франц. М., «Мир», 1972, 276 стр., ц. 2 р. 13 к.

Одна из важнейших проблем современной геохимии состоит в установлении закономерностей распределения и взаимоотношения химических элементов в земной коре. В книге представлены статьи ведущих зарубежных специалистов, посвященные этому и ряду других кардинальных вопросов геохимии. В частности, в статье Г. Холланда сведены научные представления по одной из наиболее интересных проблем современной геохимии — изменению содержания CO_2 в атмосфере Земли в течение ее геологической истории. На конкретных примерах в статьях рассмотрены проблемы химии земной коры и процессов образования горных пород; отдельные статьи касаются термодинамики геохимических процессов и экспериментальных исследований. Обобщения основаны на данных, полученных при использовании самых современных аналитических методов исследования веществ.

Книга представляет интерес для широкого круга научных работников, преподавателей вузов, геохимиков, минералогов, петрологов, специалистов по рудным месторождениям.

Полное солнечное затмение 10 июля 1972 г.

Полное затмение будет видно в узкой полосе, проходящей по Сахалину (от Александровска-Сахалинского и далее к северу), Охотскому морю, западному краю основания Камчатского п-ва, Анадырскому заливу и восточной оконечности Чукотского п-ва. Ширина полосы полного затмения меняется от 92 км (у Александровска-Сахалинского) до 111 км (на Чукотском п-ве).

Западнее и восточнее этой полосы будет наблюдаться только частное

затмение, различные фазы которого доступны наблюдениям лишь севернее границы, проходящей от Таллина через Ленинград, Архангельск, Салехард, Туру, Олекминск, Хабаровск и Южно-Сахалинск.

В таблице приведены обстоятельства солнечного затмения по московскому времени для некоторых населенных пунктов СССР. Фаза 1 означает полное затмение.

В пунктах, отмеченных звездочкой, затмение начнется в конце суток 10 июля 1972 г. и будет видно, так как там длится полярный день. В остальных пунктах затмение произойдет утром 11 июля 1972 г.

М. М. Дагаев

Москва

Таблица

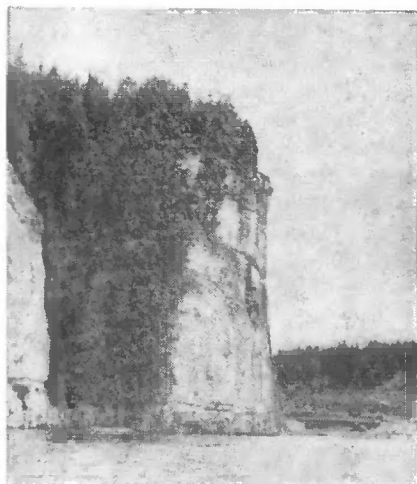
Название пункта	Начало	Середина	Конец	Фаза
Анадырь	20 ^h 44 ^m	21 ^h 42 ^m	22 ^h 43 ^m	1
Верхне-Колымск	20 51	21 44	22 39	0,8
Верхоянск	21 01	21 51	22 43	0,7
Вилуйск	21 04	21 52	22 41	0,7
Воркута *	21 44	22 26	23 07	0,5
Дудинка	21 30	22 14	22 58	0,5
Игарка	21 30	22 13	22 57	0,5
Магадан	20 44	21 36	22 31	0,98
Маточкин Шар *	21 45	22 28	23 11	0,5
Мурманск *	22 00	22 42	23 23	0,4
Нарьян-Мар *	21 51	22 32	23 13	0,4
Нижне-Колымск	20 52	21 47	22 44	0,9
Норильск	21 29	19 13	22 57	0,5
Охотск	20 47	18 38	22 31	0,9
Петропавловск-Камчатский	20 33	21 26	22 21	0,9
Провидения (порт)	20 43	21 43	22 46	0,98
Средне-Колымск	20 52	21 46	22 42	0,8
Тикси	21 08	21 58	22 48	0,7
Усть-Камчатск	21 35	21 29	22 26	0,96
Уэлен	20 47	21 47	22 51	1
Якутск	20 58	21 47	22 37	0,8

Эхо у камня Говорливый на Вишере

На нашей планете ряд мест отличается особенно впечатляющим эхом. Нередко такие места получают и соответствующие названия. В США, например, это каньон Эхо вблизи города Солт-Лейк-Сити; подземная река Эхо в Мамонтовой пещере, штат Кентукки; озеро Эхо в горах штата Нью-Хампшир. Эти пункты в акустическом отношении не обследованы, однако, если судить по удаленности друг от друга отражающих звук поверхностей, наиболее многократное эхо (шести- или семикратное) можно ожидать на оз. Эхо в Нью-Хампшире.

В нашей стране наименование ряда мест также связано с эхом. Это, прежде всего, скальная гряда Говорливый или, более коротко, камень Говорливый, расположенный на правом берегу Вишеры (притока Камы), примерно в 20 км вверх по течению от г. Красновишерска. Гряда эта имеет протяженность около 1,2 км при высоте скальных стенок от 40 до 50 м. Название указывает, что камень хорошо отражает звук («говорит» с наблюдателем). От камня произошло название и впадающей в Вишеру у начала скальной гряды речки Говорухи, а также расположенного поблизости поселка Говорливого.

Хорошее отражение звука у камня Говорливый наблюдается не только от скальных стенок, но и от других участков высоких берегов реки, покрытых густым лесом. Таких участков здесь восемь, и если звук создается



Скальная гряда Говорливый на реке Вишере.

примерно на середине реки, расстояние до отражателей будет находиться в пределах от 100 м до 1,2 км.

Произведенные нами 2 августа 1971 г. испытания условий отражения звука в районе скальной гряды Говорливый показали, что ухо может фиксировать здесь от 5 до 8 эхосигналов за время 5—7 сек. Наиболее сильным был первый эхосигнал (от скальной стенки); он приходил по истечении 1,5 сек. после прекращения действия источника звука. Испытания производились в первой половине дня, при ветре 3—6 м/сек, температуре воздуха 10—12° и относительной влажности 55—60%. В качестве источников звука использовались выстрелы из ружья и туманный горн. Туманный горн на расстоянии 10 м давал силу звука 105 дБ по общему уровню; при выстрелах из ружья в 10 м от источника сила звука составляла 109 дБ. Атмосферные акустические помехи при измерениях на низких частотах звукового диапазона имели величину 50 дБ, на высоких они снижались до 35—40 дБ.

Эхо у камня Говорливый поступает от отражателей, расположенных в разных азимутах и на различных расстояниях от источника. Когда происходит повторение форсированного человеческого голоса (крика), наблюдатель довольно четко фиксирует направление на источник эхосигналов

(человеческий голос опознается нами лучше звуков иного происхождения).

С помощью шумомера фирмы Брюэль и Кьяр № 2203 с фильтром № 1613 (частотный диапазон шумомера 31—31500 гц, динамический 10—140 дБ) удалось установить, что спектр первого эха (от скальной стенки) в основном повторяет спектр источника, однако в спектре эха спад энергии высоких частот (2—8 кгц) происходит более резко в сравнении с источником.

Кроме Вишеры, звонкое и многократное эхо наблюдается на Лене (Ленские щели и Падь масляная), на Енисее (между Красноярском и Дивногорском) и на Телецком озере¹. Вишера по праву считается одной из наиболее красивых рек Урала, и эхо у камня Говорливый — одно из впечатляющих ее украшений.

Профессор
В. И. Арабадж и
Горький

Кровососущий вьюрок

Дарвиновы вьюрки, встречающиеся на Галапагосских островах, уже не раз поражали воображение биологов и своим видовым разнообразием, и тонкостями адаптаций, и оригинальными чертами экологии. Исследование этой замечательной группы птиц послужило Дарвину одним из важных аргументов в создании его теории видообразования.

Позднее всеобщее удивление, и поначалу даже недоверие, вызвали наблюдения за тем, как дятловый вьюрок использует орудия (палочки и иглы кактусов) при добычании насекомых². И вот сравнительно недавно дарвиновы вьюрки еще раз обогатили наши представления не только о явлениях частной экологии, но и о широте биологических возможностей класса птиц в целом.

Во время экспедиции на один из самых северных островов Галапагосского архипелага — о. Вулф американский исследователь Р. Боумен наблю-

дал до сих пор не известное науке явление¹. Небольшой, скромно окрашенный кактусовый вьюрок *Cactospiza difficilis septentrionalis* был замечен за совершенно несвойственным для птиц занятием. Эти вьюрки неоднократно садились на спины чернопалых, или голуболицых олуш (*Sula dactylatra*), которые гнездятся на острове. Присев на спину такой крупной птицы, вьюрок быстро бежит к локтевому сгибу крыла олуши, запускает свой удлинённый клюв в глубь оперения и прокалывает кожу птицы у основания маховых перьев. Из прокола тотчас начинает бежать тоненькая струйка крови, и маленький хищник приступает к необычной трапезе, подбирая клювом стекающую кровь!

Любопытно, что невольный донор почти не обращает внимания на такое дерзкое кровопускание со стороны крохотной птички. Лишь изредка олуша поворачивает голову, поглядывая на своего седока, и покачивает мощным заостренным клювом. Можно лишь предположить, что кактусовый вьюрок находит какую-то точку на сгибе крыла олуши, где прокол практически не причиняет никакой боли.

Каким путем мог развиться у птицы столь «кровожадный» способ питания, не свойственный этому классу животных? Видимо, кровососание явилось следствием какого-либо более заурядного типа питания. Было замечено, что на олушах всегда прокармливаются множество мух-кровососок. Возможно, что вначале земляные вьюрки присаживались на спины олуш, чтобы ловить этих мух, и им нередко попадались мухи, только что насосавшиеся птичьей крови. Постепенно вьюрки вошли во вкус такого калорийного питания и стали искать путей прямой его добычи.

Таким образом, среди множества типов и способов питания птиц обнаружен еще один, совершенно необычный — кровососущий, причем паразитирование происходит на представителе того же класса животных.

Н. Н. Дроздов

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

¹ См. «Природа», 1971, № 5, стр. 99.

² См. «Природа», 1962, № 9, стр. 123.

¹ R. T. Bowman. Darwin's Finches, «Pacific Discovery», 1965, 18, N 5.

Нанду

Нанду — самые крупные птицы американского континента. Вес обыкновенного, или северного, нанду (*Rhea americana*), обитающего в пампасах Аргентины и Бразилии, достигает 25 кг, рост — 170 см. Второй вид, так называемый дарвинов нанду (*Rhea pennata*), несколько мельче. Область распространения дарвинова нанду — Патагония и горные степи Анд.

Нанду — типичные жители открытых местностей. Необычайно зоркие глаза, прекрасный слух и быстрые ноги помогают им спастись от главного и практически единственного врага — человека. Среди четвероногих и пернатых обитателей пампы серьезных врагов у нанду нет. Бегают нанду не только быстро, но и маневренно: управляя крыльями, они на полной ско-

рости способны делать повороты под углом почти в 90°.

В период размножения нанду настоящие территориальные птицы. В это время, т. е. в сентябре — декабре, они держатся небольшими группами, каждая из которых состоит из самца и нескольких самок — «гарема». Самец ревностно охраняет участок, на котором живет «гарем», и изгоняет всех появляющихся поблизости соперников. Токование нанду — специфический танец, во время которого самец взъерошивает перья, бежит взад и вперед, подпрыгивает, раскачивая головой, и издает глухой, но далеко слышимый крик, звучащий как «нан-дуу... нан-дуу...».

У нанду, в отличие от африканского страуса, вся забота о потомстве целиком ложится на плечи самца. В промежутках между токованием он стро-

ит гнездо, которое, впрочем, трудно назвать настоящим гнездом: это неглубокая плоская яма, небрежно выстланная сухой травой. Все самки «гарема» поочередно откладывают в это гнездо яйца. Так как каждая самка может снести 10—15 яиц, общая кладка достигает иногда весьма внушительных размеров — до 50 и даже 80 яиц. Естественно, что равномерно обогревать такую кладку самец не в состоянии, и часть яиц гибнет.

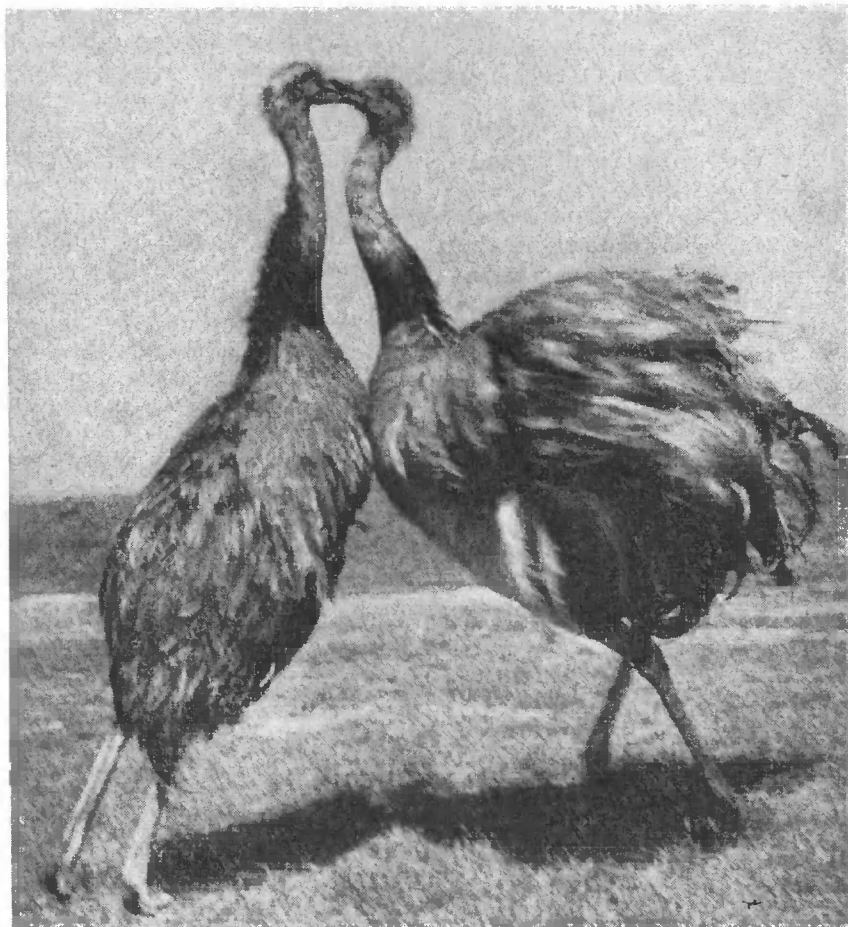
Самец насиживает в течение 40 дней, причем сидит на яйцах преимущественно ночью, предоставляя солнцу обогревать яйца днем. Воспитание птенцов, которое также составляет исключительную привилегию самца, длится около полугода. В годовалом возрасте птенцы достигают величины взрослых птиц и полностью переходят к самостоятельному образу жизни. Размножаться молодые нанду начинают на третьем году жизни.

Вне периода размножения нанду держатся стадами по 30—50 птиц. Питаются они преимущественно растениями, склевывая молодые проростки, почки, семена, бутоны. Не брезгают они и мелкими животными — насекомыми, рептилиями и даже млекопитающими.

Охота на нанду — национальный спорт аргентинцев. Однако коммерческой ценности сама птица не представляет: мясо нанду невкусное и жесткое, а перья идут только на изготовление метелок для обметания пыли. Вместе с тем яйца нанду, каждое из которых по объему равно двенадцати куриным, вполне съедобны.

Численность нанду в последние годы заметно сократилась. Причина этого не столько в прямом преследовании человеком, сколько в сокращении пригодных для жизни нанду местобитаний. Особый ущерб нанду нанесли изгороди из колючей проволоки, которыми огораживают овечьи пастбища. Испуганные птицы часто с разбегу налетают на невидимую им преграду и разбиваются насмерть.

В зоопарках нанду приживаются очень хорошо и легко размножаются в неволе, о чем, например, свидетельствует многолетний опыт зоопарка «Аскания-Нова».



Бой самцов нанду.

Фото В. К. Минкевича

В. Е. Флинт
Москва

Становится ли в Москве холоднее?

Б. И. Леви (Иваново) пишет в редакцию:

За свою жизнь, как мне кажется, я наблюдаю весьма заметное похолодание в Ивановской области (а по климату — это одинаково с Московской). Если вспомнить молодые свои годы, которые приходятся на 30-е годы, то почти все лето молодежь ночевала на открытом воздухе — в садах. А теперь об этом и думать нельзя — такие из года в год ночи холодные. Мало того, за все лето буквально несколько дней в конце июля можно купаться в реке, тогда как раньше купались с мая по сентябрь. Прошу рассказать, происходит ли за последние 30—40 лет стойкое похолодание климата под Москвой?

На вопрос **Б. И. Леви** отвечает старший научный сотрудник Института географии АН СССР, кандидат географических наук **К. В. Кувшинова**.

Становится ли в Москве и ее окрестностях холоднее или теплее — эти вопросы почти всегда возникают, когда наблюдаются периоды с аномально низкой или высокой температурой воздуха. Как только в любом сезоне года возникает резкая и продолжительная аномалия температуры воздуха, нередко приходится слышать высказывания, что климат в Москве изменился — стал холодным (если наблюдается длительное похолодание) или теплым (при длительном потеплении). Так ли это на самом деле?

Прежде чем рассматривать ход температуры, отметим, что для климата Москвы характерны значительные колебания температуры как в течение года (разница средних температур между самым теплым и самым холодным месяцем составляет 28°),

так и между различными годами. Ход температуры в Москве за текущее столетие можно проследить по изменениям температуры и ее аномалиям. Анализ удобно производить методом скользящих средних, который позволяет выделить длительные колебания и сгладить короткие. Этот метод позволяет установить, что с конца XIX в. годовая температура с некоторыми колебаниями повышалась до десятилетия 1931—1940 гг., затем наступило понижение, которое к 50-м годам вновь сменилось повышением. Последние годы этот уровень, в общем, пока сохраняется. Однако картина получится иной, если рассмотреть десятилетние скользящие аномалии температуры за отдельные месяцы. На рис. 1 представлены скользящие десятилетние аномалии температуры для января, апреля, июля и октября. Периоды повышения и понижения температуры для разных месяцев не всегда полностью совпадают между

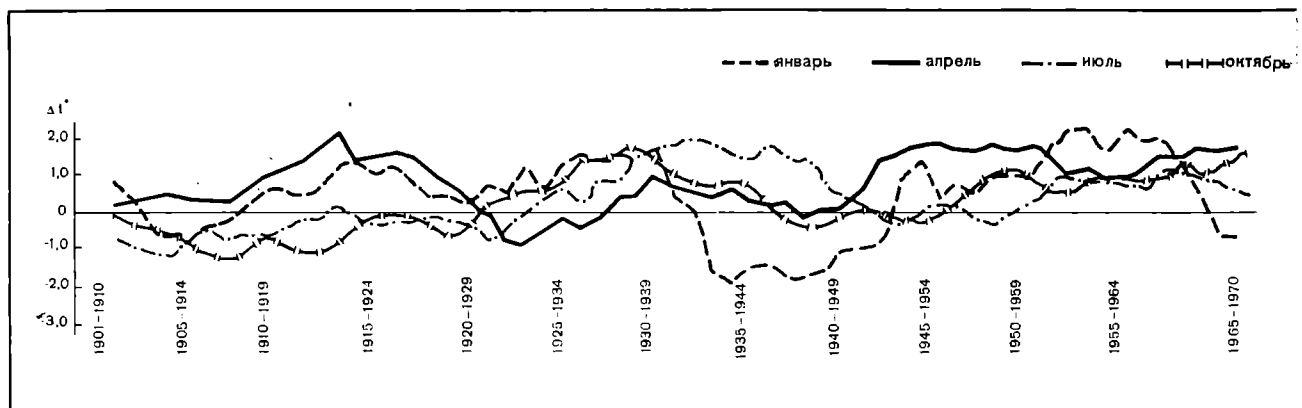


Рис. 1. Десятилетние скользящие аномалии температуры в Москве.

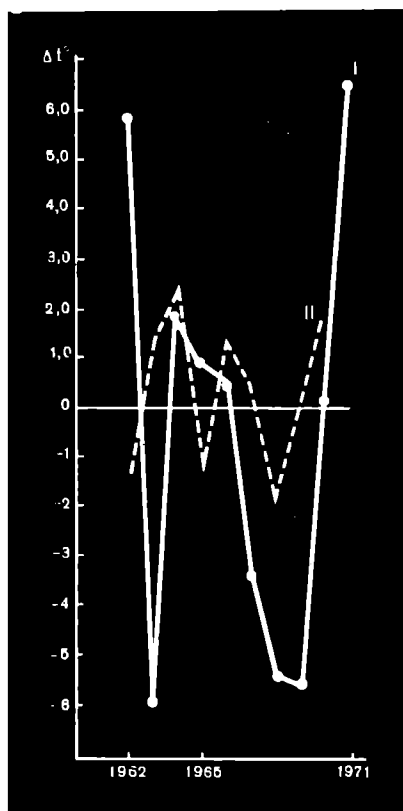


Рис. 2. Аномалии температуры для января (I) и июля (II).

собой. Потепление, отмеченное в 20-х годах почти на всем Северном полушарии, хорошо видно во все месяцы. В дальнейшем периоды потепления и похолодания для каждого месяца несколько различаются. При общей тенденции к понижению после 1940 г. температуры апреля и особенно июля остаются значительно выше средних многолетних, в то время как температуры января и частично октября становятся ниже средних многолетних. В самом последнем десятилетии понизились температуры января и июля, а в апреле и октябре сохраняется тенденция к повышению.

Рис. 1 отражает также хорошо известный факт, что нередко холодное лето сменяется теплой осенью и теплой зимой или наоборот: внутри сезона один месяц может быть холодным, другой — аномально теплым и т. п. Всем известная поговорка «год на год не приходится» вполне оправдывает себя — один и тот же месяц в разные годы может довольно сильно отличаться по температуре. Из рис. 2 видно, что межгодовые изменения температуры могут быть весьма значительными, особенно зимой. Так, температура января в 1963 г. была ниже средней многолетней на 6°, а в январе 1962 г. на 5,9° выше сред-

ней многолетней. Таким образом, от одного года к другому средняя месячная температура изменилась на 12°. Именно такие значительные аномалии и являются причиной приведенных выше высказываний об якобы происшедшем изменении климата. На самом деле, в этом случае происходят лишь колебания климата. Колебания температуры воздуха обуславливаются в основном циркуляционными условиями рассматриваемого периода. Так, преобладание циклонической погоды летом, как правило, сопровождается похолоданием и дождями; при антициклоне летом стоит жаркая и сухая погода. Зимой — наоборот: в антициклоне усиливается радиационное выхолаживание и морозы, при циклонах теплее, чаще выпадают осадки.

На рис. 3 показано, как резко может отличаться погода в разные годы в одни и те же месяцы. Для примера взяты лето (июнь, июль и август) 1962, 1964 гг. и лето с показателями погоды, построенными по многолетним данным методом комплексной климатологии. Аномалия температуры за эти сезоны была такой:

год	июнь	июль	август
1962	-1,9°	-1,4°	-1,0°
1964	+3,6°	+2,4°	+0,5°

Лето 1962 г. отличалось почти полным отсутствием умеренно засушливой погоды и повышенной повторяемостью облачной и дождливой погоды, связанной с прохождением циклонов. Летом же 1964 г. в июне и июле повторяемость умеренно засушливой погоды превышала среднюю в 2—2,5 раза, а дождливой погоды было в 2—3 раза меньше, чем в среднем многолетнем. Таким образом, летом 1962 г. Москва по климатическим условиям как бы продвинулась к северу, а в 1964 г. — к югу. Такие же колебания от года к году можно отметить в любом сезоне и даже в отдельные периоды месяца, например, за последнее десятилетие средняя месячная температура января 3 раза была значительно выше нормы, 4 раза ниже и 3 раза около нормы.

Анализ температурных данных убеждает нас в том, что за последние десятилетия не произошло резкого изменения климата Москвы и ее окрестностей.

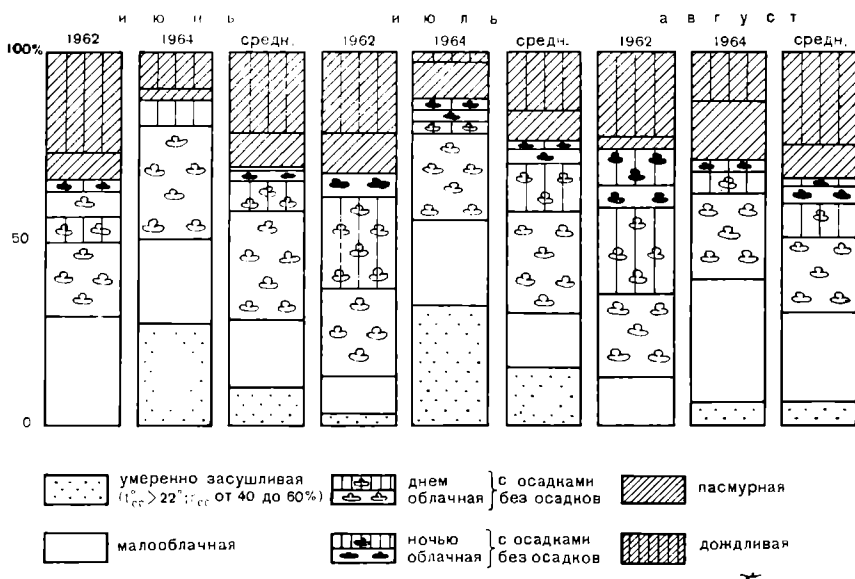


Рис. 3. Графики климата в погодях (лето 1962 и 1964 гг.) и средняя многолетняя погода в Москве.

Груки

П. Хейн

От переводчика

Пит Хейн — одна из популярнейших личностей не только в его родной Дании, но, пожалуй, и во всей Скандинавии. Популярность его неувидительна: не часто встретишь в наше время человека, в котором счастливо уживаются поэт, романист, эссеист, художник и инженер-изобретатель, — человека, сумевшего в стольких ипостасях реализоваться не только профессионально, но и талантливо.

Свою интригующую универсальность П. Хейн объясняет очень просто: «Всюду, во всех областях творческий процесс одинаков. Он сводится к процессу постановки задачи. Как только это сделано правильно, задача оказывается решенной».

Наибольшую славу П. Хейну принесли его короткие стихи — груки (название придумано им самим). Он начал писать их во время нацистской оккупации в Дании. Это была своеобразная подпольная литература. Когда нацисты вторглись в Данию и Норвегию, П. Хейн был председателем антифашистского союза «Kulturkampen». Груки скоро стали действенным оружием Сопротивления. Оставаясь вне понимания немцев, они дали датчанам возможность говорить друг другу о том, что их действительно волновало. Эта игра в двусмысленность сохраняется и в груках, написанных после войны. Н. Винер, бывший большим почитателем таланта П. Хейна, особенно выделял эту черту его поэзии: «Его стихи следует

читать по крайней мере на двух уровнях — внешнем и более глубоком. И в том и в другом случае они вызывают во мне восхищение. Каково богатство значительных мыслей заключено в них!»

Добавим к оценке Н. Винера, что большинству груков свойственна чрезвычайная сжатость, афористичность, свидетельствующие об остроумии и находчивости их автора. Неудивительно поэтому, что в то время, когда П. Хейн работал у Н. Бора, последний избрал именно его своим партнером по «интеллектуальному пинг-понгу».

Многие строчки П. Хейна стали поговорками, крылатыми словами. О степени его цитируемости можно судить по следующему замечанию одного из критиков: «Блестящий оратор — это человек, способный произнести хорошую речь, ни разу не процитировав Пита Хейна».

К настоящему времени на датском и английском языках вышло более 40 сборников груков. Заметим, что П. Хейн великолепно владеет английским языком и переводит груки сам. Популярности этих сборников в немалой мере способствовали рисунки их автора, иллюстрирующие каждое стихотворение.

Груки, переведенные для помещаемой здесь подборки, содержатся в английском сборнике, вышедшем в 1966 г. в Копенгагене в издательстве Borgen.

Вступление и перевод с английского
А. Г. Недрова

Чудо весны *

Законы природы
известны миллионам,
но все ли природа
творит по законам?
Чернозем, превращенный
в желтый крокус,
это чистой воды
фокус-покус.

Намек и предостережение

(Грук, адресованный
молодежи)

Терпима духа нашего власть;
власть плоти — иного сорта:
любовная страсть
исключает страсть
к другим видам спорта.

Вот в чём вопрос

(по Гамлету)

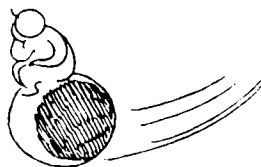
Сосуществовать
или не существовать.

* Английский текст трех груков, помещенных на этой странице, и рисунки к ним воспроизведены на 3-й стр. обложки.



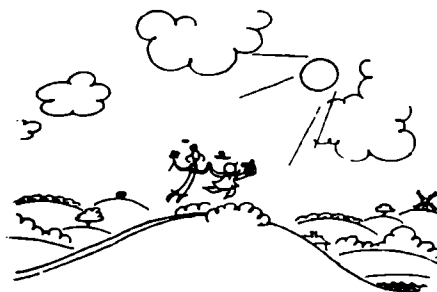
Для отвода глаз

Одно из решений
житейских дилемм —
быть чуть умней,
чем вы кажетесь всем.
Есть метод иной —
преимуществ не счесть —
казаться немного глупей,
чем вы есть.



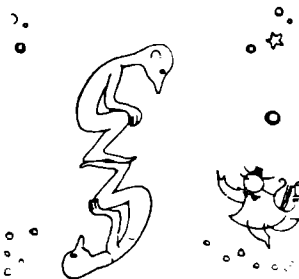
Хотел бы...

Хотел бы знать,
постичь,
понять,
успеть составить мнение,
пока не кончили давать
все это представление.



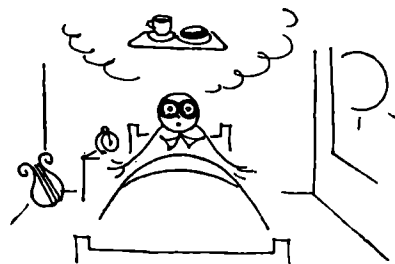
С полуслова

Пусть несется пришпоренный
временем мир;
не лучше ль иной удел:
единственный повод на свете мне
мил,
чтоб я в какое-то место спешил, —
не иметь в этом месте дел.



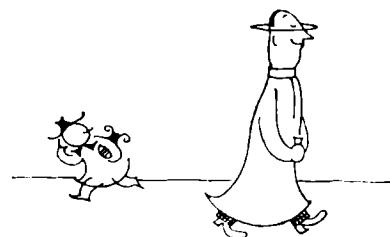
Возвращение к первоосновам

Мы рушим за годом год
плоть нашего дома земного;
будет так:
один антипод
ступнями упрется в другого.
И придет тогда новое знание,
и в молчанье вселенской тьмы
мы пойдем,
на каком основании
до сих пор покоились мы.



Интерпретация снов (Упрощенно)

Всё на свете
имеет форму и род —
или вогнуто,
или наоборот.
Значит, каждый предмет
прочно связан с сексом,
а каждый ваш сон —
с сексуальным подтекстом.



Кругозор

Вот пастор по святым делам
идет, потупив взор,
и замкнут нимбом вокруг чела
святейший кругозор.

PIET HEIN



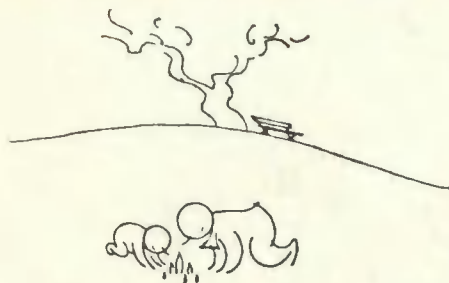
GROOKS



HINT AND SUGGESTION

Admonitory grook addressed to youth.

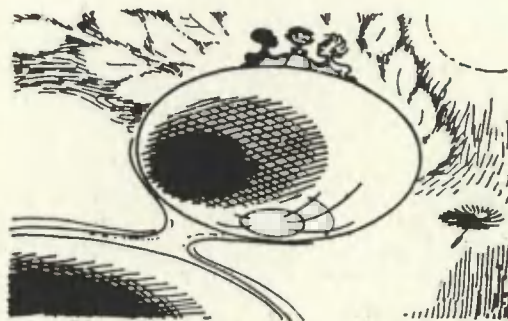
The human spirit sublimates
the impulses it thwarts;
a healthy sex-life mitigates
the lust for other sports.



THE MIRACLE OF SPRING

We glibly talk
of nature's laws
but do things have
a natural cause?

Black earth turned into
yellow crocus
is undiluted
hocus-pocus.



THAT IS THE QUESTION

Hamlet Anno Dominy.

Co-existence
or no existence.

Цена 30 коп.
Индекс 70707

