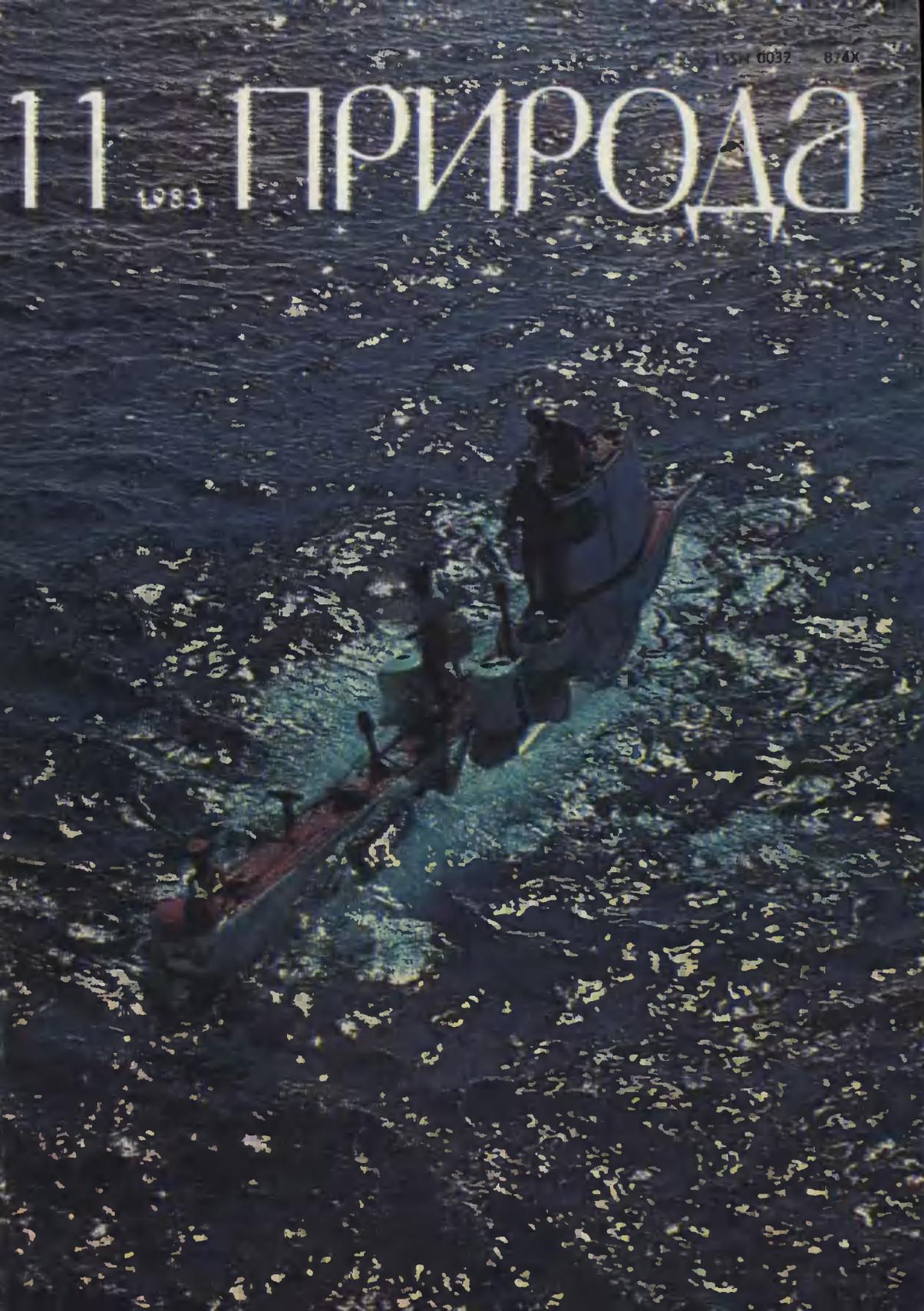


ISSN 0032-874X

# 11 ПРИРОДА

1983





## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор  
академик  
Н. Г. БАСОВ

Заместитель главного редактора  
кандидат физико-математических наук  
А. И. АНТИПОВ

Доктор физико-математических наук  
Е. В. АРТЮШКОВ

Академик  
Д. К. БЕЛЯЕВ

Член-корреспондент АН СССР  
Р. Г. БУТЕНКО

Доктор географических наук  
А. А. ВЕЛИЧКО

Член-корреспондент АН СССР  
В. А. ГОВЫРИН

Член-корреспондент АН СССР  
И. Р. ГРИГУЛЕВИЧ

Член-корреспондент АН СССР  
Г. А. ЗАВАРЗИН

Член-корреспондент АН СССР  
В. Т. ИВАНОВ

Доктор физико-математических наук  
Н. П. КАЛАШНИКОВ

Доктор физико-математических наук  
С. П. КАПИЦА

Академик  
Б. М. КЕДРОВ

Доктор физико-математических наук  
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Кандидат физико-математических наук  
А. А. КОМАР

Академик  
Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор геолого-минералогических наук  
И. Н. КРЫЛОВ

Доктор философских наук  
Н. В. МАРКОВ

Доктор экономических наук  
В. А. МЕДВЕДЕВ

Ответственный секретарь  
В. М. ПОЛЫНИН

Доктор исторических наук  
П. И. ПУЧКОВ

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

Доктор философских наук  
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора  
доктор биологических наук  
А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН УССР  
А. А. СОЗИНОВ

Академик  
В. Е. СОКОЛОВ

Доктор геолого-минералогических наук  
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора  
кандидат технических наук  
А. С. ФЕДОРОВ

Заместитель главного редактора  
член-корреспондент АН СССР  
Л. П. ФЕОКТИСТОВ

Член-корреспондент АН СССР  
В. Е. ХАИН

Член-корреспондент АН СССР  
Р. Б. ХЕСИН

Доктор физико-математических наук  
А. М. ЧЕРЕПАЩУК

Доктор физико-математических наук  
В. А. ЧУЯНОВ

Академик  
В. А. ЭНГЕЛЬГАРТ

На первой и четвертой страницах обложки.  
Всплытие подводного аппарата «Север-2».  
Постановка трала. См. в номере: Зафер-  
ман М. Л. Подводные исследования био-  
логических ресурсов океана.  
Фото А. Ю. Жуйкова.

**В НОМЕРЕ**

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ВОДНЫХ ГЛУБИН: ПРОБЛЕМЫ, ВОЗМОЖНОСТИ**

- Павлов Д. С., Решетников Ю. С., Шатуновский М. И.** Охрана рыб и «Красная книга СССР» 3  
 Разработка стратегии и тактики охраны редких и исчезающих видов рыб стала сейчас особенно актуальной.
- Заферман М. Л.** Подводные исследования биологических ресурсов океана 11  
 Только обитаемые глубоководные аппараты могут внести полную ясность в наши представления о фауне океана и эффективности средств лова.
- Несис К. Н., Сагалевич А. М.** Глубоководные осьминоги — из иллюминатора подводного аппарата 23  
 Плавниковые осьминоги — чрезвычайно древняя группа головоногих моллюсков. Некоторые виды были известны по единственному экземпляру, пойманному столетие назад. Открывшаяся возможность непосредственно наблюдать за их поведением позволяет изучать биологию этих «живых ископаемых».
- Иванов В. В.** Язык как средство реконструкции истории 26  
 Сравнительно-историческое языкознание позволило свести многообразие языков мира к нескольким макросемьям и помочь объяснению многих исторических событий.
- Георгобиани А. Н., Дарзник С. А., Тодуа П. А., Шестакова Е. Ф.** Ячейка Керра — новый измерительный прибор 38  
 Создан генератор сверхстабильных световых импульсов длительностью менее одной десятой наносекунды, который позволит кодировать информацию в оптоэлектронных устройствах, калибровать фотоприемники, измерять высокое напряжение.
- Бурмин Ю. А.** Алмазы, которые есть везде 46  
 Геологами высказано несколько предположений о генезисе очень широко распространенных на Земле мелких алмазов.
- Марочник Л. С., Мухин Л. М.** Галактический «пояс жизни» 52  
 Предлагается галактический антропоцентристский принцип, согласно которому формы жизни и цивилизации земного типа могут возникать лишь в особых узких кольцевых областях Галактики — в так называемых зонах коротации.
- Кедров Б. М.** Воспоминания о А. Е. Ферсмани. История одного доклада 58  
 А. Е. Ферсман принимал горячее участие в защите научного наследия Д. И. Менделеева.
- Никонов А. А.** Землетрясения в легендах и сказаниях 66  
 Анализ легенд и сказаний, сделанный сейсмологом, позволяет выявить землетрясения, неизвестные науке.
- Смирнов М. Н.** Дикие животные Южной Сибири 76  
 Человек проявил поистине фантастическую способность к злоупотреблению ресурсами степи.

**Мошев В. В.** Почему сажа делает каучук прочнее? 84

Ответ на этот вопрос позволит перейти к проектированию композитных материалов с заданными механическими свойствами.

**Вильсон К.** Компьютеры в теоретических исследованиях 88

Нужно создать такие вычислительные устройства, которыми физик сможет пользоваться даже во сне. Тогда они заведомо найдут применение в повседневной жизни.

**Волькенштейн М. В.** О феномене псевдонауки 96

Псевдонаука становится опасной, когда она претендует на решение практических задач и внедряется в технику, сельское хозяйство, медицину.

**Шургая И. Г., Янушевич З. В.** О виноделии в Боспорском царстве 102

По данным археологических раскопок, еще в начале нашей эры в северном Причерноморье велась селекция новых сортов винограда.

## НОВОСТИ НАУКИ 103

«Прогноз-9» (103) • Космический  $\gamma$ -источник Геминга (103) • Кольцевые структуры в галактиках и возраст Вселенной (104) • Исследования  $\gamma$ -мезонов продолжается (105) • Трехцветный гелий-кадмидый лазер (106) • Свечение жидкости под действием низкочастотных звуковых колебаний (106) • Введение чужеродных генов млекопитающим (106) • Солеустойчивые мутанты хлореллы (107) • Клетки НК и борьба с опухолями (107) • Новая вакцина против гриппа (108) • Обезвреживание ядов белками крови (108) • Аденилатциклаза и патогенные микробы (109) • Новое о болезни Альцгеймера (109) • Новая зрительная иллюзия (110) • Почему черепаха задерживает дыхание (111) • Структура феромонов и систематика бабочек (111) • Последствия потери хвоста у ящериц (112) • Механизм движения листьев (112) • Аминокарб: влияние на окружающую среду (113) • Загрязнение атмосферы двуокисью серы (113) • Структура земной коры на Западе США (114) • Ледовая обстановка в Охотском море (114) • Сколько осадочного материала поступает в океан? (115) • Динозавры вымирали постепенно (116) • Прошлое речных долин Сахары (116) • Когда к человеку пришел огонь? (117) • Пища древних индейцев и карие зубы (118) • Древнейшее млекопитающее Южной Америки (118) • Национальный парк Малайзии под угрозой (118)

## РЕЦЕНЗИИ 119

**Жаворонков Н. М., Плоткин С. И.** Информация о международных научных связях (на кн.: Корнеев С. Г. Советские ученые — почетные члены научных организаций зарубежных стран) (119)

**Северцов А. С.** Новые штрихи к истории дарвинизма (на кн.: Рубайлова Н. Г. Формирование и развитие теории естественного отбора) (120)

## НОВЫЕ КНИГИ 121

Гагаринские научные чтения по космонавтике и авиации (121) • Уайт А. Планета Плутон (122) • Мухаммад ибн Муса ал-Хорезми. Математические трактаты (122) • Оксенгендлер Г. И. Яды и противоядия (122) • Александрова В. Д. Растительность полярных пустынь СССР (122) • Охрана окружающей среды: проблемы просвещения (122) • Красная книга Узбекской ССР. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растительности (123) • Флоренсов Н. А. Скульптуры земной поверхности (123) • Наумов Д. В. Мир океана (рассказы о морской стихии и освоении ее человеком) (123) • Географический энциклопедический словарь. Географические названия (123) • Мурзаев Э. М. Лев Семенович Берг (1876—1950) (124) • Платова Т. П. Борис Васильевич Кедровский (1898—1970) (124) • Сафронов Ф. Г. Ерофей Хабаров: рассказ о судьбе русского землепроходца (124) • Лозинская Л. Я. Во главе двух академий (124)

## В КОНЦЕ НОМЕРА

**Дмитриев М. Т.** Вредно ли носить усы? 125

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ВОДНЫХ ГЛУБИН: ПРОБЛЕМЫ, ВОЗМОЖНОСТИ

Продовольственная программа СССР определила меры по увеличению добычи рыбы и других морских продуктов, повышению производительного промысла.

Биологические ресурсы пресных вод, морей и океанов сейчас еще достаточно велики. Однако растущие потребности в их продукции требуют, с одной стороны, увеличения промысла, а с другой — охраны рыбных запасов и в связи с этим глубокого изучения биологии морских обитателей. О научных подходах к решению этих противоречивых задач, о возможностях, которые открываются благодаря развитию подводных исследований, рассказывается в публикуемых статьях Д. С. Павлова, Ю. С. Решетникова, М. И. Шатуновского, а также М. Л. Зафермана и К. Н. Несиса и А. М. Сагалевица.



### Охрана рыб и «Красная книга СССР»

**Д. С. Павлов,**  
доктор биологических наук

**Ю. С. Решетников,**  
доктор биологических наук

**М. И. Шатуновский,**  
доктор биологических наук

Институт эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР

Необходимость охраны редких и исчезающих видов животных в последнее десятилетие стала особенно очевидной. Сейчас уже ясно, что без специальных мер охраны некоторые виды животных не могут выжить, причем списки таких видов постоянно увеличиваются. К сожалению, многие вопросы стратегии и тактики охраны редких и исчезающих видов и принципы их защиты еще неясны<sup>1</sup>. Особенно важно решить эти вопросы по отношению к рыбам, поскольку в отличие от других животных мы пока не можем сохранить ни один их вид в зоопарках и следовательно должны разработать меры охраны водных животных, обитающих только в природных условиях. Хотя рыбные ресурсы пресных вод, внутренних морей и 200-миль-

ной экономической зоны СССР сейчас еще достаточно велики, охрана рыбных запасов, и особенно отдельных видов рыб, становится все более актуальной.

Для выделения охраняемых видов рыб нужен и несколько иной, по сравнению с наземными животными, подход, поскольку их численность в несколько сот и даже тысяч особей не свидетельствует о благополучии вида. Кроме того, охрана какого-либо одного вида в водоеме часто сочетается с промыслом других, а орудия лова не снабжены приспособлениями для избирательного вылова. Естественно, осуществление охраны ихтиофауны невозможно без участия организаций, занимающихся добычей рыбы, — Министерств рыбного хозяйства СССР и союзных республик.

Известно, что сохранить редкий или эндемичный вид можно лишь охраняя всю экосистему. С позиций экологии, выпадение

<sup>1</sup> Соколов В. Е., Яблоков А. В. Перспективы охраны животного мира СССР. — Природа, 1977, № 9, с. 3.

одного или нескольких видов из экосистемы водоема приводит к разрыву в цепи сложных, отрегулированных в процессе эволюции взаимоотношений живых организмов и может привести к печальным последствиям.

Сейчас не осталось почти ни одного водоема, в той или иной мере не затронутого хозяйственной деятельностью человека. Формами этого так называемого антропогенного воздействия являются вылов, гидростроительство, возрастающее потребление воды (ежегодно в СССР изымается 350 км<sup>3</sup>), загрязнение атмосферы и выпадение с осадками соединений азота, фосфора и серы. Эти вещества попадают в атмосферу при сжигании ископаемого горючего, перемещаются воздушными потоками на большие расстояния и выпадают в виде «кислых дождей». Например, в северо-восточной части США дождевая вода в среднем имеет рН 3—4, а в шотландском городке Питлохри 10 апреля 1974 г. выпал дождь с рН 2,4 (это кислотность столового уксуса). В нашей стране зона кислых дождей охватывает в основном Прибалтику, где прошлым летом рН дождевой воды составлял 4,7, и более северные районы.

В общем же, начиная от наших далеких предков и до настоящего времени, человек оказывает на состав и структуру рыбного населения водоемов мощное воздействие нескольких типов.

**Биологическое воздействие** вызвано интенсивным выловом и вселением в водоем новых видов. В стоянках древнего человека найдены осетр, семга, сом, судак и щука таких крупных размеров, каких в уловах XIX—XX вв. уже не было. Снижались не только размеры рыб, но и уловы. Так, уловы семги на Кольском п-ове уже в XIII в. стали беднее, и потому были предприняты первые меры по восстановлению ее численности. Судя по монастырским книгам, пересадкой рыб из одного альпийского озера в другое европейские монахи занимались еще в средние века. Начало планомерных акклиматизационных работ относится к середине прошлого века, но особенно бурно они стали развиваться в последние 25 лет. Вселение же нового вида равносильно экологическому стрессу и приводит к резким перестройкам пищевых цепей и структуры всего рыбного сообщества.

**Физические воздействия** связаны с изменением количества воды в водоемах за счет вырубки леса, постройки плотин и каналов, соединяющих бассейны

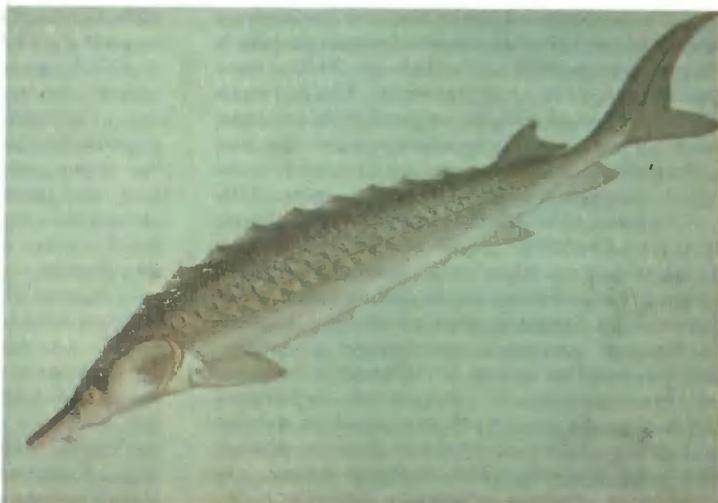
разных рек, с увеличением мутности рек и с заилением нерестилищ при работе земснарядов и драг. Все возрастающее изъятие воды коренным образом меняет гидрологический и гидрохимический режимы водоемов.

Появились и новые источники физических воздействий. Мощные высоковольтные линии электропередач через реки создают электромагнитные поля и останавливают миграции рыб к местам нереста: на Волге бывали случаи, когда осетры останавливались на нерестовом пути и скапливались в местах, где реку пересекала высоковольтная линия. Тепловое воздействие на водоемы, начавшееся вместе с работой мощных ГРЭС и атомных электростанций, сейчас пока еще имеет узкий, локальный характер, но там, где оно проявляется, уже замечены серьезные изменения в биологических циклах рыб. Повышение температуры воды влияет на метаболизм рыб: снижается рН крови, увеличивается образование молочной кислоты, меняется соотношение белкового и липидного синтеза, нарушается обмен кальция, и потому замедляется рост костного скелета и снижается прочность позвонков и черепа. Все это часто приводит к аномалиям и уродствам, а ведь тепловое загрязнение водоемов возрастает с каждым годом.

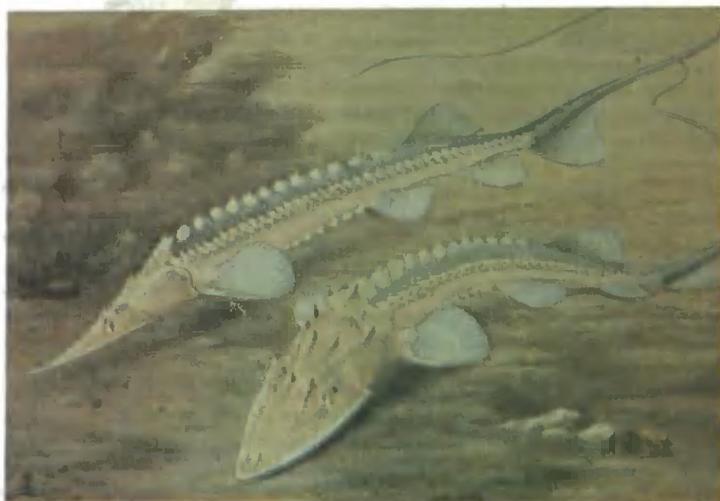
**Химическое воздействие** на водоемы началось с конца прошлого века. На первом этапе оно имело локальный характер и было связано с лесосплавом и стоками, которые приносили в водоем биогены и органические вещества. На следующем этапе, начиная с 1950-х годов, процессы эвтрофирования водоемов стали более интенсивными. Возросло количество всех видов химических загрязнений, и в частности хлорорганических соединений и тяжелых металлов — токсических веществ, особенно опасных для живых организмов. Дополнительным и своеобразным источником химических загрязнений стали в настоящее время и атмосферные осадки. Так, за последние 25 лет в странах Западной Европы содержание азота, фосфора и серы в атмосферных осадках возросло в несколько раз. В некоторых озерах Швеции рН воды за счет «кислых дождей» снизился на 3 единицы, и водоемы стали совершенно непригодными для обитания сиговых и лососевых рыб. В озерах, где рН воды ниже 4,5, почти нет никаких рыб<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Lindström T., Andersson G.—Rep. Inst. Freshwater Res., 1982, p. 81.

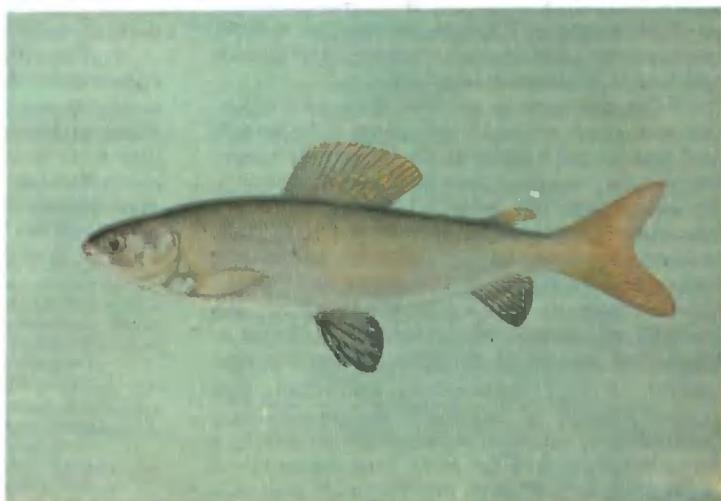
Атлантический осётр.



Лопатонос.



Байкальский карпус.



Химические нагрузки на водоемы продолжают возрастать с каждым годом<sup>3</sup>. Например, в 1975 г. в 111 из 214 исследованных озер на востоке США вода имела рН ниже 5,0; неудивительно, что в 82 из них не было обнаружено ни одной рыбы, а еще четыре года спустя таких мертвых озер оказалось уже 170.

Последствия воздействия человека на среду обитания рыб бывают весьма различны для разных видов рыб. Одни из них неплохо выдерживают изменение условий в водоемах, и их состояние остается вполне удовлетворительным, положение же других видов (особенно интенсивно вылавливаемых) становится критическим. Судьба этих рыб оказывается в полной зависимости от эффективности принятых мер защиты. Для третьих видов измененные условия обитания делают настолько непригодными, что рыб не удается сохранить.

Проиллюстрируем изменяющееся состояние ихтиофауны примерами. В Швеции в список рыб, судьбе которых угрожает загрязнение воды, гидростроительство или мощный промысел, включены ручьевая форель, лосось, арктический голец, сиг, хариус, верховка, пескарь, чехонь, жерех, сом и другие.

В верховьях Рейна в конце XVIII в. обитало 39 видов рыб, сейчас там встречается только 16, причем наиболее многочисленной стала плотва. Из обитавших в Баварии 58 видов рыб 29 вошли в «Красный список». В «Красных списках» рыб ФРГ числятся сейчас 54 вида, из которых 3 — осетр, стерлядь, укляя — считаются окончательно исчезнувшими, 16 находятся под угрозой исчезновения, 15 — сильно уязвимыми, 11 — уязвимыми, 3 — потенциально уязвимыми и 7 видов находятся в благополучном состоянии только благодаря принятым охранным мерам<sup>4</sup>.

За последние десятилетия нет никаких сведений по крайней мере о 14 видах рыб Северной Америки. Полагают, что они, вероятнее всего, окончательно исчезли. По сведениям на август 1980 г., в федеральные списки охраняемых в США рыб входят 45 видов, из которых 33 находятся в опасном состоянии и 12 грозят опасность. Примечательно, что в США не только заботятся об охране аборигенных рыб, но и охраняют водоемы от проникновения не-

желательных экзотических видов: в списке имеется 15 видов рыб, ввоз которых в США из других стран категорически запрещен.

Приведенные примеры показывают, насколько актуальной стала охрана рыб. Но если вовремя устранить губительные для них причины, это не замедлит сказаться на восстановлении численности рыб. В Англии в течение 30 лет лосось не заходил в Темзу, и лишь несколько лет назад после проведенных очистных мероприятий появились его первые экземпляры, что было воспринято как большая экологическая победа. После проведения очистных мер и промывки русла Москвы-реки на ее набережных вновь появились рыболовы-любители.

В новый проект «Красной книги Международного союза охраны природы (МСОП)» включены 214 видов рыб, из которых половина — промысловые. Из рыб, обитающих в СССР, в «Красную книгу МСОП» входят атлантический и амурский осетры, калуга, белорыбца и балхашский окунь. К сожалению, все они, кроме атлантического осетра, не значатся во 2-м издании «Красной книги СССР». Хотя имеется хорошее правило по включению в «Красные книги» союзных республик всех животных «Красной книги СССР» (если они в этих республиках встречаются), это правило почему-то игнорировали по отношению к «Красной книге МСОП».

В первом издании «Красной книги СССР» рыбы вообще отсутствовали, а в новые списки внесены 9 видов<sup>5</sup>. Сюда входят только пресноводные рыбы семейств осетровых, сиговых, лососевых и карповых, причем наиболее полно представлены осетровые (5 видов из 13, обитающих в нашей стране).

Список рыб в «Красной книге СССР» включает только редкие и исчезающие виды, и составление списка, конечно же, должно рассматриваться лишь как первый шаг в их охране.

Кроме основного, предполагается еще дополнительный список из 30 видов круглоротых и рыб, которых следует принять под охрану в будущем<sup>6</sup>. При состав-

<sup>5</sup> В их число входят: атлантический и сахалинский осетры, сырдарьинский, малый и большой амударьинские лопатоносы, севанская форель, аральская кумжа, волховский сиг, шуковидный жерех.

<sup>6</sup> В дополнительный список вошли: байкальский осетр, аральский и азово-черноморский шипы, волжская сельдь, дунайский лосось, белый байкальский хариус, аральский, балканский и днепровский усачи, мелкоче-

<sup>3</sup> Miller R. R.—Trans. Amer. Fish. Soc., 1972, v. 101, № 2, p. 239.

<sup>4</sup> Lelek A.—Rev. trav. Inst. pêches Mer., 1976, v. 40, № 3—4, p. 652.

лении этого списка были учтены рыбы, охраняемые в союзных республиках: Казахстане, Таджикистане, Белоруссии, Литве, Эстонии, Киргизии и Молдавии. Наиболее полно в дополнительном перечне представлены карповые; имеются морские виды (лаврак, кильдинская треска, морской судак); включены умбара как редкий для нашей страны вид и недавно описанный слепой голец (*Nemacheilus starostini*). Этот новый вид — единственный представитель слепых рыб в ихтиофауне СССР, найденный в небольшом проточном пещерном озере на территории Туркменской ССР<sup>7</sup>.

При составлении перечня рыб для «Красной книги СССР» было принято положение, что охранять надо не только виды и подвиды, но и некоторые экологические формы. При этом охранные меры должны планироваться Академией наук СССР совместно с Министерством рыбного хозяйства СССР, ибо только эти организации могут обеспечить искусственное воспроизводство рыб, численность которых резко сокращается. На время, необходимое для восстановления, вероятно, придется прекратить промысел, хотя иногда, как показывает пример с белорыбницей, охранные меры могут сочетаться и с промыслом.

Из «краснокнижных» рыб особо тревожно положение с лопатоносами<sup>8</sup>. Сырдарьинский лопатонос, возможно, уже исчез, так как за последние 15 лет его никому не удалось обнаружить, а надежда на то что он мог еще сохраниться в верховьях Сырдарьи, слишком слаба. Очень редкий вид — малый амударьинский лопатонос, — может быть, еще и обитает в Амударье в районе г. Чарджоу и несколько выше. Однако поступающие в последние годы устные сообщения о редких случаях его вылова требуют уточнения. Большой амударьинский лопатонос находится под угрозой полного исчезновения, хотя его отдельные особи еще встречают-

ся в верхней части Амударьи (выше г. Чарджоу). Основные причины сокращения численности лопатоносов — изменение гидрологического режима рек Амударьи и Сырдарьи в результате зарегулирования стока рек и интенсивного ирригационного орошения. Все 3 вида лопатоносов включены в «Красные книги» СССР, Узбекской, Таджикской и Казахской ССР.

В «Красную книгу СССР» включены уникальные подвиды — сахалинский осетр и аральская кумжа, хотя для других близкородственных подвидов и форм этих рыб и не требуются охранные меры. Вошел в «Красный список» и волховский сиг — очень редкая и ценная экологическая форма вида, широко распространенного в нашей стране. По сравнению с другими формами вида, волховский сиг очень быстро растет, и потому его часто используют в селекционных работах, скрещивая с другими ситами. Известно, что экологические формы сегов и некоторых лососевых рыб уникальны, их потеря невосполнима, они не могут возникнуть вновь от близкородственных форм. Каждая популяция любого вида — носительница неповторимого генофонда, который если не сейчас, то в будущем может представить большую ценность для рыбного хозяйства.

Сейчас волховский сиг находится на грани исчезновения, а еще в начале нашего века он населял южную часть Ладogi, на нерест входил в основном в Волхов и в меньшем числе в реки Свирь, Пашу и Сясь. До постройки плотины на Волхове (1925 г.) его ежегодный вылов составлял около 300 тыс. экземпляров. После 1925 г. численность, а соответственно и уловы волховского сига стали резко падать, поскольку рыба не могла пройти в реку на нерестилища, и в 1970-х годах вылавливали всего по несколько сот сегов в год. В 1976 г. на Волховской ГЭС был пущен рыбоход, через который сеговы стали выпускать в Волхов (по принципу добровольно-принудительного шлюзования). Но рыба неохотно пользуется этим путем (в 1982 г. через рыбоход прошло всего 109 сегов) и выбирает другие маршруты. Так, сеговы чаще попадают в р. Дубенку, но, к сожалению, не могут там нереститься из-за отсутствия необходимых условий. Для воспроизводства волховского сига построен рыбозавод, где от рыбы, выловленной в Волхове, а теперь чаще в Дубенке, собирают икру и инкубируют ее. Поскольку с 1976 по 1979 г. в Волхове поймано всего 939 рыб, на рыбозаводе

шуйный желтопер, балхашский окунь, каспийская, венгерская и украинская миноги, черноморская кумжа, вырезуб, даватчан, черный амурский лещ, южнокаспийская белоглазка, умбра, ширванская и союзбулагская плотва, чуйская остролючка, кугитанский слепой голец, малый и большой чопы, морской судак, полосатый ерш, ауза (китайский окунь), лаврак черноморский и кильдинская треска.

<sup>7</sup> Парин Н. В., Должанский В. Ю. Кугитанский слепой голец — первая слепая пещерная рыба в фауне СССР. — Природа, 1982, № 8, с. 29.

<sup>8</sup> Соколов Л. И. Среднеазиатские лопатоносы. — Природа, 1983, № 2, с. 40.

стали инкубировать икру других, менее ценных, форм сига.

Современная численность половозрелых особей волховского сига составляет, вероятно, менее 1000 и поддерживается за счет искусственного разведения на рыбозаводе и частично естественного нереста в Волхове и в Ладожском озере.

В аналогичной ситуации ранее была и белорыбца — подвид нельмы, который живет в Каспийском море и на нерест заходит в Волгу, очень мало — в Урал и только единичные особи — в Терек. В прошлом белорыбца была одной из наиболее ценных проходных рыб Каспийского бассейна и имела важное промысловое значение. Нерестилища ее были в основном в верховьях р. Уфы, и, чтобы их достичь, рыба поднималась вверх по рекам на 3,0—3,5 тыс. км. После зарегулирования стока Волги численность белорыбцы катастрофически упала, и в 1960-е годы, когда ее численность не превышала 2000 экземпляров, она была внесена в «Красную книгу МСОП». Сейчас запасы белорыбцы частично восстановлены, численность нерестового стада благодаря искусственному воспроизводству доходит до 17 тыс. особей; ставится задача увеличить ее количество до промыслового уровня.

Белорыбца по-прежнему остается в «Красной книге МСОП», но в «Красную книгу СССР» не включена. Произошло это потому, что численность белорыбцы сейчас достаточно велика.

Кроме того, следует помнить, что на общем фоне ускоренного евтрофирования водоемов постоянно ухудшаются условия воспроизводства сиговых и лососевых рыб: заиливаются нерестилища, а из-за дефицита кислорода происходят придонные заморы в зимний период, когда развивается икра. В конечном итоге это приводит к вытеснению из рыбного сообщества сиговых рыб карповыми и окуневыми.

Резюмируя, подчеркнем еще раз, что в отличие от других видов животных мы не можем назвать ни одного редкого или эндемичного вида ихтиофауны СССР, который мы могли бы в настоящее время сохранить в условиях неволи, пока все они — обитатели природных водоемов. К сожалению, есть несколько видов редких рыб, которые уже сегодня не могут существовать в природе без постоянной помощи человека. Зоологи, ищущие пути для специального и полного контроля за судьбой исчезающих наземных животных, считают, что такой контроль осуществим только в условиях паркового содержания.

И если для сохранения наземных животных такой способ хотя и дорог, но вполне осуществим, то для рыб вряд ли можно создать обширные водоемы с условиями, совпадающими с природными.

Учитывая специфику рыб, постараемся дать объективные критерии для разделения ихтиофауны по условным категориям в «Красной книге СССР».

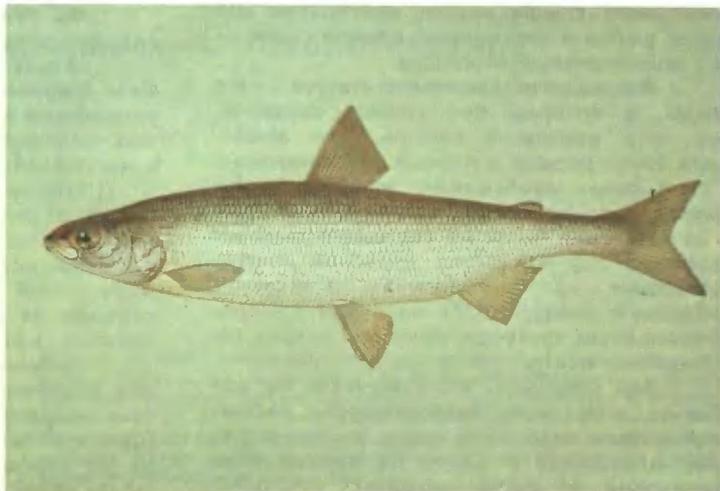
**Виды, находящиеся под угрозой исчезновения**, характеризуются настолько резким падением численности за короткий срок, что им грозит опасность исчезнуть в ближайшем будущем. Сохранение этих видов маловероятно, если не будут приняты специальные меры охраны. Семь видов основного списка «Красной книги» отнесены к этой категории. Судьба эндемичных видов и подвидов с узким ареалом во многом зависит от резких изменений в экосистеме, особенно если эти изменения имеют тенденцию к явному ухудшению условий обитания и, в первую очередь, условий воспроизводства рыб.

**Виды, численность которых резко сокращается**, могут быть пока еще довольно многочисленными, но постоянно, год от года их становится все меньше и меньше, причем процесс этот не компенсируется даже появлением ежегодного потомства. Одновременно сокращается и ареал этих видов. В основном списке «Красной книги СССР» таких видов нет, но в дополнительном их 8. Наибольшую тревогу вызывает состояние миног (водных позвоночных из класса круглоротых), обитающих в Европейской части СССР.

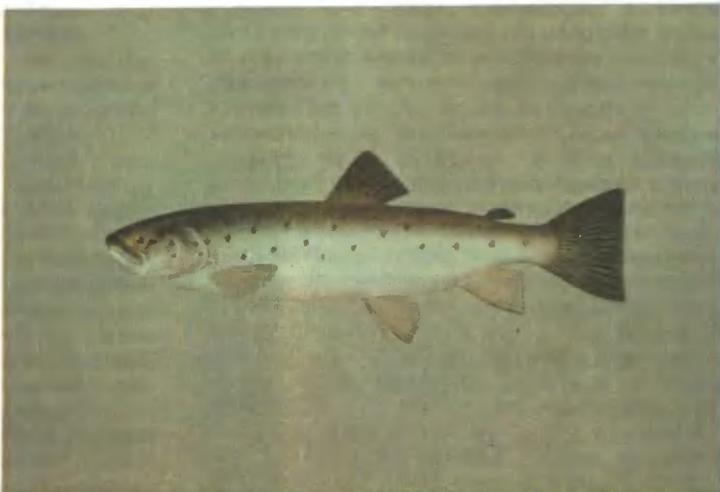
**Редкие виды** — это виды, которых не грозит непосредственная опасность исчезнуть в ближайшем будущем, но они столь малочисленны (однако низкая численность — норма для таких видов) и так редко встречаются, что при смене условий обитания в водоеме они могут легко исчезнуть, а их отсутствие может долго оставаться незамеченным. Необходимо тщательно наблюдать за состоянием таких популяций и видов и строго соблюдать меры охраны. Основание для тревоги за судьбу редких видов — это снижение частоты их встречаемости в природе. Например, если вид обычно встречался 3—5 раз в году, а стал попадаться в руки ихтиологов только раз в году или не каждый год, это должно служить сигналом для тревоги за судьбу вида или пересмотра его ранга в «Красной книге».

Особого внимания в этой категории заслуживают щуковидный жерех — из

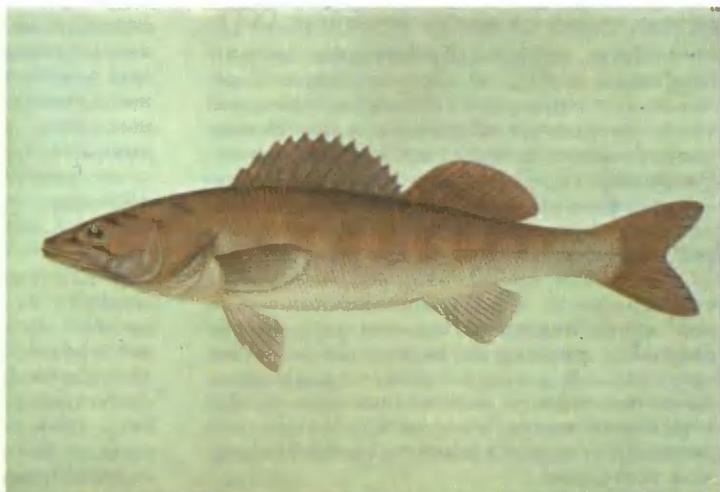
**Волжский сиг.**



**Севанская форель, ишхан.**



**Морской судак.**



основного списка видов; венгерская минога, умбра и кугитанский слепой голец — из дополнительного списка.

**Виды неопределенного статуса** — это виды, о которых нет точных сведений, но есть основания считать, что животные могут попасть в первые три категории. Такие виды необходимо изучать, чтобы определить их статус и включить в другие категории (если их состояние внушает тревогу) или изъять из «Красной книги», установив их благополучие. Сейчас в «Красную книгу СССР» из видов с неопределенным статусом включен только сахалинский осетр.

Мы полагаем, что следовало бы добавить еще одну категорию — **восстановленные виды**. Это виды, которые ранее относились к одной из первых трех категорий, но сейчас находятся вне опасности в результате того, что удалось снять факторы, снижающие их численность, наладить эффективные меры охраны или организовать искусственное разведение.

В «Красной книге СССР» рассматриваются виды, подвиды или экологические формы рыб в пределах всей страны, хотя в каждой республике могут быть свои проблемы. Например, европейский хариус довольно широко распространен в водоемах северо-запада СССР, но в Эстонии встречается только реликтовая популяция этой рыбы, которую следовало бы внести в республиканскую «Красную книгу». Все виды рыб «Красной книги СССР» должны входить в списки «Красных книг» союзных республик, если этот вид встречается там, но обратное положение, понятно, силы не имеет. Сейчас готовится к изданию «Красная книга РСФСР», в которой число видов рыб намного превышает их перечень любой из других республик СССР.

Здесь нет смысла обсуждать конкретные меры и формы охраны редких и исчезающих видов рыб. Отметим лишь, что часто ухудшение состояния вида бывает следствием изменения экосистемы в целом. Например, если Аральское море действиями человека обречено на высыхание и осолонение, то никакие охраняемые меры не спасут аральскую кумжу и другие эндемичные подвиды аральских рыб. Аналогична ситуация и в оз. Севан, где под угрозой исчезновения находится эндемичная севанская форель, нигде больше не встречающаяся. Видимо, в таких случаях единственная мера — поиски подходящих стадий переживания, если есть надежда, что экосистему удастся вернуть в первоначальное состояние.

Мы полагаем, что охрану рыб можно осуществить четырьмя способами:

создав **заповедники, заказники и национальные парки** для сохранения уникальных водных экосистем (этот подход исходит из принципа уникальности и неповторимости экосистем);

обеспечив **переселение эндемичных видов** в сходные по условиям обитания места, если мы можем еще восстановить экосистему, или в новые водоемы, если такой надежды нет (этот подход основан на принципе сохранения качественного многообразия живой природы);

организовав **постоянное искусственное воспроизводство** тех видов рыб, естественное размножение которых нарушено (принцип полного биологического контроля со стороны человека и оказание помощи на самых критических этапах жизненного цикла рыб);

**реакклиматизировав** ценных промысловых рыб в их прежних ареалах после восстановления необходимых для них жизненных условий в водоемах.

Успех охранных мероприятий во многом зависит от проведения широкой пропаганды по охране редких видов рыб среди всех слоев населения. Следует отметить особую важность проведения разъяснительной работы среди местного населения районов, где обитают эндемичные и редкие виды рыб. Местным ихтиологам необходимо обратить внимание на постоянное наблюдение за составом и состоянием ихтиофауны (ихтиологический мониторинг), нужно усилить надзор за теми видами, состояние которых вызывает беспокойство. Особое внимание следует обратить на вселение в водоемы новых видов рыб, не свойственных данному региону, и на распространение в водоемах акклиматизированных или случайно внесенных экзотических видов. Их появление может оказать пагубное влияние на местные виды рыб, особенно редкие и находящиеся под угрозой исчезновения.

Важнейшее место в охране фауны занимает экологическая экспертиза всех крупных строек и составление экологических прогнозов развития крупных регионов страны. В настоящее время судьба редких и исчезающих видов рыб во многом зависит от трех ведомств: Министерства сельского хозяйства СССР, Министерства рыбного хозяйства СССР и Академии наук СССР. Необходим тесный союз этих трех организаций, чтобы предлагаемые охраняемые меры стали конкретными и действенными.

## Подводные исследования биологических ресурсов океана

М. Л. Заферман



Михаил Львович Заферман, кандидат технических наук, заведующий лабораторией подводных исследований Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Кurnовича (ПИНРО). Область научных интересов: подводные методы исследования океана, инструментальные оценки морских биологических ресурсов. Участник многочисленных погружений глубоководных аппаратов.

Морские биологи всегда находились в более трудном положении, чем их сухопутные коллеги: ведь объекты их исследований надежно скрыты толщей воды. Традиционно единственным источником знаний об обитателях океана служили данные, полученные в результате лова. При этом океан представлялся в виде «черного ящика», неизвестное содержимое которого нужно было определить, выхватив наугад немногочисленные пробы. Чтобы такая выборка правильно отражала состав подводного населения, т. е. была репрезентативной, орудие лова должно с одинаковой вероятностью улавливать разных животных. Соблюдалось ли это требование? В этом всегда были сомнения, более того, многое косвенно указывало на отсутствие репрезентативности. Однако проверить эти сомнения было невозможно: пока данные уловов служат первичным материалом, сравнить их не с чем, нет подходящего эталона.

До недавнего времени все это не причиняло особых забот, поскольку биологические ресурсы оценивали на основе анализа многолетних данных об уловах научных и промысловых судов. По существу, исследователи изучали не столько сами популяции морских организмов, сколько результаты их вылова, экспериментального или промышленного. Пока промысел вели

в стабильных условиях, можно было прогнозировать его дальнейший ход и судить о состоянии запасов промысловых объектов.

Но современная ситуация в добыче «даров моря» сложна и динамична. Увеличение интенсивности рыболовства, установление прибрежными государствами 200-мильных экономических зон, введение лимитов вылова многих промысловых видов потребовали значительно повысить эффективность исследований океанических биологических ресурсов как сырьевой базы промысла. В частности, стало необходимым существенно уточнить и ускорить оценку численности популяций и активизировать поиски новых промысловых объектов. Тут-то и дала себя знать внутренняя противоречивость традиционной методологии. Методы, казалось бы, проверенные десятилетиями, стали давать осечку.

Как же проверить ту информацию, которую приносят нам орудия лова? Вспомним, что для сухопутного биолога такой проблемы нет: он может своими глазами увидеть, кто населяет леса, степи, болота. Значит, и морскому биологу надо предоставить такую же возможность: обеспечить его личное присутствие в местах обитания морских организмов. Прежде всего для этого нужна подводная техника.

Подводный буксируемый аппарат  
типа «Зуку».



Спуск подводного аппарата «Се-  
вер-2».

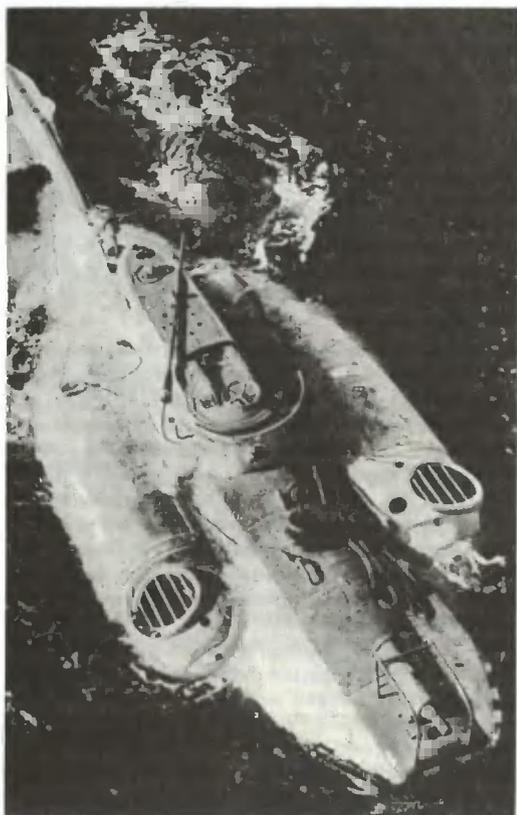
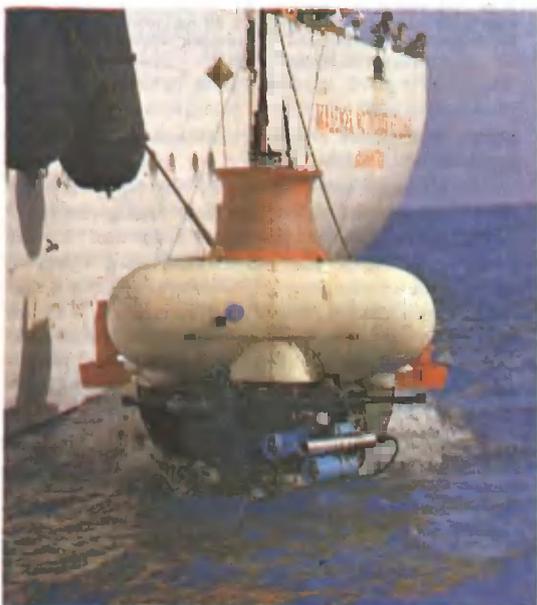




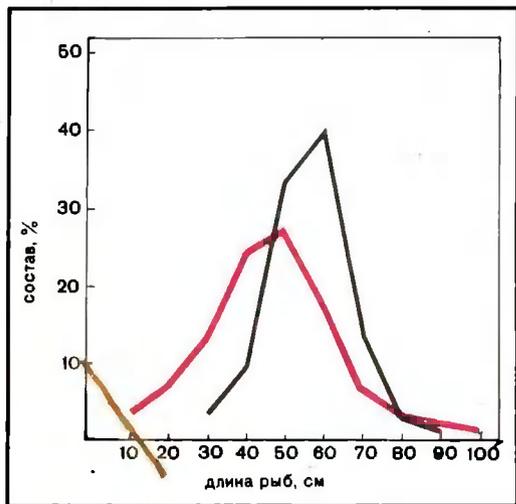
Телеуправляемый аппарат «Манта-1,5».

Обитаемый подводный аппарат «Пайсис».

Глубоководный аппарат «Тинро-2» перед погружением.



Исследователей океанических глубин устраивает не всякое средство для погружения человека в воду. Акваланг, открывший подводный мир множеству людей, годится лишь для верхних нескольких десятков метров водной толщи. Глубоководная водолазная техника пока еще ограничивается немногими сотнями метров и предъявляет к водолазу столь серьезные медицинские требования, что исследователь, достигший достаточной квалификации, уже не может им соответствовать хотя бы по возрасту. А ведь опытность,

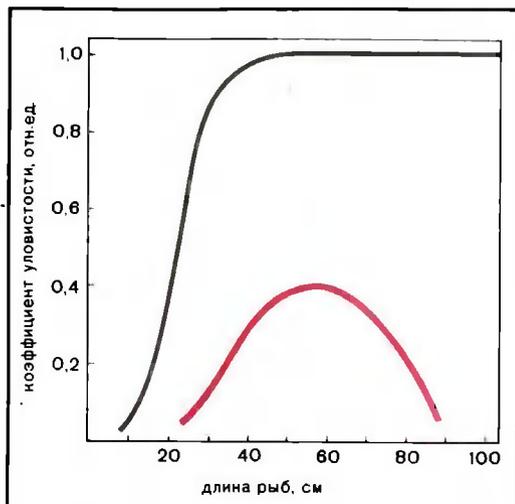


Размерный состав трески. Цветная кривая — по данным улова, черная — по данным подводных наблюдений.

квалификация наблюдателя, глубокое знание своей и смежных областей науки играют огромную роль в подводных исследованиях: необходимо не только фиксировать мимолетно увиденные и часто малопонятные явления, но и анализировать их и создать на их основе определенную картину подводного мира. Для исследователей океанических глубин оказались наиболее удобными обитаемые подводные аппараты, позволяющие погружаться любому человеку.

Первые подводные аппараты для изучения океанических глубин были примитивными — простые наблюдательные камеры, опускаемые на тросе. Несмотря на примитивность техники и методов, многие наблюдения этого первоначального периода несли элемент научной сенсации.

В. Биб, американский биолог, погрузившийся в 1934 г. в батисфере на рекордную для своего времени глубину 923 м, писал: «Наши уловы глубоководными сетями были так скудны, что все мы думали, что на больших глубинах животные встречаются очень редко». Спуск в батисфере доказал обратное<sup>1</sup>. Это было первое свидетельство несовершенства методов получения информации с помощью орудий лова. А в 1960 г. Ж. Пикар и Д. Уолш во время 20-минутного пребывания на дне Марианской впадины наблюдали из батискафа рыбу и кре-



Зависимость коэффициента уловистости от длины рыб одного вида. Цветная кривая — согласно существующим представлениям об идентичности состава улова и естественной популяции, черная — согласно результатам эксперимента.

ветку в самом глубоком месте Мирового океана.

Доказательства того, что фауна глубин гораздо богаче, чем это представляется на основании уловов, и что вся толща океана, вплоть до максимальных глубин, населена не только примитивными, но и высокоорганизованными животными, были главными результатами первого этапа развития подводных биологических исследований.

В 60-х годах во всех развитых странах мира началось создание подводных аппаратов современного типа — миниатюрных самоходных подводных судов (с экипажем из 2—5 человек), транспортируемых

<sup>1</sup> Веее W. Half mile down. N. Y., 1951.

на судах-носителях и способных погружаться на глубину до 1—2, реже до 4—6 км. Они позволили перейти к количественным методам исследований. Так началось планомерное и систематическое изучение Мирового океана, в том числе его биологических ресурсов.

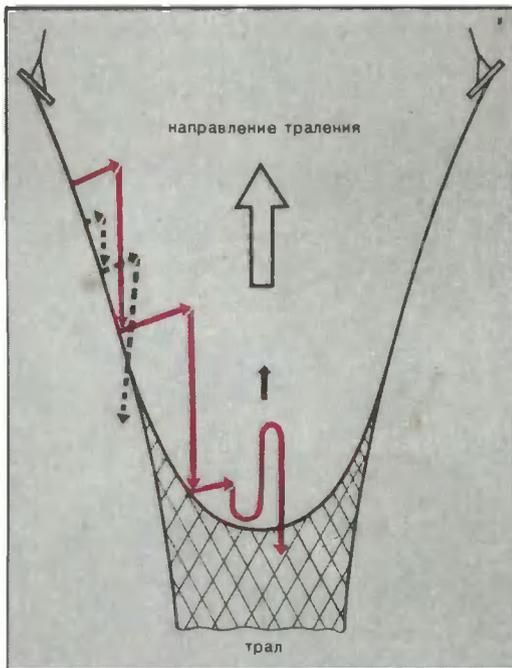
К концу 70-х годов в мире насчитывалось более сотни подводных аппаратов различного назначения: исследовательских, рабочих, спасательных, туристских и т. п. Главными потребителями нового средства исследования океана стали морские геологи и биологи, для которых возможность зрительного восприятия объекта особенно важна. Если подводные биологические исследования предыдущего периода преследовали главным образом общее знакомство с глубоководной фауной, то теперь на первый план вышли практические задачи, например оценка биоресурсов, изучение поведения гидробионтов, процессов лова и т. д. Но большинство этих работ представляются эпизодическими, не объединенными общей идеей и не затрагивающими глубоких методологических вопросов морской биологии. На этом фоне подводные исследования биологических ресурсов, проводимые в СССР, выглядят более целенаправленными.

В СССР подводные методы исследования морской фауны начали использоваться с 1953 г., когда ученые Полярного института морского рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО) получили гидростат ГКС-В. Перед ними стояла задача изучить поведение рыб под воздействием гидроакустических приборов, поскольку высказывалось предположение, что эти приборы могут распугивать рыб. Из этого гидростата впервые удалось увидеть, как работает под водой трал, основное орудие рыбаков и ихтиологов. Подводные наблюдения показали, что рыбы не пугаются ультразвуковых импульсов, и это открыло путь широкому внедрению на промышленном фронте рыбопоисковых эхолотов и гидролокаторов.

В 1958 г. ученые Всесоюзного и Полярного института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО и ПИНРО) использовали в исследованиях рыбных ресурсов Баренцева и Норвежского морей научную подводную лодку «Северянка». Она впервые придала подводным исследованиям географический аспект, пространственную протяженность. В подводных исследованиях биоресурсов был сделан важный шаг вперед.

В 60-х и 70-х годах изучение промыс-

ловых объектов северных морей продолжалось с помощью гидростата «Север-1» — первого подводного аппарата, построенного специально для рыбохозяйственных исследований по заданию ПИНРО. В нем сотрудники нашего института совершили около 600 погружений. Для многих из них работа в гидростате послужила хорошей школой. Именно тогда были заложены основы подводных методов, применяемых сегодня. Но техническое несовершенство привязанного аппарата не позволило развить



Перемещение донных рыб относительно трала во время траления: рыбы, которые концентрируются к устью трала, разворачиваются в направлении траления и по мере утаивания сваливаются в трал (цветные сплошные стрелки); рыбы младших возрастов недостаточно активно концентрируются и проскакивают мимо устья трала (черные штриховые стрелки); рыбы старших возрастов дольше держатся впереди трала и уходят от него (черная сплошная стрелка).

эти методы и внедрить их в исследования биологических ресурсов.

В 1970 г. также по заданию ПИНРО был построен первый советский исследовательский автономный глубоководный аппарат «Север-2» с экипажем из 5 человек. В дальнейшем исследователи океана получили и другие типы подводных ап-

паратов: «ТИНРО-2», подводную лабораторию «Бентос-300» и буксируемый аппарат «Тетис»<sup>2</sup>.

Более совершенная подводная техника позволяет ставить и успешно решать специфические научные задачи. В научно-промысловых исследованиях биологических ресурсов можно выделить три комплекса исследовательских задач: во-первых, поисковые задачи, в том числе изучение видового и количественного состава фауны, географического и глубинного распределения видов в связи с условиями оби-

гнозирования по этим моделям; в-третьих, задачи промысла, в том числе изучение поведения промысловых объектов и их взаимодействия с орудиями лова, изучение работы самих орудий лова, разработка методов управления поведением гидробионтов. Во всех этих комплексах встречаются такие задачи, которые не решаются традиционными методами морской биологии, и в этом случае подводные методы могут быть весьма полезными.

Применение сложной, дорогой и трудоемкой в эксплуатации подводной тех-

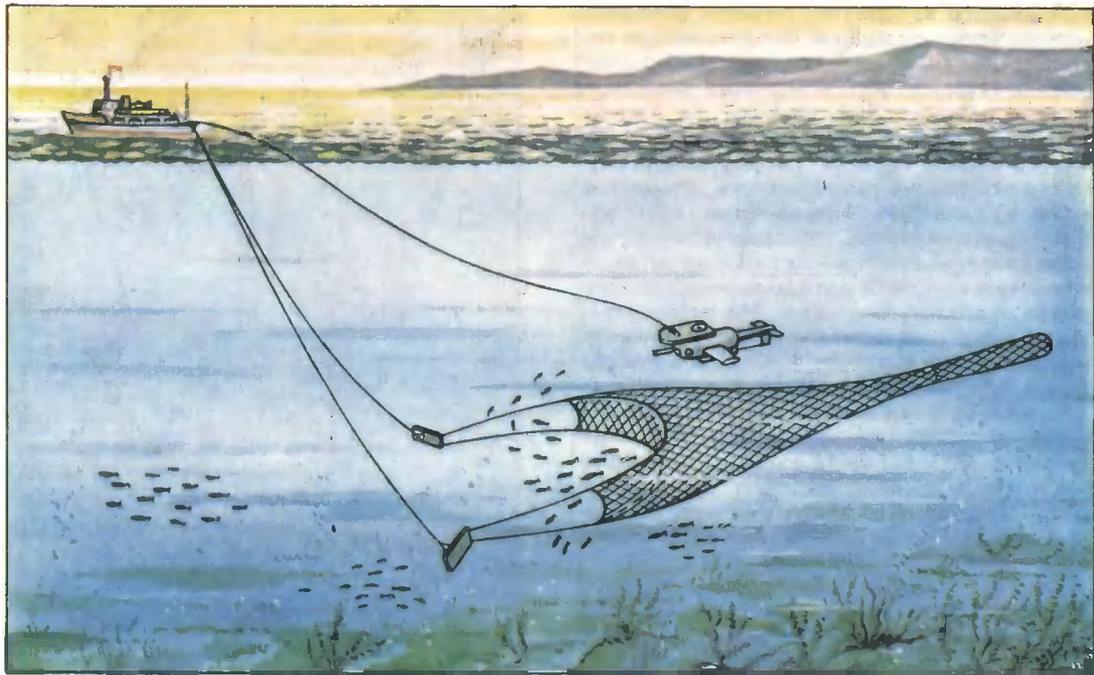


Схема наблюдения за процессом тралового лова рыбы с помощью буксируемого подводного аппарата.

тания; во-вторых, оценочно-прогнозные задачи, в том числе оценка численности и структуры популяций, изучение динамики численности в зависимости от природных и антропогенных факторов, разработка моделей популяций и экосистем и определение исходных данных для про-

ники оправданно и тогда, когда другие методы не дают надежных результатов. Первой исследовательской задачей такого рода было определение плотности концентрации донных промысловых рыб и беспозвоночных.

В 70-х годах точная оценка запасов промысловых объектов в абсолютных величинах стала особо актуальной. Широко применяемый гидроакустический метод оценки численности рыб, основанный на измерении интенсивности отраженного от рыбного скопления ультразвукового импульса эхолота, недостаточен для многих промысловых рыб (например, тресковых, камбаловых, морских окуней) и беспозвоночных (крабов, креветок), которые почти или совсем не регистрируются эхолотом.

<sup>2</sup> Лагунов И. И.— Рыбн. х-во, 1955, № 8, с. 54; Дмитриев А. Н. Обитаемые подводные аппараты: состояние и перспективы развития.— В кн.: Проблемы исследования и освоения Мирового океана. Л., 1979, с. 361.

Полиприон (*Polyprion americanus*), обнаруженный с помощью подводного фотоавтомата в Северной Атлантике.

Морская лия, сфотографированная из иллюминатора подводного аппарата «Север-1» в Баренцевом море.

Пестрая зубатка в Баренцевом море. Снимок сделан с помощью фотоавтомата «Тритон».

Традиционный метод учета гидробионтов — траловая съемка — дает лишь относительные данные об их численности, расчет же абсолютных величин на основе уловов неточен из-за неопределенности уловистости орудия лова. Подводная фотография охватывает слишком малые площади дна, а подводное телевидение не всегда позволяет различить вид животного. Для донных организмов проблема учета была успешно решена при помощи разработанного в середине 70-х годов в лаборатории подводных исследований ПИНРО метода, названного позднее визуальнo-геодезическим (ВГ-метод)<sup>3</sup>.

Определение плотности гидробионтов сводится к их обнаружению и подсчету на некоторой площади. Наблюдатель — квалифицированный биолог, знакомый с фауной района погружения, точно фиксирует в магнитофонной записи количество и видовую принадлежность всех встреченных животных. Затем при последующей расшифровке определяется число наблюдавшихся организмов каждого вида. Просмотренную за время площадь дна рассчитывают исходя из измеренных углов зрения из иллюминатора, высоты аппарата над дном и пройденного пути. Разделив число встреченных организмов на просмотренную площадь, получают плотность концентрации каждого вида.

Применение ВГ-метода сопровождается обязательным контролем поведения животных по отношению к подводному аппарату. Как и любой прибор, аппарат не должен влиять на наблюдаемые объекты, чтобы их концентрация в зоне наблюдения не отличалась от естественной. Но всякий подводный аппарат служит источником разнообразных физических полей, которые рыбы воспринимают и на кото-



<sup>3</sup> Заферман М. Л. — Рыбн. х-во, 1978, № 3, с. 11.

рые зачастую могут реагировать. Рыбы, несомненно, способны обнаружить присутствие аппарата на расстояниях, превышающих дальность видимости, и уходить от него раньше, чем наблюдатель сможет их заметить.

Чтобы проверить, не искажается ли естественное состояние рыбного скопления, мы определяли ориентацию рыб в зоне наблюдения. Если рыбы уходят от аппарата, то те немногие из них, которых удастся наблюдать, как правило, ориентированы головой вперед от наблюдателя. Так бывает, например, во время траления, когда рыбы пытаются уйти от трала. Если же ориентация наблюдаемых рыб равновероятна во всех направлениях или связана не с курсом подводного аппарата, а с природными факторами, то можно считать, что аппарат не искажает поведения рыб и их естественную концентрацию. Такую проверку проводят обычно в каждом погружении.

Многочисленные визуальные, фотографические и гидроакустические наблюдения позволили установить, что наиболее сильно отпугивают рыб гидродинамические колебания воды, которые пропорциональны размерам и скорости движения аппарата. Из гидростата «Север-1», опускаемого с судна на тросе, приходилось наблюдать, как рыбы разбегались при резких рывках гидростата, вызванных качкой судна. Автономные аппараты, хорошо уравновешенные в воде, гораздо слабее влияют на поведение рыб. По нашим наблюдениям из подводного аппарата «Север-2», подавляющее большинство рыб, за исключением лишь некоторых пелагических видов, сохраняют естественную структуру и плотность скоплений, пока аппарат не приблизится на расстоянии 1—2 м, что гораздо меньше дальности видимости. Для малоподвижных, а тем более для прикрепленных донных организмов, проверка достоверности измерений плотности, конечно, не требуется.

Разумеется, подводные наблюдения на всей акватории обитания какой-либо популяции невозможны. В этом на помощь приходит давно разработанная ихтиологами методика траловой съемки для больших акваторий. На каждой из заранее намеченных траловых станций проводят подобное траление в стандартном режиме, по которому определяют плотность гидробионтов в данной точке. Чтобы определить зависимость улова от плотности, необходимо откалибровать трал, т. е. измерить плотность ВГ-методом с помощью подвод-

ного аппарата. Сравнивая число рыб в улове с числом рыб, находившихся на обследованной площади дна, получают так называемый коэффициент уловистости трала. Эта величина играет важную роль в теории рыболовства, но до применения прямых методов измерения плотности ее оценивали лишь приблизительно на основе косвенных данных.

Начав несколько лет назад изучение коэффициентов уловистости донных тралов, мы рассчитывали получить только представление о численности донных видов рыб и беспозвоночных. Однако результаты оказались гораздо более интересными.

Для определения этого коэффициента использовали разные подводные аппараты: в 1973—1975 гг. гидростат «Север-1», в 1976—1977 гг. автономный аппарат «Север-2», в 1980—1981 гг. буксируемый аппарат «Тетис». Во всех случаях перед гидронавтами стояла одна и та же задача: пройти через скопление и определить его плотность ВГ-методом. Затем в месте погружения выполняли траление.

Был рассчитан коэффициент для наиболее важных промысловых видов: трески, морского окуня, черного палтуса, камбалы-ерша, тупорылого макруруса, сельди, креветки и некоторых других. Применявшиеся мелкочейные тралы могли удерживать всех представителей изучаемых видов, включая молодь. Несмотря на это, значения коэффициента во всех случаях составляли от 9 до 45%, т. е. подавляющее большинство рыб не попадало в трал.

Эти результаты заставили нас усомниться в репрезентативности показателей улова как исходного материала для изучения видового состава биоценозов, размерно-возрастной структуры и численности популяций. Исследователь может быть полностью уверен в репрезентативности улова, если он знает общую картину подводного биоценоза. Но так как эта картина создается на основании тех же уловов, то исследователь попадает в порочный круг.

Классическая теория рыболовства находит выход из этого положения, допуская, что улавливающая способность орудий лова, прежде всего трала, определяется только способностью животных проходить сквозь ячейку сети<sup>1</sup>. Поэтому тралы для исследовательских работ делают

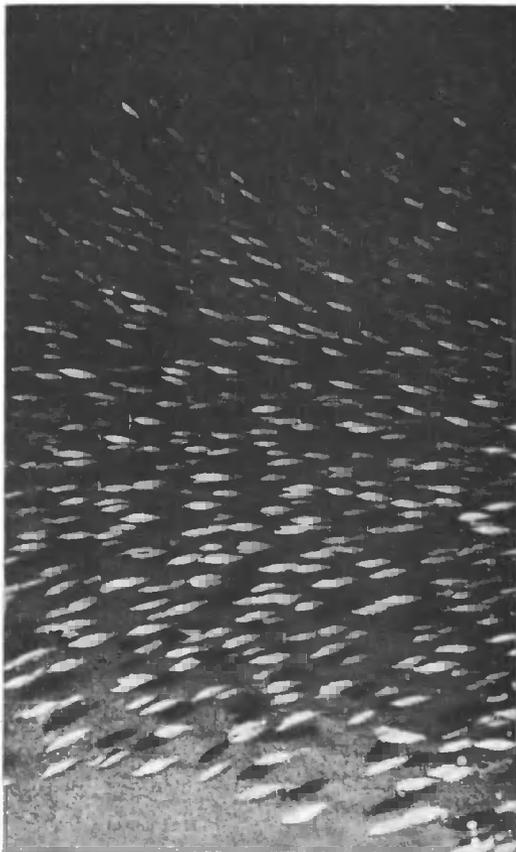
<sup>1</sup> Засосов А. В. Теоретические основы рыболовства. М., 1970.

мелкоячейными, полагая, что при этом рыбы всех размерно-возрастных групп окажутся в трале в том же соотношении, что и в естественном скоплении.

Но если бы это было так, то коэффициент уловистости мелкоячейного трала должен быть близок к 100%. Иначе придется признать, что рыбы могут не только механически просеиваться сквозь ячейку сети, но и активно уходить от трала. А тогда вероятность их поимки должна определяться характером реакции, скоростью плавания и другими особенностями поведения. Поскольку же рыбы разного размера и возраста, а тем более разных видов неодинаково быстро плавают и по-разному реагируют на трал, то и улавливаться они должны с различной вероятностью. Следовательно, вопреки классическим представлениям, видовой и размерно-возрастной состав улова должен отличаться от состава естественного скопления. Об этом и говорят полученные нами цифры.

Активный уход рыб от трала давно известен; он доказан многочисленными подводными наблюдениями. Никто, однако, не пытался связать этот факт с проблемой репрезентативности улова. Не потому ли, что эта проблема молчаливо признается несуществующей как в промысловой ихтиологии, так и в морской биологии вообще? Но ведь она все-таки существует! Ведущие теоретики рыболовства признавали связь коэффициента уловистости с поведением рыб. И тем не менее представление об идентичности состава улова и популяции продолжает служить основой для оценок биологических ресурсов.

Нужен был решающий эксперимент — прямое сравнение улова и естественного скопления по размерному составу. Такой эксперимент был проведен сотрудниками нашей лаборатории Л. И. Серебровым и Г. В. Попковым на аппарате «Тетис». Они определили встречаемость рыб разных размеров перед тралом. Найденная отсюда зависимость коэффициента от размеров рыб оказалась совершенно непохожей на ту, которая вытекает из классических представлений. Снижение коэффициента для рыб малых размеров, т. е. младших возрастов, нельзя объяснить их просеиванием сквозь ячейку: не будем забывать, что речь идет о мелкоячейном исследовательском трале! И уж совсем не укладывается в существующие представления теории рыболовства падение коэффициента улова для крупных

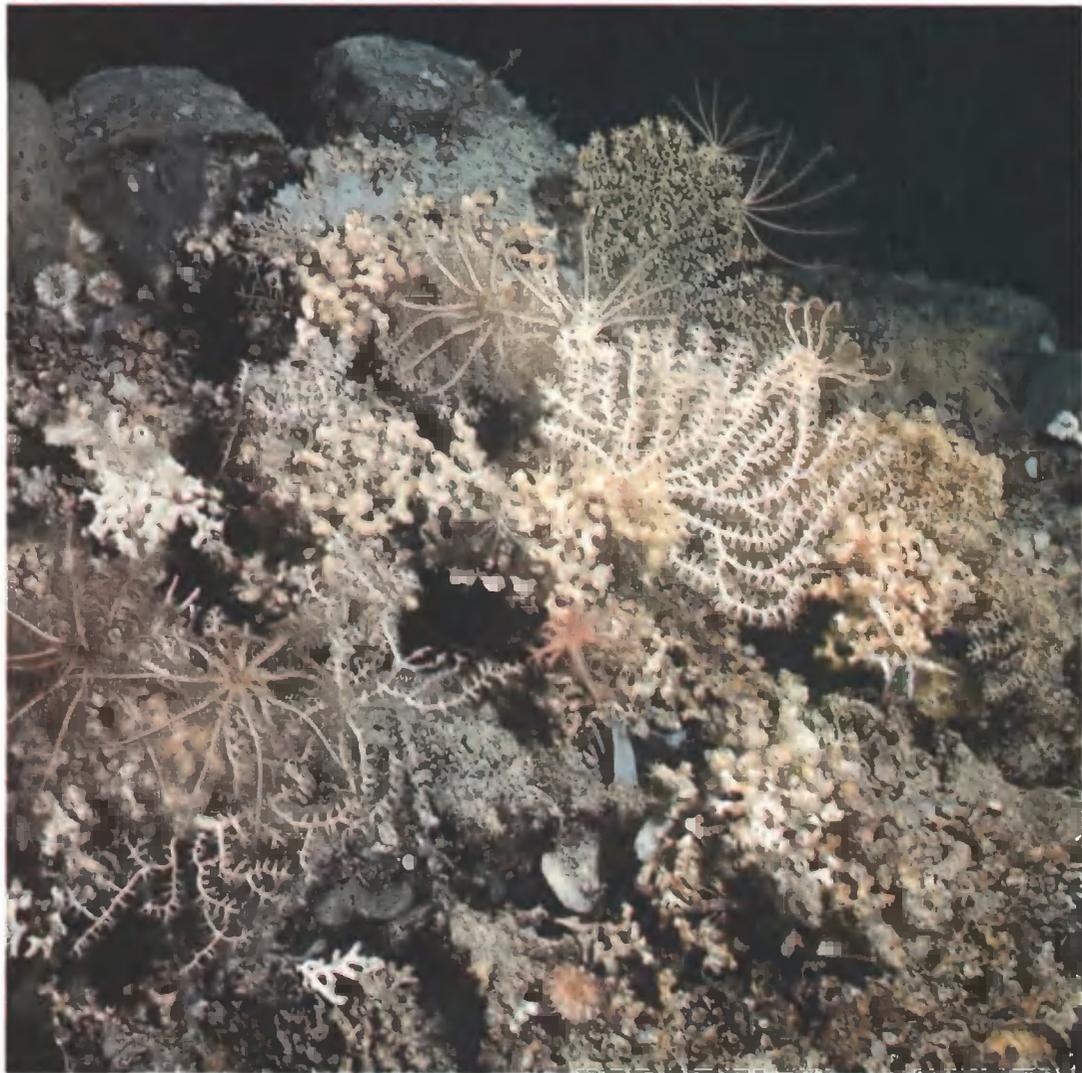


Косяк морского бекаса, сфотографированный из аппарата «Север-2».

рыб старших возрастов. Однако обнаруженные закономерности нетрудно объяснить, если привлечь данные о поведении рыб в процессе лова тралом, полученные подводными наблюдениями многих исследователей, как советских, так и зарубежных<sup>5</sup>.

Распорные доски, кабели (тросы, соединяющие доски с тралом) и крылья трала при своем движении как бы сгоняют рыб к устью трала. Здесь рыбы разворачиваются в направлении траления и плывут перед тралом, пока не устанут и не свалятся в сеть. По-видимому, значительная часть молодежи, имеющей неболь-

<sup>5</sup> Коротков В. К., Кузьмина А. С., Трал, поведение объекта лова и подводные наблюдения за ними. М., 1972; Main J., Sangster G. I.— Scottish Fish. Res. Rep., 1981, № 23, p. 123.



Крайовой тектонический уступ подводного хребта Рейкьянес, глубина 1650 м. Видны разнообразные горгоновые кораллы (*Paramuricea* sp., *Candidella imbricata*, *Acanthogorgia armata*, одиночные мадрепоровые кораллы *Caryophyllia* sp. и др.)

Донный ландшафт. Виден выход коренной скальной породы, отдельные обломки каменного материала. На камнях — копытоносные морские ежи (*Cidaris cidaris*).

шие скорости плавания, не успевают сконцентрироваться перед устьем трала и «проскакивают» мимо сети. Крупные рыбы старших возрастов с большей скоростной выносливостью, вероятно, могут долго удерживаться перед устьем и поэтому в конце концов уходят из зоны облова. А у рыб средних размеров скорости плавания достаточны для эффективного концентрирования, но недостаточны для активного ухода от трала, поэтому для них коэффициент уловистости максимален.

Конечно, полученные предварительные результаты еще нужно уточнять. Здесь предстоит большая работа по определению точных значений коэффициента для рыб разных возрастов и видов, чтобы использовать эти данные для оценки их запасов и промыслового прогнозирования. Но сам факт существенного различия состава улова и естественного рыбного скопления доказан уже сейчас, и это надо считать большим вкладом подводных методов в изучение биологических ресурсов морей и океанов.

Новые и часто неожиданные результаты приносят подводные методы и при решении комплекса исследовательских задач, связанных с поиском промысловых объектов, в частности с изучением распределения океанической фауны по глубинам. Представления о глубинном распределении жизни в океане, и в том числе о скоплениях промысловых объектов, на протяжении всей истории исследований по мере совершенствования средств наблюдения и лова постоянно менялись в сторону увеличения глубинных пределов. Бытовавшее в прошлом веке мнение о полной безжизненности океана за пределами нескольких сот метров было опровергнуто поимкой и прямыми наблюдениями живых организмов, в том числе и рыб, на последовательно увеличивающихся глубинах вплоть до максимальной. Но даже в 50-х годах нашего века некоторые ихтиологи заявляли об отсутствии промысловых концентраций рыб глубже 200—300 м, что в свое время послужило причиной ограничения глубины погружения проектировавшегося гидростата «Север-1» до 600 м вместо 1000 м и, несомненно, задержало изучение глубоководных районов.

Как показывают подводные наблюдения, в отношении видового состава ихтиоценоза орудия лова дают еще менее репрезентативные данные, чем в отношении размерно-возрастного состава популяций. Расхождение между непосредственно наблюдаемой картиной и уловом особенно

характерно для больших глубин, где эффективность действия тралов, как и других связанных с поверхностью технических средств, заметно снижается.

Многие исследователи, погружавшиеся в глубоководных аппаратах, неоднократно наблюдали гораздо большее число видов, чем оказывалось в уловах. Часто это бывали крупные рыбы, уходившие от трала благодаря достаточно большой скорости плавания<sup>6</sup>. Американские исследователи-подводники обнаружили на глубинах 2500—3000 м «оазисы жизни» с необычайно разнообразной фауной. На основании некоторых данных полагают, что первичная органическая продукция может образовываться здесь в результате деятельности бактерий, использующих продукты и энергию вулканической активности в рифтовых зонах. Да и известные механизмы переноса органического вещества из верхних слоев в глубь океана вовсе не исключают возможности его накопления в подходящих природных комплексах, например на глубоководных возвышенностях.

Похоже, что мы еще очень мало знаем о глубоководной фауне и вряд ли узнаем намного больше, пока обитаемые глубоководные аппараты не станут привычным средством исследования. Можно надеяться, что в результате систематических подводных наблюдений наши представления о биоресурсах океанических глубин существенно изменятся.

Но вот вопрос: а имеют ли какую-нибудь ценность эти возможные промысловые объекты, если их не удастся поймать тралом? Ответ на это, и притом положительный, должны дать все те же подводные исследования. Комплекс задач, связанных с изучением поведения гидробионтов и совершенствованием способов их лова — это одна из первых и наиболее известных областей подводных научно-промысловых исследований. Именно здесь впервые наглядно проявилась способность подводных методов уравнивать возможности морских биологов с сухопутными. Находясь в непосредственной близости к объекту, наблюдая его и экспериментируя с ним в естественной обстановке, исследователь находит такие закономерности, которые помогут разработать способы управления поведением объектов. Как правило, эти исследования быстро дают практические результаты.

<sup>6</sup> Глухов А. А., Заферман М. Л. — Вопр. ихтиол., 1982, № 2, с. 334.

Для рыбного хозяйства особый практический интерес представляет изучение взаимодействия объекта и орудия лова, для чего используется специфический тип подводной техники — буксируемые подводные аппараты. Двигаясь с той же скоростью, что и трал, они позволяют хорошо рассмотреть конфигурацию траловой системы в работе и динамическую картину распределения рыбы в различных зонах орудия лова. Благодаря трудам многих исследователей, главным образом Калининградского научно-промыслового объединения промысловства и Морской лаборатории в Абердине, общий характер поведения рыб при лове тралом в настоящее время изучен довольно хорошо.

Буксируемые аппараты применяют не только для исследовательских работ, но и для настройки тралов промысловых судов. Современный рыболовный трал — это сложное сооружение из гибких элементов — сетей и тросов, размеры которого весьма внушительны: раза в два больше футбольного поля! Ни в конструкторском бюро, ни на фабрике орудий лова, ни на палубе судна невозможно увидеть его в том виде, какой он принимает под напором воды. Только из подводного аппарата можно увидеть трал во время работы и обнаружить неисправности, возникающие из-за неправильного изготовления или настройки, снижающие уловы. Подводные наблюдения за тралами позволяют вскрыть значительные резервы увеличения уловов. Таким образом, подводные методы теперь уже не ограничиваются чисто научными проблемами, но проникают и в сферу производства, промышленного освоения биоресурсов океана.

Благодаря подводным методам в изучении глубин океана развивается новое направление — глубоководное ландшафтоведение, или изучение подводных природных комплексов, под которыми понимаются системы взаимосвязанных природных компонентов: рельефа дна, грунтов, водных масс, течений, радиации, живых организмов, а теперь и результатов человеческой деятельности (например, загрязнения среды). Системный подход к изучению связей между компонентами делает познание закономерностей жизни в океане более полным.

Основу исследования природных комплексов составляет их картографирование, для которого необходимо совмещать детальное изучение их структуры с обследованием больших площадей дна. Но классические дистанционные средства от-

бора проб грунта, воды и живых организмов приносят лишь отрывочные сведения с большой географической дискретностью, не дающие детального представления о взаимосвязях в природном комплексе. Как и на суше, ландшафтные исследования дна невозможны без зрительного восприятия. Если на глубинах в несколько десятков метров можно сочетать водолазные наблюдения с аэрофотосъемкой, то на больших глубинах обеспечить более высокую, чем зрение человека, разрешающую способность и одновременно обследовать гораздо более обширные пространства могут только подводные аппараты. Картину, которую видит гидронавт-исследователь, дополняют точные измерения параметров водной среды морского дна и популяций гидробионтов, взятие проб в заданных точках под личным контролем исследователя, одновременное картирование различных природных факторов.

Появление подводных методов означает существенное совершенствование методологии исследований океанических биоресурсов. Новые методы не отменяют классические, они лишь обнаруживают степень их ограниченности и создают для морских биологических исследований новую методологическую базу. Подводные аппараты — это признак научно-технической революции в изучении океана, и в частности в морской биологии, в том числе в ее прикладной ветви — промысловой биологии.

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Диомидов М. Н., Дмитриев А. Н. ПОКОРЕНИЕ ГЛУБИН. Л.: Судостроение, 1974.

Заферман М. Л. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПА «СЕВЕР-2» НА СЕВЕРНОМ БАССЕЙНЕ В 1976—1977 ГГ. — Рыбное хозяйство, 1978, № 8.

Заферман М. Л., Соболева М. С. ПРИМЕНЕНИЕ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ В МОРСКИХ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ. — В сб.: Подводные методы в морских биологических исследованиях. Апатиты, Изд-во КФ АН СССР, 1979.

Киселев О. Н. В ГИДРОСТАТЕ «СЕВЕР-1». Л.: Гидрометеонадат, 1970.

## Глубоководные осьминоги — из иллюминатора подводного аппарата

**К. Н. Несис,**  
кандидат биологических наук  
**А. М. Сагалевич,**  
кандидат технических наук

Институт океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР  
Москва

Возможность непосредственно наблюдать из обитаемых подводных аппаратов за поведением глубоководных животных открывает новые перспективы для морских биологов. За последнее время сотрудники нашего института провели ряд чрезвычайно интересных наблюдений за обитателями глубин 1000—2000 м, используя подводные аппараты «Пайсис» («Pisces»)<sup>1</sup>. Так, летом 1982 г. во время 4-й экспедиции научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш» в Северную Атлантику был осуществлен широкий комплекс биологических исследований на подводном хребте Рейкьянес. Это часть Срединно-Атлантического хребта, расположенная юго-западнее Исландии (58° с. ш.). Донное население хребта оказалось исключительно богатым, разнообразным и очень красочным. Среди многих животных, увиденных с «Пайсиса», были и два плавниковых осьминога, которые относятся к разным родам и видам. До сих пор никогда не наблюдавшиеся в естественной обстановке, они были подробно рассмотрены, сфотографированы на цветную пленку и записаны на видеоманитофон.

Плавниковые (или «ушастые», как их называют моряки

из-за похожих на заячьи уши плавников) осьминоги принадлежат к особому подотряду Cirrata отряда осьминогов (Octopoda). Для них характерно студенистое, почти лишенное мышц тело, пара крупных весловидных плавников и особый плавниковый хрящ (остаток скелетной пластинки), на который плавники опираются. Обычный для головоногих мантийно-вороночный движитель сильно редуцирован. Руки<sup>2</sup>, как правило, соединены умбреллой — тонкой перепонкой («зонтиком»). Присоски на руках расположены в один ряд, по обеим сторонам которого протягиваются тонкие чувствительные усики. Сами присоски сильно видоизменены; предполагают, что некоторые из них светятся. Глаза у одних видов редуцированы, у других, напротив, сильно увеличены. Распространены плавниковые осьминоги от Северного полюса до Антарктики, но, как правило, на глубине более 1000 м и лишь в высоких широтах иногда поднимаются на глубину 200—125 м. До последнего времени эти интересные и во многом загадочные животные были известны лишь по единичным поимкам тралами и подводным фотографиям, случайно сделанными автоматическими подводными фотокамерами при сплошном фотографировании дна. Большинство пойманных тралами осьминогов до неузнаваемости изуродованы: их чрезвычайно нежные студенистые ткани легко рвутся. Непосредственные наблюдения позволяют существенно пополнить информацию об этих, казалось бы, экзотических, а в действительности, по-види-

мому, обычных обитателях океанских глубин.

Первая наша встреча с плавниковым осьминогом произошла 31 июля 1982 г. на глубине 1300 м при 80-м погружении «Пайсиса» (командир экипажа А. М. Сагалевич, бортинженер А. М. Подражанский). Аппарат опустился в рифтовой зоне на вершину краевой горы (58° 27,6' с. ш., 31° 27,9' з. д.), засыпанную мощным слоем осадков. Осьминога заметили, когда он спокойно плыл над дном, держа тело горизонтально. Общий фон окраски животного темный: тело коричневое, умбрелла темнубрая. На аппарат смотрели небольшие голубые глаза. Руки одинаковой длины, приблизительно в 2,5 раза длиннее конического туловища; концы рук (на четверть длины) свободны от умбреллы и лишены чувствительных усиков. Плавники короткие, но больше ширины туловища. Осьминог плыл медленно, синхронно взмахивая плавниками и подрабатывая умбреллой. Подобно медузе, он то набирал внутрь образованного руками и умбреллой зонтика воду, то сводил руки вместе и выбрасывал воду из-под зонтика. От яркого света аппарата осьминог заметался, сильно изогнул руки, затем закинул их за голову, показав наблюдателям всю внутреннюю сторону умбреллы и ряды мелких белых присосок на руках (вероятно, это была поза угрозы; обыкновенные осьминоги также принимают ее в минуты опасности). Затем он свел руки вместе, мощным толчком выбросил из-под умбреллы воду, сразу став обтекаемым, и, помогая себе сильными ударами плавников, быстро уплыл косо вверх. Его размер: в размахе рук около 30 см, общая длина примерно 22 см.

Идентифицировать плавниковых осьминогов трудно, так как их систематика находится в хаотическом состоянии, и, несомненно, многие виды еще неизвестны науке. Из описанных

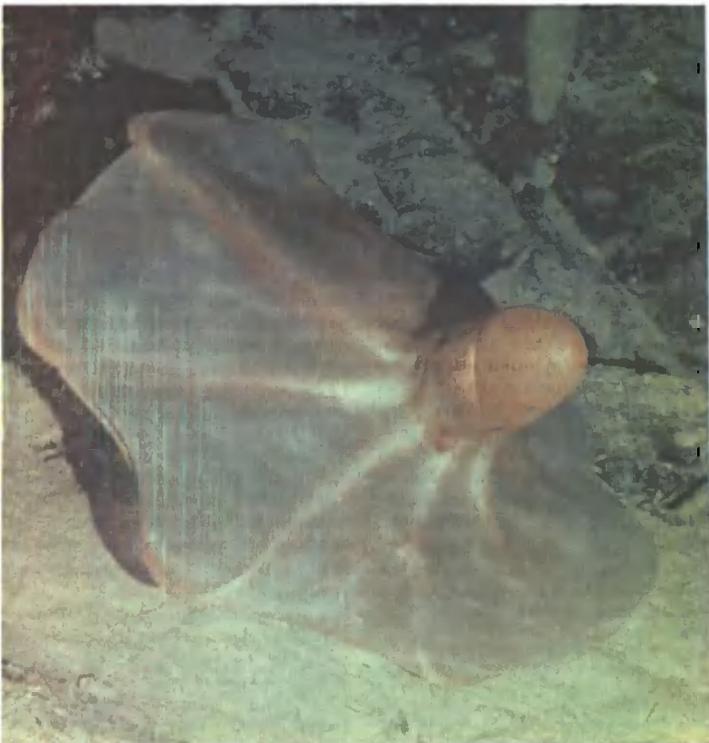
<sup>1</sup> Подробнее см.: Монин А. С., Мирлин Е. Г. Изучение дна Байкала с помощью подводных аппаратов. — Природа, 1978, № 10, с. 58; Сагалевич А. М., Подражанский А. М. — Океанология, 1977, т. XVII, вып. 5, с. 911; Подражанский А. М. Вижу дно Байкала. Л., 1982.

<sup>2</sup> Хотя название класса головоногих и включает корень «ног», по традиции их конечности называют руками. И действительно, в многообразных функциях конечностей манипулирование (от лат. manus — рука) играет куда большую роль, чем хождение.



Осьминог *Stauroteuthis syrtensis*  
(хребет Рейкьянес, глубина 1300 м).

Осьминог *Grimpoteuthis umbellata*  
(хребет Рейкьянес, глубина 1600 м).



видов наш экземпляр больше всего походит на *Stauroteuthis syrtensis*. До сих пор этот вид был известен по единственному экземпляру, пойманному еще в 1879 г. на банке Банкеры близ Новой Шотландии (Северо-Западная Атлантика) на необычной для таких осьминогов глубине 457 м, и еще по двум очень молодым и, возможно, принадлежащим другому виду экземплярам, добытым в том же районе на глубине 960—2240 м. За последние 100 лет ставротейтис ни разу не попадал в руки ученых, так что стал представляться чем-то мифическим. Правда, в 1967 г. американские зоологи Р. Хесслер и Дж. Хэмпсон наблюдали из подводного аппарата «Алвин» на глубине 1300 м южнее мыса Код (США) внешне похожего осьминога<sup>3</sup>. Заметив аппарат, осьминог принял позу угрозы, а затем быстро уплыл.

Второй из наблюдавшихся нами осьминогов был замечен 3 августа на глубине 1800 м при 88-м погружении «Пайсиса» (командир экипажа А. М. Сагалевич, бортинженер А. А. Аксенов, наблюдатель И. М. Сборщиков). «Пайсис» опустился на склоне вулканического сооружения, расположенного по оси рифтовой долины (58° 31,8' с. ш., 31° 35,0' з. д.). Грунт представлял собой обломки базальтовых лав, присыпанных тонким слоем осадков. С приближением аппарата осьминог широко раскинул руки и завис над самым дном. Он был крупнее предыдущего (80—90 см в размахе рук, общая длина ориентировочно 55—60 см). Его плавники были плотно прижаты к туловищу, но край умбреллы колыхался. Вероятно, благодаря этим слабым движениям, осьминог не опускался на грунт. Широкое округлое сзади туловище напоминало репу; общий тон окраски

<sup>3</sup> Roper C. F. E., Brundage W. L.— Smithsonian Contributions. Zool., 1972, № 121.

светлый: тело — ярко-желтое, умбрелла полупрозрачная светло-коричневая, глаза, как и у ставротейтиса, голубые. Отчетливо видно, что умбрелла этого осьминога построена иначе; она асимметрична, со спинной стороны рук доходит до самых их кончиков. Когда осьминог слегка сокращает край умбреллы, концы рук изгибаются, подтягиваются к краю умбреллы и образуют почти замкнутый круг, по всему периметру усаженный чувствительными усиками (их тени прекрасно видны на дне). Такое приспособление позволяет держать под контролем осозания гораздо большую площадь, чем это может делать ставротейтис. Осьминог уверенно определяется как *Grimptothus*, скорее всего — *G. umbellata*.

Этот вид известен по нескольким экземплярам, однако самый крупный из них имел длину лишь 25 см. Они были пойманы на разных глубинах — от 1140 до 5370 м и в разных районах — в Северной Атлантике (Бискайский залив), у Азорских о-вов (северо-западное побережье Африки), у Новой Шотландии и Кубы. При этом на глубине 1140—1250 м были пойманы лишь экземпляры, обитавшие в районе подъема глубинных вод у северо-западной Африки, все остальные — глубже 2000 м. Среди более глубоководных были и два молодых осьминога, пойманных в Бискайском заливе в последнем рейсе «Витязя» (1979 г.). Вероятно, этот вид обитает преимущественно на абиссальных равнинах, на склоны же поднимается лишь там, где существует локальный подъем глубинных вод, обуславливающий повышенную биологическую продуктивность района.

Ни тот, ни другой из наблюдавшихся нами видов не были известны вблизи Исландии. Их размеры оказались больше максимальных размеров особой тех же видов, пойманных тралами. В биологии плавниковых осьминогов многое необычно. В отличие от обыкновенных осьминогов, они не могут питаться крабами, моллюсками и рыбой, потому что у них нет радулы — роговых зубчиков на языке, которыми обыкновенные



Два молодых осьминога *G. umbellata*, пойманных тралом с «Витязя» (глубина 5310—5370 м).

осьминоги просверливают раковины и выцарапывают мясо из крабьих ножек; нет ядовитых слюнных желез, ядом которых их сородичи убивают добычу; нет зоба, в котором те хранят раскусанную на куски пищу. Добыча плавниковых осьминогов — мелкие рачки, глубоководный наддонный (бентопелагический) зоопланктон — особая экологическая группировка планктона, существование которой было открыто лишь недавно. Обычно плавниковые осьминоги зависают в нескольких сантиметрах над дном, максимально растопыряв руки и растянув зонтом умбреллу, и парят в таком положении, пока не набредут на стайку зоопланктона. Передвигаются они с помощью плавников и умбреллы, ходить на кончиках рук не могут. При зависании над дном плавники бьют попеременно, при спокойном плавании и бегстве — синхронно. При бегстве работает и третий движитель — воронка. Но к быстрому и длительному плаванию плавниковые осьминоги не приспособлены. Не могут они выбрасывать при опасности чернила и быстро менять окраску, как обыкновенные осьминоги. Впрочем, в полном мраке глубин это было бы бесполезно.

Обыкновенные осьминоги откладывают тысячи или даже сотни тысяч яиц. Яйца окружены тонкой оболочкой, на одном конце вытянутой в стебелек с липким кончиком. Самка склеивает яйца стебельками в гроздь и подвешивает ее к потолку норы либо приклеивает яйца к потолку поодиночке, а затем непрерывно охраняет и очищает яйца вплоть до вылупления потомства; самки некоторых видов весь период инкубации носят яйца на руках. Плавниковые же осьминоги откладывают прямо на дно небольшое количество, иногда всего несколько штук, крупных (11—24 мм длиной) яиц, покрытых хитиновой оболочкой, которая столь прочна, что не поддается усилиям хитинразрушающих бактерий даже спустя долгое время после вылупления молоди. При этом самке нет необходимости охранять яйца. Развитие очень длительное; из яйца вылупляется осьминог, внешне похожий на взрослого, но без умбреллы, которая развивается позже.

Плавниковые осьминоги — чрезвычайно древняя, архаичная группа головоногих моллюсков, сформировавшаяся еще в середине мезозоя — более 150 млн лет назад. Можно надеяться, что с помощью обитаемых подводных аппаратов мы сможем узнать об этих «живых ископаемых» еще немало нового.

## Язык как средство реконструкции истории

В. В. Иванов



Вячеслав Всеволодович Иванов, доктор филологических наук, заведующий сектором структурной типологии Института славяноведения и балканистики АН СССР. Работает над проблемами структурной и сравнительной лингвистики, дешифровки древних письменностей и первобытного мышления. Автор книг: Чет и нечет. Асимметрия мозга и знаковых систем. М., 1978; Славянский, балтийский и раннебалканский глагол. Индоевропейские истоки. М., 1981; История названий металлов в славянских и балканских языках. М., 1983; Индоевропейский язык и индоевропейцы, т. 1, 2. Тбилиси, 1983. Иностраннный член Британской академии. В «Природе» опубликовал статью: Клод Леви-Стросс и структурная антропология (1978, № 1).

Развитие ранней цивилизации после начала неолитической революции (около 10 тыс. лет до н. э.) на древнем Ближнем Востоке и в прилегающих к нему областях Африки и Европы — вопрос, занимающий не только специалистов — археологов и историков. Здесь зарождалась та культурная традиция, которая много позднее через древнеегипетскую и вавилонскую повлияла на древнегреческую, до сих пор составляющую основу всех последующих достижений европейской науки и искусства. Естественно, что для каждого образованного человека современности важна его культурная родословная. До недавнего времени о первых шагах цивилизации в области, где она зачиналась, можно было судить только по косвенным данным — на основании предметов материальной культуры, найденных в древнейших поселениях и городах. Положение начало меняться благодаря двум важным обстоятельствам.

Во-первых, оказалось, что письменность и предшествующие ей зрительные способы хранения и передачи информации (условно называемые предписьменностью) начинаются гораздо раньше, чем это предполагали. Ранняя предписьменность не передает прямо звуковую сторону слов языка, но она обозначает определенные смыслы (в частности, числовые), поэтому дает

возможность судить о некоторых сторонах культурной и социально-экономической жизни древних обществ вскоре после начала неолитической революции.

Во-вторых, в изучении древневосточных языков существенных успехов достигло сравнительно-историческое языкознание — та гуманитарная наука, которая выработала наиболее точные способы глубокого проникновения в далекое прошлое. С помощью сравнения древневосточных языков друг с другом и с теми живыми языками, которые им родственны, удается восстановить наиболее ранние этапы дописьменной предьстории этих языков.

Мы начинаем понимать, какие языковые семьи были распространены в очагах древнейших культур и как распространение языков, возникших при распаде праязыков той или иной семьи, было связано с процессами переселения народов и передачи культурных достижений. «Машина времени» сравнительно-исторического языкознания позволяет надеяться, что «заговорот» не только те культуры, от которых сохранились памятники письменности или предписьменности, но и другие, которые по ряду признаков оказывается возможным соотносить с центром распространения диалектов одного праязыка, превратившихся в самостоятельные языки одной семьи

(как все романские языки вышли на народной латыни — разговорного языка Римской империи).

### ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБНАРУЖЕННЫХ НАДПИСЕЙ

Последние годы ознаменовались бурным ростом знаний об археологических культурах, распространённых после неолитической революции в ареале ранних цивилизаций в Юго-Западной Азии и Юго-Восточной Европе. Первые успехи в дешифровке вновь найденных надписей и достижения сравнительно-исторического языкознания позволяют сделать и первые попытки соотнести эти культурные центры с определёнными языковыми группами. В будущем это сулит выявление основных черт исторической этногеографии указанного ареала.

Одним из наиболее существенных явилось открытие значительного числа надписей на предметах и глиняных табличках, относящихся к V—IV тысячелетиям до н. э., в области древнебалканской культуры (на северо-западе охватывающей также Венгрию). Надписи единообразны на большом протяжении в пространстве и времени. Это свидетельствует о культурной целостности древнебалканского ареала вплоть до времени расцвета металлургических культур, которые превосходили уровень современных им переднеазиатских, но внезапно прервались в середине IV тысячелетия до н. э.<sup>1</sup>

Общее число различающихся между собой письменных знаков этой древнейшей из обнаруженных до сих пор систем письма достигает 210. Такое количество знаков позволяет определить письмо как слоговое, в котором одновременно были знаки для целых слов (логограммы) и понятий (идеограммы). Можно предположить, что знаки, различающиеся количеством вертикальных линий, обозначают числа (1—6).

Письменность обнаруживает значительное сходство (как по форме, так и по характеру разделения табличек особыми горизонтальными и вертикальными чертами) с более поздним протошумерским письмом конца IV тысячелетия до н. э. Этим подтверждается гипотеза о наличии тесных древнебалкано-шумерских культурных связей, высказанная около века назад Софией фон Торма на основании собранных ею древнебалканских (преимущественно трансильванских) материалов. Однако

древнебалканские культуры значительно древнее протошумерской. История не «началась в Шумере», как еще четверть столетия назад думали шумерологи<sup>2</sup>. Во всяком случае, письменность (а возможно, и некоторые виды металлургической технологии) намного раньше обнаруживается на Балканах и оттуда приходит в древнюю Месопотамию и в соседний с нею Иран, где к концу IV тысячелетия до н. э. распространяется протоэламское<sup>3</sup> письмо, сходное с протошумерским.

Дешифровку протошумерского письма более 20 лет назад успешно начал ленинградский ученый А. А. Вайман. В последнее время этим же занималась американская исследовательница М. Грин, которая интерпретировала значительное число знаков. Выяснено, что многие протошумерские тексты состоят из сочетаний знаков для числительных, которыми обозначались определенные категории некоторых часто подсчитывавшихся предметов, подлежащих хозяйственному учету (крупный и мелкий рогатый скот, зерно и т. п.). Некоторые из этих знаков по внешнему виду совпадают со знаками древнебалканского письма. Например, овца обозначается крестом, вписанным в круг. Поэтому можно предположить, что древнебалканское письмо (во всяком случае, надписи на сосудах, гирих для весов и т. п.) могло использоваться, как и протошумерское, для хозяйственно-учетных целей.

Ранее в Двуречье и смежных с ним областях Передней (Юго-Западной) Азии с IX тысячелетия до н. э., вскоре после осуществления неолитической революции, для тех же целей использовалась так называемая предписьменность: миниатюрные скульптурные (трехмерные) символы — шарики, цилиндры, конусы, — каждый из которых обозначал количество предметов определенной категории. Эти предметы первоначально нанизывались на шнурок, поэтому в них проделывались отверстия, что долгое время давало основания археологам считать их бусинами или украшениями. Затем для них стали делать особые глиняные конверты. На наружной стороне таких конвертов для надежности содержимое изображалось в двумерной проекции. Эту предписьменность американская иссле-

<sup>2</sup> Крамер С. История начинается в Шумере. Пер. с англ. М., 1965.

<sup>3</sup> Название дано по имени древнего государства Элам (III тысячелетие до н. э.— VI в. до н. э.), располагавшегося к востоку от нижнего течения Тигра, в юго-западной части Иранского плоскогорья.

<sup>1</sup> Черных Е. Н. На пороге несостоявшейся цивилизации. — Природа, 1976, № 2, с. 58.

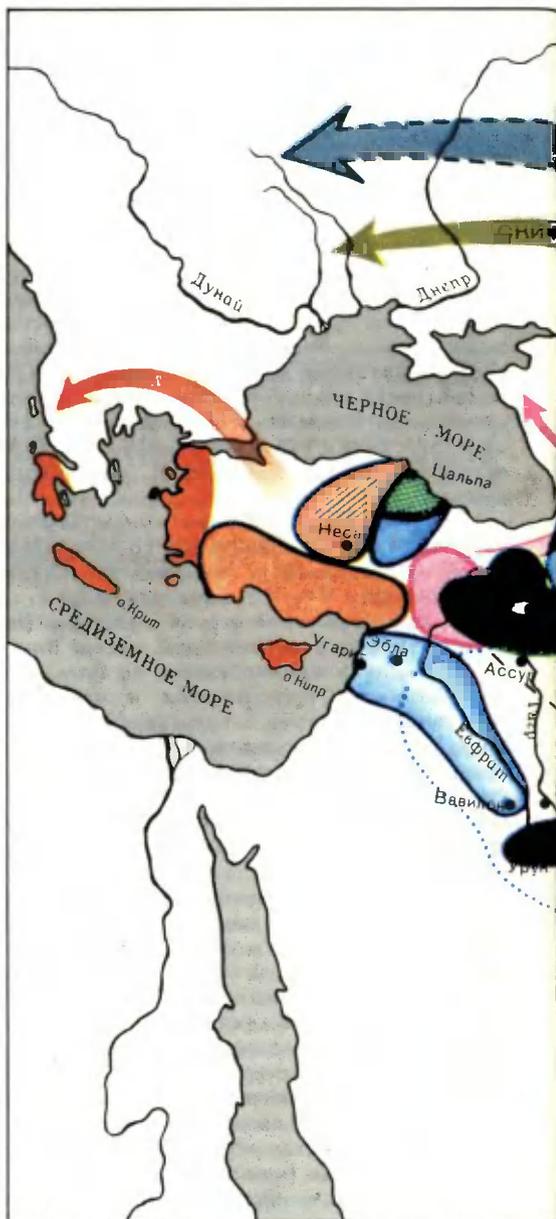
## Распространение языков.

## ИНДОЕВРОПЕЙСКИЕ ЯЗЫКИ

-  Праязык
- АНАТОЛИЙСКИЕ**
-  Хеттский
-  Лувийский
-  Палайский
- ГРЕКО-ИНДО-ИРАНСКО-АРМЯНСКАЯ ДИАЛЕКТНАЯ ГРУППА**
- Древнегреческие:**
-  аххивяский
-  крито-микенско-греческий
-  колхидский
-  Протоармянский
- Индоиранские диалекты:**
-  митаннийский (арийский)
-  иранские (I тысячелетие до н. э.)
-  индоарийский
-  кафирские (нуристанские)
-  Тохарские

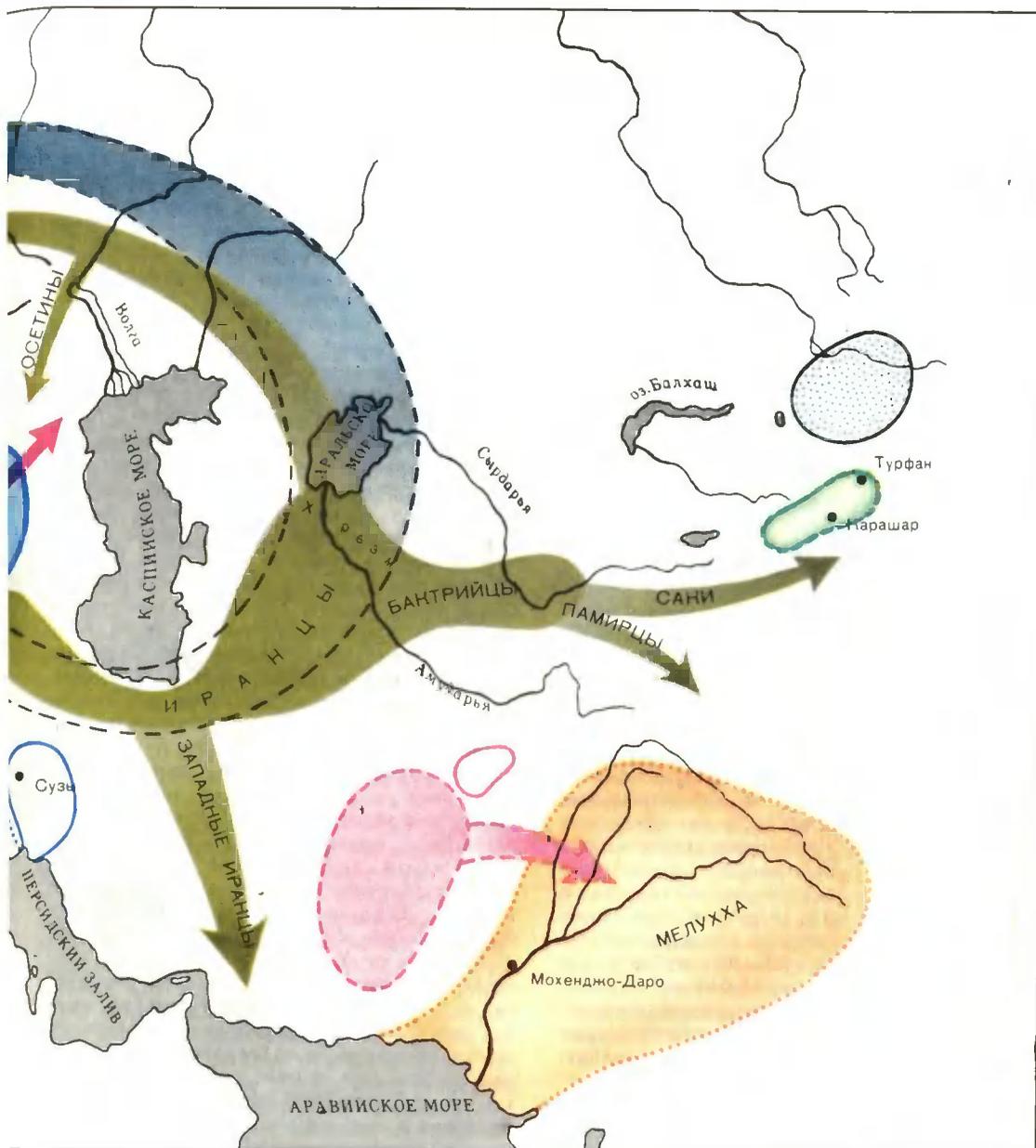
## НЕИНДОЕВРОПЕЙСКИЕ ЯЗЫКИ

- СЕВЕРОКАВКАЗСКИЕ:**
  -  хатти (протохеттский)
  -  эламский
  -  пракартвельский
  -  Енисейские
  -  Дорийское переселение
  -  Пути переселения восточных иранцев
  -  Индоарийское вторжение в Индию
  -  Возможные пути переселения индоарийцев через Кавказ
  -  Протоиондская культура
  -  Культурно-языковое влияние Эблы
  -  Область влияния ассиро-вавилонского (аккадского) языка и культуры
  -  Рзинеошумерские государства
  -  Направление миграций носителей древнеевропейских диалектов
- I — оз. Ван  
II — оз. Урмия



довательница Д. Шмандт-Бессера обнаружила в собраниях западноевропейских и американских музеев среди мусора нерасклассифицированных предметов.

Появление конвертов сыграло свою роль в изобретении письма: оказалось, что для передачи информации достаточно двумерных символов, употребление рядом с ними трехмерных будет тавтологией. Однако сосуществование обоих типов — пред-



письма и письма — продолжалось довольно долго, до II тысячелетия до н. э., что облегчило задачу дешифровки предписья. Американский ассириолог И. Гельб высказал предположение, что сходную предписменность можно обнаружить и в других ареалах<sup>4</sup>. Действительно, скульптурные

символы (например, шарики с отверстиями) находят в эпоху раннего неолита Юго-Восточной Европы, в частности в Венгрии. Поскольку древнебалканское двумерное письмо датируется более ранним временем, чем протошумерское, можно думать, что в Юго-Восточной Европе процесс развития двумерных знаков из трехмерных происходил раньше, чем в протошумерской и протоэламской традициях, испытывав-

<sup>4</sup> Гельб И. Е. История письма (основы грамматиологии). Пер. с англ. М., 1982, с. 322, 323, 328.

ших влияние древнебалканской. Здесь может возникнуть вопрос: не Балканы ли все же являются родиной письменности? Это, однако, не так. Культурные связи Передней (Юго-Западной) Азии и Юго-Восточной Европы (Балкан) в начале неолита были разнообразными, но не совпадающими во времени. Истоки неолитической революции нужно искать именно в Передней Азии не позднее IX тысячелетия до н. э. Из Передней Азии вскоре — к VII тысячелетию до н. э. — первые культурные достижения, к которым относятся не только одомашнивание растений и животных, гончарное дело и архитектура, но и появление знаковых форм, соответствующих новому типу мышления, распространяются на Балканы. После же этого, наоборот, Балканы (V—IV тысячелетия до н. э.) оказываются источником новейших открытий и влияний.

После гибели древнебалканских высоко развитых металлургических культур в середине IV тысячелетия до н. э. след этой традиции обнаруживается на юге Балкан — в Эгейском море. Исследованиями последних лет, в которых применялся анализ изотопов свинца, на Кикладских о-вах открыты древнейшие производства из галенита свинца и серебра. Изделия оттуда поступали и в другие страны тогдашнего цивилизованного мира, в частности в Египет, связи с которым прослеживаются и в искусстве Киклад — предтече древнегреческого искусства. Радиоуглеродные даты этих центров —  $2970 \pm 180$ ,  $2610 \pm 50$  лет до н. э. Вероятно, еще не дешифрованное критское иероглифическое письмо конца III—II тысячелетий до н. э. и письмо Фестского<sup>5</sup> диска (около XVII в. до н. э.), частично читающееся критское (так называемое линейное A) письмо (XVIII—XV вв. до н. э.) и развившиеся из него системы письма Крита, Греции и Кипра продолжают некоторые черты древнебалканского письма. Форма и число знаков не противоречат этому предположению, но доказать его или опровергнуть можно будет только в случае дешифровки этих письменностей.

#### ДРЕВНИЕ ЯЗЫКИ, РОДСТВЕННЫЕ СЕВЕРОКАВКАЗСКИМ

До тех пор пока древнебалканское письмо остается непрочитанным, можно только гадать о возможной языковой принадлежности тех, кто им пользовался. Согласно гипотезе лингвиста С. А. Старостина, занимающегося восстановлением исходно-

го праязыка, из которого позднее развились северокавказские, енисейские (от них остались некоторые знаки) и сино-тибетские языки (здесь и далее такие термины имеют чисто языковедческий, а не географический характер, так как мы не знаем, где обитали люди, говорившие на этих языках в древности), после неолитической революции центром распространения общесеверокавказско-енисейского языка могли быть Балканы. (Такое предположение основано на археологических данных о наличии на Балканах тех домашних животных, в частности свиньи, названия которых реконструированы в этом языке.)

Значительный интерес представляет то, что для этого языка восстанавливаются и слова, обозначающие письменность, письмо, чтение. Не исключено, что древнебалканское письмо было изобретено и использовалось носителями одного из языков, восходящих к общесеверокавказско-енисейскому; возможно, что на таком языке продолжали и позднее говорить в Греции до прихода туда греков-индоевропейцев. Тогда этим можно объяснить наличие в греческом языке значительного числа северокавказских заимствований, предполагавшихся и ранее (в частности, Н. Я. Марром), а в настоящее время достоверно установленных лингвистом С. Л. Николаевым, работающим вместе со Старостиным над реконструкцией северокавказского языка.

Хотя родственные связи шумерского языка, для записи которого использовалась клинопись, развившаяся из протошумерского языка, до сих пор не установлены, некоторые слова его обнаруживают разительное сходство с языками общесеверокавказско-енисейской семьи (например, слово *ka* — рот); это впечатление подтверждается и некоторыми чисто грамматическими элементами. Если шумерский язык восходит к общесеверокавказско-енисейскому, то можно было бы сказать, что народы, говорившие на нем, пришли в Месопотамию из балканской области, откуда была занесена и письменность.

Однако это пока еще только предположения. Одна из основных трудностей, преодоление которой способствовало бы разрешению многих противоречий, заключается в недостаточности знаний шумерского произношения. Записи шумерских слов, найденные в архиве г. Эблы (Северная Сирия) середины III тысячелетия до н. э., когда по-шумерски еще говорили, могут существенно облегчить эту задачу, но пока они еще не изданы полностью.

Но вполне достоверна принадлеж-

<sup>5</sup> Фест — древний город на юге о-ва Крит.

ность к северокавказской семье языков двух других древних языков Передней Азии, на которых говорили в III тысячелетии до н. э. — хурритского и хаттского. Самые ранние свидетельства о распространении хурритского языка в Сирии можно извлечь из архива Эблы, где один из календарей (введенный к концу правления пятого царя Эблы Ибби-Шипиша) содержит некоторые хурритские имена богов. Самый ранний хурритский текст заклинаний III тысячелетия до н. э. найден в городе Мари (Северная Месопотамия), который входил в сферу влияния Эблы.

Позднее собственные имена хурритского происхождения стали известны на широком протяжении от Малой Азии до Южного Закавказья. Хурритские тексты II тысячелетия до н. э., частично представляющие собой копии старых документов III тысячелетия до н. э., сохранились в архиве хеттских царей в Хаттусасе, или современном Богазкее (в 100 км от Анкары), в Угарите (Рас Шамре в Северной Сирии), а также в египетском архиве Телль-эль-Амарны, где давно было найдено большое письмо фараону от царя хурритского царства Митанни. В I тысячелетии до н. э. в государстве Урарту говорили на языке, родственном хурритскому, в свою очередь родственного северо-восточно-кавказским, что доказывается большим числом вполне достоверных этимологий и грамматически соответствиями.

Не исключено, что с той же группой языков и, вероятно, с той же культурной традицией, что и хурритский, связан этрусский язык, на котором, по античной легенде, говорили выходцы из Малой Азии, переселившиеся в Италию по морю после конца Троянской войны. Одной из наиболее интересных для истории черт этрусской культуры являются гадания по печени, оказавшие существенное влияние на греков и римлян при принятии решений. Судя по дошедшим до нас хурритским текстам гаданий по печени, они были промежуточным звеном между древнемесопотамской практикой гаданий и хеттской, а позднее этрусской. Сами термины, связанные с этим обычаем, у этрусов родственны хурритским. Этрусская бронзовая модель печени из Пьяченцы изображает одновременно карту неба, части которого соотносены с богами. Наиболее ранние месопотамские тексты гаданий по печени III тысячелетия до н. э. позволяют предположить аналогичную связь с астрологическими гаданиями, отразившуюся в самой терминологии. В них, в частности, фигурирует термин «стоянка

бога» (положение Иштар—положению планеты Венеры), обозначающий в астрологических текстах путь, пройденный к определенному времени Луной или другим небесным светилом. Видимо, этот наиболее ранний древнемесопотамский тип гаданий, в которых печень жертвенного животного понимается как модель вселенной, дольше всего сохранился в этрусской традиции.

К III тысячелетию до н. э. восходят и клинописные тексты на хаттском языке, сохранившиеся в том же архиве в Хаттусасе-Богазкее в качестве сочинений на священном (возможно, уже мертвом) языке. Часть хаттских текстов сопровождается хеттскими переводами или пересказами, что облегчает изучение этого языка. Как предположил еще 60 лет назад швейцарский хеттолог Э. Форрер при первых попытках дешифровки этого языка, он явно родствен северозападно-кавказским (абхазо-адыгским) языкам. Почти все известные к настоящему времени хаттские слова и грамматические элементы находят в них исторические объяснения<sup>6</sup>. Хаттский и живые языки этой подгруппы оказываются при этом очень архаичными: в них сохраняются не только слова, но целые сочетания слов, относящихся к определенной тематике.

Так, удается реконструировать общесеверокавказский текст мифа о луне, упавшей с неба, т. е. о лунном затмении. В нем говорится о том, как луну «схватили» (этот глагол употребляется при описании солнечного и лунного затмений не только в северо-западно-кавказском языке, но и в северо-восточно-кавказском) «страх и ужас». «Падение с неба» бога Луны описывается сочетанием корней, сохраняющимся в живых северо-западно-кавказских языках по отношению к мифологическому обозначению предметов, спускаемых с неба.

Хаттский миф и его хеттский пересказ давно были известны. Но только сравнение с северокавказским помогло понять этот миф как рассказ о лунном затмении. Исключительная архаичность хаттского языка всего виднее в грамматической структуре, где сохраняется согласование глаголов и прилагательных по грамматическим классам с именами существительными: так, например, в словах «b-izzi wa-ḫhab», «благие боги», префиксы b- и wa- обозначают множественное число одушевленных существительных мужского рода. В совре-

<sup>6</sup> Иванов В. В. История названий металлов в славянских и балканских языках. М., 1983.



Надпись, сделанная древнебалканским письмом. Болгария.

менных северо-западно-кавказских (абхазо-адыгских) языках эта система разрушилась, в восточно-кавказском (в частности, в нахских языках) остались ее следы.

Сохранение таких глубоких архаизмов объясняется ранним отделением хаттского языка от других северокавказских. Но уже в этот древний период (не позднее IV тысячелетия до н. э.) северо-западно-кавказский, к которому особенно близок хаттский, отличался от северо-восточно-кавказского, к которому близок хурритско-урартский.

Установление принадлежности мертвых языков Передней Азии — хурритско-урартского и хаттского к северокавказским подтверждает историческую обоснованность преданий, сохранявшихся у абхазов и адыгов вплоть до XIX — начала XX в., о том, что они пришли на Кавказ после исторических изменений в более южных областях Азии, где они жили несколько тысяч лет назад. Любопытно, что еще полвека назад подобное предание было распространено у той части адыгов, которые называют себя «хатами». Косвенным свидетельством такого переселения является наличие в хаттском и близкородственных ему языках древних семитских заимствований, которые могли проникнуть в эти языки только в значительно более южных областях, где носители семитских языков обитали около IV тысячелетия до н. э.

Итак, выявив взаимосвязь культур, идущую сначала из Передней Азии на Балканы, которые, с другой стороны, испы-

тали влияние северокавказско-енисейских культур, а затем с Балкан на Переднюю Азию, мы приблизились к их общему языковому центру, расположенному на территории распространения семитских языков.

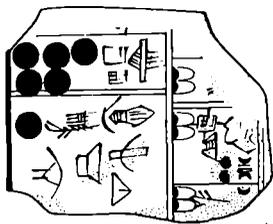
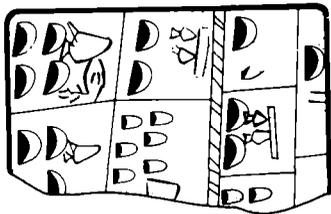
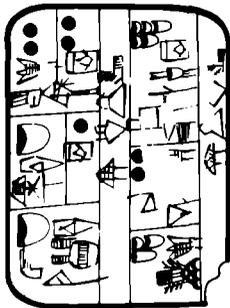
## СФЕРА ВЛИЯНИЯ СЕМИТСКИХ ЯЗЫКОВ

Современные представления о территории распространения древних семитских языков существенно изменились после того, как в 1974—1976 гг. был найден самый большой из известных археологии архивов Древнего Востока — архив одного из дворцов Эблы. В середине III тысячелетия до н. э. в Эбле говорили на местном семитском языке — эблаитском. Для записи эблаитского языка была заимствована шумерская клинопись. В архиве найдены многочисленные словари, в том числе шумеро-эблаитские. Эблаитский язык принадлежал к ханаанейской подгруппе семитских языков. Позднее они были представлены аморейскими собственными именами Сирии и Малой Азии III—II тысячелетий до н. э. и письменными памятниками угаритского (2-я половина II тысячелетия до н. э.), финикийского и древнееврейского языков.

Носители ханаанейских языков вошли в историю культуры прежде всего благодаря изобретению ими алфавита (позднее заимствованного греками и малоазийскими народами, а через них — этрусками). Это случилось не позднее середины II тысячелетия до н. э., когда уже был известен алфавит на клинописной основе в Угарите. По-видимому, первые шаги по пути к созданию если не алфавита, то фонетически упорядоченного множества слоговых знаков были сделаны уже в Эбле, где составлялись списки слоговых знаков с одинаковым первым согласным и разными гласными: mi, ma, mi.

В период распространения культурно-го и экономического влияния Эблы на часть Месопотамии эблаитский язык взаимодействовал с семитским языком другой группы — аккадским, который известен в Месопотамии по клинописным текстам 2-й половины III тысячелетия до н. э. В этих двух семитских языках обнаружены общие архаизмы, объединяющие их с афразийскими языками — древнеегипетским и чадским (в Центральной Африке).

Существование в сирийско-месопотамском ареале уже в середине III тысячелетия до н. э. эблаитского и аккадского языков свидетельствует о том, что семитские языки были распространены изначально



Протошумерские надписи. Кружками и конусами обозначены числительные.

но севернее, чем это раньше предполагалось. Это согласуется и с выявлением семитских элементов в начале II тысячелетия до н. э. в языках Крита и Кипра, судя по отдельным дешифрованным словам одного из критских языков.

Таким образом, мы выявили одну древнюю языковую группу. Однако кроме семитского в систему культурного общения этого периода входили многие языки Африки — египетский, чадский, берберские, кушитские. Согласно теории, получившей завершение в посмертно опубликованных трудах выдающегося лингвиста В. М. Иллич-Свитыча (1934—1966), все эти — афразийские — языки входят вместе с картвельскими, индоевропейскими, а также дравидийскими и алтайскими языками в одну семью так называемых ностратических языков<sup>7</sup>. Время разделения этих языков было, безусловно, намного древнее неולי-

тической революции. И здесь мы обратим внимание на следующее: когда мы говорим о том или ином крупном историческом перевороте, нам нужно иметь и связанный с ним культурный, в данном случае языковой, переворот, на основании которого на многие исторические события проливается дополнительный свет.

## ВРЕМЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ЯЗЫКОВ

Сравнительно-историческое языкознание при установлении родства слов и грамматических форм сопоставляемых языков использует методы, сходные с теми, которые развиты в современной теории эволюции. В обеих научных дисциплинах производится отождествление сходных последовательностей дискретных продуктов кода (белков, состоящих из аминокислот, слов, состоящих из фонем — звуковых единиц), имеющих одинаковые или подобные функции. Для таких последовательностей, имеющих общее происхождение, восстанавливаются их общие прототипы. По числу общих последовательностей (слов в языках) может быть установлено относительное время расхождения.

В принципе метод, которым определяется время расхождения родственных языков в сравнительно-историческом языкознании, очень близок к методу установления времени расхождения организмов от общего предка по «молекулярным часам». По-видимому, речь идет о сходстве принципов построения дискретных кодов, с помощью которых осуществляется передача сообщений (языковых или генетических) во времени, причем возможно наложение ошибок (мутаций в биологической эволюции, фонетических изменений в языковом развитии). Ошибки обычно систематичны: одни и те же фонемы одинаково изменяются в разных словах. Аналогии между биологической и языковой эволюцией касаются, во-первых, изменения генома и системы языковых правил, по которым рождается текст, во-вторых, развития самих организмов и текстов, порождаемых по этим правилам. В качестве таксономических берутся крупнейшие единицы, характерные для больших временных промежутков.

Такой наибольшей единицей в языкознании является макросемья языков — та-

<sup>7</sup> Об этой теории см.: Брэмлей Ю. В., Пучков П. И. Этнические общности: их историко-типологическая и этнолингвистическая классификация. — Природа, 1983, № 9, с. 74.

кая как ностратическая и северокавказско-енисейская. Общее число таких макросемей, к которым сводится все многообразие языков мира (около 5000), происходящих из праязыков отдельных семей (около 200), не превышает десяти. В нашу задачу не входит изучение всего десятка: мы довольствуемся констатацией этого факта. Нам важно было показать метод сведения многих языков в одну семью. Возможно, что при допущении единства происхождения всех языков и эти макросемьи удастся свести к диалектам одного исходного языка, но такую задачу можно решить только после восстановления праязыков каждой отдельной макросемьи — северокавказско-енисейской, ностратической и т. п. В настоящее время усилия специалистов по сравнительно-историческому языкознанию сосредоточены на этой последней задаче.

Время разделения ностратических языков лежит примерно в мезолите (15—13 тыс. лет до н. э.), время разделения северокавказско-енисейских, по-видимому, более позднее (судя по наличию в их общем словаре названий, относящихся к раннему периоду неолитической революции). Есть основания считать, что уже после неолитической революции языки, которые можно объединить в западно-ностратическую подгруппу — афразийские, индоевропейский и картвельский, — продолжали использоваться на относительно ограниченной территории Передней Азии, где они находились в контакте друг с другом и с северокавказскими языками.

Не исключено, что контакт с языками северокавказского типа сказался на общих структурных чертах в картвельском и афразийском. Речь идет о таких достаточно ранних контактах, в которых все еще участвовал общий источник всех индоевропейских языков — общиндоевропейский праязык.

#### СФЕРА ИНДОЕВРОПЕЙСКОГО ЯЗЫКА

Наиболее изученной группой внутри ностратических языков являются индоевропейские языки, к которым относятся подавляющее большинство современных языков Европы (кроме баскского — возможного остатка доиндоевропейского населения континента — и финно-угорских), такие древние языки, как древнегреческий, латинский, санскрит, и открытые в XX в. мертвый хеттский и другие анатолийские языки (в Малой Азии — современной Турции).

Его разделение на отдельные диалекты, позднее превратившиеся в разные языки, произошло не позднее IV тысячелетия до н. э. В середине III тысячелетия до н. э. в документах архива Эблы обнаруживается ряд собственных имен, свидетельствующих о торговых сношениях Эблы с народами, говорившими на индоевропейских диалектах, в частности на анатолийских, тексты которых во II тысячелетии до н. э. представлены в богазкейском архиве и в некоторых других местах Малой Азии.

Для записи одного из анатолийских языков (не позднее рубежа III—II тысячелетий до н. э.) пользовались особым иероглифическим письмом, созданным, вероятно, под воздействием египетской и южно-балканско-эгейских систем письма. В самых ранних клинописных памятниках хеттского языка начала II тысячелетия до н. э. упоминаются, например, собственные имена «царских» городов, которые встречаются и в текстах Эблы, где есть и другие собственные имена, удостоверяющие контакты жителей Эблы с анатолийцами — индоевропейцами. Из других несемитских личных имен архива Эблы следует отметить имя Наја, которое позднее на рубеже III и II тысячелетий до н. э. встречается в староассирийской табличке из Малой Азии, найденной в Ашшуре и упоминающей одно из малоазиатских хаттских женских божеств. По-видимому, это имя является древнейшим свидетельством того этнонима, который до сих пор используется в качестве самоназвания армян (hay-k — армяне). В начале I тысячелетия до н. э. это же обозначение (человек Хайи) встречается в надписи из Кархемыша (Северная Сирия). Хотя быть уверенным в том, что этот этноним изначально относился к армянам — индоевропейцам, нельзя. Во II тысячелетии до н. э. Хайясой называли горную страну на востоке Малой Азии, где говорили на особом языке, по-видимому, неиндоевропейском. Вполне возможно, что применявшееся к этой этнической группе имя позднее было использовано по отношению к индоевропейцам — армянам. В надписи Саргона I Аккадского — царя, разрушившего Эблу, в перечне его завоеваний упоминается вместе с Эблей город Арман (Armanum), название которого сопоставимо с названием города Armi в текстах Эблы и с другим позднейшим названием Армении, использующимся до настоящего времени.

По лингвистическим данным, внутри индоевропейской семьи языков армянский объединяется с древнегреческим и индо-

иранским в одну диалектную группу, которая достаточно рано (ок. IV—III тысячелетия до н. э.) обособляется от других индоевропейских диалектов. Самые ранние свидетельства об индо-иранских (арийских) языках относятся к середине II тысячелетия до н. э., когда именами божеств, сходными с позднейшими индийскими именами Индры, Варуны, Митры, клянется царь хурритской страны Митанни в договоре, заключенном им с хеттским царем и сохранившемся в архиве Богазкея. В то же время выходцами из Митанни составляются на хеттском языке обширные руководства о том, как надо тренировать и содержать лошадей. В них использовано много специальных арийских коневодческих терминов, близких к позднейшим индоиранским, например, обозначения «кругов» (*wart-anna*) родственно русской «версте» как старому обозначению столбов, отмечавших положенный пробег лошадей на стадионе. По-видимому, часть населения Митанни говорила на особом митаннийском арийском языке, носители которого отделились от других индо-иранцев (ариев) еще раньше II тысячелетия до н. э.

Из текстов богазкейского архива известны и древнейшие свидетельства о греках, образовавших к середине II тысячелетия до н. э. могущественное морское государство Аххиява (название соответствует древней форме, имени гомеровских ахейцев), которое соседствовало на западе с Хеттским царством. От XIV в. до н. э. дошли греческие надписи крито-микенского слогового письма. По-видимому, незадолго до того греческие индоевропейские племена, обитавшие в Малой Азии и прилегающих к ней островах, вторглись на Крит и в Грецию. Следы более раннего обитания греков в области, близкой к Кавказу, сохранились в многочисленных греческих заимствованиях из картвельского (южнокавказского) и северокавказского, которые предшествовали микенскому времени. Так, например, греческое *kowo* — руно соответствует картвельскому *tqaw* — шкура, а греческое *rzykhē* и адыгейское *psz* равно означают душу. Но часть их могла быть заимствована и при последующем контакте с более ранним «догреческим» населением Греции, если оно говорило на языке, родственном северокавказскому. Возможно, что о пребывании греков в стране *Aia* (Колхиде) свидетельствуют сами имена греческих племен, например, *золийцев*, *aia-oi*, что в переводе значит «обитатели *Aia*». В таком случае миф об аргонавтах-греках в Колхиде, на древности которого настаи-

вал еще И. Ньютон, подробно исследовавший его, отражает странствия греков еще до их прихода в собственно Грецию.

## ПРАРОДИНА ИНДОЕВРОПЕЙСКИХ ЯЗЫКОВ

Определение первоначальной области распространения индоевропейских языков — их прародины может служить примером того, как по языковым данным можно установить основные черты дописьменной истории древних народов.

Поскольку самые ранние свидетельства о греческом и индоиранских языках во II тысячелетии до н. э. относятся к Малой Азии, где еще в середине III тысячелетия до н. э. говорили на анатолийских индоевропейских языках, то вероятно, что общий источник всех этих языков — индоевропейский праязык — около V—IV тысячелетий до н. э. находился в Передней Азии. Это предположение ныне превращается в достоверную теорию благодаря фактам двоякого характера.

Во-первых, анализ имевшихся в индоевропейском праязыке наименований домашних и диких животных, растений, обозначений ландшафта, технических, культурных, экономических и социальных терминов позволяет установить, что народы, говорившие на этом языке ко времени его разделения на диалекты (около V—IV тысячелетий до н. э.), обладали высокой культурой — развитием скотоводством, земледелием, металлургией, колесным транспортом, сложной структурой общества с различиями между социальными рангами и экономическим неравенством. Эта культура в то время могла быть только на территории Передней Азии и Юго-Восточной Европы.

Во-вторых. В свое время была высказана гипотеза о том, что Балканы можно считать индоевропейской прародиной. Однако исследования показывают, что эта гипотеза не выдерживает критики. Ведь индоевропейский праязык находился в интенсивных контактах не только с северокавказскими, носители которых, как уже упоминалось, в древности могли жить в балкано-эгейском ареале, но и с другими языками Передней Азии, в частности с египетским. Ряд древних заимствований (примеры приводились выше) объединяет северокавказский, картвельский и общиндоевропейский. Подобные общие заимствования предполагают длительное время существования этих языков на смежных территориях, что было возможно только в север-

ной части Передней Азии, примыкающей к южному Закавказью.

Именно поэтому (а в частности, и из-за вероятной связи древнебалканских письменных культур с северокавказско-енисейской) нельзя признать гипотезу, по которой древнейшая территория распространения индоевропейских языков находилась не в Передней Азии, а на Балканах<sup>8</sup>. Эта гипотеза не объясняет того, как могли контактировать с индоевропейским праязыком такие языки, как пракартвельский, носители которого обитали в северо-восточной части тогдашнего цивилизованного мира. Археологически (в частности, по совпадению всего комплекса культурных признаков, включая и погребальный обряд) наиболее вероятно приурочение индоевропейской прародины к области халафской культуры V тысячелетия до н. э.<sup>9</sup>

На востоке от предполагаемой индоевропейской прародины говорили на эламском языке, с которым были непосредственные контакты. Новейшими исследованиями выяснено, что эламский язык родствен дравидийскому, который включается в восточно-ностратические языки вместе с уральскими (финно-угро-самодийско-юкагирскими) и алтайскими (тюркскими, монгольскими, тунгусо-маньчжурскими, корейским, японским). На территории Ирана с конца IV тысячелетия до н. э. была широко распространена протоэламская письменность, знаки которой, в частности для числительных, близки к протошумерским, вероятно, имеют и общее с ними происхождение. К сожалению, протоэламское письмо еще не дешифровано полностью, и поэтому судить о его языке еще нельзя. Позднее в Эламе применялась клинопись.

Письменность, которая по некоторым знакам обнаруживает сходство с протоэламской и шумерской, использовалась в древних городах долины Инда во II тысячелетии до н. э. Судя по разысканиям Ю. В. Кнорозова и других ученых, язык протоиндийской письменности был дравидийским. Недавно найдены надписи, сделанные знаками протоиндийского письма в Афганистане<sup>10</sup> и Южной Туркмении, что

свидетельствует о широких западных связях культуры древних городов долины Инда. Как установлено в недавних работах антропологов, население этих городов страдало наследственными заболеваниями (порозным гиперостазом, деформирующим кости и череп), вызванными малярией, которая в этих городах, как и в других центрах древней цивилизации (в том числе в Греции до прихода в нее греков-индоевропейцев), распространилась в связи с упадком систем искусственного орошения<sup>11</sup>.

В этом можно обнаружить аналог тем вредным для человека и среды обитания последствиям технического прогресса XX в., в которых многие ошибочно видят особенность нашего времени, тогда как человечество с ними столкнулось вскоре после неолитической революции. Гибель городов долины Инда явилась в основном следствием этих внутренних причин, а не более позднего индо-арийского завоевания, осуществившегося во второй половине II тысячелетия до н. э.

Народы, говорившие на индоевропейских диалектах (в частности, иранских), направляются в III—II тысячелетиях до н. э. в Среднюю Азию с Ближнего Востока, откуда их вытеснял демографический взрыв и, вероятно, недостаток продовольствия. След взаимодействия с иранцами на территории Средней Азии сохранился в финно-угорских языках, в которых оказалось много иранских заимствований. Через Среднюю Азию около II тысячелетия до н. э. прошли также народы, говорящие на тохарских языках, бывших другой ветвью индоевропейских. Во второй половине I тысячелетия до н. э. на тохарских языках было написано значительное количество текстов, найденных в оазисах Восточного Туркестана. Говорившие на них жили гораздо восточнее всех, кто говорил на остальных индоевропейских диалектах.

На основании сравнения двух тохарских языков друг с другом восстанавливается древняя общетохарская звуковая система, мало похожая на систему общеиндоевропейского праязыка и прочих его диалектов. В то же время эта уникальная система близка к системе фонем общетурагорского языка — предка современных хантыйского и мансийского языков Западной Сибири и венгерского языка, носители которого позднее проделали путь из Средней Азии в Центральную Европу. Предположение о том, что прадохары взаимодей-

<sup>8</sup> Дьяконов И. М.— Вестник древней истории, 1982, № 4, с. 24.

<sup>9</sup> Халафская культура — археологическая культура V тысячелетия до н. э. в Северной Месопотамии (Иран, Северная Сирия, юго-восточная Турция). Названа по поселению Тель-Халаф в Северной Сирии. См. о ней: Меллаарт Дж. Древнейшие цивилизации Ближнего Востока. М., 1982.

<sup>10</sup> Frankfort H.-P., Pottier M.-H.— Arts asiatiques, 1978, t. 34, p. 29—86, fig. 19—20.

<sup>11</sup> Kennedy K. A. R.— Archaeology, 1981, v. 34, № 1, p. 17.

ствовали с прауграми на рубеже II и I тысячелетий до н. э., поддерживается целым рядом заимствований из финно-угорского в тохарский.

Дальнейшие миграции носителей индоевропейских диалектов из Средней Азии, вероятно, следует связать (как и другие переселения индоевропейцев) с циклическими периодами увеличения сухого жаркого климата во второй половине III тысячелетия до н. э. и в конце II тысячелетия до н. э. Можно думать, что вместе с пратохарами и иранцами через Среднюю Азию в III—II тысячелетиях до н. э. прошли носители ряда «древнеевропейских» диалектов, сохранивших в своем словаре следы контактов как с тохарами и иранцами, так и с неиндоевропейскими языками — алтайскими и енисейскими, к тому времени распространившимися в Средней Азии. В этой группе индоевропейских диалектов, позднее продвинувшихся через приуральско-поволжские степи и Северное Причерноморье далеко на запад Европы, есть заимствования из алтайских языков (например, старое название лошади, заинтересовавшее еще Лейбница), которые были бы необъяснимы, если не допустить, что эти языки некогда прошли через Среднюю Азию.

До прихода носителей этих индоевропейских диалектов (например, германцев и кельтов) на крайнем Западе Европы до II тысячелетия до н. э. сохранились языки прежнего неиндоевропейского населения, например баскские. Этому населению принадлежат мегалитические сооружения V—II тысячелетий до н. э., интерпретируемые теперь большинством ученых как ранние обсерватории. Некоторое указание на возможный язык создателей этих сооружений, расположенных вдоль западного побережья Европы и на островах Средиземного моря, дает то, что область распространения этих построек на Пиренейском п-ове практически совпадает с ареалом, где известны названия мест, родственные словам баскского языка — загадочного языка Европы, который предположительно можно соотнести с северокавказскими языками. В V тысячелетии до н. э. у мореходных народов Западной Европы и Средиземноморья астрономия достигла значительных успехов. Это дает некоторые основания полагать, что Месопотамия, где в это время уровень развития астрономии превосходил египетский, могла испытать на себе влияние этих средиземноморских культур.

Новейшие открытия подтверждают правильность общей картины, намеченной

почти полвека назад (в 1938 г.) В. И. Вернадским: «История научного знания... еще не осознана... и не написана... Только за последние годы она едва начинает выходить для нас за пределы «библейского» времени, начинает выясняться существование единого центра ее зарождения где-то в пределах будущей средиземноморской культуры, восемь — десять тысяч лет назад»<sup>12</sup>. Но по мере выяснения этой общей перспективы все более очевидным становится то, что, как последующее бурное развитие было постепенно подготовлено достижениями первых тысячелетий после неолитической революции, так и эта последняя была невозможна без длительной эволюции тех культур, которые известны с конца палеолита. Связь символов периода расцвета франко-кантабрского искусства с символами, которые используются в позднейшей письменности, явное сходство этих символов со знаками позднепалеолитических пещер Малой Азии заставляют задуматься о том, что преемственность между разными культурами Средиземноморья — Балканами, Передней Азией, Африкой — реальна. Во франко-кантабрской культуре были технические изобретения, наследниками которых стали ближневосточные центры во время неолитической революции. Так, из анализа живописи пещеры Ласко стало ясно, что для получения красящего пигмента в металлическую руду добавлялась костная смесь, дававшая при 1000°С тетракальциевый фосфат (4CaO · P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)<sup>13</sup>. Много тысячелетий спустя этот же способ применялся в Урарту — в печах Мецамора и Аргиштихинили. Старые технические рецепты сохранялись, передаваясь из поколения в поколение на протяжении многих тысячелетий, подготовивших неолитическую революцию.

Задача будущих исследований — выяснить, в какой мере и развитие предписьма и письма в Средиземноморье восходит к традициям конца палеолита.

<sup>12</sup> Вернадский В. И. Размышления натуралиста. Кн. 2. Научная мысль как планетное явление. М., 1977, с. 23.

<sup>13</sup> Леруа-Гуран А. — В мире науки, 1983, № 2, с. 48.

## Ячейка Керра — новый измерительный прибор

А. Н. Георгбидани, С. А. Дарзбек, П. А. Тодуа, Е. Ф. Шестакова

Слова «ново все то, что хорошо забыто» можно в полной мере отнести к эффекту Керра. Еще 20 лет назад казалось, что вряд ли можно извлечь что-либо новое из этого эффекта, открытого в 1875 г. Дж. Керром и заключающегося в возникновении двойного лучепреломления в жидкостях, газах и в твердых телах при приложении к ним электрического поля. Хорошо известна была и довольно ограниченная область применения эффекта — модуляция света с помощью ячейки Керра, кюветы с жидкостью, помещенной в электрический конденсатор. Однако развитие и потребности возникшей на наших глазах новой отрасли — лазерной техники и оптоэлектроники, оптической связи — заставили по-другому взглянуть на достоинства этого как будто хорошо изученного явления. Ячейка Керра стала одним из важнейших элементов многих типов лазерных систем, благодаря ей удалось существенно повысить их импульсную мощность, уменьшить длительность светового импульса, управлять лазерным излучением.

В настоящее время эта отрасль прикладной оптики шагнула в область световых сигналов короткой длительности (нано-, субнано-, пикосекунд). Возникла необходимость создания соответствующих быстродействующих приемников света, что в свою очередь ставит задачу определения их временных (частотных) характеристик. В электронике и радиотехнике с этой целью широко применяется метод свип-генератора — генератора сигналов, в котором частота колебаний периодически изменяется в некоторых пределах (обычно сравнительно медленно в одном направлении и более быстро в обратном), что ускоряет снятие частотных характеристик различных цепей.

В данной статье мы расскажем о создании на основе эффекта Керра оптического аналога свип-генератора, позволившего распространить этот метод на модуляцию лазерного излучения. При этом достигнуто, на первый взгляд, парадоксальный ре-

зультат: такой генератор позволяет получать световые сигналы с длительностью  $\tau$ , гораздо меньшей времени релаксации оптической анизотропии активного вещества ячейки Керра  $\tau_{\text{рел}}$ . Не представляет принципиальной трудности генерация световых сигналов с  $\tau \leq 10^{-2} \tau_{\text{рел}}$ , и это не предел! Это означает, что, например, можно получить световые сигналы с  $\tau < 10^{-10}$  с, причем амплитуда их строго постоянна во всем частотном диапазоне. Подобного генератора световых сигналов в оптике еще не было. Такой генератор позволяет производить измерения временных характеристик фотоприемников, кодировать передаваемую информацию в оптических линиях связи и многое другое.

Легко представить себе использование нового прибора и для обратной задачи: измерения подавляемого на ячейку Керра высокого напряжения путем регистрации прошедшего через нее лазерного луча с известными параметрами. Очевидно, что такой оптоэлектронный киловольтметр неуязвим для электрических помех, неизбежно возникающих в высоковольтных цепях, и, кроме того, благодаря особенностям предлагаемого метода, обладает точностью измерений на уровне эталонной, которая к тому же возрастает с увеличением измеряемого напряжения.

Чтобы лучше понять принцип действия нового прибора, нам придется вспомнить некоторые подробности о самом эффекте Керра и прежде всего о явлении поляризации света, которое лежит в его основе.

### НЕМНОГО О ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТА<sup>1</sup>

Как известно, свет представляет собой электромагнитные колебания высокой ( $\sim 10^{15}$  Гц) частоты, распространяющиеся

<sup>1</sup> Интересующимся рекомендуем книгу: Жевандров Н. Д. Применение поляризованного света. М., 1978.



Павел Андреевич Тодуа, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского центра по изучению свойств поверхности и вакуума Госстандарта СССР (ВНИЦПВ). Основные научные интересы связаны с экспериментами в области физической оптоэлектроники и ее применением в метрологии.

Анатолий Неофитович Георгобиани, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий сектором Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР. Основные труды посвящены исследованиям оптических свойств полупроводников.

Елена Федоровна Шестакова, инженер того же центра. Занимается экспериментальным изучением электроннооптических устройств.

Сергей Андреевич Дарзбек, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник ВНИЦПВ. Область научных интересов — теоретические вопросы квантовой электроники и оптоэлектроники.

в вакууме со скоростью  $c=3 \cdot 10^{10}$  см/с, а в веществе —  $v=c/n$ , где  $n$  — абсолютный показатель преломления вещества. В такой волне синхронно колеблющиеся векторы напряженности электрического  $\vec{E}$  и магнитного  $\vec{H}$  поля, а также направление распространения волны  $\vec{\nu}$  взаимно перпендикулярны и образуют правую тройку векторов, а именно: если вращать рукоятку буравчика в направлении от вектора  $\vec{E}$  к вектору  $\vec{H}$ , то перемещение буравчика совпадает с направлением распространения волны  $\vec{\nu}$ . Как мы сказали,  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  взаимно перпендикулярны и колеблются синхронно, поэтому положение одного из них однозначно определяет положение другого, так что во многих задачах обычно ограничиваются рассмотрением только вектора  $\vec{E}$ , тем более что воздействие света на большинство процессов определяется именно электрическим полем волны.

Поперечным волнам, к которым относится и свет, присуща одна очень важная особенность — они могут быть поляризо-

ваны. Для определения характера поляризации очень удобно пользоваться следующим приемом — рассмотреть проекцию конца вектора  $\vec{E}$  на плоскость, перпендикулярную к направлению распространения света.

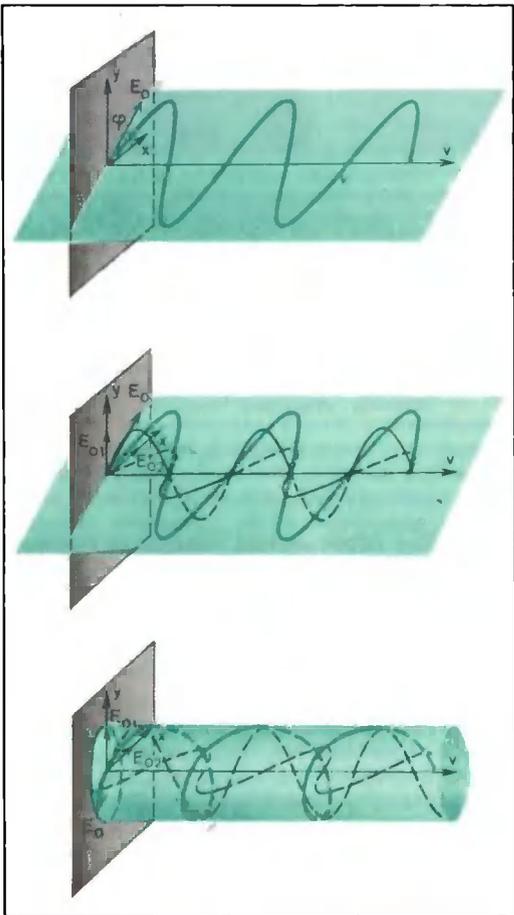
Свет поляризован линейно, если плоскость колебаний вектора  $\vec{E}$  фиксирована в пространстве. При этом проекция конца вектора  $\vec{E}$  на плоскость, перпендикулярную лучу, представится отрезком прямой. В системе координат  $(x, y)$ , построенной в этой плоскости так, что луч света проходит через начало координат, этот отрезок прямой составит с осью  $x$  некоторый угол  $\varphi$ , называемый азимутом поляризации.

Что получится при сложении двух линейно поляризованных волн одинаковой частоты (одинаковой длины волны), распространяющихся вдоль одного направления? Нетрудно заметить, что если волны имеют один и тот же азимут поляризации, то результирующая волна, независимо от

сдвига фаз между этими волнами, имеет тот же азимут поляризации.

Каков характер поляризации результирующей волны, компоненты которой поляризованы линейно, но во взаимно перпендикулярных направлениях (например, азимуты поляризации  $\varphi_1=0, \varphi_2=\pi/2$ )? Здесь возможно несколько случаев, в зависимости от разности фаз  $\Phi$  между волнами.

1. Пусть эта разность равна нулю (соответственно разность хода, т. е. длина пути света  $\delta=\lambda\Phi/2\pi$ , тоже равна нулю). Результирующая волна будет тоже линейно поля-



Линейно-поляризованная волна  $(\vec{E} \text{ в } e \text{ r } x \text{ y})$ .  $E_0$  — амплитуда вектора напряженности  $\vec{E}$ ,  $\varphi$  — азимут поляризации. Сложение двух волн, поляризованных взаимно перпендикулярно и совпадающих по фазе (в с е р е д и н е). Круговая поляризация, возникающая в результате сложения двух взаимно перпендикулярно поляризованных волн одинаковой интенсивности с разностью фаз между ними  $\pi/2$  (в н и з у).

ризована, но ее азимут поляризации  $\varphi$  зависит от амплитуд напряженности электрического поля  $E_{01}$  и  $E_{02}$  первой и второй волны. В частности, при  $E_{01}=E_{02}$  (обе волны имеют одинаковые интенсивности  $I \sim E_0^2$ ) азимут результирующей волны  $\varphi=45^\circ$ . Нетрудно заметить, что тот же результат получается и в общем случае, когда  $\Phi=2m\pi$ , или  $\delta=m\lambda$ , где  $m=0, 1, 2, 3, \dots$

2. Рассмотрим случай, когда разность фаз равна  $\pi$  (соответственно, разность хода  $\delta=\lambda/2$ ). Здесь поляризация результирующей волны также линейная, но ее азимут  $\varphi$  при  $E_{01}=E_{02}$  уже равен  $-45^\circ$ . Аналогичный результат получается при  $\Phi=(2m+1)\pi$ , или  $\delta=m\lambda+\lambda/2$ .

3. Интереснее обстоит дело, когда разность фаз  $\Phi$  равна  $\pi/2$ , а  $\delta=\lambda/4$ . В этом случае при сложении волн с одинаковой интенсивностью конец вектора  $\vec{E}$  результирующей волны описывает винтовую линию по поверхности кругового цилиндра. В зависимости от того, какая из волн опережает другую, линия будет правовинтовой или левовинтовой. В обоих случаях проекция конца вектора  $\vec{E}$  на плоскость, перпендикулярную лучу, будет окружностью, т. е. поляризация будет круговой (левой круговой или правой круговой). Если  $E_{01} \neq E_{02}$ , то проекционная картина представляет собой эллипс. Эллиптически поляризованный свет получается и для  $E_{01}=E_{02}$ , но при произвольном сдвиге фаз.

Для получения линейно поляризованного света и анализа характера поляризации применяются различные поляризационные приборы, наиболее простыми и дешевыми из которых являются поляроиды. Поляроид представляет собой специальную образом приготовленную тонкую органическую пленку, зажатую между двумя стеклами. Эта пленка линейно поляризует свет, прошедший через нее, за счет резкой зависимости поглощения в ней от ориентации электрического вектора световой волны (явление дихроизма). Для указания функционального предназначения поляроида в конкретной оптической схеме тот из них, который формирует линейно поляризованное излучение, называют поляризатором, а который служит для анализа состояния поляризации — анализатором.

## ЭФФЕКТ КЕРРА

Эффект Керра заключается в индуцировании электрическим полем в веществе явления двойного лучепреломления. Как известно, при этом явлении обычный, неполяризованный луч света, проходя через

$\Phi$	0	$\pi/4$	$\pi/2$	$3\pi/4$	$\pi$	$5\pi/4$	$3\pi/2$	$7\pi/4$	$2\pi$
$\delta$	0	$\lambda/8$	$\lambda/4$	$3\lambda/8$	$\lambda/2$	$5\lambda/8$	$3\lambda/4$	$7\lambda/8$	$\lambda$
поляризация									

Зависимость характера поляризации результирующей волны от разности фаз  $\Phi$ , или разности хода  $\delta$ , между волнами одинаковой интенсивности, поляризованными перпендикулярно друг другу.

некоторые прозрачные кристаллы, расщепляется на два луча (их называют обыкновенным и необыкновенным), поляризованных во взаимно перпендикулярных направлениях. Объясняется явление двулучепреломления тем, что вследствие анизотропии кристалла его показатель преломления оказывается различным для световых волн с разным направлением вектора напряженности электрического поля, и эти волны, таким образом, по-разному преломляются в кристалле. В случае эффекта Керра такую анизотропию в изотропное вещество (например, в жидкость в кювете) вносит прилагаемое к нему электрическое поле (посредством помещения кюветы между пластинами плоского конденсатора). Если вещество в отсутствие поля, имело показатель преломления  $n$ , то при приложении поля для света, линейно поляризованного вдоль поля (необыкновенный луч), показатель преломления имеет одно значение,  $n_o$ , а для света, линейно поляризованного в перпендикулярном направлении (обыкновенный луч), — другое,  $n_e$ . Разница этих двух показателей преломления в эффекте Керра зависит от поля  $\mathcal{E}$  квадратично:  $n_e - n_o = k\mathcal{E}^2$ , где  $k$  — коэффициент пропорциональности. При прохождении света через среду толщиной  $l$  оптическая длина пути у необыкновенного луча составит  $n_e l$ , а у обыкновенного —  $n_o l$ . Таким образом, разность хода между этими лучами  $\delta = (n_e - n_o)l = k\mathcal{E}^2 l$ , а разность фаз

$$\Phi = 2\pi\delta/\lambda = 2\pi V \mathcal{E}^2, \quad (1)$$

где  $V = k/\lambda$  называется постоянной Керра.

Наиболее ярко эффект Керра проявляется в жидкостях и особенно в полярных диэлектриках, молекулы которых имеют собственный дипольный момент, ориентруемый прикладываемым электрическим полем. Лидирующая роль среди таких жид-

костей принадлежит нитробензолу ( $C_6H_5NO_2$ ), обладающему также и весьма малым временем установления оптической анизотропии ( $\tau_{\text{пол}} \sim 10^{-9} - 10^{-11}$  с).

Установка для наблюдения эффекта Керра очень проста и представляет собой последовательно расположенные источник монохроматического излучения (лампу накаливания или ртутную лампу, снабженные светофильтром, лазер и т. д.), поляризатор, ячейку Керра, анализатор и фотоприемник, выход которого соединен с регистрирующим прибором. Главные оси поляризатора и анализатора в такой схеме взаимно перпендикулярны (система скрещена) и составляют с направлением электрического поля в ячейке угол  $45^\circ$ .

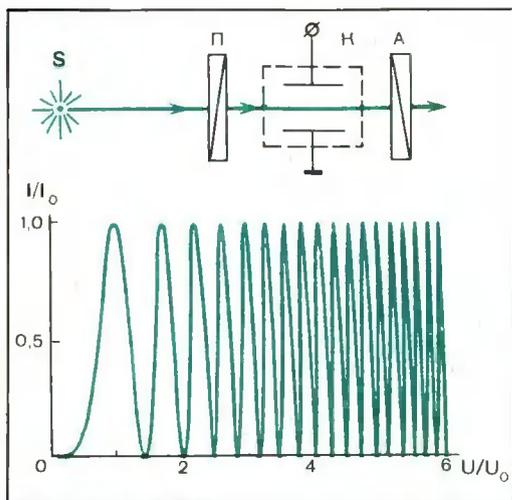
В отсутствие электрического поля активное вещество в ячейке изотропно и не меняет поляризации света, прошедшего через него после поляризатора. А поскольку анализатор скрещен с поляризатором, то он этот свет через себя не пропускает и, следовательно, интенсивность света на входе фотоприемника равна нулю.

Иное получается при приложении переменного электрического поля. Напомним, что линейно поляризованный поляризатором свет можно представить в виде суперпозиции двух линейно поляризованных волн одинаковой интенсивности с поляризацией вдоль и поперек электрического поля, поскольку ось поляризатора установлена под углом  $45^\circ$  к электрическому полю. На входе ячейки разность фаз между этими компонентами равна нулю, но на выходе вследствие эффекта Керра она уже отлична от нуля и, следовательно, характер поляризации выходной волны уже изменился. Таким образом, ячейка Керра превращает входной линейно-поляризованный свет в поляризованный, в общем случае, по эллипсу за счет модуляции переменным электрическим полем разности фаз между взаимно перпендикулярно поляризованными волнами. Возникающая разность фаз равна  $\Phi = \pi(U/U_0)^2$ , где  $U$  — мгновенное значение модулирующего напряжения;  $U_0$  — так называемое полувольтное напряжение, определяемое конст-

рукцией ячейки и постоянной Керра рабочего вещества, заполняющего ячейку<sup>2</sup>. Анализатор, установленный за ячейкой, преобразует эту фазовую (или поляризационную) модуляцию в модуляцию интенсивности света:

$$I = I_0 \sin^2 \Phi / 2 = I_0 \sin^2 \left[ \frac{\pi}{2} \left( \frac{U}{U_0} \right)^2 \right] \quad (2)$$

Здесь  $I$  и  $I_0$  — мгновенная и максимальная интенсивности света на выходе анализатора. Если  $U = U_0$ , то  $\Phi = \pi$  (соответствующая разность хода между необыкновенным и обыкновенным лучами  $\lambda/2$ ), и вышедший



Модулятор Керра (вверху).  $S$  — источник монохроматического излучения,  $P$  — поляризатор,  $K$  — ячейка Керра,  $A$  — анализатор. Внизу — световая характеристика модулятора — зависимость выходной интенсивности света от приложенного напряжения.

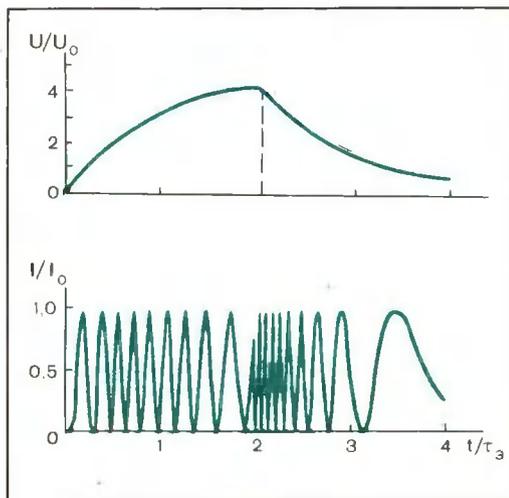
из ячейки свет тоже линейно поляризован, но с азимутом поляризации, соответствующим пропусканию анализатора, и интенсивность света на выходе анализатора максимальна и равна  $I_0$ .

### МОДУЛЯЦИЯ СВЕТОВЫХ ПОТОКОВ

Одно из основных приложений эффекта Керра — это модуляция света. Малая инерционность явления позволяет создавать модуляторы света с чрезвычайно высоким быстродействием. Однако в конкретных приборах практически всегда огра-

ничивались управляющими напряжениями, не превышающими  $U_0$ . При этом модулятор работает в режиме оптического затвора, и, соответственно, для получения короткого импульса света необходимо приложить к ячейке высоковольтный импульс того же порядка длительности, что, в свою очередь, связано с целым рядом экспериментальных трудностей.

Внимательнее взглянем на световую характеристику (2) модулятора, к которому приложено управляющее напряжение, за время  $t$  нарастающее от нуля до некото-



Оптический сигнал с выхода модулятора, сформированный управляющим напряжением, изменяющимся по экспоненциальному закону. В оптическом сигнале, соответствующем нарастающей экспоненте, частота сжимается слабо, так как эффект нарастания напряжения компенсируется уменьшением значения производной. Сжатие частоты наиболее ярко проявляется в сигнале, соответствующем спадающей экспоненте.

рого значения  $U_{\max} > U_0$ . Очевидно, что при увеличении напряжения ячейка будет постепенно открываться и полное просветление наступает при  $U = U_0$  (при этом  $\Phi = \pi$ ). Дальнейший рост напряжения теперь приводит к уменьшению пропускания света (мы попадаем в диапазон  $\pi < \Phi < 2\pi$ ) до нуля, когда разность фаз станет в точности равна  $2\pi$ . Продолжаем увеличивать управляющее напряжение, соответственно увеличивается и разность фаз  $\Phi$ . При этом интенсивность света вновь от нуля будет расти до значения  $I_0$ , достигнув которого, начнет уменьшаться до нуля, затем опять увеличится до  $I_0$  и так далее. Этот процесс осцилляции интенсивности света на выходе модулятора будет продолжаться все время

<sup>2</sup> Мустель Е. Р., Парыгин В. Н. Методы модуляции и сканирования света. М., 1976.

$t$ , в течение которого нарастает напряжение.

Минимумам интенсивности света соответствуют такие мгновенные значения напряжения, при которых разность фаз между необыкновенным и обыкновенным лучами составляет  $0, 2\pi, 4\pi, 6\pi, \dots$ , или  $\Phi = 2m\pi$ . Максимумам интенсивности (когда  $I = I_0$ ) отвечают значения напряжения, при которых  $\Phi = (2m + 1)\pi$ .

Световая характеристика (2) модулятора после несложного тригонометрического преобразования  $(1 - \cos \alpha = 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2})$  может быть записана в виде

$$I(t) = \frac{I_0}{2} - \frac{I_0}{2} \cos \Phi(t) = \frac{I_0}{2} - \frac{I_0}{2} \times \cos \left[ \pi \left( \frac{U(t)}{U_0} \right)^2 \right] \quad (3)$$

Это означает, что оптический сигнал с выхода модулятора можно представить в виде суммы постоянного сигнала с интенсивностью  $I_0/2$  и переменного с амплитудой  $I_0/2$ . Частоту модуляции переменного сигнала можно определить, продифференцировав по времени аргумент тригонометрической функции в выражении (3) с последующим делением результата на  $2\pi$ :

$$f(t) = \frac{1}{U_0^2} U(t) \frac{dU(t)}{dt} \quad (4)$$

Таким образом, мы получили очень важный результат, заключающийся в том, что ячейка Керра представляет собой идеальное средство для создания оптических сигналов, изменяющихся по синусоидальному закону (3) с частотой, автоматически перестраиваемой (сви́пирование частоты) по формуле (4). Это означает, что источник света в совокупности с ячейкой Керра при определенных условиях ( $U_{\max} > U_0$ ) представляет собой не что иное, как оптический сви́п-генератор.

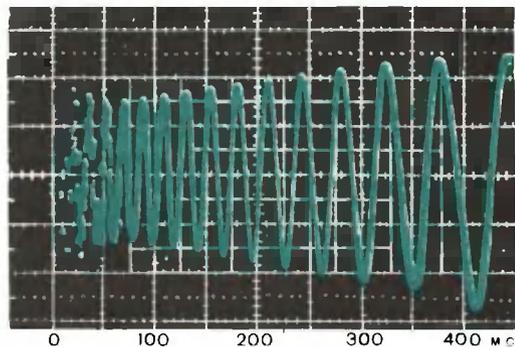
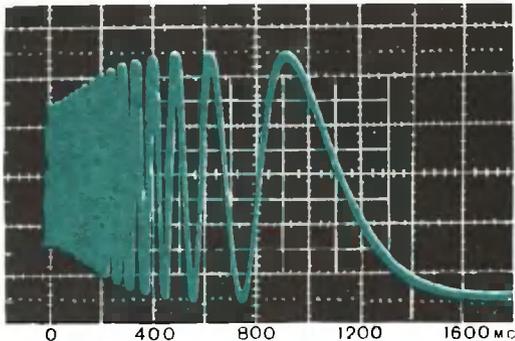
Задаваясь целью получить максимально возможные частоты модуляции, исходя из (4) можно сформулировать условие оптимума для управляющего напряжения, а именно: форма его импульса должна быть такой, чтобы окрестности максимального значения напряжения соответствовало максимальное значение производной. Этому условию в полной мере, например, удовлетворяет напряжение, убывающее по экспоненциальному закону  $U = U_{\max} \exp(-t/\tau_3)$  от некоторого максимального значения до нуля. Примечательно, что именно такая зависимость напряжения от времени сравнительно просто реа-

лизуется на практике (например, разряд конденсатора). В этом случае значение мгновенной частоты модуляции составляет

$$f(t) = \frac{1}{\tau_3} \left( \frac{U_{\max}}{U_0} \right)^2 \exp(-2t/\tau_3). \quad (5)$$

Здесь  $\tau_3$  — время релаксации, определяемое разрядным сопротивлением  $R$  и емкостью  $C$  конденсатора:  $\tau_3 = RC$ .

Из (4) и (5) следует, что осцилляции оптического сигнала могут иметь длительность, гораздо меньшую, чем длитель-



Выходной сигнал фотоприемника — отклик на оптический сигнал, сформированный сви́п-генератором. В области низких частот глубина модуляции составляет 100%, в области высоких частот [начало верхней осциллограммы, внизу — в увеличенном масштабе] отчетливо проявляется спад выходного сигнала фотоприемника, обусловленный спадом его амплитудно-частотной характеристики.

ность импульса управляющего напряжения. В частности, из (5) видно, что длительность самого короткого светового импульса может составлять

$$\tau_{\min} \approx \tau_3 \left( \frac{U_0}{U_{\max}} \right)^2 \quad (6)$$

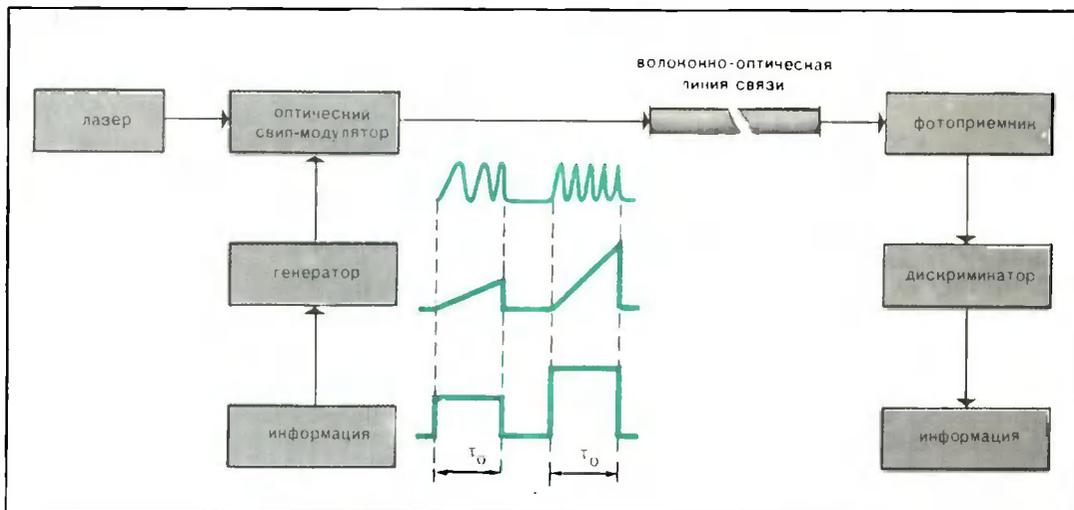
Например, в случае экспоненты с  $\tau_3 \sim 10^{-8} - 10^{-9}$  и с  $U_{\max} = 10U_0$ ,  $\tau_{\min} \sim 10^{-10} -$

$10^{-11}$  с. Таким образом, для формирования коротких световых сигналов вовсе не обязательно управляющее напряжение той же длительности. Его длительность может быть больше их длительности на несколько порядков, что существенным образом облегчает изготовление генератора, управляющего модулятором, и согласование их электрических параметров.

Такой свип-генератор и был создан сотрудниками Центра по изучению свойств поверхности и вакуума и Физического института им. П. Н. Лебедева на основе

## ПРИМЕНЕНИЯ

Какова же область применения рассмотренного принципа свип-модуляции оптического излучения? Прежде всего — это метрология. В промышленности — количественный контроль параметров фотоприемников путем измерения их амплитудно-частотных характеристик. В научно-исследовательских лабораториях — это «тестер» для проверки способности оптоэлектронных систем регистрировать без искажения короткие световые сигналы. При исследова-



Пример оптического канала связи с оптическим свип-модулятором, осуществляющим импульсно-кодовую модуляцию светового потока.

He—Ne лазера и ячейки Керра, заполненной нитробензолом<sup>3</sup>. Помимо свипирования он имеет еще одну особенность, которую нельзя обойти вниманием. Критерием качества всякого модулятора является такой физический параметр, как глубина модуляции интенсивности  $M = (I_{\max} - I_{\min}) / I_{\max}$ . Модулятор считается высококачественным, если  $M > 84\%$  и, как правило, на высоких частотах у хороших модуляторов эта величина лежит в пределах 60—84%<sup>4</sup>. В нашем же случае  $I_{\max} = I_0$ ,  $I_{\min} \approx 0$ , т. е.  $M \approx 100\%$  во всем диапазоне модулируемых частот, что также является весьма примечательным фактом.

нии кинетики быстропротекающих оптических процессов (поглощения, люминесценции, фотопроводимости и т. п.) в различных веществах и материалах, в том числе в биологических системах — это зонд, формирующий оптические сигналы известной формы и длительности.

Другой не менее важной областью применения свип-модуляции может быть оптическая связь. В этом случае лазер посылает в линию связи (открытое пространство, световод) световой луч, который является носителем информации. Информация, подлежащая передаче, управляет генератором напряжения, который модулирует интенсивность несущей волны. Поскольку степень заполнения некоего временного интервала переменным оптическим сигналом зависит от формы и амплитуды модулирующего напряжения, то, подавая, к примеру, на ячейку напряжения разной амплитуды, можно получить цуги световых импульсов с постоянной амплитудой и одинаковой полной длительностью, но с разным частотным заполнением. Такая

<sup>3</sup> Георгобиани А. Н., Иванов Л. Н., Тодуа П. А. Измерение временных параметров фотоприемников. — В сб.: Импульсная фотометрия. Вып. 7. Л., 1981.

<sup>4</sup> Интегральная оптика. Под ред. Т. Тамира. М., 1978.

модуляция является аналогом известной в радиотехнике импульсно-кодовой модуляции. После передачи по линии промодулированного таким образом оптического сигнала, приемное устройство и дискриминатор могут осуществить прием и декодирование переданной информации. Модуляция подобного типа, как известно, обладает наиболее высокой устойчивостью относительно помех.

В заключение стоит подчеркнуть интересную, казалось бы парадоксальную, особенность физики процесса настоящей свип-модуляции, а именно: возможность получения оптических сигналов с длительностью, гораздо меньшей времени установления оптической анизотропии  $\tau_{\text{рел}}$  в активном веществе ячейки. Действительно, при подаче напряжения с характерным временем  $t \geq \tau_{\text{рел}}$  в веществе успевает навестись оптическая анизотропия. Если при этом  $U_{\text{max}} > U_0$ , то, согласно (6), минимальная длительность световых сигналов в серии составит  $\tau_{\text{min}} < \tau_{\text{рел}}$ , так как за время  $t$  ячейка несколько раз «повернет» плоскость поляризации и интенсивность света на выходе устройства успеет совершить несколько колебаний между нулевым значением и  $I_0$ .

Освещение приложений эффекта Керра было бы неполным без упоминания о его применении в высоковольтной метрологии. В настоящее время весьма актуальна задача точного определения параметров коротких импульсов высокого напряжения, которые широко используются в лазерной и ускорительной технике, электротехнике, рентгеновской технике, медицине, связи. Это вызывает необходимость создания нетрадиционных методов измерения, в частности таких, как оптоэлектронные, в основе которых лежит использование оптического элемента и оптического канала связи для преобразования и передачи информации об измеряемой величине<sup>5</sup>. Схематически оптоэлектронное измерительное устройство можно представить себе следующим образом. Световой поток от источника света попадает на оптически активный элемент (ячейку Керра), на который подается измеряемое импульсное напряжение. Проходя ячейку, световой поток модулируется по интенсивности и далее попадает в фотоприемник, сигнал с которого, содержащий информацию об измеряемой величине, фиксируется регистрирующим уст-

ройством. Таким образом, появляется возможность поставить в соответствие интенсивность регистрируемого света величине измеряемого напряжения. Оптоэлектронные системы подобного типа именно за счет существенной нелинейности преобразования «измеряемое напряжение — интенсивность света» (в области больших значений напряжения изменение его на 1—2% приводит к изменению регистрируемой интенсивности на 100%) позволяют измерять высоковольтные импульсы с погрешностью менее десятых долей процента<sup>6</sup>.

Одним из осложняющих моментов здесь, казалось бы, является температурная зависимость эффекта Керра (разориентирующее влияние температуры), на которую следует вносить поправку. К счастью, эта температурная поправка представляет собой весьма малую, но с достаточной степенью точности известную величину<sup>7</sup> и при современных точностях измерения температуры (погрешность менее 10—2—10<sup>-3</sup> градуса не является экзотикой) температурная коррекция не представляет принципиальной трудности.

Физический предел временного разрешения оптоэлектронного измерительного устройства определяется временем установления оптической анизотропии и для нитробензола составляет 10<sup>-9</sup>—10<sup>-11</sup> с. Важными достоинствами измерительной системы подобного типа являются высокая помехоустойчивость, что очень важно при работе с импульсными высоковольтными сигналами, быстроедействие, оптическая обработка и передача измерительной информации. Использование в качестве носителя информации оптического излучения позволяет осуществить практически полную электрическую развязку входа и выхода системы, согласования и высоковольтных цепей с низковольтными, высокоомных с низкоомными, высокочастотных с низкочастотными, что является проблемой для цепей с омической и индуктивными связями. Все эти достоинства оптоэлектронной схемы делают ее наиболее подходящей для измерения коротких и сверхкоротких импульсов высокого напряжения.

<sup>5</sup> См. сноску 5, а также: Георгобиани А. Н., Иванов Л. Н., Куземченко Ю. Н., Тодуа П. А., Шестакова Е. Ф. — Приборы и техника эксп., 1981, № 1, с. 172.

<sup>7</sup> Георгобиани А. Н., Тодуа П. А., Шестакова Е. Ф. — Ж. прикл. спектроск., 1982, т. 37, № 5, с. 868.

<sup>5</sup> Журавлев Э. Н., Иванов Л. Н., Куземченко Ю. Н., Репникова Е. Ф., Тодуа П. А. — Известия АН СССР, сер. «Энергетика и транспорт», 1978, № 3, с. 27.

## Алмазы, которые есть везде

Ю. А. Бурмин



Юрий Алексеевич Бурмин, кандидат геолого-минералогических наук, начальник Геолого-геохимической экспедиции Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов Министерства геологии СССР. Около 30 лет занимается поисками и изучением россыпных и коренных месторождений алмазов Урала, Русской платформы и Сибири. Автор многих научных работ по геологии россыпей.

### ГЕОГРАФИЯ АЛМАЗНЫХ РОССЫПЕЙ

В последние годы на обширных пространствах Европейской равнины СССР, Казахстана и Западно-Сибирской низменности, на Кавказе и на Урале все чаще стали находить мелкие алмазы (средний размер зерен 0,2 мм), по своим свойствам резко отличающиеся от алмазов промышленных месторождений. К большому удивлению геологов оказалось, что такие мелкие алмазы встречаются на поверхности земного шара повсеместно. Обнаружить их можно в песках, галечниках, песчаниках и других обломочных породах, но преимущественно в той их части, которая богата тяжелыми минералами, т. е. в россыпях.

Как известно, промышленные алмазоносные районы имеют четкие географические границы и приурочены к определенным геологическим провинциям. Как же объяснить повсеместное распространение мелких алмазов?

В результате многолетних поисково-разведочных работ в разных регионах нашей страны мною был собран достаточно представительный материал, позволяющий высказать несколько предположений на этот счет.

В обычных обломочных породах содержится так мало мелких алмазов, что не стоит и пытаться их извлекать: чтобы «поймать» один кристаллик, нужно обогатить не менее 10—15 м<sup>3</sup> песков или галечников. Другое дело — россыпи, которые обогащены самой природой. Когда в прибрежно-морской или речной среде создаются благоприятные гидродинамические условия, начинается разделение минералов на легкие и тяжелые. Алмазы с их высокой плотностью (около 3,5 г/см<sup>3</sup>), конечно, оказываются среди тяжелых минералов. Например, в необогащенных галечниках подмосковных рек были найдены лишь единичные кристаллики алмаза, а в богатых тяжелыми минералами прибрежно-морских песках Украины<sup>1</sup> и Центра Русской платформы количество мелких алмазов на один кубический метр иногда достигает тысячи экземпляров. Но повсюду размеры кристаллов настолько малы, что обычными гравитационными методами невозможно обогатить содержащие алмазы породы. Поэтому в настоящее время мелкие алмазы представляют чисто минералогический интерес. Если оценивать их в

<sup>1</sup> Кошкаров И. Ф., Полканов Ю. А. — Доклады АН СССР, 1964, т. 157, № 5, с. 1129.

каратах (1 карат — 0,2 грамма), то на каждый карат придется от 10 до 30 тыс. кристалликов.

На территории многих областей Русской платформы мелкие алмазы обнаружены в отложениях юрского, мелового, палеогенового возраста, а также в современных речных галечниках. В Брянской и Московской областях единичные кристаллики были извлечены из руслового аллювия рек Десны и Оки. В Липецкой, Тамбовской, Воронежской и Горьковской областях значительное количество кристал-

лов обнаружено в песках ильменит-циркононовых россыпей, богатых тяжелыми минералами<sup>2</sup>. В одном кубометре песков здесь заключено 400—800 алмазных зерен. Средний размер одного кристаллика около 0,2 мм. Алмазы представлены как монокристаллами, так и сростками. Характерно значительное количество труднораспознаваемых деформированных зерен. Среди правильных многогранников преобладают кубические кристаллы, большая часть кристаллов окрашена, около 60% люминесцирует.



Соотношение кимберлитовых алмазоносных провинций и районов, где распространены мелкие алмазы.

 Кимберлитовые провинции

Отдельные находки алмазов:

 в породах россыпей

 в перидотитах

 в эклогитах

 в филлитах

 в базальтовых лавах

 Районы распространения мелких алмазов

В Казахстане мелкие алмазы обнаружены на севере Кокчетавской глыбы. Размер кристаллов здесь не превышает 0,3—0,4 мм. Преобладают кубические кристаллы. Окраска обычно зеленая, реже желтая и серо-черная. Люминесценция, как правило, отсутствует. Мелкие алмазы найдены и в других районах Казахстана — в Тургайской степи и в Приаралье.

На Украине алмазы обнаружены в терригенных отложениях самого разного возраста — от карбонового до четвертичного. Но наибольшее количество мелких алмазов сосредоточено в нижнеэоценовых титан-циркониевых россыпях. Найдены мел-

<sup>2</sup> Бурмин Ю. А., Иконников А. И. Древние россыпи центральных районов Русской платформы. — В сб.: Древние и погребенные россыпи СССР. Ч. 1. Киев, 1977.

кие алмазы в Донбассе, в дельтовых и пляжевых песках западного побережья Черного моря, на Волыни, в Подолии, в Приднестровье и Приднестровье, на побережье Азовского моря, т. е. почти по всему югу Украины. Несколько кристаллов алмаза обнаружено на севере Украины в аллювии рек, размывающих ультраосновные и основные породы. Пробы, взятые в этом же районе из кор выветривания, оказались пустыми. Следовательно, алмазы не связаны с местными магматическими породами. Наиболее крупный кристалл, найденный

этом свидетельствует тот факт, что наряду с мелкими алмазами в россыпях обнаружены камасит, клифтонит, лонсдейлит и другие минералы, типичные для метеоритов.

### АЛМАЗЫ В МЕТЕОРИТАХ

Лишь немногим космическим телам удается преодолеть земную атмосферу, где сгорает и переплавляется основная масса космического вещества. Остатки этих тел выпадают на поверхность Земли либо в виде железных и каменных метеоритов, ли-



Метеоритные кратеры, обнаруженные на территории СССР: 1 — Попигайский, 2 — Пучеж-Катуинский, 3 — Карский, 4 — Болышский, 5 — Ротмистровский, 6 — Калужский, 7 — Янисьярвский, 8 — Машиногорский, 9 — Ильиницкий, 10 — Каменский, 11 — Гусевский, 12 — Бееичмо-Салватинский, 13 — Жаманшинский.

на Украине, достигает 1,5 мм. Размер большинства зерен — 0,1—0,3 мм. Преобладают кубические кристаллы с оранжевой, желтой и зеленоватой люминесценцией.

Итак, широкое распространение мелких алмазов в россыпях уже не вызывает сомнений. А вот генезис таких алмазов пока остается предметом дискуссий. Бесспорно одно: часть мелких кристалликов алмазов имеет космическое происхождение. Об-

бо в виде силикатных и металлических шариков. В среднем ежегодно фиксируется четыре падения метеорита, хотя, по астрономическим подсчетам, на земную поверхность в год падает не менее 1000—1200 метеоритов. Понятно, что большинство падений приходится на океаны, пустыни, полярные, горные и лесные районы. Единичные находки алмазов в метеоритах сделаны в Северной Америке, Австралии, Антарктиде. Систематически алмазы встречаются лишь в редких разновидностях каменных метеоритов — уреилитах, которые представляют собой алмазонаосный тип метеоритов.

Впервые алмазы в метеорите обнаружили в 1898 г. минералог М. В. Ерофеев и химик П. А. Лачинов, когда изучали

каменный метеорит Новый Урей<sup>3</sup>. За эту находку Российская Академия наук присудила ученому премию им. М. В. Ломоносова. В честь этого метеорита все ультраосновные хондриты, бедные кальцием, получили название уреилитов. В состав уреилитов входят оливин, пироксен-пижонит, камасит, трюлит и углеродистое вещество, представленное алмазом, графитом и органическими соединениями. Содержание углерода в уреилитах достигает 4%. Метеорит, который исследовали Ерофеев и Лачинов, упал 4 сентября 1886 г. около деревни Новый Урей, Краснослободского уезда, Пензенской губернии. Обнаружить удалось лишь три осколка общей массой 1,9 кг.

Среди метеоритных алмазов присутствуют кристаллы с необычной гексагональной структурой. Эта структурная модификация углерода получила собственное название — лонсдейлит. Цвет лонсдейлита сероватый, блеск алмазоподобный, плотность 3,2 г/см<sup>3</sup>. Еще одна отличительная особенность метеоритных алмазов — их тонкокристаллическое строение. Мельчайшие кристаллы алмаза размером меньше 1 мкм находятся в сростани с микрокристаллами графита, составляющего почти половину каждого сростка.

Некоторые специалисты склоняются к мнению, что алмазы, находящиеся в уреилитах, образовались при соударении хондритов еще в космическом пространстве во время их движения в поясе астероидов. При этом хондриты приобрели характерную уреилитовую структуру, отличающую их от нормальных хондритов. Правдоподобность этой гипотезы подтверждается небольшими размерами всех содержащих алмазы метеоритов и отсутствием метеоритных кратеров в месте их падения. Это еще раз свидетельствует о малой силе удара и, соответственно, об образовании алмазов не в момент падения метеорита на Землю. Не исключена также возможность образования алмазов в недрах планет, послуживших для метеоритов материнским телом.

### ИМПАКТНЫЕ АЛМАЗЫ

В тех случаях, когда на Землю падают крупные и гигантские метеориты, они образуют огромные котлованы — астроблемы. На их дне иногда встречаются мелкие (до 1,2 мм) алмазы в виде бесформенных мутноватых зерен, а то и пластинок

с оплывшими краями и едва заметными гранями. Эти алмазы называли импактными (от англ. impact — удар), поскольку они образуются под действием удара. Среди импактных алмазов, так же как и среди метеоритных, присутствует лонсдейлит, поэтому о точном соотношении тех и других мелких алмазов судить достаточно трудно.

При падении метеорита на поверхность Земли основная часть его испаряется при взрыве, а сохранившиеся осколки и переплавленное метеоритное вещество рассеиваются в окрестностях места падения. В кратере же скапливаются раздробленные пылевидные остатки коренных пород и переплавленные куски этих пород — импактиты. В них-то и содержатся алмазы, образовавшиеся при взрыве. По составу импактиты, как правило, близки к породам, из которых они образовались. В момент удара метеорита о Землю расплавленный материал космического происхождения и испытывавшая удар расплавленная порода настолько тесно перемешиваются, что никакими методами, за исключением анализа микроэлементов, не удастся выявить первичное метеоритное вещество.

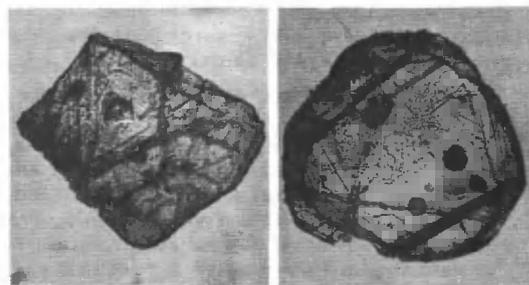
Впервые мелкие алмазы были найдены в 1891 г. в том месте, где упал метеорит Каньон Дьябло (штат Аризона, США). Многие годы считалось, что эти алмазы имеют метеоритное происхождение. Лишь в последнее время установлено, что алмазы содержатся не во всех образцах этого железного метеорита, а только в тех, которые находились на валу кратера и имеют признаки кратковременного нагревания в результате сильного удара. В образцах, собранных на равнине, иными словами, в обломках развалившегося в атмосфере метеорита, алмазы не обнаружены.

Метеоритный кратер находится в Аризонской пустыне между горами Уипслоу и Флаготафф, в 6 км к востоку от Каньона Дьябло, по имени которого метеорит назван. Кратер чашеобразной формы имеет диаметр около 1300 м и глубину 174 м; высота вала вокруг кратера меняется от 37 до 50 м. Принято считать, что Аризонский кратер образовался около 50 тыс. лет назад в результате падения гигантского железного метеорита диаметром 60—70 м, который ворвался в атмосферу с огромной скоростью, взорвался при ударе о поверхность Земли и разбился на мелкие осколки. Алмазы в метеоритном кратере распределены крайне неравномерно. В среднем в претерпевших удар метеоритных обломках на 500 г вещества

<sup>3</sup> Вдовыкин Г. Л.— Доклады АН СССР, 1969, т. 186, № 5, с. 1171.



Поверхность скола одного из алмаз-графитовых сростков, обнаруженных в торфе на месте падения Тунгусского метеорита. [Увел. в 6 тыс. раз.]



Кристаллы импактных алмазов, состоящие из смеси алмаза и его полиморфной модификации — лонсдейлита. Размер кристаллов 0,1—0,5 мм.

приходится по шесть включений размером от 0,05 до 0,2 мм.

Французский минералог Н. Муассан проделал следующий опыт. Он растворил в соляной кислоте 53 кг пород из кратера метеорита Каньон Дьябло. В осадок выпало около 800 г углеродистого вещества, в котором содержались маленькие черные округлые зерна алмаза. Находили в этом кратере и светлоокрашенные кристаллы, и даже белые, что довольно большая редкость среди импактных алмазов. Около 30% встреченных алмазов имеют гексагональную структуру, т. е. представлены лонсдейлитом, образовавшимся под действием ударной волны. Любопытно, что аналогичную структуру имеют и синтетические

алмазы, получаемые ударным сжатием из графита. По своим свойствам они близки к метеоритным алмазам. Отдельные зерна алмаза и лонсдейлита очень мелки: их агрегаты с графитом и силикатами не превышают размера  $3 \times 3 \times 5$  мм.

В 1970 г. импактные алмазы были обнаружены в гигантском метеоритном кратере на Сибирской платформе. Среди мелких алмазов в этом кратере встречаются зерна лонсдейлита. Этот же минерал мы находим в россыпях Украины, Казахстана, Русской платформы и других районов нашей страны.

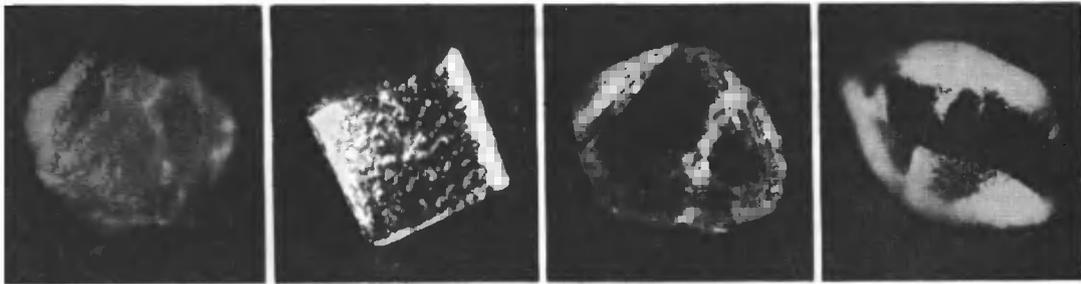
В 1980 г., спустя 72 года с момента падения знаменитого Тунгусского метеорита, впервые была сделана находка, проливающая свет на природу этого космического тела. Участники экспедиции Института геохимии и физики минералов Академии наук Украины нашли в районе взрыва алмаз-графитовые сростки, явно имеющие метеоритно-ударное происхождение.

#### ЕЩЕ ОДИН ИСТОЧНИК МЕЛКИХ АЛ- МАЗОВ

Многие годы считалось, что единственным источником алмазов служат кимберлитовые трубки, приуроченные к древним платформам. Повсеместные находки мелких алмазов явно не согласуются с этим представлением. Алмазы обнаружены в геологических структурах, не свойственных кимберлитам, т. е. там, где алмазоносных трубок взрыва нет — в пределах Уральской геосинклинали, на стыке Воронежской антеклизы и Московского прогиба, в области альпийской складчатости на Томском валу Западно-Сибирской низменности и т. д.

Мелкие алмазы существенно отличаются от алмазов промышленных кимберлитовых месторождений по морфологии и физическим свойствам. Если среди мелких алмазов кубические кристаллы составляют примерно 50%, то в известных промышленных месторождениях такие формы встречаются значительно реже. Для мелких алмазов характерны микроагрегаты и деформированные зерна, не обычные в промышленных месторождениях. Следует также отметить, что мелкие алмазы из кимберлитовых трубок представляют собой обломки октаэдров и ромбодекаэдров, т. е. морфологически не отличимы от своих крупных аналогов<sup>4</sup>. Алмазы промышленных мес-

<sup>4</sup> Францессон Е. В. — Разведка и охрана недр, 1974, № 3, с. 33.



Мелкие россыпные алмазы неясного генезиса. Размер кристаллов 0,1—0,5 мм.

торождений отличаются от мелких почти полным отсутствием окраски и преобладанием сине-зеленой люминесценции. Мелкие алмазы практически не светятся в ультрафиолетовых лучах, люминесценция у значительной части кристаллов отсутствует, почти все они окрашены.

Интересна и еще одна особенность мелких алмазов, повсеместно встречающихся на поверхности Земли. Они не только отличаются от алмазов промышленных месторождений, но и разнятся между собой по некоторым свойствам. Например, казахстанские алмазы отличаются от алмазов Русской платформы отсутствием люминесценции и преобладанием зеленой окраски кристаллов. Видимо, мелкие алмазы разных регионов могут быть разного происхождения. По крайней мере, не все мелкие алмазы имеют метеоритную или импактную природу. Направивается предположение, что существует и третий источник мелких алмазов. Наиболее вероятно, что часть мелких кубических алмазов имеет хотя и магматическое, но не кимберлитовое происхождение.

Как мы уже отмечали, мелкие алмазы во многом аналогичны алмазам синтетическим. В процессе синтеза алмазов темноокрашенные непрозрачные кубические кристаллы образуются при более низких температурах, чем октаэдрические. Следовательно, и природные мелкие алмазы могли образоваться в низкотемпературной обстановке, вовсе не характерной для кимберлитовых трубок. Таким образом, мы приходим к выводу, что мелким алмазам, встречаемым повсеместно, помимо метеоритного и импактного генезиса, свойственно и земное, магматическое, происхождение. Для мелких алмазов магматического генезиса материнскими породами могли

служить перидотиты, эклогиты и другие породы, условия образования которых благоприятны для кристаллизации алмазов. Вероятно, алмазы, как и другие минералы-примеси, могут быть рассеяны в породах разного генезиса без обязательного образования промышленных концентраций.

Теперь становится ясной причина столь широкого распространения мелких алмазов. Вещество, приносимое из космоса, достаточно равномерно распределялось по поверхности Земли. Ударные кратеры также распределены достаточно равномерно. А о глобальном распространении на земном шаре магматических пород не приходится и говорить. Первоначально метеоритные и импактные алмазы, а также алмазы, высвободившиеся из магматических пород, образовывали локальные ореолы. Впоследствии устойчивые минералы из таких ореолов (в том числе и алмазы) многократно переносились и откладывались водными потоками, и в конце концов накапливались в россыпях.

В заключение остается только сожалеть, что, несмотря на огромные запасы мелких алмазов, извлекать их из горных пород пока не научились и они остаются лишь предметом минералогических исследований.

## Галактический «пояс жизни»

Л. С. Марочник, Л. М. Мухин

В 1981 г. в Таллине состоялся Международный симпозиум «Поиски разумной жизни во Вселенной», посвященный проблеме внеземных цивилизаций. Симпозиум еще раз продемонстрировал исключительную сложность и многообразие задач, связанных с этой научной проблемой. Сейчас мы находимся на начальном этапе ее изучения. Многие вопросы — в стадии постановки. Именно поэтому существуют полярные точки зрения даже на число цивилизаций, возможных в нашей Галактике.

Хочу подчеркнуть, что проблема поиска внеземных цивилизаций «СЕТИ» (SETI, Search of Extraterrestrial Intelligence) — комплексная научная проблема. Ею занимаются астрофизики, радиоастрономы, биологи, планетологи. Многие аспекты проблемы, например происхождение жизни на Земле, образование планетных систем, имеют самостоятельное научное значение. Предлагаемая читателям «Природы» статья Л. С. Марочника и Л. М. Мухина представляет собой попытку найти новый подход к оценке числа возможных цивилизаций земного типа в Галактике. Несмотря на то что авторы придерживаются антропоцентрических взглядов, статья служит хорошей иллюстрацией комплексного подхода к решению одного из основных вопросов СЕТИ.

Член-корреспондент АН СССР Н. С. Кардашев

Вопрос о существовании внеземных цивилизаций не только привлекает в последние годы все большее внимание ученых самых разных специальностей, но и приобретает в известном смысле общечеловеческий интерес. Это неудивительно, так как задача исключительно сложна и напоминает известный афоризм из старой русской сказки: «Пойди туда — не знаю куда, принеси то — не знаю что».

Проблема внеземных цивилизаций базируется на формуле Дрейка, антропоцентристском принципе и принципе водно-углеродного шовинизма, который, вообще говоря, является следствием антропоцентристского принципа.

Формула Дрейка в рамках определенных допущений позволяет оценить количество  $N$  внеземных цивилизаций в нашей Галактике:

$$N = n \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot f / T.$$

Здесь  $n$  — полное число звезд в Галактике; множители  $P_i$  имеют вероятностный характер:  $P_1$  — вероятность того, что у звезды есть планетная система,  $P_2, P_3, P_4$  — вероятности наличия на планете жизни, разума и технологии соответственно;  $f$  — средняя продолжительность технологической эры (величина в достаточной мере неопределенная),  $T$  — возраст Галактики. Как видно из формулы Дрейка, лишь  $n$  и  $T$  имеют определенные численные значения —  $2 \cdot 10^{11}$  и  $15 \cdot 10^9$  лет. Именно невозможность определить в настоящее время с достаточной точностью остальные сомножители в формуле и приводит к противоречивым оценкам ожидаемого числа цивилизаций.

Следует сразу подчеркнуть, что наиболее неопределенны величины  $P_2$  и  $P_3$ . Первая из них, как указывалось выше, обозначает вероятность того, что на данной планете есть жизнь, а вторая — вероят-



Леонид Самойлович Марочник, доктор физико-математических наук, профессор, старший научный сотрудник Института космических исследований АН СССР. Область научных интересов — астрофизика Солнечной системы, происхождение и эволюция галактик, космология. В «Природе» опубликовал статьи: Исключительно ли положение Солнечной системы в Галактике? (1982, № 6); На встречу с кометой Галлея (совместно с Г. А. Скуридиным; 1982, № 8).



Лев Михайлович Мухин, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией того же института. Занимается вопросами исследования планет средствами космической техники, в частности эволюцией планетных атмосфер, а также проблемой происхождения жизни. Автор книг: Планеты и жизнь. М., 1980; В нашей Галактике. М., 1983.

ность наличия разума. По поводу этих сомножителей хотелось бы сделать следующие замечания.

Проблема возникновения жизни — одна из фундаментальных проблем естествознания — сегодня еще далека от окончательного решения. Существуют как общетеоретические соображения, так и обширный экспериментальный материал, подтверждающие возможность получения достаточно сложных органических молекул из смеси простых газов. Однако еще никому не удалось в модельном опыте воспроизвести механизм трансляции, сопряжения транскрипции и трансляции; никому не удалось построить законченной теории возникновения и эволюции генетического кода. На наш взгляд, лишь получение *in vitro* живого организма из исходных неорганических составляющих позволит решить загадку возникновения жизни. Когда это случится, трудно сказать.

Примерно такие же аргументы применимы и к сомножителю  $P_3$ . Современной науке неизвестен конкретный механизм, обусловивший возникновение разумной жизни на Земле. И тем не менее не приходится сомневаться, что на третьей от Солнца планете — Земле существует жизнь, причем в разумной форме; существует развитая технологическая цивилизация,

готовая вступить в коммуникативную фазу своего развития — фазу связи с другими цивилизациями.

Попытка осмыслить этот факт привела многих ученых к формулировке глобального антропоцентристского принципа, суть которого заключается в следующем. Вселенная такова, какой мы ее видим, потому что в ней существуем мы. Другими словами, законы физики в нашей Вселенной таковы, что разрешают существование атомов, молекул, звезд, планет и, наконец, жизни. Этот принцип был впервые сформулирован в работах Г. М. Идлиса около 25 лет назад<sup>1</sup>. Недавно И. Д. Новиков, А. Г. Полнарев и И. Л. Розенталь, анализируя возможность взаимосвязанных вариаций двух величин, образованных из фундаментальных физических констант  $\alpha_0 = e^2/\hbar c$  и  $\alpha_g = Gm_p^2/\hbar c$  (где  $e$  — заряд электрона,  $\hbar$  — постоянная Планка,  $c$  — скорость света,  $G$  — постоянная тяготения Ньютона,  $m_p$  — масса протона), продемонстрировали, что существует, по видимому, лишь одна область изменения  $\alpha_0$  и  $\alpha_g$ , в которой возможно существо-

<sup>1</sup> Идлис Г. М. — Известия Астрофиз. ин-та КазССР, 1958, № 7, с. 38.

зование сложных структур, вплоть до живых систем<sup>2</sup>.

Разумеется, наша Вселенная попадает в этот «остров устойчивости». Как показали авторы работы, более детальное изучение вопроса может привести к существованию ансамблей Вселенных и в других областях допустимых изменений фундаментальных констант. Но для наших целей достаточно указать на важные следствия, возникающие из этой работы. Они имеют принципиальное значение для проблемы внеземных цивилизаций.

Во-первых, везде в нашей Вселенной, где «работают» законы современной физики, разрешено существование стабильных сложных структур, а следовательно, и жизни.

Во-вторых, хотя и в неявном виде, из антропоцентристского принципа следует, что жизнь во всех уголках Вселенной должна зародиться одним и тем же способом и на одной и той же химической основе. Этой основой является, с одной стороны, вода как универсальный растворитель, а с другой — углерод как центральный атом во всех без исключения биологически важных соединениях. Это означает, что в нашей Вселенной с определенным значением  $\alpha_0$  трудно представить существование высокоорганизованной живой материи, построенной, например, на основе кремния. Второе следствие получило название принципа водно-углеродного шовинизма.

Как видим, оба следствия вносят изрядную долю оптимизма в изучение проблемы внеземных цивилизаций. Действительно, с одной стороны, нет никаких оснований считать, что жизнь на Земле — уникальное явление, а с другой стороны, внеземная жизнь хоть в какой-то мере должна быть похожа на нашу. Конечно, здесь мы не рассматриваем возможности перехода к суперразуму, слияния человека с машиной и тому подобные трудно оцениваемые варианты дальнейшего развития разумной жизни. Следует отметить, что антропоцентристский принцип, с точки зрения как физики, так и философии, отвергает возможную уникальность земной жизни. С позиций современной теоретической физики и наблюдательных астрофизических данных этот принцип подкрепляет великое предвидение Джордано

Бруно о множественности обитаемых миров.

Тем не менее антропоцентристский принцип не позволяет оценить число возможных внеземных цивилизаций ни в нашей Галактике, ни тем более во Вселенной. Приходится признать, что проблема существования и распространенности внеземной жизни далека сегодня от окончательного решения, и именно поэтому специалисты высказывают полярные точки зрения: некоторые считают, что мы одиноки в Галактике, приводя ряд основательных аргументов в обоснование столь радикальной позиции; и в то же время широко обсуждается возможность обнаружения суперцивилизаций<sup>3</sup> в центре Галактики и характерные особенности развития сверхразума.

Итак, главные вопросы — существуют ли внеземные цивилизации, где и как их искать — остаются открытыми. Имеется, однако, возможность сузить задачу и попробовать оценить, конечно, в чисто вероятностном плане, число технологических цивилизаций нашего, земного типа в Галактике. (Под технологическими цивилизациями условимся понимать такие из них, которые для своего существования и развития используют машины и механизмы.)

На первый взгляд подход к решению такой задачи очевиден. Нужно взять число звезд типа Солнца (желтых карликов  $G_2$ ) в Галактике, принять, что около каждой из них имеется хотя бы одна обитаемая планета, и тогда мы получим «оценку сверху». Но такой подход не совсем корректен, ибо трудно говорить о равенстве условий для звезд, расположенных ближе к центру Галактики, и для звезд, удаленных от него. Здесь наши знания ограничены, и такой подход неизбежно нес бы отпечаток произвола. Более того, недавно один из авторов этой статьи обратил внимание на особые условия, существующие в узкой кольцевой области Галактики, в которой заключена галактическая орбита Солнечной системы<sup>4</sup>.

О каких же особых условиях идет речь и как их можно связать с проблемой

<sup>3</sup> Согласно классификации, предложенной Н. С. Кардашевым, под суперцивилизациями, или цивилизациями III типа, следует понимать такие из них, которые для своего существования используют энергию в масштабах своей галактики.

<sup>4</sup> Подробнее об этом см.: Марочник Л. С. Исключительно ли положение Солнечной системы в Галактике? — Природа, 1982, № 6, с. 24.

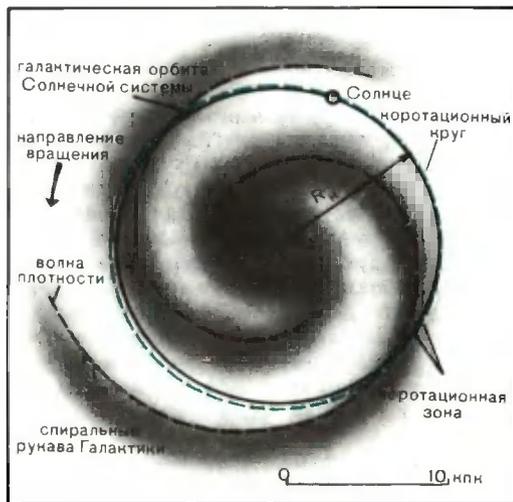
<sup>2</sup> Новиков И. Д., Полнарев А. Г., Розенталь И. Л. — Известия АН ЭС ССР, 1982, т. 31, № 3, с. 284.

внеземных цивилизаций? Хорошо известно, что многие галактики, в том числе наша, имеют спиральную структуру. Галактика вращается дифференциально, т. е. вращение происходит с непостоянной угловой скоростью: близкие к центру части галактики вращаются быстрее, более далекие — медленнее. В результате угловая скорость вращения звездной системы уменьшается по мере увеличения расстояния до ее центра. В то же время, согласно современным представлениям, спиральные ветви нашей и других галактик представляют собой волны плотности, распространяющиеся по звездному населению галактического диска. Крайне существенно, что угловая скорость вращения таких спиральных волн, проявляющихся в виде спиральных ветвей, постоянна. Это очень важный факт, из которого следует, что на каком-то расстоянии  $R_x$  от центра и сама Галактика и рукава вращаются синхронно. Именно радиус  $R_x$  и определяет так называемый коротационный круг, а зона коротации (от англ. corotation — совместное вращение) — узкое кольцо, охватывающее коротационный круг, — единственное, особо выделенное место в каждой спиральной галактике. Имеются основания считать, что Солнечная система находится как раз в зоне коротации, т. е. в специальных условиях. В таких же условиях находятся и все остальные объекты коротационного круга.

Несколько слов об этих условиях. Применительно к обсуждаемой проблеме особое значение имеют, конечно, условия образования звезд, которые в зоне коротации и вне ее существенно различны. Звезды образуются из межзвездного газа. Этот газ, вращаясь вместе с галактическим диском, втекает в спиральные рукава, имеющие в центре, за исключением зоны коротации, угловую скорость, отличную от угловой скорости дифференциально вращающегося диска. В гравитационном поле спиральных рукавов межзвездный газ ускоряется. Возникает явление, которое называют галактической ударной волной: на внутренней кромке рукавов образуется спиралевидная полоса сжатого межзвездного газа, в которой и рождаются звезды. Чем больше относительная скорость межзвездного газа и спиральных рукавов, тем мощнее галактическая ударная волна и тем сильнее сжат в ней газ. Соответственно, чем сильнее сжат газ, тем интенсивнее идет в нем процесс образования звезд. В зоне коротации рукава вращаются почти синхронно с межзвездным газом, отно-

сительного движения почти нет, и ударной волны не образуется. Именно поэтому образование звезд в зоне коротации и вне ее происходит в разных условиях. Таким образом, коротационная зона оказывается выделенным узким кольцом — тором с радиусом 250 парсек (пк) — во всем «теле» Галактики.

Это и позволяет нам предложить галактический антропоцентристский принцип, согласно которому формы жизни и цивилизации нашего типа могут возникать лишь в галактических «поясах жизни» —



Схематическое изображение спиральных рукавов Галактики и современного положения движущейся по галактической орбите Солнечной системы.  $R_x$  — коротационный радиус. Область (радиусом 0,25 килопарсек) между галактической орбитой и волной плотности — зона коротации.

в коротационных торах. Конечно, это всего лишь гипотеза. Однако то, что Солнечная система находится в Галактике на особом положении, делает подобную гипотезу весьма привлекательной.

Солнце вместе с системой планет находится между спиральными рукавами Персея и Стрельца и медленно движется по направлению к рукаву Персея. Исключительно важно, что время жизни Солнечной системы ( $4,6 \cdot 10^9$  лет) по порядку величины равно времени, которое она проводит в пространстве между рукавами ( $7,8 \cdot 10^9$  лет). Дело в том, что в галактической ударной волне начинается рождение звезд, как подобных Солнцу, так и массивных сверхновых II типа.

Существует предположение, что именно вспышка сверхновой послужила толчком к рождению Солнечной системы<sup>5</sup>, а «спокойная жизнь» Солнца и планет началась лишь, когда наша звезда покинула место своего рождения (предположительно, рукав Стрельца) и вышла в пространство между спиральными рукавами. Именно здесь жизнь, зародившаяся на Земле, достигла уровня технологической цивилизации. Напомним, что сейчас Солнце движется по направлению к рукаву Персея. Как мы покажем ниже, при вхождении в рукав наша цивилизация может погибнуть под влиянием облучения от вспыхивающих здесь сверхновых. Такая же участь ожидает, по-видимому, и другие цивилизации, возникшие в коротационном торе. Поэтому мы вводим  $t_{\text{tot}}$  — полное время жизни цивилизации нашего типа, которое, согласно галактическому антропоцентристскому принципу, есть время, в течение которого соответствующая звезда с ее планетной системой (и жизнью на ней) движется от рукава к рукаву. При этом можно предполагать, что имеются как цивилизации, не дошедшие до нашего уровня развития, так и перешагнувшие его. Используя некоторые астрономические данные, можно оценить время, оставшееся нашей цивилизации до ее вероятной гибели.

Каково расстояние, на котором может вспыхнуть ближайшая к Солнцу сверхновая, и как этот взрыв повлияет на земную биологию? Впервые подобный вопрос рассмотрели В. И. Красовский и И. С. Шкловский в 1957 г.<sup>6</sup> Мы также провели ряд интересующих нас оценок, основываясь на галактическом антропоцентристском принципе. Согласно этим оценкам, расстояние, на котором может вспыхнуть ближайшая к Солнцу сверхновая при входе Солнца в спиральный ру-

кав Галактики, составляет примерно 10 пк. Как показал И. С. Шкловский, главным эффектом от вспышки близкой сверхновой является увеличение примерно в 100 раз интенсивности космических лучей в области радиусом 10 пк, окружающей сверхновую. Известно, что естественный фон радиоактивности на Земле, обусловленный космическими лучами, приводит к дозе облучения порядка 0,04 бэр/год. Стократное увеличение интенсивности при вспышке близкой (10 пк) сверхновой усиливает дозу примерно до 4 бэр/год. Согласно И. С. Шкловскому, Солнечная система движется через радиотуманность, образовавшуюся вокруг вспыхнувшей звезды, в течение примерно 10 тыс. лет.

В то же время известно, что суммарная средняя индивидуальная вероятность гибели человека в результате облучения, отнесенная к дозе в 1 бэр, равна  $q = q_1 + q_2 = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{бэр}^{-1}$ , где  $q$  — суммарный риск гибели,  $q_1 = 10^{-4} \text{бэр}^{-1}$  — риск гибели от рака,  $q_2 = 0,4 \cdot 10^{-4} \text{бэр}^{-1}$  — риск гибели от летальных мутаций (т. е. появления нежизнеспособных особей)<sup>7</sup>.

Грубая оценка показывает, что при дозе около 4 бэр/год ежегодно должно вымирать примерно 0,056% населения земного шара. Таким образом, за 10 тыс. лет может вымереть все население, если гибель не перекроется воспроизводством — естественным приростом населения за счет рождаемости. В современных условиях ежегодный прирост населения составляет приблизительно 2,3%, что существенно перекрывает риск гибели от облучения. Однако в более ранние эпохи прирост численности населения был существенно меньше (см. таблицу)<sup>8</sup>.

Как следует из таблицы, на ранних этапах развития нашей цивилизации близкая вспышка сверхновой могла бы быть губительной для человеческой популяции, так как естественный прирост населения был меньше, чем риск гибели. Разумеется, к этому выводу нужно относиться весьма осторожно, поскольку мы оперируем здесь малой разностью двух больших величин (абсолютными значениями рождаемости и смертности населения). В будущем прирост населения должен будет резко сократиться, так как наша плане-

<sup>5</sup> Сейчас подобная гипотеза кажется особенно привлекательной в связи с обнаружением в ряде метеоритов изотопов ксенона  $^{129}\text{Xe}$  и магния  $^{26}\text{Mg}$ . Эти изотопы могли образоваться в метеоритах, по-видимому, в результате радиоактивного распада короткоживущих изотопов иода  $^{129}\text{I}$ , плутония  $^{244}\text{Pu}$  и алюминия  $^{27}\text{Al}$ . В свою очередь, короткоживущие изотопы могли попасть в первичное вещество протосолнечной туманности (из которого, в частности, сформировались и метеориты) скорее всего при взрыве достаточно близко вспыхнувшей сверхновой звезды, в недрах которой они должны были образоваться в процессе термоядерного синтеза химических элементов.

<sup>6</sup> Красовский В. И., Шкловский И. С.— Доклады АН СССР, 1957, № 116, с. 197.

<sup>7</sup> Козлов В. Ф. Справочник по радиационной безопасности. М., 1977.

<sup>8</sup> Данные, приведенные в таблице, взяты из кн.: Дубинин Н. П. Общая генетика. М., 1976.

Таблица

Эпоха	Время удвоения численности популяции людей, годы	Соответствующий ежегодный прирост популяции людей, %
От древнего до среднего палеолита	170 000	0,0004
В течение 15 тыс. лет после нового палеолита	10 000	0,007
В течение 1700 лет после начала нашей эры	400	0,17
За время, прошедшее с 1830 г.	100	0,7
Наши дни	30	2,3

та вряд ли сможет обеспечить жизнедеятельность более 10 млрд людей. Поэтому с известными оговорками можно предположить, что в будущем риск гибели от облучения также будет существенно выше, чем возможный прирост населения.

Конечно, сейчас трудно делать прогнозы о будущем нашей цивилизации, которая, с одной стороны, может сама себя уничтожить в результате глобальной войны, а с другой — может изобрести эффективные средства защиты своей планеты от долговременного облучения. Однако хотелось бы подчеркнуть, что цивилизации, находящиеся ближе к центру Галактики, т. е. вне коротационного тора, подвергаются гораздо большему риску от последствий взрывов сверхновых, так как они чаще проходят через спиральные рукава.

Будем, тем не менее, считать временем жизни  $t_{\text{tot}}$  цивилизации, подобной нашей, время нахождения ее звезды между спиральными рукавами Галактики. Используя галактический антропоцентристский принцип, можно оценить верхний предел полного числа цивилизаций нашего типа в Галактике. В зоне коротации, т. е. в области радиусом 250 пк, находится примерно  $7 \cdot 10^7$  звезд типа Солнца. В начале статьи мы уже приводили формулу Дрейка, дающую число развитых цивилизаций в Галактике, находящихся на определенном уровне  $\tau$  своего технологического развития. Теперь, согласно галактическому антропоцентристскому принципу, эту формулу следует заменить соотношением:

$$N_{\tau} = n_{G_2}^{\text{корот}} P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \frac{t_s}{t_{\text{tot}}},$$

где  $t_s$  — время, отсчитываемое от момента выхода данной цивилизации (вместе с ее звездой) из спирального рукава, в котором она зародилась;  $n_{G_2}^{\text{корот}} = 7 \cdot 10^7$ . Верхний предел  $N_{\tau}$  найдем, положив  $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = 1$ . Это соответствует

предположению, что в зоне коротации число звезд, имеющих планетные системы и разумную жизнь на них, равно  $n_{G_2}^{\text{корот}}$ . (В сущности, такая гипотеза следует духу галактического антропоцентристского принципа.) Поскольку  $t_{\text{tot}}$  — время прохождения Солнца между рукавами — составляет  $7,8 \cdot 10^9$  лет, а  $t_s = 4,6 \cdot 10^9$  лет (т. е. это время жизни Солнечной системы), то возможное число цивилизаций нашего технологического уровня в зоне коротации примерно равно  $4 \cdot 10^7$ . Это весьма значительная величина.

Не представляет труда найти и отношение возможного числа цивилизаций более развитых, чем наша, к числу цивилизаций, отставших от нас по своему уровню. Это отношение равно  $\frac{t_{\text{tot}} - t_s}{t_s}$ ; оно близко к 0,7.

Приведенные оценки представляют собой верхний предел возможного числа технологических цивилизаций в рамках гипотезы галактического антропоцентристского принципа. Если мы действительно не одиноки во Вселенной, то орбита, по которой движется Солнечная система в Галактике, может быть образно названа «дорогой жизни», так же как зона коротации — «поясом жизни» в Галактике. Очевидно, нижний предел числа технологических цивилизаций есть  $n_{\tau} = 1$ , что соответствует нашему одиночеству во Вселенной. В последнем случае феномен существования нашей цивилизации случаен (что, конечно, противоречит общему антропоцентристскому принципу). Пользуясь образом, заимствованным у писателей-фантастов А. и Б. Стругацких, можно сказать, что в этом случае ситуация напоминает «пикник на обочине» Галактики (ведь мы находимся почти на ее краю), устроенный природой и случайно приведший к возникновению нашей цивилизации.

В заключение отметим, что все приведенные соображения относятся и к другим спиральным галактикам.

## Воспоминания о А. Е. Ферсмани

### История одного доклада

Б. М. Кедров



Бонифатий Михайлович Кедров, академик, заведующий сектором «истории науки и логики» Института истории естествознания и техники АН СССР. Занимается проблемами материалистической диалектики, философскими вопросами естествознания, историей науки, психологией научного творчества. Автор 45 монографий и брошюр и более 600 статей. Иностраный член Венгерской Академии наук, Болгарской Академии наук, Сербской Академии наук и искусства, Общества естествоиспытателей «Леопольдина» (ГДР), член международной Академии истории науки. Член редколлегии журнала «Природа» и постоянный его автор. В декабре 1983 г. Б. М. Кедрову исполняется 80 лет. Редакция и редакционная коллегия журнала поздравляют Бонифатия Михайловича с юбилеем, желают ему доброго здоровья и новых успехов в научной и общественной деятельности.

### ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО

С академиком Александром Евгеньевичем Ферсманом я познакомился полвека назад, в 1933 г. Ему было тогда 50 лет, мне — 30. Наше знакомство состоялось в Ленинградском отделении Госхимиздата. Помещалось оно на втором этаже дома № 100 по Невскому проспекту. Заведующим этим издательством был историк химии профессор Макс Абрамович Блох, а его ближайшей помощницей и фактическим руководителем издательства Евгения Давыдовна Волова. Вокруг этого издательства сгруппировался с давних пор тесный кружок ленинградских деятелей науки и культуры. В него входили писатель Алексей Николаевич Толстой, химик член-корреспондент АН СССР (впоследствии академик) Виталий Григорьевич Хлопин, здесь бывал и Владимир Иванович Вернадский со своим учеником Александром Евгеньевичем Ферсманом. Блох организовал издание трудов прежде всего членов этого кружка. Это был очень дружный коллектив, своего рода семья деятелей науки и литературы. Среди ленинградских ученых ходило шутливое выражение «Блохиздат» по поводу этого издательства.

Я попал туда неожиданно для себя. В конце 1932 г., после окончания двух кур-

сов Института красной профессуры естествознания я поехал в Ленинград поступать в аспирантуру. Но вскоре после моего приезда Ленинградский обком партии направил меня в Госхимиздат в качестве заместителя заведующего, т. е. Блоха. Я подходил для этой должности, поскольку был и химиком и философом.

Своим человеком в кружке я не стал, но все же мне удалось довольно близко наблюдать его жизнь. Хорошо помню фигуру Ферсмана — грузную с виду, словно налитую, почти шарообразную, с голлой головой, глубоко сидящей между плечами, с толстой шеей, переходящей в тройной подбородок. И несмотря на грузную массивность, в нем, в его движениях, особенно в движениях рук, проявлялась какая-то удивительная подвижность и, я бы сказал даже, ловкость, особенно во время разговора. Когда он приходил в издательство, маленькая ростом Волова буквально вертелась вокруг него, кокетливо называя его «толстый Ферсман». Позднее я узнал, что он вообще любил прозвища, которые давали ему в связи с его фигурой. Так, уборщица подмосковного санатория «Узкое» рассказывала мне, что ее ребяташки звали Ферсмана «дядя Слон», а когда она запретила дразнить его так объясни-

ли ей, что он сам научил их этому прозвищу.

При мне Ленинградское отделение Госхимиздата выпустило вторым изданием том I «Геохимии» Ферсмана. Изучая его, я несколько раз беседовал с автором по существу излагаемого материала, и тогда узнал, как Ферсман создает свои труды: диктует их стенографистке, а затем обрабатывает продиктованное, снабжая таблицами и схемами.

В конце 1933 г. я вернулся в Москву, а в конце 1934 г. сюда переехала и вся Академия наук. Но в течение 1934 г. я неоднократно приезжал в Ленинград, поскольку вел семинар по истории химии для аспирантов-химиков. Во время этих приездов я заходил в «Блохиздат» и еще два раза встречался с Ферсманом. Он сделал тогда доклад на юбилейном Менделеевском съезде (1934) на тему «Периодический закон Менделеева и геохимия» и рассказывал об этом увлекательно, словно озаряясь внутренним светом.

После переезда Академии наук в Москву встречи наши поначалу были мимолетные, а беседы случайные, незначительные.

Сближение началось тогда, когда пришлось защищать менделеевское наследство. В конце 1938 г. мне пришлось вести занятия с аспирантами Московского химико-технологического института (МХТИ) им. Д. И. Менделеева по истории химии, и я обнаружил там совершенно недопустимое пренебрежение и даже отрицание значения великого открытия, сделанного Менделеевым. Я напечатал об этом критический обзор в журнале «Под знаменем марксизма» (1939) под заглавием «Об отношении к менделеевскому наследству». Вслед за этим в том же журнале (1940) я опубликовал статью «Химические понятия в свете менделеевского наследства», в которой показал огромное значение этого наследства для современной науки.

В то время я работал старшим научным сотрудником Института философии АН СССР. Академик-секретарь тогдашнего Отделения истории и философии АН СССР А. М. Деборин и П. Н. Федосеев — в то время заместитель директора Института философии — привлекли меня к подготовке двух юбилейных сборников, посвященных философским вопросам естествознания: один из них — к 30-летию выхода в свет книги В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм», другой к 120-летию со дня рождения Ф. Энгельса.

Я предлагал возможных авторов, которым Деборин писал соответствующие письма. Предварительно все авторы должны были сделать доклад в Отделении истории и философии. По моему совету было послано письмо и Ферсману, однако тот отказался, ссылаясь на занятость, на отсутствие хорошей темы и малую философскую осведомленность. «Вам надо лично познакомиться с ним и убедить его», — сказал мне Деборин, и я поехал. С этого-то момента у нас с Ферсманом и завязался подлинно научный контакт, началось тесное общение, перешедшее в особого рода содружество.

Ферсман встретил меня довольно холодно и к прежним мотивам своего отказа добавил главный: ему будет трудно работать с человеком, который несправедливо отозвался о его учителе, В. И. Вернадском, в печати. «Что это за философия, которую можно употреблять как дубинку!» — с возмущением сказал Ферсман. (За несколько лет перед тем Деборин действительно опубликовал в «Известиях АН СССР» статью «Проблема времени в освещении академика В. И. Вернадского», где приписал Вернадскому идеализм.) Я как мог объяснил Ферсману, что и у Деборина есть ошибки в духе гегелевского идеализма и что он плохо разбирается в естествознании, а философию у нас многие понимают и применяют по-разному, так что нельзя делать ее ответственной за всякого рода оперирования ею, что Ферсману придется иметь дело только со мной, как фактическим составителем и организатором готовящихся сборников.

После этого я перешел к существу дела. Я напомнил Ферсману его «Геохимию» и особенно его доклад на юбилейном Менделеевском съезде 1934 г. Ферсман меня перебил, заметив: «Но ведь там нет никакой философии, а сборники вы готовите как раз по философии!» Я пояснил, что речь идет о философии в ее связи с естествознанием, включая физику, химию, геохимию, и добавил, что, хотя и без философской терминологии, его, Ферсмана, работы исполнены подлинной диалектики и материализма. Эта мысль ему, кажется, понравилась. Но все же свое согласие на доклад и статью он дал не сразу.

Тогда я перешел к главному аргументу. Начал я несколько торжественно и высокопарно: «Александр Евгеньевич! В то время как Вы и многие наши ученые высоко ценят научное наследие великого на-

шего соотечественника Д. И. Менделеева, и особенно, конечно, его периодический закон, который Вы справедливо восславили, имеются даже не отдельные лица, а целые учреждения и кафедры, всячески умаляющие его значение, полагая, что успехи зарубежной науки полностью перекрыли и даже отменили все, что было сделано Менделеевым<sup>1</sup>. Конечно, сейчас я не могу точно воспроизвести сказанное мною, передаю только смысл.

Пока я говорил, лицо Ферсмана менялось — из равнодушно-спокойного становилось гневно-возбужденным. Я никогда до тех пор не видел в лице собеседника такого внезапного резкого перехода от одного эмоционального состояния к другому, прямо противоположному. Он даже стукнул кулаком по столу и воскликнул: «Не верю! Где это может быть такое?» Я ответил, сам заражаясь его возбуждением: «Да это в МХТИ — институте, носящем имя Менделеева, на кафедре общей и неорганической химии, которую возглавляет Яков Иванович Михайленко!»

И я раскрыл принесенную с собой «на всякий случай» книжку Михайленко и учебные программы по химии для студентов 1 курса МХТИ. Он буквально выхватил все это из моих рук и стал вслух читать (у него, по-видимому, была слуховая память) отмеченные мною места. «Основное положение Менделеева, что место элемента в системе определяется его атомным весом, неверно», — подчеркивал Михайленко<sup>1</sup>. Прочитав это, Ферсман взглянул на меня, как бы прося разъяснения. Я же сказал, что Михайленко все спутал, что основным положением Менделеева было как раз обратное, а именно, что все главные свойства элемента, в том числе и его атомный вес, определяются на основании места элемента в системе. К этому вопросу мы вернулись позже, а пока Ферсман продолжал читать по поводу периодической системы, составленной Менделеевым, что «старая, эмпирически найденная форма таблицы должна быть оставлена»<sup>2</sup>.

Я рассказал, что когда я вел в МХТИ в 1938—1939 гг. занятия по истории химии с аспирантами, то во всем институте, носящем имя Менделеева, не мог найти ни одной его таблицы элементов, а всюду была развешена «Таблица Бора — Томсена»,

схематически оформленная Михайленко и раскрашенная им в пять цветов (она была издана в 1938 г.). Только на складе среди старья удалось найти истрепанную и порванную таблицу Менделеева.

Ферсман вскочил, стал быстро ходить по комнате. «Да кто же он такой, этот Михайленко?» — спросил он. Я ответил, что плохо знаю его, но знаю (он сам пишет об этом в своей книге), что в 1900—1912 гг. он стоял на позициях отрицания атомной теории, которую предлагал отбросить как неверную и бесплодную и даже оспаривал у энергетика Оствальда приоритет в ее «опровержении»<sup>3</sup>.

«Как? — буквально вскричал Ферсман. — Он отбрасывал атомистику! Тогда понятна его вражда к Менделееву. Нет, этого так оставлять нельзя! Я — патриот своей науки, и я обязательно выступлю в защиту Менделеева — это мой долг ученого. Но Вы должны мне непременно помочь, я на Вас надеюсь!»

Итак, согласие получено, тема тоже определена, нужно только помочь подготовить доклад. А для этого докладчику надо самому разобраться в некоторых методологических и вообще философских вопросах; и это надо было сделать в условиях, когда философия толковалась и применялась разными лицами, которые выдавали себя за философов, по-разному.

К 1940 г. у меня накопился уже пятнадцатилетний стаж преподавательской и пропагандистской работы в области философских вопросов естествознания, начиная с выхода в свет «Диалектики природы» Энгельса. Моими слушателями были и студенты-химики, и преподаватели, и профессора вузов, и аспиранты, докторанты и научные работники АН СССР, и школьники, и рабочие Дорхимзавода — словом, самые различные по своему составу слушатели. Но другого такого интересного собеседника и слушателя, каким был Ферсман, я не встречал до сих пор. Наши беседы взаимно обогащали нас. Он ловил мысли на лету, перебивая меня, продолжал развивать их дальше, на своем — геохимическом — материале. Он вдохновлялся и умел вдохновлять собеседника. Я очень жалею, что наши беседы с ним не стенографировались, но, возвращаясь домой, я их записывал в свою рабочую тетрадь.

Во время наших бесед выяснилось, что Ферсман — прекрасный знаток истории химии и вместе с тем отлично ориентируется в философских вопросах естество-

<sup>1</sup> Михайленко Я. Эволюция наших представлений о химических элементах, атомах и молекулах за последнее время. Харьков, 1935, ч. I, с. 136.

<sup>2</sup> Там же, с. 240.

<sup>3</sup> Там же, с. 68.

знания, хотя и не любит пользоваться специфически философской терминологией. Вот мы говорим с ним о месте в системе как определяющем признаке химического элемента. Это — моя идея, позволяющая по-новому оценить открытие и все учение Менделеева и в то же время подойти к нему с диалектико-материалистической точки зрения.

Место в системе — это не геометрическое понятие, говорил я, а совокупность свойств элемента, стоящего на этом месте, определяемая соотношением данного элемента со всеми соседними, его связями с ними. И оно сохраняет эти характеристики, даже если самый элемент еще не открыт, еще неизвестны его свойства, в том числе и атомный вес.

«Да, да,— подхватывает Ферсман,— тогда и самый неоткрытый еще элемент, и все его свойства можно предсказать на основании пустого места в системе, что и сделал Менделеев! Удивительно, право!»

А я добавляю, что Менделеев изменил значения атомных весов многих элементов в соответствии с их новыми местами в системе. Вот и выходит, что не атомный вес в конечном счете определял у Менделеева место элемента в системе, как утверждает Михайленко, а как раз наоборот, именно место в системе определяло атомный вес. Ферсман радостно кивал головой.

Потом мы обратились к современной физике. Я утверждал, что все последующие открытия, касавшиеся строения атома, опирались на менделеевское определение элемента, даваемое через указание места его в системе: сначала это место нумеруется благодаря открытию Мозли порядкового числа, выводимого экспериментально из данных характеристического рентгеновского спектра элемента; затем это число приравнивается положительному заряду атомного ядра, на основе чего дается современное определение элемента. Следовательно, физика не только не отменила менделеевских воззрений, а целиком опирается на них, развивая, обогащая, конкретизируя их.

Ферсман вставлял замечания, дополнял то, что я говорил. «Не умер Менделеев, нет, нет, и его закон живет сегодня, как и тогда, когда был только что открыт!»

По его просьбе я особо подробно останавливался на философской стороне обсуждаемых вопросов. Так, я сопоставил движение научного познания от первоначального, крайне бедного представления о месте элементов в системе (по

двум табличным «координатам») к его физической индексации (порядковое число; потом заряд ядра) с общим закономерным движением научной мысли от абстрактного к конкретному. Сказал, что Маркс таким образом изложил свой «Капитал», Энгельс — «Диалектику природы», а Ленин завещал излагать диалектику. Ферсмана все это крайне интересовало.

Тогда же, а может быть во время другой встречи, встал вопрос о том, что означает признак места элемента в системе с точки зрения диалектической философии. В одном из предполагавшихся «Примечаний» ко 2-му изданию «Анти-Дюринга» (оно потом вошло в рукопись «Диалектики природы») Энгельс писал, что между метеоритом и человеком имеется бесконечный ряд других вещей и процессов природы, позволяющий «указать каждому члену ряда свое место в системе природы и таким образом познать их»<sup>4</sup>.

Эта мысль очень понравилась Ферсману, и он несколько раз ее повторял: «Указать место в системе значит: познать, да, именно познать вещь, скажем, тот же элемент». Ему понравилось и другое место в «Диалектике природы», где сказано, что значение какого-либо органического вещества не зависит уже просто от его состава, а обусловлено скорее его положением в том ряду, к которому оно принадлежит<sup>5</sup>.

«Та же самая мысль, что и раньше, но только приложенная к химии,— констатировал Ферсман.— Но, все таки: где тут, собственно, философия?»

Я по памяти процитировал отрывок из ленинского фрагмента «К вопросу о диалектике», где приводится пример простейших суждений (предложений) о тождестве (единстве) отдельного и общего: Иван (отдельное) есть человек (общее). На этом принципе диалектики — единстве противоположностей — построено и все менделеевское определение элемента через периодический закон: элемент (отдельное) определен через место в системе (в общем), т. е. через общее. Значит... «Значит, диалектика выступает здесь в ее конкретном выражении, как заключенная в химических понятиях, в периодическом законе!» — резюмировал Ферсман.

Как-то раз, говоря о месте элемента в системе, я сравнил его со «звездой», образованной соседними элемента-

<sup>4</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 547.

<sup>5</sup> Там же, с. 609.

ми, расположенными вокруг него по вертикали (сверху вниз), по горизонтали (слева и справа) и по двум диагоналям (со стороны четырех его углов). Такое сравнение очень понравилось Ферсману, и он подробно стал рассказывать о диагональных разрезах менделеевской периодической системы, имеющих громадное значение для геохимии, которые подробно изучал он сам.

Во время другой нашей встречи речь зашла о категориях диалектики как ступенях познания химического вещества. Мы долго разбирали и обсуждали ленинскую характеристику общего хода познания и конкретизировали это на материалах истории химии: сначала мелькают впечатления (это — древние натурфилософские представления о стихиях, атомах и элементах); потом выделяется «нечто» (это — алхимические «начала», т. е. свойства тел, превращенные в особые субстанции); затем формируются определения качества и количества (это — стадии качественного и количественного химического анализа); потом раскрывается сущность изучаемых явлений (это — переход к химической атомистике) и т. д. Ферсман с интересом слушал, иногда возражал, спорил, но общую канву ленинской мысли в ее историко-химическом толковании понял и одобрил. Я же дал ему две свои рукописи: мой доклад к 30-летию со дня выхода в свет ленинского «Материализма и эмпириокритицизма» (он назывался «Развитие понятия „химический элемент“ за последние 30 лет») и рукопись большой работы, только что законченной, — «Пути познания химического вещества». В ней излагались упомянутые выше идеи, а также был выделен особый раздел, посвященный вопросу о противоречивом развитии химии и физики — через предварительное расчленение единства сторон прерывности и непрерывности у изучаемых объектов к последующему их связыванию, при котором восстанавливается исходное единство противоположностей.

Обе мои рукописи, как я понял впоследствии из доклада, Ферсман широко использовал: он не заимствовал текст, а переосмыслил и переформулировал содержание, как бы опозитивировал его, так, что, слушая его, я узнавал и не узнавал свои мысли. Это было нечто совершенно новое, неожиданное. Но Ферсман, человек очень тактичный, счел нужным публично признать, что он опирался на обе мои еще неопубликованные работы.

Тогда я думал о том, чтобы доклад Ферсмана был подготовлен на хорошем

философском уровне. Много позднее я понял, что, по сути дела, я выполнял на своем маленьком участке ленинский завет крепить союз между философией и естествознанием. Как верно подтвердились в данном случае вещие слова Ленина, что каждый специалист науки по-своему, особым путем, через данные своей науки придет к коммунизму, а значит и коммунистическому мировоззрению, философскую часть которого составляет материалистическая диалектика. Я полагаю, что не ошибусь, если скажу, что Ферсман шел к этому мировоззрению не только через собственные теоретические и практические исследования полезных ископаемых нашей страны, но и через осмысление и защиту великого научного наследия Менделеева.

#### РЕЧЬ А. Е. ФЕРСМАНА

Накануне заседания Ферсман сообщил мне, что доклад у него готов. Я попросил его дать мне прочесть. Он покачал отрицательно головой и развел руками. Тогда я попросил показать хотя бы тезисы или план. Ферсман постучал по лбу и ответил: «Он у меня весь тут! Я ведь всегда импровизирую — говорю то, что приходит в голову, так мне легче».

Сделанный доклад носил довольно сухое, деловое название «Периодический закон Менделеева в свете современной науки». Прочитан он был в Малом зале академического здания на 2-м этаже дома № 14 по Волхонке. Председательствовал Деборин. Небольшой зал набит до отказа. Аудитория пестрая, и мало кто из собравшихся был знаком с темой доклада. Но слышали, что докладчик — удивительный оратор и зашли просто послушать его. Получив слово, Ферсман встал, поклонился, начал говорить, произнес первые слова об оценке Энгельсом научного подвига Менделеева. А потом... потом вдруг исчезли слова. Произносившиеся фразы звучали, словно переложенные на музыку, сливались в общий аккорд, который, казалось, заполнил собою весь зал. Притихшие люди, потолок и стены, стол президиума и сам докладчик исчезли, остались только голос, рисующий одну картину за другой. Это была: подлинно поэтическая импровизация. Мысли оратора, да еще так ярко преподнесенные слушателям, буквально рождались на их глазах. Я много на своем веку — и до того, и после — слышал великолепных ораторов, особенно А. В. Луначарского, но не слышал ничего похожего ни тогда, ни позднее. Думаю, что это же ощущали все присутствующие.

Меня особенно интересовало, как Ферсман использует в своем докладе диалектику. Вот он говорит о кирпичах мироздания, в которых много сходных черт, но есть и существенные различия («различие в тождестве», — фиксирую я). Дальше речь идет о школе Лавуазье с ее формально-субъективистским подходом к понятию химического элемента. О философии, о собственно диалектике Ферсман говорит осторожно, сдержанно, скорее намекая на их необходимость. Он как бы берет в пример самого Менделеева, которому вначале трактовка сделанного им открытия не казалась столь широкой и смелой: для глубокого философского подхода к закону вопрос не созрел. Рассказывая о внутренней борьбе, которая происходила в мировоззрении Менделеева, докладчик в общих словах отметил, что эта борьба свидетельствовала о назревшей необходимости перехода от формальных схем старой химии к новому диалектическому пониманию окружающего мира.

Много внимания докладчик уделил разработанному мною вопросу о месте элемента в системе, которое определяет «звезду» соседей вокруг каждого элемента, подчеркнув, что именно при этом анализе вскрывается вся диалектическая сущность периодического закона, тесная связь непрерывности и прерывности в изменении свойств элементов: двойственность каждого элемента, нарастание свойств, противоречащих предшествующему по периоду элементу. Постепенно изменение этих свойств, говорил Ферсман, прерывается скачками через инертные газы, а затем начинается новый ряд в том же порядке. (А я отмечал, что в этих сжатых словах на материале менделеевской периодической системы Ферсману удалось показать и все три основных закона диалектики, и «переход в свою противоположность», и «скачки» в ходе изменения свойств элементов.)

В законах природы, продолжал далее докладчик, обязательны те противоречия, из которых складывается мир как результат борьбы противоположностей — притяжения и отталкивания, плюса и минуса, кислотности и щелочности, единства прерывности и непрерывности материи и ее изменений. На этой основе развивается новое мировоззрение, и диалектическая мысль причудливо сплетает воедино равновесие отдельных материальных систем.

Разумеется, в докладе было много оригинальных химических и геохимических мыслей, а также идей, связанных с тех-

ническим использованием веществ в интересах человеческой практики. Все это составляло специальный интерес Ферсмана и группировалось им вокруг признания места элемента в системе. Но я умышленно выделил те пункты в его докладе, где речь шла о диалектике, поскольку весь доклад разворачивался в аспекте соотношения между философией и естествознанием.

В заключение Ферсман коснулся отношения к научному наследию Менделеева. Закон Менделеева, сказал он, велик именно тем, что он — не мертвая догма, он живет и развивается. В период совершенно исключительной ломки старых понятий некоторые идеи остались на месте как надежный маяк человеческих исканий и еще ярче стали освещать запутанные пути человеческой мысли. Одна из них — закон Менделеева. Казалось бы, он тоже должен был разрушиться во время кризиса классических представлений химии и физики, не должен был уцелеть, когда изменилась идея атома как простого упругого шарика. Однако этого не случилось, и закон Менделеева сыграл, играет и будет играть незаменимую роль в истории науки, потому что этот закон — не вымысел, а результат глубоких теоретических обобщений естественнонаучных фактов. В нем ничего не придумано, в нем — сама природа, в нем — ее диалектика. (Я же думал: «Он дает хороший отпор оствальдам, михайленкам и прочим хулителям Менделеева, объявляющим его систему простым эмпирическим обобщением».)

Конец доклада был произнесен с подлинным пафосом. Я его приведу с небольшими сокращениями: мы требуем, провозгласил Ферсман, не фотографии современных путей периодического закона и не спокойной-эпического анализа путей его предшествующей эволюции, а воинствующей борьбы за новые идеи, призывы к новым, смелым, революционным подходам. На этом пути мы должны прежде всего поставить перед собой вопрос: на высоте ли мы в этой борьбе? Боремся ли мы за научное наследство Менделеева, за его новые пути с той страстностью и горячностью, с которой боролся сам Менделеев за свои выводы, боролся и огромной кропотливой будничной работой, боролся и постоянными исканиями новых выводов и новых идей? В этой борьбе за новую науку, за новый взгляд на мир, мы, химики и физики, натуралисты и техники Советского Союза, должны под-

нять знамя борьбы за научное наследство Менделеева как одно из величайших выявлений диалектического материализма, как могучий метод овладения природой, веществом и энергией.

Я, конечно, воспроизвел доклад не по памяти, а по последующему знакомству с его стенограммой. Во время же самого доклада было лишь общее впечатление прекрасного.

Докладчик кончил. В зале царил тишина, и все сидели словно зачарованные, ошеломленные необычностью речи, которая была похожа на стихи. Да Ферсман и в самом деле был поэтом: много позднее (в начале 60-х годов) его, ныне покойная, двоя говорила мне, что он посвятил ей много стихотворений, в том числе написанных в стиле натуралистических од Ломоносова, но просил ее не показывать их посторонним.

Окончание доклада сопровождалось горячими аплодисментами. Вопросов не было. Докладчик улыбнулся, раскланялся и исчез, как фантом.

#### ПОДГОТОВКА К ПЕЧАТИ

Стенограмма доклада Ферсмана была передана Дебориным в журнал «Под знаменем марксизма» по просьбе редакции. Спустя несколько дней секретарь редакции М. Н. Корнеев (о котором в шутку говорили, что он «обкорнеевает» статьи) попросил меня приехать в редакцию. «Вот прочтите, что получилось на бумаге, — сказал он, давая мне дешифрованную стенограмму. — Такой был эффектный, увлекательный доклад, а запись вышла бесцветная». Я стал читать и поразился: слова были те же, но — серые, обыденные. Вот что значит — лишение слова звуковой формы, где все зависит от интонации, от ударения. На бумагу всего этого перенести нельзя, вся их музыкальность пропадает... И мне стало грустно.

«Возьмитесь «причесать» эту стенограмму для журнала, — сказал мне Корнеев. — Я уже договорился об этом с самим Ферсманом, и он сказал, что полностью на Вас полагаюсь». Я согласился и занялся работой. Доклад надо было разделить на отдельные части — я выделил семь таких раздельчиков и дал им подзаголовки: 1. Введение; 2. Исторические пути; 3. Эволюция содержания; 4. Эволюция формы; 5. Новые проблемы; 6. Новые области науки; 7. Общий анализ. Затем к каждому раздельчику я подобрал эпиграф из работ Менделеева и только один — из работы Рамзая о Менделееве. Само собой разумеется, пришлось много пора-

ботать и над самим текстом — в нем оказалось множество стилистических огрехов. Ничего этого не замечали слушатели, и я в их числе: пока текла живая речь, все скрашивала ее блестящая форма.

«Причесанную» мною стенограмму я передал Корнееву, а он послал ее на подпись Ферсману, который попросил меня к нему зайти. Он поблагодарил меня за проделанную работу, сказав, что я ему помог дважды — при подготовке доклада и теперь, при обработке текста (причем, один из предложенных мною эпиграфов, он заменил своим).

Потом мы поговорили о моей докторской диссертации. Это была последняя наша встреча. В начале 1941 г. доклад Ферсмана был опубликован, а вскоре вспыхнула война. С первых дней я вступил добровольцем в армию и уехал на фронт.

Из рядов Советской Армии я был демобилизован по болезни 15 мая 1945 г., направлен в Институт философии АН СССР и немедленно стал искать Ферсмана. К моему величайшему огорчению, 5 дней спустя я узнал, что 20 мая 1945 г. он внезапно скончался в Сочи.

В 1947 г. исполнилось 40 лет со дня смерти Д. И. Менделеева, и я по этому случаю подготовил сборник статей «Периодический закон Д. И. Менделеева и его философское значение», куда включил и доклад покойного Ферсмана, опубликованный накануне войны.

В начале 50-х годов в Геологическом институте АН СССР я сделал доклад «Периодический закон Д. И. Менделеева и его химия», посвятив его памяти Ферсмана. В этом докладе были широко освещены идеи Ферсмана, касавшиеся связи геохимии с законом Менделеева; я особо остановился на диагональных направлениях в периодической системе, столь глубоко и подробно разработанных Ферсманом. В 1955 г. вышли в свет «Очерки по истории геологических знаний» (вып. 4), где был опубликован мой доклад. Еще не раз в своих работах мне приходилось освещать взгляды Ферсмана и о его отношении к менделеевскому наследству. Последнее было подчеркнуто в моей монографии «Прогнозы Д. И. Менделеева в атомистике. Неизвестные элементы» (М., 1977).

Сегодня, вспоминая встречи с Ферсманом, состоявшиеся в 1940—1941 гг., я поверяю ими самого себя: насколько я сам был тогда на высоте, когда беседовал о философии с одним из самых интересных советских ученых того времени.

## К СВЕДЕНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ

В ближайших номерах 1984 года редакция журнала «Природа» предполагает опубликовать следующие статьи:

### **Дуда В. И. АРХЕБАКТЕРИИ.**

Обнаружение новой обширной группы микроорганизмов, занимающей по своим цитологическим, физиологическим и биохимическим свойствам промежуточное положение между двумя известными царствами прокариот и эукариот, можно с полным правом отнести к одному из важнейших открытий современного естествознания.

### **Евгеньев М. Д. ГЕНЫ, НЕ ЗНАЮЩИЕ СВОЕГО МЕСТА.**

Многие нарушения, возникающие у гибридов, полученных при межвидовом скрещивании, можно, по-видимому, объяснить, исходя из представлений о «прыжках» генов с нестабильным положением.

### **Кадомцев Б. Б., Пистунович В. И. ТЕРМОЯДЕРНЫЙ РЕАКТОР-ТОКАМАК.**

Осуществление управляемого термоядерного синтеза — одна из важнейших задач, стоящих перед человечеством. Исследования в этой области ведутся одновременно по нескольким направлениям. Среди них весьма перспективным представляется разработка систем с магнитным удержанием термоядерной плазмы, в частности установок типа токамак.

### **Марков М. А. ПРОБЛЕМЫ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ.**

Процессы с участием элементарных частиц при сверхвысоких энергиях разыгрываются на исключительно малых расстояниях, при которых плотность материи огромна и в полной мере должны сказываться фундаментальная роль и своеобразие гравитации.

### **Милановский Е. Е. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ.**

Назрела необходимость постепенного перехода от традиционного картирования к созданию объемных геологических моделей верхней части земной коры, а в перспективе — и всей литосферы.

### **Моисеев Н. Н. КОЭВОЛЮЦИЯ ЧЕЛОВЕКА И БИОСФЕРЫ: КИБЕРНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ.**

Изучение глобального экологического процесса становится насущной необходимостью, ибо поддержание экологической стабильности в недалеком будущем потребует от человечества всех его интеллектуальных и экономических усилий.

### **Птицын А. Б. ГЕОТЕХНОЛОГИЯ БУДУЩЕГО.**

Огромные отвалы «бедных» руд, которые выросли вокруг многих действующих рудников, можно пустить в дело с помощью экономичного и безвредного гидрометаллургического метода.

### **Флоренский К. П. МЕСТО КУЛИКОВСКОЙ БИТВЫ.**

При определении места Куликовской битвы на правом (как это принято считать сегодня) берегу р. Непрядвы возникают очевидные несовпадения и противоречия с текстом «Сказания о Мамаевом побоище». Они исчезают, если битву и ее ход рассматривать применительно к левому берегу реки.

### **Ярошевский М. Г. О ПРИРОДЕ НАУЧНОГО ОТКРЫТИЯ.**

Процесс рождения нового знания обнажит свои тайны лишь тогда, когда изменения в проблемном поле науки, характер взаимоотношений в научном сообществе и индивидуально-личностные моменты научной деятельности будут рассматриваться в единстве.

## Землетрясения в легендах и сказаниях

А. А. Никонов



Андрей Алексеевич Никонов, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР. Занимается современными движениями земной коры, сейсмотектоникой, древними землетрясениями. Автор нескольких научных и научно-популярных книг. Неоднократно печатался в «Природе».

Не только одни поэты признавали достоверность мифов.

Страбон

Примеры использования фольклора для восстановления исторических событий известны. В гораздо меньшей степени фольклорные произведения использовались для реконструкции событий геологических. Это и неудивительно, потому что филологи обычно слишком далеки от «земных» проблем, а геологи и сейсмологи в большинстве своем довольствуются натурными наблюдениями и измерениями с помощью свойственных их наукам современных методов.

Пожалуй, наиболее яркий пример анализа преданий с точки зрения естественных наук — это геологическое осмысление сказаний о Всемирном потопе. Не углубляясь в эту специальную с богатой литературой тему, заметим только, что есть в этой легенде признаки катастрофического затопления древнего Двуречья после и, возможно, в результате сильного землетрясения. Другой не менее яркий пример попытки связать древнейшее предание с реальными природными событиями представляет эпопея с поисками Атлантиды и реконструкцией обстоятельств ее гибели. Эта тема имеет также необычайно обширную литературу.

В настоящее время, как представляется, приходит пора более широкого

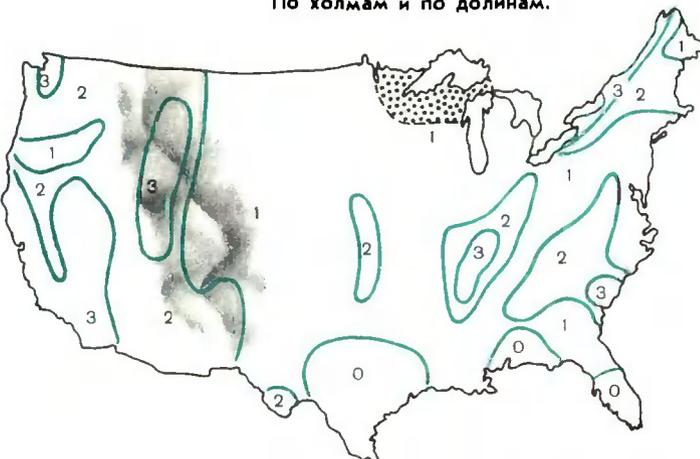
и специального анализа фольклорных и письменных памятников с точки зрения как природных условий, так и природных катаклизмов прошлого. Это объясняется не только возрастающим интересом к прошлому по мере роста общей культуры и возможностей человечества. Дело в том, что все более развивающийся исторический подход к изучению природных явлений способствует выявлению закономерностей процессов и, следовательно, открывает пути к прогнозированию. Это относится и к динамической геологии, и к сейсмологии.

Чем большее число сильных землетрясений прошлого мы будем знать и чем подробнее будут сведения о каждом из них, тем увереннее и правильнее будут наши представления о сейсмической опасности рассматриваемой территории. В этом смысле фольклорные (не говоря уже об исторических) источники еще ждут специального анализа. Конечно, его надо проводить совместными усилиями лингвистов, историков, возможно, археологов, геологов и сейсмологов. Что касается геологов и сейсмологов, то они теперь располагают значительно большими возможностями, чем несколько десятилетий назад. Раньше в лучшем случае можно было надеяться

установить сам факт сейсмического события, отраженного в литературном памятнике. После разработки современной шкалы сейсмической интенсивности стало возможным по отдельным характерным признакам определять ряд основных параметров землетрясения, в первую очередь пространственную локализацию эпицентральной зоны, интенсивность, а иногда и другие. Конечно, при этом трудно рассчитывать получить характеристики этих параметров с той же точностью, что и при современных инструментальных наблюдениях.

Карта сейсмической опасности США. На ней показано место обитания индейцев, чьи легенды легли в основу «Песни о Гайавате» Г. Лонгфелло, и Скалистые горы, где произошло землетрясение, отраженное в «Песне о Гайавате».

-  Зоны сейсмической опасности в порядке ее возрастания
-  Местообитание индейцев
-  Скалистые горы



### ОТЗВУКИ СЕЙСМИЧЕСКОГО СОБЫТИЯ В «ПЕСНЕ О ГАЙАВАТЕ»

Возьмем известную «Песнь о Гайавате» Г. Лонгфелло. Написанная в 1855 г., она основывается на легендах североамериканских индейцев южного берега озера Верхнего в центральной части Северо-Американской равнины. На равнинной территории прерий индейцев беспокоили бури и ураганы, но не землетрясения. Из текста поэмы это можно заключить без труда. Но вот Гайавата попадает в Скалистые горы, «в царство бурь, где на вершинах восседал владыка ветров, престарелый Мэджекивис» (отец Гайаваты). И вот тут-то и появляется описание, для идентификации которого с сильным землетрясением не нужно даже специальных познаний.

Быстро встал тогда, сверкая  
Грозным взором, Гайавата.  
На утес занес он руку...  
Разломил его вершину,  
Раздробил его в осколки.  
Стал в отца швырять свирепо...

...Словно град летели камни  
С треском с Вавбика, утеса,  
И земля окрест дрожала,  
И на тяжкий грохот боя  
По горам гремело эхо,  
Отзывалось: «Бэм-Вавел!»

Вот какая разыгралась  
Битва в грозные дни Ша-Ша,  
В дни далекого былого.  
Но следы той славной битвы  
И теперь охотник видит  
По холмам и по долинам,  
Видит Вавбика осколком,  
По холмам и по долинам!

Строгий читатель выразит здоровый скепсис: «Да, может быть, это и свидетельствует о сильном землетрясении. Но что дает это сегодня в век приборов, автоматических записей, цифровой обработки и дисплейного изображения результатов на экране телевизора или на ленте прибора? Нужно установить не только факт самого события, но и его параметры в количественном выражении.»

Верно. И дело это в ряде случаев не безнадежное.

По тексту Лонгфелло ясно, что действие происходило в Скалистых горах, области высокой сейсмичности и по современным инструментальным данным. По существующей шкале внешних признаков интенсивность землетрясения можно оценить в 9—10 баллов. Филологи и историки культуры могут подсказать возможное время события. Пока что оно не значится ни в одном каталоге.

А вот пример, относящийся к территории нашей страны.

<sup>1</sup> Лонгфелло Г. Песнь о Гайавате. Пер. И. Буннина. Л., 1976, с. 56.

## ГЯНДЖИЙСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 1139 г. В ПОЭМАХ НИЗАМИ

Вся земля сотряслась, туч метнулась гряда.  
Сотрясение земли унесло города.

Так взъерошился дол, так всклокочились  
горы,

Что покрыл темный прах всей лазури  
просторы.

Закрутилась земля. Иль пришел ее срок?  
Стал ее кувиркать разыгравшийся рок.  
Вострубил Серафил<sup>2</sup>, гор низвергнувши  
глыбы,

И напуганный Бык отшатнулся от Рыбы<sup>3</sup>.  
Все оковы небес разомкнулись смогли,  
Свел разгул сотрясения все суставы земли.  
Заградил в ее жилах текущие воды,  
Где поранил хребет, в них закрыл он  
проходы.

Он Юсуфов<sup>4</sup> сражал. Не пугаясь потерь,  
Синей краской<sup>5</sup> окрасил он каждую дверь.  
Все глаза он подвел тяжкой скорби  
сурьюю,

Целый мир он одел безнадежности тьмою.  
Сжал он бедную землю в такие тиски,  
Что огромные скалы разбил на куски.  
Все ломал он стекло. И под небом  
угрюмым

Сотни выступов стен наземь рухнуло  
с шумом.

Тьма сокровищ пропала. Но помним  
дрожа:  
В эту ночь на субботу исчезла Гянджа.<sup>6</sup>

Специалист по землетрясениям без труда заметит в поэтическом тексте вполне реальные приметы конкретного землетрясения. Среди них — разрушение городов, обрушение стен зданий, ломка всей посуды, огромное количество жертв и гибель многих ценностей, крупные нарушения рельефа в горах и долинах, обвалы, камнепады, завалы в долинах, подпрудившие реки. Согласно действующей международной шкале сейсмической интенсивности, по этим признакам сила землетрясения оценивается не менее чем в 9 баллов. Ясно также, что землетрясение произошло в Гяндже (позднее Елизаветполь, ныне Кировабад) на западе Азербайджана. Год не указан, но можно предположить, что событие относится к XII в. просто потому, что приведенный поэтический отрывок

принадлежит крупнейшему поэту средневекового Востока, жителю Гянджи, Низами Гянджеви (1140—1202 гг.).

Приметы, по-видимому, того же землетрясения Низами приводит и в поэме «Хосров и Ширин»:

В мирхабе каменном, а он — устой Ирака,  
И мощный пояс он колонны Алхарака,<sup>7</sup>  
Был старый монастырь, он был — один  
гранит.

Монахи мудрые устроили в нем скит.  
...Уж камня нету ныне.

Исчез и монастырь, как легкий прах  
в пустыне.

Колонны Алхарак скатилась голова,  
У ног ее легла, тут не видна трава.

В одеждах траурных по алоцветным  
взгорьям

Каменьев черный рой сидит, сраженный  
горем.

И в опьянение от стонов их пришло  
Тут небо, об их стан разбив свое стекло.

Круг этих мощных глыб, знай, роком был  
исхлещен,

Как заросли, окрест легли провалы  
трещин.<sup>8</sup>

В этом отрывке легко увидеть описание недавнего (не видна [еще] трава) крупного обвала вершины горы и расстрекивания земли. Название горы точно локализует событие около средневекового города Гянджи. Поэма написана в 1180 г., что позволяет считать событие более ранним, но при написании поэмы еще свежим в памяти.

В отличие от других главных параметров землетрясения, его дату по текстам Низами восстановить не удается. По счастью, в данном случае мы располагаем также историческими свидетельствами о сильнейшем землетрясении в Гяндже. Согласно сведениям нескольких средневековых армянских и арабских историков, в том числе и историка Ибн-Асира (1160—1233), страшное землетрясение в Гяндже и других округах Аррана произошло в ночь на 30 сентября 1139 г. «Самым страшным оно было в Гяндже, которая вся оказалась разрушенной. Погибло бесчисленное множество жителей, говорят, что 230 или 300 тысяч человек. Город Гянджа и область првалились под землю так, как будто их и не существовало. От землетрясения рухнула гора Кяпаз и преградила лоцину, отчего образовалось озеро (Гек-Гель)»<sup>9</sup>.

<sup>7</sup> Алхарак — гора вблизи Гянджи, теперь Кяпас, или Капассидга.

<sup>8</sup> Низами. Пять поэм. Пер. К. Липскерова. М., 1946, с. 83.

<sup>9</sup> Буниятов З. М. — Изв. АН Азерб. ССР, сер. наук о Земле, 1977, № 5, с. 93.

<sup>2</sup> Серафил (Исрафил) — архангел, звуком трубы возвестивший начало Срашного суда.

<sup>3</sup> Рыба и Бык, на которых, по мусульманским религиозным понятиям, покоится Земля.

<sup>4</sup> Игра слов. Юсуф (библейский Иосиф) — идеал мужской красоты и по-тюркски «стонущий».

<sup>5</sup> Траурный цвет у мусульман.

<sup>6</sup> Низами. Искандер-намэ. Пер. К. Липскерова. Баку, 1953, ч. II, с. 23.

Между прочим, озеро существует и по сей день. Его длина около 2,5 км, наибольшая глубина до 100 м, вода из озера вытекает через завал глыб.

Еще более достоверные сведения об этом же землетрясении стали доступны после введения в 1960 г. в научный оборот хроники средневекового армянского историка Мхитара Гоша, бывшего современником и очевидцем события.

По историческим сведениям силу землетрясения теперь оценивают в 9 баллов, т. е. так же, как бы мы оценили по строкам Низами. Так что, хотя Низами и не был очевидцем события (он родился на два года позже) и, вероятно, узнал о нем из устных рассказов земляков, по его поэтическому изложению, даже если бы отсутствовали исторические источники, можно верно судить о землетрясении. Более того, многие важные признаки землетрясения и его последствия (резкие изменения рельефа, огромность глыб, трещины) мы узнаем лучше от Низами, чем от историков. Впрочем, тут надо отметить, что Низами для своего времени хорошо был знаком с физикой и географией.

Ныне в центре Кировабада лежат камни с завала с вырезанными на них строками Низами как памятник природному феномену и выдающемуся представителю средневековой культуры.

### ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КОЛХИДЫ В МИФЕ О ПРОМЕТЕЕ И СКАЗАНИИ ОБ АРГОНАВТАХ

Надо сказать, что известные сейсмические события всегда составляли основу представления о сейсмичности того или иного района, о характере проявления и возможных воздействиях землетрясений, о закономерностях сейсмического процесса. Но лишь сравнительно недавно сейсмология в лице некоторых своих представителей (Г. П. Горшков, Н. Амбрейсиз, Н. В. Шебалин) обратилась серьезно к землетрясениям прошлого. Они стали необходимым элементом в сегодняшней работе. В ряде стран мира, где сейсмология достигла высокого уровня развития, в том числе в США, Великобритании и Японии, регулярно публикуются статьи о древних землетрясениях, составляются и уточняются каталоги землетрясений доинструментального периода. То же наблюдается и в отечественной сейсмологии. Поиски сведений о старых землетрясениях, не ослабевая, продолжают.



Прикованный Прометей и Атлант. Фрагмент росписи чернофигурной лаконской вазы, около 550 г. до н. э. Рим, Ватиканский музей.

Тем не менее до сих пор глазами сейсмолога не прочитаны многие фольклорные произведения.

Широко известен миф о Прометее, по велению Зевса прикованном к вершине скалы и обреченном на жестокие муки. Но нужно заново внимательно прочесть миф, чтобы убедиться, что он имеет прямое отношение к нашей теме: «Он решил хранить свою тайну, даже если вокруг все разрушится. И вот задрожала земля, проревел глухой отголосок грома, молния блещет огненными извивами, прах взвивается вихрем; все ветры, освобожденные от цепей, рвутся на общую битву; поднятое море свлается с небесами, и скала вместе с титаном, при завывании бури, низвергается в пропасть. Целые тысячелетия скованный Прометей, одинокий, томится в мрачной глубокой расщелине скал. По повелению Зевса он опять увидел свет и еще тысячелетия висел он, прикованный к скале, в скифской пустыне, и безжалостный орел раздирал ему грудь и печень»<sup>10</sup>. Если вспомнить, что миф помещал скалу Прометеев на краю тогдашней Ойкумены, к подножию Кавказских гор, и в нем отражены некоторые реальные впечатления первых греческих мореплавателей к восточным берегам Понта Эвксинского (Черного моря), вероятно, еще

<sup>10</sup> Штоль Г. В. Мифы классической древности. Пер. с нем. М., 1865, т. 1, с. 7. (Здесь и далее курсив в цитатах мой.— А. Н.)

в XIII—X вв. до н. э., то мы увидим в мифе неизвестные ранее отражения сейсмических событий на Черноморском побережье Кавказа.

Отголоски сведений о землетрясении в Колхиде можно найти и в сказании об аргонавтах, известном по поэме Аполлона Родосского (295—215 г. до н. э.) «Аргонавтика». Герой мифического сказания Язон (Ясон), наставляемый дочерью колхидского царя Медеей, готовится выполнить его поручение. Он идет в глухую полночь на берег р. Фазиса и там омывается в его быстрых водах. Затем он копает яму и приносит над ней жертву Гекате, могущественной владычице земли, моря и небес. «Когда он после всего этого пошел назад, перед ним явилась страшная богиня, окруженная ужасными огнедышащими драконами, сопровождаемая лаем своих подземных псов. Земля содрогалась под богами, нимфы реки и лугов издавали громкие вопли.»<sup>11</sup> Одержимый страхом, Язон вернулся к кораблю. Вскоре над снежными вершинами Кавказа занялась заря.

По наблюдениям в разных районах известны такие сопровождающие землетрясения явления, как подземный гул и скрежет, водные выбросы, ночное свечение атмосферы или даже воспламенение выходящих по трещинам газов. Все эти явления, отражение которых можно усмотреть в приведенном отрывке текста, свидетельствуют о близком расположении очага. Силу землетрясения можно оценить величиной не менее 5 баллов.

Язон находился близ устья р. Фазис, т. е. современной Риони, поблизости должен располагаться и эпицентр.

Когда могло произойти это землетрясение? Во время похода аргонавтов за золотым руном, который специалисты относят к XIII—X вв. до н. э. О том, что само сказание о походе аргонавтов к берегам Колхиды отражает реальные события, можно судить хотя бы по тому, что ранние античные авторы VI—III вв. до н. э. (Геродот, Эратосфен, Гекатей) описывают действия аргонавтов в Колхиде на р. Фазис как исторические реалии.

Вот и получается, что с помощью мифологического сказания можно получить, пусть с недостаточной точностью, основные параметры самого раннего из запечатлевшихся в человеческой памяти землетрясения в Колхиде.

Колхида не относится к сейсмически активным областям. На новой карте сейсмического районирования она отнесена к семибалльной зоне с возможным повторением семибалльных землетрясений единоразы в тысячу лет. За период инструментальных наблюдений в XX в. здесь зарегистрировано одно семибалльное землетрясение в 1959 г. Однако недавно стали известны исторические сведения о 7—8-балльном землетрясении 1785 г. и еще более неожиданно — о более раннем и сильном.

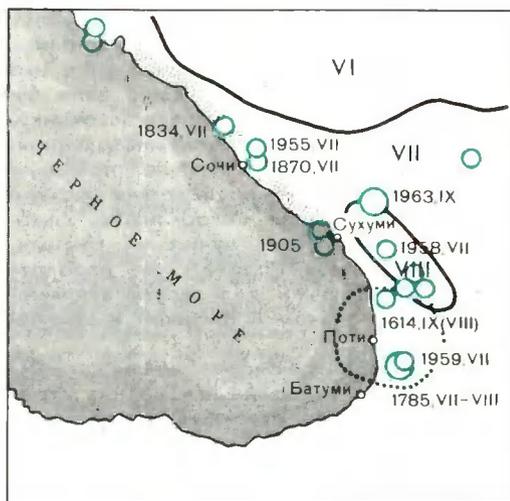


Схема сейсмичности восточного побережья Черного моря и Колхиды, на которой показаны вероятные участки сейсмических событий, отраженных в мифах о Прометее и аргонавтах.

Эпицентры землетрясений с магнитудой:

○ 5—6

○ 6,1—6,5

1983, IX

Год, когда произошло землетрясение, и его максимальная интенсивность в баллах

—

Изолинии интенсивности возможных землетрясений по карте 1978 г.

■

Вероятные районы расположения скалы Прометев

■

Область землетрясения, отраженного в мифе об аргонавтах

При раскопках древнего Цаишского архитектурного комплекса в Западной Грузии археологи установили его разрушение в результате сильного землетрясения. По надписям на иконах восстановленного храма землетрясение относят к 1614 г. Его интенсивность оценивается в 9(8—9) баллов, а эпицентральной зону помещают

<sup>11</sup> Там же, с. 186.

всего в 40 км к северо-северо-востоку от устья р. Риони. А это означает, что в устье р. Риони это землетрясение должно было вызвать сотрясения в 7 и 8 баллов.

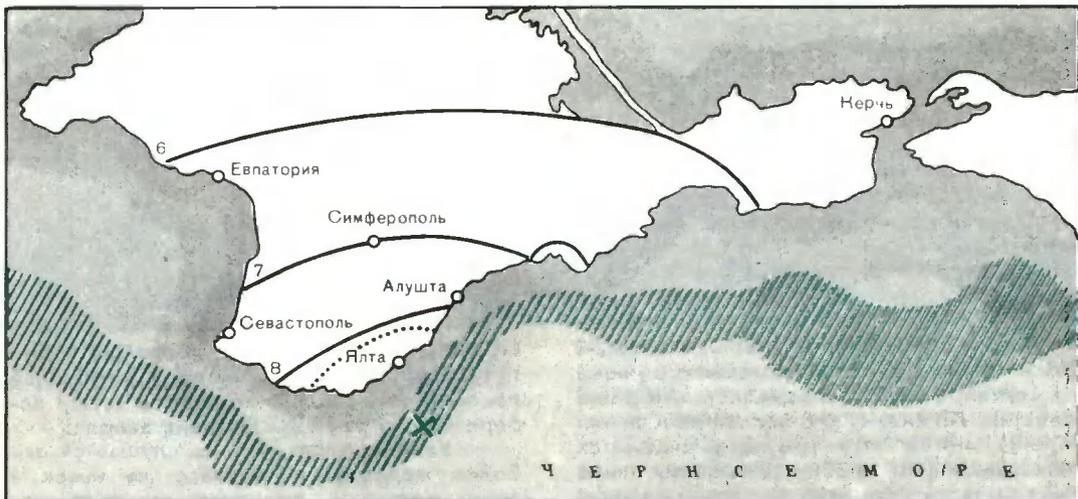
Вот и получается, что Колхида может испытать не только семибалльные толчки, как показано на картах сейсмического районирования, но и более сильные.

Отголоски колхидского землетрясения в сказании об аргонавтах, по-видимому, также надо учитывать при переоценке сейсмического потенциала Черноморского побережья Кавказа.

внимание сейсмологов, а между тем оно как раз содержит интересные для них сведения.

Ифигения, волею богов перенесенная из родной Арголиты на берега Тавриды и исполняющая здесь обязанности жрицы в храме Артемиды, видит сон о родине:

И вдруг удар подземный... Выбегаю  
Из терема и вижу, что карниз  
Обрушился, что крыша вся в обломках,  
Вся на земле... и будто из колонн  
Одна всего осталась в нашем доме...<sup>12</sup>



Сильнейшие землетрясения Крыма 1927 г. (по сейсмическим данным) и 1471 г. (по приметам легенды).

-  Изосейсты сентябрьского землетрясения 1927 г.
-  Эпицентр этого землетрясения
-  Основная сейсмогенная зона в северной части Черноморской впадины
-  Изосейсты 8 [8—9] баллов землетрясения 1471 г. по приметам, отраженным в легенде.

#### СИЛЬНЕЙШИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КРЫМА ПО МИФАМ, ЛЕГЕНДАМ И НАУЧНЫМ ДАННЫМ

Обратимся к Крыму, древней Тавриде, которую древние греки колонизировали в середине I тысячелетия до н. э. Начальный период знакомства греков с Тавридой нашел отражение в мифе, дошедшем до нас в трагедии Еврипида (480—406 гг. до н. э.) «Ифигения в Тавриде». Это хорошо известное драматическое произведение никогда не привлекало

Или то же самое в подстрочном переводе: «Как вдруг земля, как мне почудилось, заколебалась в волнообразном движении, я бегу и, выйдя из дворца, вижу, рушится карниз дома, а крыша лежит в развалинах, упав на землю с вершины поддерживавших ее столбов. И одна только единственная осталась колонна, как показалось мне, в доме моего отца...<sup>13</sup>»

Хотя видение Ифигении относится к родной Греции, но приметы землетрясения столь конкретны, что позволяют считать его реальным событием в месте нахождения Ифигении. Интересно, что древнегреческие изображения этого эпизода на вазах и барельефах IV в. до н. э. — II в. н. э. показывают признаки землетрясения (раскачивающиеся колонны и др.), разрушающего именно храм Артемиды в Тавриде. Да и в тексте самой трагедии есть

<sup>12</sup> Еврипид. Трагедии. Пер. Л. Анненского. М., 1980, т. 1, с. 410.

<sup>13</sup> Шварц А. Н. Еврипид. Ифигения в Тавриде. М., 1896, с. 150.

другие признаки недавнего местного землетрясения.

Если признать приведенный отрывок за отражение местного землетрясения и оценить его интенсивность в современной шкале, то получим силу толчка около 8 баллов.

Проведенный в начале нашего века А. Ф. Семеновым анализ топографических примет позволил ему отождествить местоположение храма Артемиды в земле тавров на современном мысу Фиолент в юго-западном Крыму. Сложные мифа об Ифигении в Греции относят к VII—VI в. до н. э. Соответственно, можно полагать, что в мифе (полностью до нас не дошедшем) отражено сильное местное землетрясение VII—V в. до н. э. у западных берегов Крыма. С начала нашей эры известно только одно подобное землетрясение в западном Крыму, разрушившее стены античного Херсонеса в 480 г.

Конечно, интересно было бы найти такие крупные сейсмические события, для которых легендарные сведения можно было бы сопоставить с реальными наблюдениями и документальными свидетельствами. Такую возможность дает нам Южный Крым. Крымские землетрясения в июне и в сентябре 1927 г. специалистам хорошо известны. По силе (7 и 8 баллов на Южном берегу) они в этом регионе считаются уникальными, ибо подобных по силе и охвату территории землетрясений в исторических источниках для этого региона мы не находим. Но никто из сейсмологов не обращал до сих пор внимания на легенды Крыма. Между тем в одной из них, записанной еще в конце прошлого века, отражено, по нашему мнению, крупное сейсмическое событие.

Вот сокращенная запись этой легенды, сделанная на рубеже XIX и XX вв. «Властвовал над страной Аллах. Узнал он, что жители побережья больше не признают его, и разгневался. Три дня и три ночи клубились черные тучи, гремел гром, бушевало море. Но не испугались люди... Еще пуще разгневался Аллах, полетел на север, снял крепкие цепи с медведя и велел ему плыть в южную страну, чтобы наказать непокорных. Приблизился медведь к берегу там, где лежала деревня Фарос. И такие великие волны поднялись при выходе медведя из воды, что несколько деревень было совсем смыто. Вышел громадный тязель и страшный медведь и двинулся вдоль берега. Своею грузной тяжестью все разрушал он на своем пути. Страшные лапы его раздавливали все, что под

них попадало. Острые могучие когти взрывали землю огромными бороздами, оставляя ряды глубоких оврагов и ущелий. Под тяжестью медвежьего тела поползла земля со склонов гор, обнажились, как кости из-под мяса, твердые каменные недра. Но и камень не устоял перед небывалым грузом, рушился с грохотом скалы и целые горы, рассыпая далеко вокруг груды осколков. На том месте, где ныне простирается город Ялта, Великий медведь пустил в ход всю свою силу. Отдвинулись высокие горы от берега, образовались глубокие долины и широкие котловины там, где прежде стояли высокие холмы и пологие скаты. Так добрался Великий медведь до того места, где раскинулась цветущая и приветливая Паренитская долина... И дрогнуло свирепое сердце медведя. Не станет он больше разрушать этот чудесный край. Он сам останется здесь жить...

Зевнул медведь пересохшей пастью так, что горы задрожали, и сполз к морю воды напитокся. Опустился он на колени, погрузил в голубую влагу свою страшную пасть и стал долго и жадно пить. Грозно бурлило море у жаждущей пасти, высокие волны ходили по всему побережью от тяжкого дыхания зверя...

Увидел Аллах, что не слушается его более медведь. «Оставайся же навек в этом месте», — произнес он свое последнее заклинание. И стали каменные огромные члены... Великий медведь стал Медведь-горой.

Прошло много веков. Вблизи новой горы появились деревни. Только все они держались поодаль, словно боялись окаменевшего медведя: а вдруг тот проснется и снова поползет по берегу, сокрушая все на своем пути»<sup>14</sup>.

Легенда точно отражает реальные приметы сильнейшего землетрясения (они даны курсивом) на Южном берегу Крыма: цунами (по-видимому, неоднократное), сплошные разрушения поселений, срывы и оползни на склонах, обвалы и камнепады, крупные изменения рельефа, последующие толчки — афтершоки. Мы видим здесь все признаки землетрясения и цунами необычайного масштаба.

Сравним крымские землетрясения в июле и сентябре 1927 г., соответственно проявившиеся на Южном берегу с интенсивностью 7 и 8 баллов, с отра-

<sup>14</sup> Легенды Крыма. Симферополь, 1967, с. 50—51.



Изображение сцены из «Ифигении в Тавриде» на греческой вазе IV в. до н. э. Храм Артемиды, возможно, рушится в результате землетрясения.

женным в легенде более древним землетрясением. Наибольшие нарушения поверхности (и повреждения) на берегу по легенде локализируются на протяжении около 50 км между деревнями Форос и Паркентитской долиной, а при землетрясениях 1927 г. — между Алуштой и Симеизом (50 км) и Алуштой и Ялтой (30 км). Иными словами, как размеры наиболее пострадавшей области, так и ее положение близки. По-видимому, большее сходство с положением плейстоценовой области наблюдается у древнего землетрясения и сентябрьского землетрясения 1927 г. И в том, и в другом случае максимальные нарушения отмечаются вблизи Ялты.

В 1927 г. землетрясения сопровождались камнепадами и небольшими обвалами, а при древнем обрушении скал также происходили, но наиболее впечатляющими и распространенными оказались оползни и оплывины. Это можно

объяснить сильной влагонасыщенностью грунта из-за предшествующих дождей (непогода отмечена в начале легенды). По тексту легенды можно допустить, что вблизи Ялты произошли опускания и проседания поверхности вблизи побережья. Выводится также сильное (разрушительное) цунами в начальный период землетрясения. Оба эти явления, возможно, взаимосвязаны и отражают результат резкого опускания подводной части берегового склона. При землетрясениях 1927 г. они не отмечены, цунами в 1927 г. было слабым (до 0,5—1,0 м) и происходило в виде медленного наката волны. Большое число афтершоков заключало то и другое землетрясения.

Опираясь на приведенные признаки и сравнение с проявлениями землетрясений 1927 г., можно принять интенсивность отраженного легендой землетрясения не менее 8 баллов на побережье. Таким образом, определяются близкие значения силы землетрясений, близкое положение и размеры плейстоценовых областей, а следовательно, по-видимому, и очагов.

Время древнего землетрясения можно попытаться определить по упоминанию в легенде о востовании Аллаха. Мусульманство распространилось в Крыму в XIV—XV вв., после закрепления здесь татаро-монголов с конца XIII — начала



Алушка. С гравюры в книге П. Сумарокова «Досуги Крымского судьи, или второе путешествие в Тавриду». СПб, 1805. Глыбы пород на переднем плане могли образоваться при землетрясении 1471 г.

XIV вв. и образования татарского Крымского ханства в 1449 г. С другой стороны, ясно, что землетрясение древнее XVIII—XIX вв., как по контексту легенды, так и по отсутствию описания его в трудах путешественников начала XIX в. Можно думать, что сейсмическое событие легенды произошло до завоевания Крыма турками в 1475 г., поскольку в легенде мы не находим никаких отголосков этого важного исторического события.

Имеются письменные упоминания о землетрясении XV в., но они туманны. Так, польский путешественник начала XIX в. Е. Хоецкий, упоминая о землетрясении XV в., ссылается на хроники и местные предания (нам неизвестные), связанные с борьбой генуэзцев с южнобережными греками. Несомненно, эта борьба происходила до турецкого завоевания, т. е. до 1475 г.

В. Броневский, путешествовавший по Крыму в 1815 г., донес до нас скудные сведения об обрушении крепости над Ялтой и скал на юге Аю-Дага при землетрясении XV в., что подтверждает указания легенды.

Подтверждение сведений о сильном

землетрясении XV в. можно видеть в археологических материалах. Средневековое поселение на территории всесоюзной пионерской здравницы «Артек», как показали раскопки, в XV в. оказалось частично разрушенным крупным оползнем и перекрытым обвальной массой из обломков вдребезги разбившейся прилегающей скалы.

Также в XV в. были разрушены очень крупными обвалами поселения Качи-Кальен в долине р. Качи, Демерджи у подножья массива того же наименования, Аюдагское на юго-западном склоне горы Аю-Даг, Приморское в бухте Ласпи. К этому же времени относятся датированные глыбовые навалы в пещере Ени-Сала-III и в Большой Басманской пещере<sup>15</sup>.

По-видимому, отраженное в легенде и других материалах землетрясение можно отнести, если привлечь недостаточно точные исторические сведения, к 1471 г.

С конца XV в. история Крыма довольно хорошо известна по письменным источникам, и сведений о столь сильных землетрясениях на Южном берегу в них не имеется. Сильных землетрясений не было в Крыму и во времена генуэзского владычества с середины XIII в., т. е. свыше 200 лет, предшествующих 1471 г. Отсюда можно сделать важный вывод, что сильные землетрясения (интен-

сивностью 8—9 баллов и магнитудой, по-видимому, больше 6) повторялись в этой очаговой области с интервалом около 450 лет.

### СКАЗАНИЯ ЯКУТОВ И КЕТОВ

А если подойти к легендам и сказаниям с другой стороны: проверить, в каких областях со слабым обеспечением инструментальных наблюдений за землетрясениями, у каких, ныне живущих на равнинах народов в фольклоре нет богатырей, борющихся с подземными стихиями, а в верованиях отсутствуют духи и в пантеоне — божества, колывающие земную твердь.

Конечно, поднять такую тему под силу только этнографам, мы же остановимся лишь на одном-двух примерах. Возьмем преимущественно равнинную территорию Центральной Якутии. В сейсмологическом отношении она изучена очень слабо, сеть сейсмических станций действует здесь только с 60-х годов нашего века, исторические сведения о землетрясениях случайны и не простираются в глубь времен более чем на 80—100 лет. По всем этим данным, вся Центральная Якутия на большей части течения р. Лены и ее левых притоков оказывается асейсмичной. Но можно ли считать ее сейсмически безопасной? Не случайно ли то распределение землетрясений во времени, которое нам известно по столь неполным данным? До середины и даже конца прошлого века для этой территории нельзя привлечь письменные источники по той простой причине, что у якутов не было письменности. Фольклор для этой территории, таким образом, приобретает значение важного источника информации. Причем исследователи отмечают (многие записи сделаны в XVII—XVIII вв.) богатую и стойкую фольклорную традицию якутов.

Якутские предания свидетельствуют о пожарах, междоусобицах, состязаниях богатырей. Даже о падении так называемого Тунгусского метеорита появились легенды. Однако якутский фольклор ничего не говорит о потрясениях земли.

Иначе говоря, Центральная Якутия, где в основном и формировалась якутская народность в XIII—XV вв., по-видимому, практически свободна от сколько-нибудь серьезной сейсмической активности,

во всяком случае, в течение последних 600—800 лет.

У кетов, которые несколько веков живут в низовьях Енисея, ни в легендах, ни в сказаниях нет никаких намеков на земные катастрофы. Вместе с тем отмечаются другие серьезные события: «год, когда пропала рыба», «год гибели берез и осин» и т. п. Сохраняется память о необычных явлениях в атмосфере: «появился гром на небе, он испустил огонь» (возможно, отголоски падения того же Тунгусского метеорита).

Примечательно, что и на сейсмических картах в бассейне нижнего и среднего течения р. Енисея не отмечено ни одного сейсмического события.

Сильные и катастрофические землетрясения происходят в одном и том же районе редко, особенно по отношению к продолжительности человеческой жизни. Для познания закономерностей их проявления столетний период инструментальных наблюдений совершенно недостаточен.

Произведения фольклора вместе с историческими сведениями позволяют вовлечь в научный оборот столь нужный материал по сильным землетрясениям прошлого. Именно обработанные современными методами сведения о древних землетрясениях могут помочь в решении таких кардинальных для оценки сейсмической опасности отдельных регионов вопросов, как территориальное распределение землетрясений, определение их максимальной в каждом регионе силы, возможные интервалы повторения сильных землетрясений, сейсмоструктурные корреляции и др.

Нет сомнения в том, что рассмотренные выше примеры — это только небольшая часть огромного фольклорного наследия, которое может и должно быть использовано для идентификации и реконструкции природных событий прошлого. С другой стороны, необходимо иметь в виду, что не всякую легенду можно рассматривать как источник сведений об особых явлениях природы. Нельзя не учитывать склонность первобытных и древних народов к преувеличениям, синкретизму, смещению и смешению событий.

Одним словом, серьезное продвижение в использовании фольклора для познания природных событий, в данном случае землетрясений, прошлого возможно при совместных усилиях сейсмологов и геологов с археологами, лингвистами, литературоведами и историками. Время для таких совместных исследований пришло.

<sup>15</sup> Дублянский В. Н., Молодых И. И. Сейсмичность Горного Крыма по данным карстолого-археологических исследований. — В кн.: Проблемы гидрогеологии и инженерного грунтоведения. Киев, 1972, с. 43.



## Дикие животные Южной Сибири

М. Н. Смирнов



Марк Николаевич Смирнов, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Красноярского отделения Всесоюзного научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства им. Б. М. Житкова. Область научных интересов — экология, этология, охрана и хозяйственное использование диких копытных и крупных хищных млекопитающих. Автор монографии: Косуля в Западном Забайкалье. Новосибирск, 1978.

Трудно представить себе, что на просторах сибирских степей, где сейчас можно встретить лишь домашних животных, еще сравнительно недавно кипела буйная дикая жизнь. Мамонты, носороги, верблюды, лошади, бизоны, туры, куланы, горные козлы, бараны, различные антилопы и олени украшали первозданные степи и лесостепи Забайкалья и Тувы, Алтая и Минусинской котловины. Эти звери и составляли основу существования древних народов. Вероятно, люди каменного века, создававшие совершенное по тем временам оружие, жилища, наскальную живопись, скульптуру, добывали крупных опасных животных разнообразными способами. Такие приемы охоты, как облава, загон на лед и в ловчие ямы, применение самострелов, дошедшие до нашего времени, люди использовали многие тысячи лет назад.

Исследование стоянок первобытных людей показывает, что еще в палеолите крупных животных истребляли хищнически, нередко убивая такое количество зверей, которое превышало насущные потребности племени. А с того времени как для верховой езды человек стал применять прирученную лошадь, истребление степных млекопитающих резко усилилось. В соседней с Южной Сибирью Монголии конные облавные охоты на копытных, приносившие обильную добычу, превратились в период

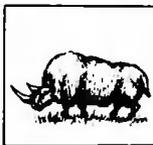
раннего средневековья в грандиозные события с огромным числом участников. Сын Чингиз-хана Угэдэй приказал возвести глинобитные стены, вдоль которых охотники гнали зверя при облавных охотах. Остатки этих сооружений, протяженность которых в Монголии и Китае измеряется сотнями километров, можно видеть и сегодня. У прибайкальских бурят издревле практиковались племенные облавные охоты со строго соблюдавшимися правилами, а должности руководителей облав, видимо, наследовались. Соседствующие с бурятами тувинцы в старину сообща устраивали на тропах диких животных ловчие ямы и загоняли туда зверей.

Популяции крупных копытных выдерживали промысловую нагрузку до конца палеолита, а затем их разнообразие и численность стали уменьшаться. В открытых и, особенно, равнинных местах один за другим выпадали хозяйственно важные виды, причем вначале исчезали самые крупные, медленно размножавшиеся, малопугливые животные. Особенно губительны для степных копытных были многоснежные суровые зимы, когда ослабевшие животные скапливались на небольших участках и становились легкой добычей охотников. Многие обширные кладбища костей животных мамонтового комплекса на территории Сибири, гибель которых связывали с катастро-

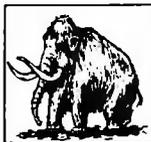
фическими причинами, при внимательном изучении костей были отнесены к кухонным отбросам человека.

Угнетающее действие на растительность открытых пространств, а следовательно, и на популяции диких степных копытных стало оказывать развивающееся в неолите скотоводство. Список потерь нарастал в следующем, весьма приблизительном из-за фрагментарности сведений, порядке: шерстистый носорог, мамонт, верблюд, быки, лошади, козлы, антилопы, бараны, олени.

Естественные изменения природных условий в южносибирских степях не были главными причинами в исчезновении зверей, так как в плейстоцене эти изменения носили циклический характер: похолодания чередовались с потеплениями и до появления здесь человека, но звери их благополучно переносили. Незначительные изменения фауны могли происходить в межледниковое время из-за развития участков лесостепи в степной зоне. Однако «мамонты», шерстистые носороги, сибирские бизоны и лошади могли бы вполне благополучно существовать и ныне в целинных ландшафтах забайкальской холодной и сухой степи и в ряде других мест<sup>1</sup>. В одомашненном состоянии в Южной Сибири и по сей день благополучно существуют потомки дикой лошади, тура, яка, верблюда. Совсем недавно в кочевом хозяйстве местные жители не содержали животных в сараях или хлевах и ничем не подкармливали их; следовательно, условия существования домашних животных и их исчезнувших предков почти не отличались.



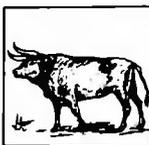
**Носороги** и мамонты жили в Сибири 300—200 тыс. лет назад, в то время как человек начал широкое освоение края только 30 тыс. лет назад, и спустя несколько тысячелетий гигантские звери, служившие источником пищи людей, исчезли. До появления первобытного человека эти гиганты практически не имели врагов, смертность взрослых наиболее продуктивных животных не была значительной. Человек же истреблял зверей любого возраста. Например, на месте древнего поселения Костенки, жители которого охотились на мамонтов, преобладали останки 10—40-летних зверей.



Подтверждение вины человека в исчезновении мамонтов и носорогов мы видим на примере современных гигантов животного мира. В смертности слонов даже самые крупные хищники играют малозаметную роль, но при их низком воспроизводстве охота может нанести непоправимый урон. «...Годовой прирост у слонов составляет не более 6%, а это значит, что отстреливать их вообще нельзя<sup>2</sup>. Очевидно, шерстистые носороги, как и современные их родичи, достигали половозрелости лишь в 3—6 лет, а их единственный детеныш рождался один раз в 3—5 лет. При столь низком воспроизводстве особенно страдали от охоты первобытного человека популяции мамонта, малочисленные на юге Сибири даже в сравнении с носорогом.



**Верблюды** в окружении диких копытных изображены художниками бронзового века на скалах горы Бага-Зара в долине р. Селенги (Южное Забайкалье). Анализ петроглифов Тувы дает основание утверждать, что дикий верблюд в I тысячелетии до н. э. являлся для племен, населявших Западную Туву и сопредельные территории, обычным объектом охоты. Судя по наскальным изображениям, обнаруженным близ Кош-Агача и в южных отрогах Талдуайра, верблюды обитали в это же время и в степях Горного Алтая. По-видимому, алтайские урочища, обозначенные топонимами «Темелик», «Тумулюк» (буквально — имеющий верблюд) — места прежнего обитания диких верблюдов. В Сибири верблюды были истреблены, очевидно, на рубеже нашей эры. Граница современного их распространения находится в Заалтайской Гоби (Монголия), где численность составляет всего около 400 особей.



Изображения диких быков — туров, — датируемые эпохой бронзы, обнаружены на берегу Енисея (в Саянском каньоне) и в устье р. Тубы. На скалах небольшого горного массива, разделяющего Чуйскую и Сайлюгемскую степи, найдены рисунки быков, относимые к периоду от раннескифского

<sup>1</sup> Томирцаро С. В. Мамонтовая фауна и среда ее обитания в антропогене СССР. Л., 1977, с. 70.

<sup>2</sup> Гржимек Б. Для диких животных места нет. М., 1977, с. 40.

до древнетюркского времени (V в. до н. э.— VIII в. н. э.). На скалах Чурук-Малдыг-Хая (Тува) среди других диких животных есть изображение быка, по внешнему виду — первобытного тура, относящееся к VI в. до н. э.— первым векам н. э.

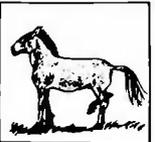


В южной Бурятии диких быков изображали охотники неолита и бронзового века; рисунки первобытного тура и бизона недавно найдены на скалах Баргузинской долины.

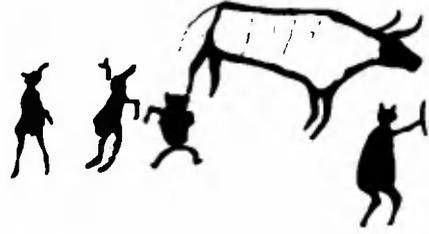
Этих могучих животных добывали охотники, жившие в долине Хилка в эпоху, непосредственно предшествовавшую неолиту. Бизоны обитали в южносибирских степях вплоть до VIII—X вв. н. э., а туры окончательно исчезли в средние века. На берегах Енисея (в Хакасии) бизоны существовали в конце неолита. Интересное упоминание о «диких буйволах» (вероятно, турах или бизонах) содержится в Монгольской хронике 1240 г. Один из военачальников Чингиз-хана, посланный покорить лесное бурятское племя хори-туматов, жившее в Забайкалье, направил своих воинов «по тропе, проложенной дикими буйволами»<sup>3</sup>.



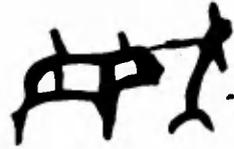
Байкальский як был обычным зверем степей Южной Сибири и существовал здесь, как и забайкальский бубал, почти до рубежа нашей эры. Останки бубала обнаружены на Алтае в Пазырыкских курганах, воздвигнутых около 2,5 тыс. лет назад. Среди выбитых на камнях береговой полосы Енисея (святилище Мугур-Саргол) изображений дикого яка есть, видимо, и принадлежащие к эпохе бронзы, и к значительно более позднему времени.



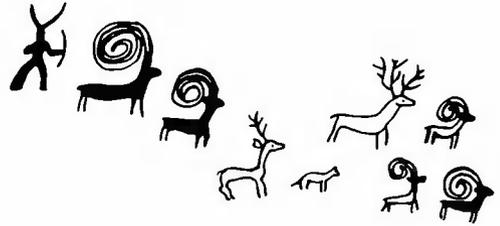
Ископаемые останки диких лошадей — лошадей Пржевальского — встречаются в долине р. Ангары с палеолита до времен поздних тюркских захоронений. Охотники второй половины верхнего палеолита добывали лошадей в Западном Забайкалье, а в бассейнах Онона и Аргуни дикие лошади (тарпаны) существовали еще все



Сцена охоты на первобытного тура. Минусинская котловина; верхний палеолит — неолит.



Охотник, добывающий раненого молодого бизона. Баргузинская долина; эпоха бронзы.



Сцена охоты на диких баранов и маралов. Долина р. Абакан; X—XVIII вв.



Всадники, преследующие маралов. Долина р. Еланга, Горный Алтай; бронзовый — железный век.

<sup>3</sup> Козин С. А. Сокровенное сказание. Монгольская хроника 1240 г. Т. I. Введение в изучение памятника. М.— Л., 1941, с. 175.

XVIII столетие. Обнаруженные Н. М. Пржевальским в 1879 г. в Джунгарии жалкие остатки (он наблюдал всего две небольшие группы) былых многочисленных табунов диких лошадей, вероятно, окончательно угасли в наши дни. Вытесненные человеком в пустыни, лошади оказались обреченными на гибель.



В урочищах Туок - Гобо, Оюм, Чаган-Бургазы (Горный Алтай) на скалах есть изображения кулана рядом с другими дикими степными животными. Рисунки эти, вероятно, относятся к позднему неолиту или ранней бронзе. Фигуры куланов встречаются и среди петроглифов Минусинской котловины, кости его найдены в долине Енисея, ниже устья р. Абакана, на стоянке человека андроновской культуры (XVIII—XIV вв. до н. э.). На каменном обелиске скифо-сарматского времени (VII в. до н. э.— первые века н. э.), найденном в Уюкской котловине (Тува), среди фигур оленей и других копытных изображена лошадь, которая, судя по тяжелой голове и тонкому сравнительно короткому хвосту, должна быть отнесена к кулану. На территории верхнего Приангарья, близ побережья Байкала, куланы жили 800—1000 лет назад, судя по останкам животных, найденным в пещерах Байкала. В Минусинских степях куланы обитали в III в. н. э., на скалах же Кудинской степи (правобережье Ангары) сохранились изображения куланов, относящиеся к эпохе курыканов (VI—X вв. н. э.). Фрагменты конечностей куланов обнаружены при раскопках тюркских поселений VI—XI вв. на речках Унга и Куда. Память о недавнем обитании кулана сохранилась в названиях нескольких урочищ Кудинской степи: Хулун, Кулун, Кулунтай. В Забайкалье куланы были многочисленны не только в позднем палеолите, но даже много веков спустя, в неолите и ранней бронзе, оставались одним из основных объектов охоты населения степей и лесостепей. О водившихся в Юго-Восточном Забайкалье «диких ослах» (по-видимому, куланах) упоминал Марко Поло, побывавший в Монголии в конце XIII в. Д. Г. Мессершмидт 18 августа 1724 г. добывал куланов на р. Борзе, а П. С. Паллас еще застал куланов по всей русско-китайской и русско-монгольской границе вплоть до Абагайтуя. В середине XIX столетия куланы уже появлялись в степях Восточного Забайкалья только в отдельные годы, заходя из Монголии и Китая. Монгольский кулан,

обитавший в Южной Сибири, сейчас вытеснен человеком в пустынную зону Монголии, численность его оценивается в несколько тысяч. Дальнейшая судьба зверя целиком зависит от доступности для него водных источников, которые здесь встречаются крайне редко.



**Сибирский горный козел**, обитающий сейчас лишь в труднодоступных участках Саян, Алтая и примыкающих к ним с юга хребтах, прежде был распространен гораздо шире. Звери держались в невысоких горах и мелкосопочнике среди нагромождения камней и отвесных скалистых обнажений. В центре Селенгинского среднегорья, южнее устья Джиды, обнаружена писаница (примерно 2—3-тысячелетней давности) с многочисленными изображениями горных козлов и других копытных, на которых охотились древние люди. Многочисленные изображения козлов найдены в петроглифах Горного Алтая, Тувинской котловины, Западного Саяна. В хакасских наскальных рисунках гор Оглахты в Минусинской котловине изображения козлов встречаются вплоть до XVII—XVIII вв.; в XVIII и, вероятно, в XIX в. козлы были основным объектом охоты тувинцев. Судя по наскальным изображениям, животных добывали самыми различными способами: устраивали засеки и ловушки, загоняли в ловчие ямы, охотились с собаками. Сейчас на юге Сибири горный козел заселяет лишь отдельные участки, численность его продолжает сокращаться, а в некоторых местах он уже исчез. Так, за минувшие 30 лет козлов не стало в районе Телецкого озера.

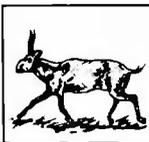


Дикие бараны — **архары** — были обычны в Минусинской котловине 10 тыс. лет назад и, судя по изображениям на скалах, оставались объектами промысла в эпоху неолита, в бронзовый и железный века. В долине Елангаша — наиболее крупном местонахождении петроглифов Горного Алтая — нередки изображения архаров вместе с другими промысловыми животными, обитавшими здесь 3—1 тыс. лет назад. На петроглифах Тувы (X в. до н. э.— X в. н. э.) изображены сцены охоты на архаров. Их силуэты выбиты на скалах Кызыл-Хая в бассейне Абакана и Черного Июса народными хакасскими художниками

в X—XVIII вв. По сведениям ссыльного протопопа Аввакума, бараны были многочисленны по долине Ангары в районе Долгого и Шаманского порогов в середине XVII столетия. В начале XVII в. они обитали по реке Хемчик, в XVII—XVIII вв. водились в Чуйской степи, в конце XIX — начале XX в. еще встречались по южным склонам Танну-Ола. И. Идэс в 90-х годах XVII в. описал облавную охоту у бурят Прибайкалья, особо отметив чрезвычайно высокую численность архаров: «Я сам... на расстоянии четверти мили видел несколько тысяч диких овец, которые, как снегом, покрывали гористые склоны»<sup>4</sup>. Дикие бараны обитали в долинах рек Джиды и Хилок; в бассейне р. Ингода (Восточное Забайкалье) для Мессершмидта в 1724 г. был добыт взрослый баран. Сорок восемь лет спустя в горах Адун-Чолон архаров встречал и добывал для своей научной коллекции Паллас, но он был последним из ученых, кто наблюдал диких баранов в Забайкалье. Сейчас бараны обитают в западном Прихубсугулье, недалеко от Тувы и Бурятии, и периодически появляются в верховьях рек Оки и Иркуты. В 50—70-х годах местные жители отмечали следы пребывания архаров вдоль р. Хусын-Гол (правый приток р. Тэс, Тувинская АССР) на границе с Монголией. Остатки когда-то многочисленного стада архаров Южной Сибири доживают свои последние дни в юго-восточной части Горного Алтая и соседних с ним участках Тувы и Монголии — наиболее труднодоступных районах. Численность животных составляет всего около 400 особей. Бараны, в прошлом обычные обитатели равнин и среднегорий, истреблены человеком и теперь сохранились лишь в горах на высотах 2—3 тыс. м над ур. м. Там, где некогда обитали архары, остались лишь селения, носящие монгольские и бурятские названия диких баранов: Убур-Аргали, Аргали, Аргалей.

В Горном Алтае (долина р. Елангаш) и в западной части Тувинской котловины есть наскальные изображения оронго, который теперь встречается на северной окраине Тибета. Вероятно в VII—VIII вв. ареал этого зверя простирался гораздо севернее. Фигурки небольших животных, напоминающих оронго, выбитые

примерно в конце I тысячелетия н. э. в скалах гор Арца-Богдо (Гобийский Алтай), недавно были найдены А. П. Окладниковым.



Судя по находкам костей в кухонных отбросах палеолитических и неолитических поселений Забайкалья, сайгак наравне с дзереном и дикой лошастью был одним из основных промысловых млекопитающих в X—III тысячелетиях до н. э. Кости сайгака найдены также в погребениях XVIII—XIV в. до н. э. в Минусинской котловине. Даже в наше время, в 1720 г., путешественник Д. Белл видел в селенгинских степях «превеликие стада» сайгаков и наблюдал коллективную охоту на них. В это же время сайгаки водились и в даурских степях, но численность их была невелика. До начала XVIII столетия они встречались также в предгорьях Алтая, тогда же или несколько позднее тувинские охотники промыслили сайгака в районе Сайлюгема. Сейчас сайгака в Сибири нет — обитает он на юго-западе Монголии (не более 300 особей) и в Казахстане.



Дзерен издавна входил в териокомплекс степей Южной Сибири. На огромном пространстве от Алтая, Тувы до Восточного Забайкалья и Баргузинской котловины он был объектом промысла степных охотников палеолита, неолита, бронзового века. В средние века дзеренов добывали сотнями на традиционных облавных охотах. В конце 70-х годов XIX в. табуны дзеренов до 200 голов встречались в Тувинской котловине в 30—40 км от слияния рек Бий-Хем и Каа-Хем. О былом распространении дзерена в Забайкалье свидетельствуют многие топонимы: в Калганском и Шелапугинском районах Читинской области имеются селения Горный Зерентуй, Большой Зерентуй, Зерен. Вероятно, в Западном Забайкалье эти животные исчезли в XVIII в., однако очень часто забегали сюда вплоть до середины текущего столетия. Эти забеги еще 30 лет назад были настолько регулярными, что в охотуправлении Бурятии существовало мнение, будто дзерены обитают в Кяхтинском аймаке. Мы выяснили, что звери в 40-х годах заходили в долину Хилка, где водились и косули. Некоторые охотники добывали дзеренов, принимая по ошибке за косулю.

<sup>4</sup> См. в кн.: Алексеев М. П. Сибирь в известиях западноевропейских путешественников и писателей XIII—XVII вв. Иркутск, 1941. с. 127

По Онону и Аргуню аборигенных дзеренов не стало в середине XIX в., но зимой по несколько тысяч особей животных забегали сюда. В последнее время они появляются небольшими группами и нерегулярно. В 20-х годах животные были еще многочисленными на сухостепной равнине между хр. Танну-Ола и р. Тэс, в 30—40-х годах изредка проникали и в Тувинскую котловину. В 1950 г. численность вида в Туве оценивалась в 5 тыс. особей. Сейчас постоянного поголовья дзерена в Туве нет. По собранным нами сведениям, в последние 20 лет звери иногда заходят из Монголии группами до 60 особей в район озер Дус-Холь, Шара-Нур, Тере-Холь. В марте 1979 г. мы специально обследовали эти места с вертолета и дзеренов не встретили. Лишь эпизодически появляются дзерены на Алтае.



На рубеже нашей эры в полупустынных участках Тувинской котловины, возможно, обитали джейраны; их изображения встречаются среди петроглифов Западной Тувы.

Жители тех мест в позднее средневековье охотились на джейранов в верховьях р. Кобдо и в районе Сайлюгема.

Судя по многочисленным источникам, в лесостепи и степи Южной Сибири в продолжение всего голоцена встречались благородные олени, лоси, косули, кабаны. Население лесостепного Забайкалья охотилось на этих животных в позднем неолите и ранней бронзе. В поселениях Арын-Жалга и Чиндант на р. Онон (IV—III тысячелетия до н. э.) вместе с костями степных животных обнаружены останки северного оленя.



Писаницы лесостепи бассейна Селенги, датируемые бронзовым и ранним железным веком (1,5—0,5 тыс. лет до н. э.), несут изображения, главным образом, лосей,

изюбрей, косуль, а также северных оленей и кабанов. Нередки сцены коллективных охот на этих животных. Петроглифы степей Минусинской котловины и Горного Алтая изобилуют рисунками лосей и маралов. Эти же животные, а также кабаны фигурируют (вместе с горно-степными видами) и в наскальной живописи Тувинской котловины. Иногда группы тувинцев кочевали вслед за маралами и косулями, кото-

рые на зиму уходили с Алтая в казахскую степь, а весной возвращались, переправляясь через Иртыш, где их подкарауливали охотники.



В XVII—XVIII вв. косули, благородные олени, лоси, кабаны еще держались в лесостепи и степи Прибайкалья и Забайкалья, и на облавах их добывали местные охотники. Оленеобразные и кабаны исчезли из открытых мест, по-видимому, несколько позднее, чем настоящие степные животные. О том, как истреблялись копытные в лесостепях, можно судить по тем страшным погромам, какие устраивались там в XIX в. «В абаканской лесостепи... множество лосей, маралов, косуль было убито в многоснежную зиму 1840—41 гг. В горах выпал такой глубокий снег, что копытные спустились в долины и почти все были истреблены. Амбары заполнились лосятиной и оленьиной, которыми кормили даже собак»<sup>5</sup>. В 1879 г. жители дер. Балаганки (Иркутская область), имеющей 50 дворов, охотясь по насту, взяли средним числом по 30 штук на двор, следовательно, погублено было до 1500 косуль за несколько дней. Зато после такой бойни 3 года не выдывали косуль. Вся эта масса погубленного зверя состояла в основном из самок.

В южном Приононье изюбры и кабаны, по сведениям Н. В. Некипелова, изредка встречались в лесостепи и в XX в. Дольше остальных крупных зверей по заросшим кустарником оврагам, отдельным островкам леса, поймам речек держалась в степной полосе косуля. В таких же местах Восточного Забайкалья и Тувы животные попадались еще в 60—70-х годах XX в. Сейчас численность косуль и других копытных неуклонно снижается даже в горных участках лесостепи.

Очевидно, популяции лишь немногих видов диких степных копытных Южной Сибири дожили до XVIII—XIX вв. и были последними в многотысячелетнем существовании животных. Подорванное обильными охотами скотоводов, аборигенное поголовье этих зверей окончательно исчезло (на равнинах) в период начавшегося развития земледелия. Те из животных, кото-

<sup>5</sup> Кириков С. В. Промысловые животные, природная среда и человек. М., 1966, с. 255.

рые встречались позже, как правило, забегали из Монголии.

В настоящее время почти все степные пространства Южной Сибири фактически лишены диких копытных. Не осталось ни одного из 15 видов животных, обитавших здесь всего от десяти до двух веков назад. Земли, прежде заселенные ими, в значительной степени изменены: до 50% территории степей и лесостепей считаются сельхозгодьями, 10—20% их распашаны. Только 3—6 видов домашних копытных содержит местное население. В процессе одомашнивания эти животные потеряли ряд адаптивных особенностей, свойственных диким зверям, содержатся не всегда правильно и поэтому растительность используют зачастую нерационально. В местах развитого овцеводства, на интенсивно используемых пастбищах наблюдаются явления пастбищной депрессии: овцы выедают растения до корней, возможность естественного возобновления трав полностью исключается, пастбище превращается в оголенный участок земли, открытый действию ветровой эрозии. Немалые пространства степей выглядят «опустыненными». По словам Ю. Одума, «человек проявил поистине фантастическую способность к злоупотреблению ресурсами степи»<sup>6</sup>.

Можно ли при современном состоянии сибирских биогеоценозов вернуть хотя бы некоторых из прежних животных? Да, пока еще такая возможность есть. А будет ли от этого какая-то польза для человека-прагматика, кроме той, что мы сохраним исчезающих или уже исчезнувших в Сибири копытных? Несомненно, и можно убедиться в этом. Например, реакклиматизация исчезнувших по нашей вине копытных зверей, трофические ниши которых сейчас пусты, поможет сохранить и даже повысить продуктивность пастбищ. Степная растительность не будет использоваться односторонне, поскольку для разных видов диких травоядных пищевыми ресурсами служат различные комплексы растений. Поэтому в одном месте может обитать значительное число видов копытных, не изменяя и не нарушая фитоценозов. К тому же, и это очень важно, аборигенные виды диких копытных дают больше продукции с единицы площади, чем домашний скот на таких же точно участках. Исследованиями американских экологов в последние годы установлено, что весьма полно и эффективно используются пастбища прерий при

одновременном выпасе нескольких видов копытных, включая диких и домашних, например бизонов, вилологов, крупный рогатый скот, овец<sup>7</sup>. Прекратится ненормальное «культивирование» тех растений, которые не поедаются домашними копытными. Вероятно, в степях и лесостепях Сибири также могут сосуществовать некоторые виды диких и домашних травоядных. Известно, например, что между дзереном и домашним скотом не возникает острой конкуренции при совместном использовании пастбищ. Кулан спокойно относится к овцам, а с домашними лошадьми иногда вместе пасется; может держаться в непосредственной близости к крупному рогатому скоту, джейранам, сайгакам; терпимо относится к человеку, технике. Не боятся домашних копытных и нередко пасутся рядом с ними сибирские горные козлы и архары.

Возрождение исчезнувших в Сибири копытных вначале должно пройти стадию полувольного разведения на строго охраняемых территориях. Однако, как это ни парадоксально, в степных и лесостепных ландшафтах Южной Сибири, испытывающих сильнейшее отрицательное воздействие со стороны человека, таких охраняемых территорий нет. Все шесть имеющихся здесь заповедников являются преимущественно горно-таежными со значительной долей альпийских ландшафтов. Поэтому уже сейчас необходимо создать сеть заповедников в сибирских степях и лесостепях. Медлить с этим нельзя и по той причине, что многие степные и лесостепные формации Южной Сибири являются реликтовыми.

На первых порах во вновь созданных заповедниках можно было бы восстановить архара, дзерена, кулана (получив их, например, из Монголии) и, быть может, сайгака. Очевидно, вначале животных, которые хорошо переносят неволю, придется содержать в вольерах. Известно, например, что в прошлом веке дзеренов в полудиком состоянии держали в больших парках-загонах под Пекином, а методика загонно-вольерного содержания куланов, нормально живущих и размножающихся в неволе, разработана в Аскании-Нова. Разумеется, следует опираться на опыт разведения животных в резерватах Барса-Кельмеса, Аскании-Нова, питомниках США и Великобритании.

<sup>6</sup> Одум Ю. Основы экологии. М., 1975, с. 533.

<sup>7</sup> Kautz J. E., Van Dyne G. M.—Proc. 1-st Int Rangeland Congr. Denver, Colorado, USA, 1978, p. 438.

На охраняемых участках целесообразно было бы воссоздать по возможности весь комплекс аборигенных млекопитающих — устойчивые сообщества степи. И если человек не возьмется снова за истребление, то копытные, выпущенные на волю, смогут в дальнейшем заселить пригодные для их обитания биотопы и вне резерватов.

С нашей точки зрения, заповедными территориями Южной Сибири должны стать последние убежища исчезнувших степных копытных. От числа резерватов, где начнется содержание и разведение диких копытных, зависит судьба дела: чем больше будет таких участков, тем вероятность сохранения редких животных больше. Размеры каждого из заповедников должны быть (в зависимости от конкретных местных условий) не менее 500—800 тыс. га. Для полувольного разведения дзерена, кулана и сайгака в Читинской области мы предлагаем заповедать территорию между р. Онон и озерами Барун-Торей и Зун-Торей. Архара желательно реакклиматизировать в горах Адун-Чолон и, вероятно, в уже существующем Сохондинском заповеднике. В Бурятской АССР целесообразно заповедать западную часть Заганского хребта для сохранения и изучения комплекса лесостепных животных — козули, изюбря, кабана, а также для полувольного разведения дзерена. Северные склоны Джидинского хребта могли бы стать территорией для восстановления архара, сохранения и изучения козули, изюбря, кабана. В Тувинской АССР есть два участка для заповедания — район озер Шара-Нур, Дус-Холь, Тере-Холь (в междуречье рек Тэс — Нарин-Гол) и юго-восточная часть хребта Сангилен. В степном участке можно организовать полувольное разведение дзерена, сайгака, в горах реакклиматизировать архара, обитавшего здесь совсем недавно, а также осуществить охрану и изучение сибирского горного козла. И, безусловно, нужен заповедник на хребте Сайлюгем в Юго-Восточном Алтае, где еще существует реликтовая популяция архара.

Перспективное место для работ по восстановлению степных копытных Сибири — о-в Ольхон на Байкале (площадь 730 км<sup>2</sup>). Значительная часть его территории является реликтовыми степями, флора и фауна которых во многом сходны с монгольскими. В ископаемом состоянии здесь найден архар; возможно, обитал кулан и другие крупные степные звери. Наскальные изображения кулана, датиро-

ванные VII—XI вв., обнаружены в прибрежных степях, отделенных от острова замерзающим зимой проливом. Заповедание острова было бы, с нашей точки зрения, необходимой и разумной мерой. Опыт акклиматизации сайгаков, джейранов, куланов на о-ве Барса-Кельмес показал, что даже эти кочующие копытные могут длительное время существовать и успешно размножаться на сравнительно небольшой территории. Таким образом, о-в Ольхон в будущем может стать источником племенных диких копытных для других заповедников и вольного расселения животных в степях.

Интересно изучить вопрос о реакклиматизации бизонов в лесостепях Приангарья, где они исчезли сравнительно недавно. По мнению известного знатока этой группы животных К. К. Флерова, костные и мумифицированные остатки трупов сибирских бизонов принадлежат животным, совершенно не отличимым от ныне живущего в Канаде лесного бизона. Сибирские горные козлы и дзерены могут быть реакклиматизированы (при условии хорошо организованной охраны) в ряде пригодных для их обитания участков Тувинской котловины.

«Длительная эксплуатация фауны без знания законов, управляющих этой фауной, вопреки этим законам, оставила нам печальное наследство. Глубокие следы векового хищничества могут быть стерты только десятилетиями напряженной работы...»<sup>8</sup>. Безусловно, потребуются много усилий и материальных затрат для восстановления диких копытных, когда-то обитавших в Южной Сибири.

<sup>8</sup> Формозов А. Н. Изменение населения животных человеком. — В кн.: Проблемы экологии и географии животных. М., 1981, с. 11.

## Почему сажа делает каучук прочнее!

**В. В. Мошев,**  
доктор технических наук  
Институт механики сплошных сред  
Уральского научного центра  
АН СССР  
Свердловск

Резина, столь прочно вошедшая в нашу жизнь, используется уже около 80 лет. Однако до сих пор она является объектом пристального внимания исследователей.

По своей структуре резина принадлежит к так называемым композитам — материалам, которые составлены из микроскопических элементов с различными механическими свойствами. Размер отдельных элементов композита во много раз меньше конструктивных размеров изделий. Поэтому, являясь по сути составным, композитный материал внешне воспринимается как некий сплошной, однородный материал с присущим ему как целому комплексом специфических свойств.

Резина, о которой здесь пойдет речь, состоит из двух резко различающихся в механическом отношении материалов: мягкой каучуковой матрицы (сплошной среды), способной выдерживать без разрушения большие (пяти-десятикратные) растяжения, и твердых частиц сажи, имеющих в первом приближении форму зерен или мелких сферoidalных агрегатов, которые достаточно равномерно распределены в матрице и скреплены с нею по поверхности контакта.

Наполнение каучуков сажой на 20—30% по объему существенно улучшает их многие эксплуатационные свойства: повышает жесткость, увеличивает разрывные усилия в 5—15 раз, а предельные деформации в 2—4 раза, повышает износостойкость. Эта полезная модификация свойств каучука получила общее название упрочнения, или усиления. В дальнейшем,

однако, понятие упрочнения мы будем использовать в более узком смысле — как повышение разрывного сопротивления материала.

Эффект упрочнения каучука был открыт в начале нашего века, вероятно, при попытке удешевить резиновые изделия путем подмешивания к дорогому колониальному продукту — натуральному каучуку — дешевого и доступного промышленного материала — сажи.

Однако сам механизм такого упрочнения до сих пор неясен и остается предметом дискуссий. Дело в том, что прочность и жесткость частиц сажи на несколько порядков выше прочности и жесткости каучуковой матрицы, и поэтому она является единственной деформируемой и разрушаемой фазой композитной системы. Следовательно, прочность резины в конечном счете должна определяться прочностью каучуковой матрицы и ее скрепления с частицами сажи. Почему же реально наблюдаемые усилия, при которых происходит разрушение резины, оказываются тем не менее во много раз выше соответствующих усилий в ненаполненном каучуке?

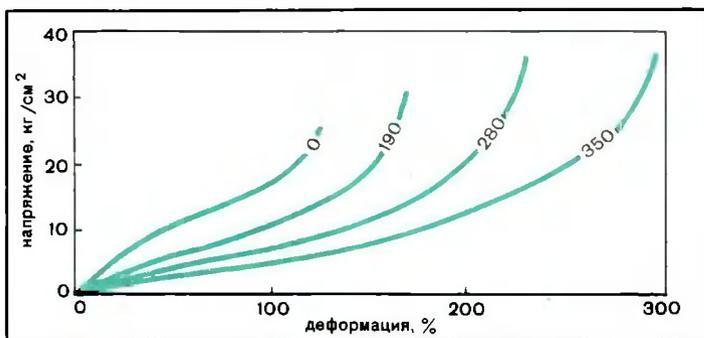
Этот вопрос вызывает тем большее недоумение, что ввод частиц сажи в каучуковую матрицу способствует возникновению в ней крайне неравномерного распределения внутренних микроскопических напряжений, иногда в 10 и более раз превышающих среднюю величину. Поэтому первичные микроскопические повреждения каучуковой матрицы в ходе ее деформирования должны возникать намного раньше, чем в ненаполненном равномерно нагруженном каучуке. Очевидно, что такие повреждения не могут непосредственно способствовать повышению разрывных напряжений в матрице резины. И тем не менее она становится прочнее!

В связи с этим мы должны допустить возможность существования в резине, наряду с механизмами ослабления, также и механизма, или механизмов, повышения ее прочности. Каковы же эти механизмы? Этот вопрос интересует исследователей более полувека, с момента установления эффекта упрочнения.

### ГИСТЕРЕЗИС В РЕЗИНАХ

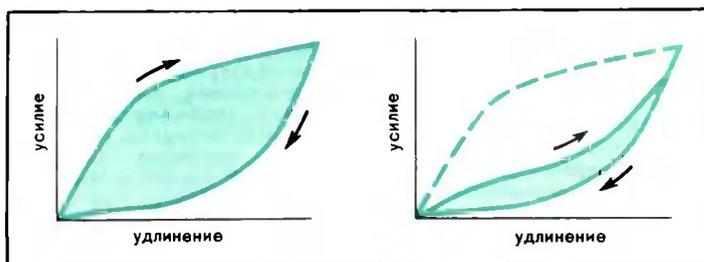
Важная особенность резин — значительная необратимость их механических свойств в ходе деформирования (за исключением начального этапа кривой). Она проявляется в изменении формы кривых, представляющих зависимость напряжения от деформации (растяжения) при повторении опытов на тех же образцах: начальный наклон (модуль упругости) уменьшается, а сопротивление растяжению при подходе к максимальной деформации, достигнутой в предыдущих растяжениях, нарастает. Уменьшение модуля упругости по сравнению с его первоначальным значением отражает тот факт, что в резине накапливаются микроскопические повреждения и ее способность сопротивляться растяжению падает.

Если в циклах испытаний одного образца растяжение доводить до все больших (по сравнению с предыдущими) деформаций, наблюдается все большее уменьшение начального модуля. В то же время крутые подъемы на завершающих этапах деформирования сохраняются, отодвигаясь в область больших деформаций. Область крутого подъема, таким образом, непостоянная (плавающая) величина: каждому значению максимальной деформации прошлого соответствует вполне определенный характер механического поведения, т. е. вполне определенная зависимость сопротивления от растяжения.



Изменение формы кривых, представляющих зависимость напряжения от деформации, при повторении опытов на одном и том же образце, изготовленном из резины. Начальный наклон [модуль упруго-

сти] уменьшается, а сопротивление растяжению растет при подходе к максимальной деформации, достигнутой в предыдущих растяжениях (ее величина в процентах указана на кривых).



Гистерезис в резинах. Зависимость усилия от удлинения существенно изменяется при переходе от растяжения к сокращению, в результате чего и образуется гистерезисная петля. Площадь петли определяет величину «потерянной» работы, которая рассеивается в виде тепла.

Многократное циклическое нагружение резины до некоторого предела (в условиях, исключающих нагрев) приводит к значительному уменьшению гистерезисных потерь — петли становятся узкими (с п р а в а). Сопротивление материала приобретает существенно упругий характер.

Обращает на себя внимание именно сочетание прогрессивного уменьшения начального модуля упругости, свидетельствующего о все более глубокой поврежденности, накапливаемой в каждом цикле, с сохранением способности к повышенной сопротивляемости, но на более поздних этапах деформирования.

Необратимость, непостоянство механического поведения резины проявляется также в несовпадении кривых растяжения и сокращения — гистерезисе. При той же деформации усилие, прилагаемое во время растяжения, всегда оказывается выше усилия при сокращении. В результате возникает так называемая гистерезисная петля, площадь которой есть мера потерянной в цик-

ле «растяжение — сокращение» работы упругих сил, которая рассеивается (диссипирует) в форме тепловой энергии.

Исследование гистерезисных свойств резины установило удивительную закономерность: при однократных испытаниях увеличение удельного веса диссипативных потерь в общей работе разрушения резины всегда сопровождается увеличением ее прочности! Были сделаны даже попытки связать разрушающее усилие с гистерезисными потерями как прямой причиной упрочнения. Опыты по циклическому растяжению и сокращению резины, однако, показывают, что доля гистерезисных потерь при повторных растяжениях до той же нагрузки резко умень-

шается, гистерезисная петля сильно сужается, сопротивление приобретает преимущественно упругий характер, а диссипация как фактор сопротивления становится несущественной.

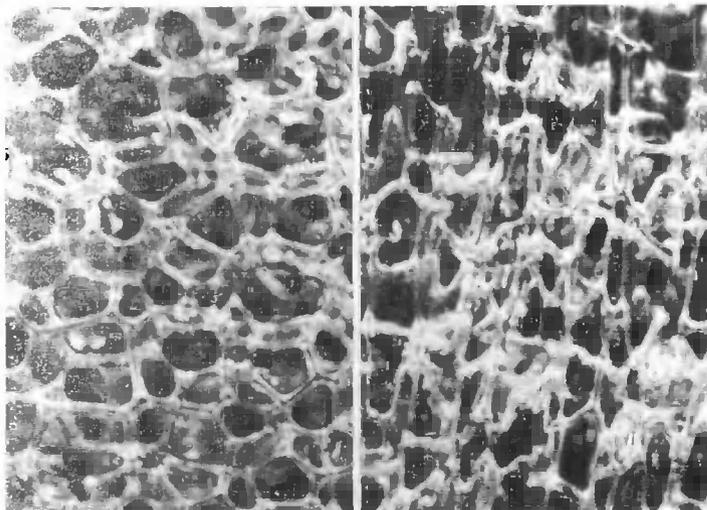
Мы приходим, таким образом, к важному выводу: внутреннее сопротивление в резине создается в основном упругими механизмами и главную причину упрочнения следует искать не в особенностях диссипативных процессов (внутреннее трение и т. п.), а в специфике формирования упругого сопротивления.

### МОДЕЛИ КОМПОЗИТОВ С ПОВРЕЖДАЕМОЙ СТРУКТУРОЙ

Если собрать вместе наблюдаемые и, на первый взгляд, противоречивые факты (накопление поврежденности, уменьшение начального модуля упругости, последующее возрастание сопротивления), то создается впечатление, что не все микроскопические механизмы упругого сопротивления резины включаются в действие сразу, с самого начала деформирования, — некоторые из них начинают действовать позже, но проявляют весьма эффективным образом.

Нетрудно построить простую модель, механическое поведение которой описывается наблюдаемыми на опыте кривыми с увеличивающимся внутренним сопротивлением. Рассмотрим систему упругих нитей, скрепляющих две параллельные планки. Характерная особенность модели — неодинаковая длина нитей, часть которых имеет размер, соответствующий первоначальному расстоянию между планками, а остальные длиннее. Пока расстояние между планками меньше начальной длины нити, ее сопротивление раздвиганию планок равно нулю. Когда же расстояние между планками становится равным длине нити, она начинает противодействовать растяжению, а после разрыва перестает участвовать в процессе.

Закон сопротивления нити (упругий, вязкоупругий, пластичный и т. п.) и закон разру-



Фотографии недеформированной (слева) и деформированной (справа) структуры пенополиуретана. В последнем случае видны многочисленные поперечные направления удлинения связи, которые не нагружены. Разрыв какой-либо ориентированной вдоль оси растяжения связи включает в действие ближайших поперечных связей, которые до этого бездействовали.

шения (хрупкий, вязкий и т. п.) в рассматриваемой модели принципиального значения не имеют. Важно лишь то, что различные нити участвуют в процессе в разные промежутки времени, т. е. происходит постепенная «передача» сопротивления от одних нитей к другим.

Такая модель обладает отмеченными выше свойствами уменьшать начальное сопротивление (в результате разрыва коротких нитей) и сохранять способность к усилению сопротивления при больших растяжениях (за счет нитей с большей начальной длиной). Типовые кривые растяжения и сокращения рассматриваемой простейшей «нитяной» модели в основном отображают поведение зернистых композитов с накапливающей поврежденностью. Однако для них характерны значительные остаточные деформации (разорванные нити при разгрузке не в состоянии вернуть планки в первоначальное положение).

Конечно, прямой перенос описанных выше структур на зернистые композиты вряд ли

возможен: трудно представить, что внутри них существует заранее «заготовленный» набор взаимно независимых элементарных противодействий, «включающихся» и «выключающихся» при прохождении определенных интервалов внешней (макроскопической) деформации. Гораздо вероятнее, что настоящие механизмы «позднего» включения возникают в структуре композита как результат предшествовавшего разрушения наиболее нагруженных связей и вызванной этим перестройки структуры.

Для проверки этого предположения была построена и исследована более сложная, «сеточная», модель со случайной длиной нитей, связывающих узлы. Состояния каждой отдельной связи в сети те же, что и в ранее рассмотренных моделях: нити могут находиться либо в нерастяннутом, либо в нагруженном, либо в разорванном состоянии. Исследование механического поведения таких систем подтверждает высказанное предположение о том, что в текущем внутреннем противодействии внешним нагрузкам участвуют далеко не все имеющиеся в системе связи и перестройка структуры после разрыва наиболее напряженных из них вводит в действие нерастянутые связи и усиливает нагрузку слабо напряженных связей.

Самым близким физическим аналогом теоретической «сеточной» модели являются,

по-видимому, пеноэластомеры ячеистого типа — своеобразные «антиподы» зернистых композитов, которые вместо твердых включений содержат абсолютно мягкие «включения» в виде пор. Испытание таких материалов выявляет полную идентичность их свойств со свойствами сеточных моделей: их гистерезисность почти целиком обусловлена разрывами связей, которые легко воспринимаются на слух как легкие потрескивания. Микрофотографии исследованного пеноэластомера хорошо выявляют систему нагруженных и свободных связей.

Обращаясь вновь к зернистым композитам и исследуя особенности их геометрической структуры и напряженного состояния матрицы, мы находим элементы, сближающие зернистые композиты с сеточной моделью. В этих композитах только незначительная часть объема матрицы (промежутки между соседними частицами, плоскости которых примерно перпендикулярна направлению внешней силы) принимает участие в формировании текущего внутреннего сопротивления. Поэтому структуру зернистого композита можно рассматривать как некий аналог сетки: жесткий скелет из частиц, вкрапленный в более мягкую матрицу. Перемычки между частицами нагружены чрезвычайно неравномерно. Очевидно, что разрушение наиболее нагруженных из них должно приводить к перераспределению усилий в структуре, к включению в действие новых объемов матрицы, которые раньше активного участия в противодействии не принимали. Поэтому можно полагать, что исследование разнообразных сеточных моделей может оказаться полезным и при выявлении закономерностей механического поведения реальных зернистых композитов.

Более того, во всех рассмотренных случаях поведение формальных моделей и реальных композитных систем неизменно связано с тем, что они неоднородны по своим геометрическим и физическим свойствам. Как результат, наблюдается существенная неоднородность микроскопического напряженного состояния «носителя»

прочности матрицы. Эта неоднородность, по-видимому, и предопределяет особенности механического поведения композитной системы. При этом не так важно, каким способом она вызвана: введением твердых включений, пор или иным способом.

Существенная перестройка структуры композита (без немедленного разрушения) возможна только в том случае, когда связи в системе способны в значительной степени деформироваться и поворачиваться друг по отношению к другу. Именно такими свойствами обладают каучуковые матрицы. Видимо, по этой причине специфика механического поведения, которую мы здесь обсуждаем, наиболее ярко проявляется в композитах на каучукоподобной основе: значительное охлаждение резины переводит каучук в стеклообразное состояние и эффект упрочнения исчезает.

#### КАК ЖЕ ПРОИСХОДИТ УПРОЧНЕНИЕ?

Мы уже знаем, что у резин и других аналогичных композитов сопротивление деформированию носит в основном упругий характер и сопровождается накоплением поврежденности, непрерывно изменяющей внутреннюю структуру композитного материала. Изложенные выше модельные представления о происходящих при этом явлениях объясняют многие особенности механического поведения рассматриваемых материалов, однако с их помощью не удается выявить эффект упрочнения каучуков наполнителями. В то же время опыты показывают, что явление упрочнения всегда тесно связано с предварительным, причем значительным, накоплением поврежденности в материале. Поэтому поиск механизмов упрочнения должен быть построен с учетом этого обстоятельства и привлечением дополнительных, пока еще не рассматривавшихся экспериментальных фактов. В связи с этим заслуживают внимания следующие наблюдения. Вокруг частиц сажи в резине образуются так называемый связанный каучук, характеризующийся, как предпола-

гают, более высокой прочностью. Молекулярные механизмы такого процесса мы здесь рассматривать не будем — такое рассмотрение выходит за рамки механики; отметим лишь, что взаимосвязь между количеством «связанного» каучука и прочностью всей системы — опытный факт.

Кроме того, многочисленные наблюдения над различными материалами, способными существовать в «обычном» и «упрочненном» состоянии, показывают, что во всех случаях переход материала в упрочненное состояние сопровождается перестройкой структуры материала, заключающейся в возникновении различных нитевидных образований (фибрилл, волокон, тяжей и др.), и их ориентации по направлению действия внешней силы. На этом свойстве основана технология производства химических волокон, формирование прочных пленок и других конструкционных полимерных изделий прессованием при высоких коэффициентах обжатия. Наблюдения с помощью электронного микроскопа предразрывной структуры резин с сажевым наполнением обнаруживают превращение первоначально сплошного изотропного материала в систему из множества мельчайших волокон с поперечниками в десятки доли микрона.

И наконец, установлено, что эффект упрочнения при вводе зернистых наполнителей наблюдается только в тех случаях, когда размер частиц очень мал (меньше одного микрона), а количество их достаточно велико (20—40% общего объема).

Приняв во внимание отмеченные обстоятельства, можно высказать следующее предположение относительно механизма упрочнения каучуков тонкодисперсными наполнителями.

Применение достаточного количества очень мелких частиц, обладающих громадной поверхностью, превращает значительную долю каучука в связанное, т. е. более прочное, состояние. Вместе с тем применение очень мелких частиц одновременно создает в композите большое количество равномерно распре-

деленных микроскопических разрывов сплошности, способствующих переводу каучуковой фазы из сложного (трехосного) напряженного состояния в систему многочисленных одноосно нагруженных волокон, ориентированных вдоль действия внешней нагрузки, т. е. наиболее эффективным образом. Роль и необходимость предварительного повреждения, по-видимому, как раз и заключается в создании в резине волокнистой структуры.

Возникающие в результате указанной структурной перестройки волокна представляют собой цепочки из сажевых частиц, скрепленных связанным каучуком. Поэтому разрывные усилия таких волокон должны быть гораздо выше соответствующих величин для того же каучука, но в «несвязанном» состоянии. Действительно, микроскопическая прочность рассматриваемой структуры, определяемая произведением числа волокон в единице поперечного сечения на среднее разрывное усилие одного волокна, как показывает опыт, в 5—10 раз выше, чем аналогичная величина в ненаполненном каучуке.

Дополнительным фактором упрочнения, по-видимому, является и то обстоятельство, что разрывы отдельных мельчайших волокон не могут существенно ослабить испытываемый образец (в противовес трещинам в сплошной однородной среде, которые, начав расти, обычно распространяются беспрепятственно на все сечения образца).

Подтвердить или опровергнуть изложенное предположение можно будет, лишь определив механические свойства и прочность связанного каучука и волокон, а также получив количественное геометрическое описание предразрывной волокнистой структуры резины (в первую очередь, число волокон в единице поперечного сечения).

Выявление истинных механизмов упрочнения позволит сократить затраты времени и средств на экспериментальный поиск композитных материалов с заданными механическими свойствами и перейти к расчетным методам их проектирования.

## Компьютеры в теоретических исследованиях

К. Вильсон

Электронно-вычислительная техника давно заняла прочные позиции в научных исследованиях и в промышленном производстве. Первая ЭВМ появилась почти 40 лет назад. За это время сменилось несколько поколений компьютеров. Первое поколение было построено на электронных лампах, второе — на транзисторах. Сейчас широко используются машины третьего поколения на интегральных схемах.

Примерно десять лет назад в развитии электронно-вычислительной техники произошел качественный скачок — появились микропроцессоры, которые по сути дела являются миниатюрными ЭВМ. Микропроцессоры потребляют небольшое количество энергии, тем самым удешевляя эксплуатацию ЭВМ.

ЭВМ четвертого поколения — многопроцессорные вычислительные системы с производительностью в десятки и сотни миллионов операций в секунду. Таких «суперкомпьютеров» пока еще немного — во всем мире всего несколько десятков. Однако уже сейчас обсуждается, какими будут ЭВМ следующих поколений.

Развитие микропроцессоров идет исключительно быстрыми темпами, что предопределяет все более широкое проникновение компьютеров не только в науку и промышленность, но и в нашу обычную жизнь. Становится очевидным, что дальнейший прогресс всего народного хозяйства в целом невозможен без свободного овладения «компьютеризированным» подходом, новым стилем мышления, быть может, в опреде-

ленном смысле мировоззрением. Как отмечает Г. И. Марчук, микропроцессоры в обозримом будущем найдут применение более чем в 200 тыс. различных видов устройств и установок промышленности и бытовой техники. А это уже техническая революция.

Естественно, что столь бурное развитие вычислительной техники, открывая перед исследователями новые возможности, порождает и новые проблемы. Эти проблемы широко обсуждаются в современном научном сообществе.

Статья К. Вильсона, которую мы перепечатываем из журнала «CERN Courier» [1983, v. 23, № 5], выпускаемого Европейской организацией ядерных исследований, — это размышления ученого, глубоко осознающего всю сложность и глобальность проблем, которые встают перед исследователями, стремящимися наиболее эффективно применять все достижения современной вычислительной техники в своей научной работе. Это размышления о будущем развитии вычислительной техники, которое, по-видимому, невозможно без активного взаимодействия ученых, применяющих компьютеры в своей работе, и специалистов, ведущих их разработку и усовершенствование.

Чтобы облегчить чтение статьи, мы снабдили перевод небольшим словарем основных терминов, который по просьбе редакции подготовлен сотрудником Объединенного института ядерных исследований [Дубна] В. П. Гердтом.

В деловом мире происходят бурные изменения, обусловленные все более широким внедрением компьютеров. Эти изменения не всегда осознаются научными и правительственными кругами, которые реагируют на новшества несравненно медленнее.

Быстро сокращается интервал времени, отводимый на развитие и промышленное внедрение новых идей. На примере лазеров можно показать, как этот процесс происходил раньше. Их изобрели более двадцати лет назад, но только сейчас совершается революция в развитии средств связи, обусловленная применением лазе-

ров и оптических волокон. За эти двадцать лет лазеры из научной диковинки превратились в предмет рутинных операций по их промышленной разработке и внедрению. Но теперь, как правило, у нас нет двадцати лет на переход к этим рутинным процедурам, особенно если речь идет о компьютерах. В наши дни на это отводится всего от трех до пяти лет. За этот срок осваивается промышленное производство новых устройств, а затем все нужно начинать сначала, опять с чертежной доски. Под давлением таких обстоятельств становится несостоятельным старый стиль промышленных разработок, когда можно было



Кеннет Геддес Вильсон, профессор Корнеллского университета, член Национальной академии наук США. Одним из первых стал применять современные ЭВМ в наиболее сложных областях теоретической физики. Автор работ по квантовой теории поля, теории элементарных частиц, статистической физике. Лауреат Нобелевской премии по физике (1982).

просто подновить уже хорошо знакомые устройства. Новый стиль требует более глубокого знания научных основ, чтобы продвижение в еще неисследованные области происходило быстрее.

При традиционном подходе промышленные разработки обычно держатся под секретом. Сейчас, однако, дело идет к тому, что ведущим промышленным компаниям нужно как можно раньше узнавать о новых достижениях вне сферы непосредственного производства. Это становится гораздо более важным, чем сохранение собственных производственных тайн. Поэтому они вынуждены реорганизовать свою деятельность таким образом, чтобы люди из других сфер могли свободно общаться с производственниками и снабжать индустрию свежими идеями.

Такие изменения приводят к тому, что роль науки и ученых становится совершенно иной по сравнению с прошлым. Научная деятельность должна в большей степени объединиться с деловой, поскольку практики стремятся воспользоваться результатами фундаментальных исследований и стараются получить доступ к новой информации. Основная область, где процветает такая тенденция, — вычислительная техника. Именно здесь максимально сокращено время, отводимое на промышленные разработки и внедрение их в производство.

Каким образом дальнейшее развитие компьютеров может повлиять на фундаментальные науки? В физике элементарных частиц экспериментаторам приходится изучать события с участием сотен частиц. Большая часть мощности компьютеров расходуется на моделирование процессов взаимодействия частиц методом Монте-Карло. Здесь физиков выручает закон сохранения энергии. В процессах взаимодействия участвуют сотни частиц, но все-таки не миллионы. Однако теоретики уже сталкиваются с новой проблемой: как за короткое время проанализировать все, что изме-

рили экспериментаторы. Участие сотен частиц делает невозможным создание простых аналитических теорий, таких как теория водородного атома или теория вращения Земли вокруг Солнца. Приходится, по крайней мере частично, полагаться на методы моделирования на компьютерах.

Такое моделирование означает, что теоретик имеет дело не с непосредственными данными эксперимента, а скорее с теми факторами, которые предопределили получение именно таких данных. При этом изучаются процессы, происходящие за столь короткое время, что закон сохранения энергии больше не ограничивает число частиц. Сформулирую утверждение более точно: когда имеешь дело с короткоживущими глюонами внутри протона или нейтрона, недостаточно учитывать влияние, скажем, десяти или пятидесяти из них. На самом деле, чтобы в расчетах можно было ограничиться учетом конечно-го числа глюонов, необходимо ввести решетку<sup>1</sup>. Но даже конечная решетка, введенная для протона, должна состоять из тысяч, если не миллионов точек, и в каждой из них находятся глюоны. Здесь также применяются методы Монте-Карло, но для таких вычислений требуется компьютер огромной мощности — намного более мощный, чем применяемый при анализе экспериментальных результатов. Так происходит просто потому, что число объектов, фигурирующих в подобных теоретических исследованиях, гораздо больше числа частиц,

<sup>1</sup> Решетка заменяет непрерывное пространство — время дискретной системой точек. Такой подход к квантовой теории калибровочных полей был предложен в 1975 г. К. Вильсоном и, независимо, А. М. Поляковым (Институт теоретической физики им. Л. Д. Ландау АН СССР). В калибровочных теориях решетка применяется для решения различных задач квантовой хромодинамики. См., напр.: Ребб и К. Решеточные теории удержания кварков. — В мире науки, 1983, № 4. (Прим. перев.)

регистрируемых экспериментаторами. И тут я задумался, действительно ли объективно оправданно использование огромных вычислительных мощностей в теоретических исследованиях.

Когда я оценил объем необходимых мне вычислений, то обнаружил, что нет и не предвидится такого компьютера, который бы мог с ними справиться. Таким образом, первая проблема состоит вовсе не в том, что у меня мало денег, отпущенных на оплату машинного времени. Будь я даже не стеснен в средствах, мне все равно не на что было бы их потратить. Продолжая размышлять дальше, я постепенно пришел к необходимости рассмотреть ситуацию с компьютерами в целом, не только в университетах, но и в промышленности, которая в них очень нуждается.

Одна из проблем — это обучение кадров. Каково отношение большинства физиков к компьютерам? Считается, что достаточно прослушать всего лишь двухнедельный курс программирования на ФОРТРАНЕ, и можно заниматься серьезными вычислениями, будь то машинное моделирование в чисто теоретических исследованиях или анализ экспериментальных данных.

Современное моделирование на компьютерах чрезвычайно близко по своим идеям к экспериментальным исследованиям. Результат его — число, а не идея или формула. Поэтому сначала надо решить, численное значение какой величины имеет смысл получить, и в соответствии с этим планировать моделирование. Это аналогично тому, когда при постановке эксперимента вначале определяются все величины, подлежащие измерению. Далее при машинном моделировании надо проанализировать полученные числа и разрешить те же проблемы, что и при анализе экспериментальных данных.

Никто не решится утверждать, что можно всерьез заниматься физическим экспериментом, пройдя лишь двухнедельное обучение работе с паяльником. А отношение к компьютерам таково, что двух недель упражнений с ФОРТРАНОМ считают вполне достаточным для проведения серьезных вычислений!

Какое же образование необходимо для этого? Оно складывается из двух частей. Первая похожа на обучение экспериментальной физике: несколько лет «подмастерьем», подготовка диссертации, совместная работа с опытным физиком, который знает, как поставить эксперимент, умеет

проанализировать полученные данные и убедиться, что систематические ошибки не уничтожают все результаты и т. п. Такой же круг проблем существует и в моделировании на компьютерах. Поэтому очевидно, что желающие серьезно этим заниматься должны пройти через подобный период ученичества.

Второе слагаемое — обучение искусству программирования в широком смысле, свободному владению программным обеспечением. К этому в научном сообществе относятся с пренебрежением. В то же время научный мир вместе с деловыми кругами и нашими национальными лабораториями создают огромные залежи программ на ФОРТРАНЕ, которые невозможно ни прочесть, ни модифицировать и которые невероятно тормозят научную деятельность. Они пожирают огромное количество человеко-часов, которые можно было бы с большим успехом использовать в других областях. Они направляют исследования в заданное русло, когда хотелось бы сделать что-нибудь совсем новое.

В 60-е годы промышленность и национальные лаборатории США активно создавали эти громадные программы и не слишком беспокоились о том, к чему все это ведет. Примерно к 1971 г. был достигнут предел. Среди огромного количества программ, используемых в американских национальных лабораториях, только немногие созданы в последнее десятилетие.

Как решить эту проблему — вот главный вопрос науки программирования. Как создать крупные блоки программного обеспечения, такие, чтобы, закончив работу, вы наверняка знали, что именно получилось и как это можно потом использовать? Специалисты обсуждают сейчас не программирование на конкретных языках, а методы управления программным обеспечением, пригодные для любого языка. Существует алгоритмический подход к разработке тематического обеспечения и целый список проблем, которые разрабатывались в течение двадцати лет.

Любой аспирант, собирающийся использовать компьютер при подготовке своей диссертации, должен пройти примерно трехмесячный курс обучения в соответствующей области программирования и вычислительной техники. Это обучение надо теснее связать с курсами, читаемыми в колледжах для студентов и аспирантов. Но отсюда вытекает, что надо изменить основы программирования: студент не в состоянии подготовить программу на ФОРТРАНЕ за

время, отводимое обычно на выполнение курсовых заданий.

Далее я хочу остановиться на проблемах использования вычислительных сетей. Многие физики сталкиваются с таким противоречием, как желание поработать в своем институте над экспериментом, проводимым где-либо в другом месте. Или, положим, возникает необходимость побеседовать с коллегами из других научных центров и обменяться с ними данными, программами и т. п. Кроме того, вычислительные сети создают дополнительные возможности, о которых, как я убедился, многие ученые и не подозревают. Я имею в виду межотраслевое общение. К примеру, инженер-электрик в Корнеллском университете готовит курс лекций по архитектуре компьютеров. Он должен рассказать о восьми различных машинах, из которых он хорошо знает ровно половину. Тогда он посылает в ARPANET запрос о незнакомых ему компьютерах. Специалисты по этим машинам отвечают ему также через ARPANET.

По мере того как теоретики все больше используют компьютеры в своей работе, они стараются подходить к своим задачам с точки зрения самых общих принципов и законов. Это верно теперь не только для физики элементарных частиц, где в любом случае используются фундаментальные законы природы, но и для физики твердого тела, прикладной физики, химии, геологии и многих инженерных областей. Все эти люди должны общаться друг с другом, чтобы не «изобретать велосипеды». Для установления подобных контактов необходима вычислительная сеть.

Особенно это важно для облегчения общения научных кругов с производством, где процессы исследования и внедрения приобретают открытый характер. Это означает, что специалисты из промышленности сами ищут информацию, а раньше информация не воспринималась ими, даже когда ее предлагали. Специалисты, занимающиеся исследованиями в промышленности, могут через вычислительную сеть обратиться за помощью в научные организации. Я усиленно проталкиваю в Вашингтоне идею создания такой сети компьютеров для обслуживания всех ученых.

Далее, существует проблема, связанная с программным обеспечением. Эта проблема в итоге тормозит развитие как больших лабораторий, так и промышленности. Я полагаю, что по этой причине не пользовались спросом такие суперкомпьютеры, как Cray-1. Если бы после

бурного прогресса вычислительной техники в 60-х годах спрос развивался нормальным образом, эксплуатация суперкомпьютеров стала бы сейчас обычным делом<sup>2</sup>.

Все трудности программного обеспечения заключаются в одном слове — ФОРТРАН. Существуют пределы, ограничивающие сложность программ, которые можно написать на этом языке. С ФОРТРАНОМ связаны две проблемы. Одна из них состоит в том, что вы не можете на нем читать, а другая — в невозможности его модифицировать. Специалисты по программированию и вычислительной технике годами жалуются на это, но принципиальных улучшений пока не предложили. Сначала они рекламировали АЛГОЛ, затем — ПЛ/1, теперь — ПАСКАЛЬ. Но насколько я могу судить, ни один из этих языков в сущности не разрешил проблем ФОРТРАНА.

Следующая аналогия поясняет суть трудностей с ФОРТРАНОМ. На шестидесяти страницах текста какой-нибудь программы на ФОРТРАНЕ, грубо говоря, содержится столько же информации, как в учебнике повышенной трудности. Если взять этот учебник и переставить в нем все слова, то получится нечто, по качеству напоминающее программу, написанную на ФОРТРАНЕ. Например, чтобы расшифровать большую программу на ФОРТРАНЕ, необходимо постоянно перелистывать распечатку вперед и назад. Можно ли что-нибудь с этим поделать? Я попытался понять, какие из идей науки программирования могут быть по-настоящему полезны, и убедился, что имеются подходы, которые с легкостью вытеснили бы ФОРТРАН, если к ним отнестись должным образом. Но эти подходы пока не приспособлены для научных целей. Они используются в других областях, при управлении базой данных или операционными системами. В то же время программисты, обслуживающие научные исследования, утверждают, что, кроме ФОРТРАНА, им ничего другого не надо, а специалисты в области программного обеспечения ловят их на слове. Более того, для разработки пакетов программ необходим ученый, который действительно понимает, в чем, собственно, нуждается программист, работающий в сфере науки. Этого

<sup>2</sup> О проблемах создания сверхмощных компьютеров и упоминаемых системах ILLIAC IV и Cray-1 см.: Левайн Р. Суперкомпьютеры.— В мире науки, 1983, № 1. (Прим. перев.)

толком не осознают специалисты по программированию.

Я хотел бы дать некоторое представление, каким должно быть программирование для научных исследований. Задача состоит не в том, чтобы полностью изгнать ФОРТРАН. Надо низвести его до уровня символьной формы машинного языка, на котором станет «говорить» только компьютер, но не человек. Тогда не будет играть роли, что на этом языке трудно читать: до этого дело и не дойдет. По крайней мере, в этом не будет необходимости!

Специалисты в области программного обеспечения размышляют над подходом к моделям, которые человечество создавало тысячелетиями для регулирования своих сложных организационных проблем. Они думают над возможностью применения компьютеров к этим моделям. В качестве примера возьмем учебник, т. е. некоторое количество информации, упорядоченной настолько, что книгу можно читать. Представим себе, что мы хотим написать программу, похожую на этот учебник. В первой главе перечисляем уравнения, которые надо решить. (Я рассматриваю проблемы с точки зрения теоретика и потому интересуюсь уравнениями.) Во второй главе приведем численные методы для решения этих уравнений. В третьей главе перечислим граничные условия, а в четвертой — исходные данные. Далее учебник расскажет о методах оптимизации, позволяющих создать сверхбыструю программу для одного из ваших любимых компьютеров. В обычной программе на ФОРТРАНЕ отдельные части каждой из этих различных глав присутствуют в любом замкнутом цикле программы.

Как же будет в действительности работать наша система отдельных глав? Один из способов таков. В конце второй главы, после введения специальных кодов для численных методов, определяются преобразование, подставляющее эти коды в уравнения первой главы. Такое преобразование может заключаться, например, в замене знака интеграла соответствующим кодом — последовательностью символов. Уже существуют системы преобразований, которые очень близки к тому, чтобы выполнять подобные операции. Преимущество таких преобразований состоит в том, что уравнения первой главы становятся частью программы. Если программа изменяется, а уравнения остаются прежними, то программа не пройдет через компьютер. Уравнения должны со-

гласовываться с программой. Если бы они были записаны в старом добром стиле и не являлись частью программы, то они остались бы уравнениями, с которыми программа работала прежде, но не имели бы формы, соответствующей новой программе.

Чрезвычайно важно, чтобы вычислительная система, обслуживающая ученых, отражала специфику научных исследований. Поэтому я учредил в Корнелле проект GIBBS и стал его директором; все же остальные сотрудники будут специалистами по программированию и вычислительной технике. Я надеюсь, что появятся и другие подобные проекты. Очевидно, что один-единственный проект имеет слишком много шансов оказаться неудачным, как это произошло в случае с операционными системами.

Наконец, существуют проблемы с оборудованием. Где мы найдем достаточно мощный компьютер, чтобы взяться за решение актуальных задач теоретической и, конечно же, экспериментальной физики? Главная тенденция в развитии вычислительной техники состоит не в том, чтобы компоненты компьютера функционировали быстрее, но чтобы они становились дешевле. Для получения максимальных вычислительных мощностей не обязательно создавать компьютеры, которые считают все быстрее и быстрее. Достаточно лишь построить множество компьютеров, которые будут работать параллельно.

Идея о необходимости создания систем параллельной обработки на всех уровнях производства все более проникает в промышленность. В связи с этим ученым может представиться блестящая возможность принять участие в этом процессе, выступив на ранних этапах разработок таких систем в роли «подопытных кроликов». Если разработчики будут в курсе появляющихся у нас трудностей, они смогут сделать шаг назад и устранить их. Промышленности нужно одно — создать такие системы, которыми физик сможет пользоваться даже во сне. Тогда они заведомо найдут широкое применение и в повседневной жизни.

Для иллюстрации различных способов параллельной обработки я снова использую аналогию, на этот раз со стойкой для продажи авиабилетов. Первый способ, когда за стойкой находится только один клерк, большого интереса не представляет. Если этот клерк не справляется с работой, авиакомпания может разработать проект, реализация которого должна

привести к появлению за стойкой клерка с четырьмя руками!

Другой подход к параллельной обработке данных — так называемая векторная архитектура суперкомпьютеров. За стойкой находится несколько клерков, а перед ними — очередь пассажиров. Клиент подходит к первому клерку, тот выдает ему билет, и клиент проходит ко второму клерку. Он пишет на билете имя пассажира и передает его третьему клерку. Тот указывает на билете аэропорт назначения и т. д. Получается своеобразный конвейер, поточная линия.

Поточная форма организации функционирует достаточно хорошо, пока все пассажиры нуждаются только в оформлении билетов. Но что произойдет, если один из них захочет отыскать свой пропавший багаж? Конвейер остановится до тех пор, пока один из клерков не кончит заниматься обработкой всех данных, связанных с потерей багажа. Только после этого конвейер снова начнет обрабатывать данные по оформлению билетов. Некоторые из суперкомпьютеров имеют те же проблемы. Они невероятно быстро выполняют операции умножения или сложения, но ряд вычислений проводится в одной-единственной, гораздо более медленной, системе.

Существует еще один подход к созданию систем параллельной обработки, который впервые был применен в компьютере ILLIAC IV. Сейчас он<sup>1</sup> возроден в нескольких коммерческих компьютерах. В этом случае все клиенты при продаже билетов выстраиваются перед клерками в шеренгу, и есть один клерк, который держит в руках мегафон. Он выкрикивает: «Пассажирам подойти к стойке.» Все подходят. Тогда клерк с мегафоном командует дальше: «Выдать билеты!». Затем он последовательно выкрикивает все инструкции по дальнейшему оформлению билетов. И снова, эта система организации дела хороша до тех пор, пока клерки занимаются только продажей билетов. В противном случае появляются в точности те же трудности, что и при поточном методе обработки. Когда пассажир требует найти его багаж, этим занимается только один клерк. Однако он делает это по командам человека с мегафоном, а в данной ситуации эти команды относятся только к нему: другие клерки бездействуют, так как не получают соответствующих указаний.

В реальных компьютерах процессоры связаны таким образом, что каждый про-

цессор может передать информацию только своему ближайшему соседу. Это — наиболее распространенная и быстродействующая схема связи. Для задач с хорошо упорядоченной структурой такая форма организации чрезвычайно эффективна. К таким задачам относятся, например, вычисления по методу Монте-Карло в калибровочных теориях на решетке. Но, скажем, построение сингулярных поверхностей в гидродинамике — проблема иного рода. Здесь условия расчетов в одной точке резко отличаются от условий во всех других точках.

Ни одна из описанных систем организации вычислений не годится для детального анализа экспериментальных данных. Сейчас развивается другая, более перспективная форма параллельной обработки. Однако ее единственная коммерческая реализация стоит очень дорого, а эффективность не соразмерна затратам. Здесь применены те же организационные принципы, которые обычно используются авиакомпаниями. Пассажиры из очереди подходят к любому освободившемуся клерку. Каждый клерк может выполнить любую операцию с билетом, независимо от того, чем заняты его коллеги. Существенное отличие такого подхода от предыдущих состоит в том, что все подпрограммы или замкнутые циклы функционируют одновременно. Каждый процессор в таких компьютерах обрабатывает свои данные самостоятельно в течение длительного времени, пока ему не понадобится вступить в контакт с другими частями вычислительной системы. Это обстоятельство чрезвычайно важно. В свое время специалисты, разрабатывавшие операционные системы для параллельной обработки, неизменно сталкивались со следующей ситуацией. Созданные системы успешно производили параллельную обработку, за исключением того самого момента, когда сообщение должно было передаваться от одного процессора к другому. Реальное время, уходящее на передачу информации, оказывалось в сотни раз большим, чем хотелось бы.

Для повышения эффективности систем параллельной обработки надо придумать, как сократить число обращений одного процессора к другому. В таком случае, прежде чем у процессоров возникнет необходимость «поговорить друг с другом», огромная часть работы будет уже проделана.

В заключение я хотел бы рассказать об одном из подобных вариантов па-

параллельной обработки, разработанном в Нью-Йоркском университете. Технического воплощения эта система пока не получила: смоделированы только основные принципы ее организации. Представьте себе, что за стойкой сидят 4000 клерков, и к ним выстроилась общая очередь пассажиров. В такой огромной очереди неизбежны зазоры, так что до клерков трудно добраться достаточно быстро. Новизна предложенного подхода состоит в том, что освободившийся клерк сам направляется к очереди. Если у очереди вдруг встретятся сразу два клерка, то один из них пождет в сторонке, а другой вызовет из очереди двух пассажиров. Одного он передаст своему товарищу, а другого возьмет себе. Однако при большом числе клерков (4000) каждый из них, временно взяв на себя функции диспетчера, будет вынужден

распределить между своими коллегами определенное число пассажиров, обычно 32 или 64.

По проекту «ультракомпьютер» должен иметь 4000 процессоров и столько же модулей памяти. Там должна быть целая сеть взаимопересекающихся проводов, соединенных в местах пересечений. Это позволит каждому процессору добраться до любого модуля памяти. Если два процессора обратятся по одному адресу, их запросы столкнутся в одном из соединений проводов и объединятся в единый запрос. Задержки не возникнет даже в том случае, когда все 4000 процессоров захотят обратиться к одной и той же ячейке запоминающего устройства. Это может случиться, если, например, все процессоры займутся обработкой одного и того же замкнутого цикла программы.

## Словарь терминов

**Архитектура системы** — совокупность характеристик вычислительной системы, определяющих ее логическую структуру. В архитектуре включаются элементы системы, связи и взаимодействия между ними (например, центральная память, устройство управления, устройство ввода — вывода информации и др.).

**Вычислительная сеть (сеть ЭВМ)** — совокупность ЭВМ, распределенных по некоторой территории и связанных между собой линиями передачи информации. Сети ЭВМ за рубежом начали создаваться в 50-х годах для специальных целей (военное и авиакосмическое применение, биржевые и банковские операции, информационно-справочные службы и т. д.). В конце 60-х годов появились сети ЭВМ для научных целей и для управления крупными научными подразделениями. Пример вычислительной сети — ARPANET (от англ. Advanced Research Project Agency — Управление перспективных исследований), находящаяся в ведении Министерства обороны США. ARPANET вступила в строй в 1969 г. Ее создание потребовало 12 лет работы и обошлось в несколько миллиардов долларов.

**Искусственный интеллект** — создаваемая на базе средств вычислительной техники система, имитирующая решение человеком сложных задач в процессе его деятельности. Этим же термином принято называть направление научных исследований, связанное с созданием систем искусственного интеллекта. В настоящее время особый прогресс достигнут в общении человека с ЭВМ, базирующемся на естественном языке и связанных с этим вопросах речевой обработки информации. К искусственному интел-

лекту традиционно примыкают такие направления использования ЭВМ, как решение игровых задач (шахматы, шашки, го, карточные игры и т. д.) и создание с помощью ЭВМ музыкальных, поэтических произведений и т. д.

**Математическое обеспечение** — комплекс реализованных в ЭВМ алгоритмов, постоянно функционирующих (или готовых к функционированию) и характеризующих ее логические и математические возможности.

**Метод Монте-Карло (метод статистических испытаний)** — приближенный численный метод решения различных математических задач при помощи моделирования случайных процессов и событий. Метод Монте-Карло основан на построении такого случайного процесса, который позволяет найти искомую величину посредством набора вероятностных характеристик (математическое ожидание, дисперсия и т. д.) этого случайного процесса. Считается, что основоположниками метода являются американские ученые Дж. фон Нейман и С. Улам, которые в 1944 г. начали широко применять аппарат теории вероятностей для расчета на ЭВМ параметров реакторов.

**Операционная система** — комплекс программ, осуществляющих управление вычислительным процессом и реализующих наиболее общие алгоритмы обработки информации на данной вычислительной машине.

**Пакет программ** — комплекс программ, предназначенный для решения определенного класса задач, как правило, близких друг другу по содержанию или по применяемым математическим методам. Так, например, созданы пакеты статистической обработки экспериментальных данных, расчета строительных конструкций, летно-технических характеристик самолетов, учета готовой продукции на предприятии и т. д.

Процессоры не просто фиксируют индекс замкнутого цикла, но и увеличивают его на единицу после обработки цикла. Создатели «ультракомпьютера» изобрели операцию, названную «вызови и прибавь» (fetch and add). Когда требование вызвать значение индекса и увеличить его на единицу столкнется и объединится с другим таким же требованием, оно превратится в требование вызвать значение индекса и увеличить его потом на двойку. В результате первоначальное значение индекса пойдет в один процессор, а увеличенное на единицу значение — в другой. Таким образом, процессоры получают различные значения индексов.

Я предчувствую, что проект «ультракомпьютера» является наилучшим с точки зрения перспектив параллельной обработки для научной работы. Искусственный

интеллект, речевая обработка и тому подобные области развиваются в других направлениях. Для них естественны параллельные вычисления на основе древовидных схем. Такая система организации привлекает тем, что она двумерна и очень хорошо может быть реализована на чипах. Такой подход действительно хорош при решении проблем создания искусственного интеллекта, однако он не столь удобен в физике, поскольку должен привести к «заторам», мешающим осуществлению связи между всеми процессорами.

Я не сомневаюсь, что в ближайшие годы мы встретимся со многими устройствами, в которых будут реализованы упоминавшиеся системы параллельной обработки.

Перевод с английского И. Н. Арутюнян.

**Подпрограмма** — часть программы, реализующая определенный алгоритм и оформленная таким образом, что допускает гибкую настройку на входные и выходные данные, называемые параметрами подпрограммы. Позволяет использовать реализуемый подпрограммой алгоритм для различных наборов параметров и в различных местах исходной (головной) программы и других подпрограмм.

**Программное обеспечение ЭВМ** — комплекс программ, описаний и инструкций, позволяющих автоматизировать отладку программ и решение задач на ЭВМ.

**Процессор** — часть вычислительной машины, реализующая процесс переработки информации. В состав процессора входят устройство управления, арифметическое устройство, предназначенное для выполнения арифметических и логических операций, и в ряде случаев запоминающее устройство. Эти устройства объединяются в процессор для выполнения определенного вида обработки информации. Для непосредственного производства вычислений применяется центральный процессор, для управления вводом — выводом данных — периферийный процессор, для переработки информации — управляющий процессор и т. д.

**Суперкомпьютеры** — электронно-вычислительные системы с огромной производительностью (превышающей 20 млн операций в секунду). Первой такой машиной стал компьютер ILLIAC IV, разработанный в конце 60-х годов в Иллинойском университете (США). Его создание обошлось в 40 млн долл., а затраты на его обслуживание составляли 2 млн долл. в год. В 1972 г. этот уникальный компьютер был установлен в исследовательском центре НАСА, где успешно работал до того момента, когда был списан в 1981 г. Возможности ILLIAC IV в решении самых объемных задач метеорологии, аэродинамики и т. д. до сих пор остались

непрезоденными. Сейчас фирмы предлагают два новых суперкомпьютера — Cray-1 и Cyber-205 с производительностью более 100 млн операций в секунду. Их стоимость (в зависимости от комплектации) колеблется от 10 до 15 млн долл. В настоящее время установлено около 40 таких машин.

**Цикл** — участок программы, который многократно используется в процессе вычислений. **Целочисленная переменная** — индекс цикла — служит для нумерации отдельных выполнений данного цикла.

**Чип** (транслитерация английского слова chip — щепка, стружка) — микросхема, содержащая до  $10^3$  различных полупроводниковых элементов (транзисторов, диодов и т. д.). Конструктивно чип оформлен в виде отдельного блока (с линейными размерами порядка одного или нескольких сантиметров) чаще всего на основе кремниевых кристаллов. Чип представляет собой сложную интегральную схему и имеет многочисленные выводы. Из чипов конструируются современные электронные приборы и, в частности, ЭВМ. Чипы являются основными элементами микропроцессоров. Память современных больших ЭВМ строится из множества чипов (обычно сотен или даже тысяч).

**Язык программирования** — условный язык формального общения человека с ЭВМ, предназначенный для описания совокупности инструкций (команд), выполнение которых обеспечивает правильные решения требуемой задачи. Язык программирования позволяет описать данные, подлежащие обработке, и соответствующие алгоритмы. К языкам программирования относятся, в частности, такие широко используемые алгоритмические языки, как ФОРТРАН и АЛГОЛ. В настоящее время число языков программирования и их диалектов более 1000 — т. е. приближается к числу естественных языков.

## О феномене псевдонауки

М. В. Волькенштейн



Михаил Владимирович Волькенштейн, член-корреспондент АН СССР, заведующий лабораторией теоретической и экспериментальной биофизики Института молекулярной биологии АН СССР и отделом физики биомолекулярных структур в Институте биологической физики АН СССР, профессор Московского физико-технического института. Работает в области молекулярной спектроскопии и оптики, изучает строение молекул, занимается физикой полимеров, теоретическими и экспериментальными вопросами биофизики. Автор более 17 монографий. Лауреат Государственной премии СССР. Неоднократно печатался в «Природе».

1.

В настоящее время проблемы, связанные с псевдонаукой, приобрели серьезное значение. Это в особенности относится к биологии и к биофизике, к их применениям в сельском хозяйстве и медицине.

Определим прежде всего понятия. Чем отличается псевдонаука от науки, в которой тоже возможны ошибки и ложные представления?

Наука и псевдонаука имеют совершенно различные источники.

Наука есть форма творческой деятельности человека, задача которой состоит в познании закономерностей, свойственных материи как объективной реальности, существующей в пространстве и времени. Именно поэтому наука необратима: то, что ею однажды добыто, в дальнейшем не утрачивается и не разрушается. Научная теория, подтверждаемая опытом, может встретиться с границами своей применимости и стать частью более общей теории, но отбросить ее нельзя. Она остается справедливой внутри указанных границ. Так, классическая механика полностью сохраняет свое значение, пока скорости

макроскопических материальных тел много меньше скорости света. Если это условие не выполняется, необходимо обратиться к более общей теории — к механике теории относительности.

Тем самым имеется логика развития науки, определяемая всей ее предшествующей историей. Из этого, однако, не следует невозможность резких, революционных сдвигов в науке. Революции в естествознании бывали, и не раз. Но возникали они опять-таки в соответствии с логикой развития — когда предшествующая система представлений наталкивалась на границы своей применимости. Поэтому научные революции ожидаются. Когда Нильс Бор говорил о том, что квантовая электродинамика требует сумасшедшей теории, он исходил из реальных и уже осознанных трудностей.

Новизна в науке всегда означает открытие новых явлений, построение новых гипотез и теорий, объясняющих и предсказывающих экспериментальные факты лучше и глубже, чем предшествующие теории.

Наука — дело сложное и ответственное, оно требует профессионализма в самом точном и благородном смысле этого слова, т. е. владения знаниями и методами работы, глубокой погруженности в научное творчество. Вспомним слова Эйнштейна: «Я верю лишь в то, что, с одной стороны,

В основу статьи положено выступление на Общем собрании Академии наук СССР 1 марта 1983 г.

существует талант, а с другой — высокая квалификация»<sup>1</sup>. Движущие стимулы в научной работе в основном бескорыстны: это стремление к познанию, удовлетворение любознательности в лучшем смысле этого слова, удовлетворение эстетического чувства, ибо подлинное научное достижение всегда эстетично. Очень важно счастье ощущение, возникающее при преодолении трудностей, сознание точности выполненного эксперимента, строгости сделанных выводов.

На более позднем этапе, когда появляется возможность внедрить результаты работы в практику, возникают новые мощные стимулы — стремление решить практические задачи — т. е. помочь людям.

Не следует, конечно, идеализировать ученых: им не чуждо честолюбие, они могут ошибаться. Но они кровно заинтересованы в устранении ошибок, внимательны к критике. Поэтому научные ошибки долго не живут, чаще всего они исправляются «на ходу». В целом стимулы научной работы доброкачественны. В противном случае наука не могла бы существовать.

Происхождение псевдонауки иное, иные и ее движущие факторы. Выдвигается идея, лишённая подлинной теоретической и экспериментальной аргументации. Она противоречит логике развития науки, противоречит надёжно установленным научным положениям. В то же время в этой идее заложена крупная претензия — псевдоученый, как правило, берется за проблемы, решение которые якобы революционизирует теорию или практику или и то и другое.

Псевдоученый — дилетант в той области, в которой работает, он — принципиальный сторонник дилетантизма. Бесплодность дилетантизма всегда понимали умные люди, даже далекие от естествознания. А. И. Герцен писал в своих статьях «О дилетантизме в науке»<sup>2</sup>: «... дилетанты подходят храбро, без страха истины, без уважения к преемственному труду человечества, работавшего около трех тысяч лет, чтобы дойти до настоящего развития» (с. 13). «Дилетантизм — любовь к науке, сопряженная с совершенным отсутствием понимания ее, ... это платоническая, романтическая страсть к науке, такая любовь к ней, от которой детей не бывает» (с. 45). «От дилетантов, само

собой разумеется, никому и ничему нет пользы» (с. 55).

Как правило, псевдоученый декларирует решительную перестройку науки и ее практических приложений. Это диктуется определенными чертами характера — бесконтрольным самомнением, некритичностью, карьерными амбициями, фанатизмом, зачастую сочетающимся с недобросовестностью. Псевдоученый ни в какой критике не заинтересован и ей не внимлет, убедить его в чем-либо невозможно. Он стремится как можно шире рекламировать свою работу, противопоставить научной критике поддержку во внеученых кругах.

Но дело не только в невежестве. Псевдонаука спекулирует на трудностях, с которыми встречается общество. Роль псевдоученого — зачастую роль знахаря, и не только в медицине.

Представьте себе, что тяжело болен близкий человек. Врачи говорят, что для излечения ему следовало бы переменить климат — переехать в тропики. Такой возможности нет. Но появляется экстрасенс, который берется вылечить больного пассами. Вы в них не верите, но надеетесь: а вдруг поможет? И производятся пассы.

Имеются реальные трудности в нашем сельском хозяйстве. Для их преодоления нужны удобрения, машины, хорошая организация работы. Но появляется «знахарь», предлагающий обеспечить высокие урожаи практически бесплатно — магнитами или омагниченной водой. А вдруг поможет?

Недостаток знаний компенсируется у псевдоученых повышенной активностью, стремлением и умением добиваться поддержки во внеученых кругах. Явление давно известное, о нем писал еще К. А. Тимирязев в своей статье о Луи Пастере: «... критерием истинной науки является не та внешность узкой ближайшей пользы, которой именно успешнее всего прикрываются адепты псевдонауки, без труда добывающие для своих пародий признание их практической важности и даже государственной полезности»<sup>3</sup>. Такое «признание» сопровождается широкой рекламой в общей печати и т. д. Опасность внедрения псевдонауки в практику не органичивается бесполезной тратой сил и средств. Оно духовно развращает доста-

<sup>1</sup> Эйнштейн А. Собр. научн. тр. М., 1967, т. 4, с. 144.

<sup>2</sup> Герцен А. И. Собр. соч. М., 1954, т. 3.

<sup>3</sup> Гамалея Н. Ф., Мечников И. И., Тимирязев К. А. Пастер. М.—Л., 1946, с. 49.

точно широкие круги общества и имеет далеко идущие негативные последствия.

## 2.

Нужно ли бороться с псевдонаукой, а если да, то какими способами?

Истина, рано или поздно, побеждает. Значит, в конечном счете псевдонаука исчезает без каких-либо последствий для развития науки в целом. Может быть, не стоит тратить время и силы на борьбу с попытками ниспровержения современной физики — квантовой механики и теории относительности. Действительно, в этих областях науки (на которых, в частности, основана вся атомная энергетика, прочно стоящая на ногах) псевдонаука не страшна. Хотя, конечно, любая ложная информация требует опровержения.

Псевдонаука становится опасной, когда она претендует на решение практических задач и внедряется в технику, сельское хозяйство, медицину.

Именно так обстоит дело в ряде областей биологии и биофизики, пограничных с медициной и сельским хозяйством. Эти области пока что менее точны и строгие, чем физика или химия: биология имеет дело с необычайно сложными и далеко еще не познанными живыми системами. Тем не менее состояние современной науки и здесь позволяет отличать истину от лжи.

Однако борьба путем запретов невозможна и нежелательна. Пропаганда и распространению псевдонауки должна быть противопоставлена широкая популяризация истинных научных положений и, в частности, популяризация результатов строго научной проверки псевдонаучных работ, проведенной компетентными специалистами. К сожалению, эти результаты в широкую печать не попадают. Рассмотрим некоторые характерные примеры.

## 3.

За последние годы в околонукальной и общей печати все чаще появляются всевозможные сообщения о чудесах и волшебстве — об «экстрасенсах» и «лозодходцах» (искатели воды и металлов с помощью раздвоенной веточки), о телепатии и телекинезе. Не очень удобно писать об этом в академическом журнале, но приходится.

Все эти чудеса были известны еще древнеегипетским жрецам, церковь постоянно ими пользовалась (см. известный роман Э. Золя «Лурд»). Лет сто назад в России издавался журнал «Ребус» — орган телепатов, спиритов и т. д. То, что в нем

печаталось, мало чем отличается от множества современных сообщений.

Несостоятельность телепатии, парапсихологии и т. п. была продемонстрирована неоднократно<sup>4</sup>. Можно утверждать, что никогда не были получены сколько-нибудь убедительные научные доказательства парапсихологических явлений, не говоря уже о телекинезе, который невозможен принципиально. Ведь мощность электрического поля, создаваемого в человеческом теле — того поля, которым пользуется медицина в электрокардиографии и электроэнцефалографии, — на много порядков меньше «телекинетической» мощности. Что касается так называемого биополя, то это понятие ненаучное: оно не сформулировано, не указаны какие-либо способы его измерения и т. д.

Как это не раз было установлено в научной медицине, деятельность «экстрасенсов» связана с психотерапией, гипнозом и т. п. При некоторых заболеваниях, имеющих психогенное происхождение, такая терапия может дать временное облегчение. Здесь, однако, имеется реальная опасность — известны случаи, когда больной лечился у «экстрасенсов» или знахарей и погибал, в то время как научная медицина могла бы ему помочь.

Удивительно, что эта «волшебная» деятельность привлекает сейчас широкое внимание общественности, в том числе и некоторых ученых, далеких от биологии и медицины (хотя и это не ново — А. М. Буллеров увлекался спиритизмом и был членом редакции «Ребуса»). Весьма современно звучат сегодня слова чеховского героя из рассказа «Убийство»: «Ну пошло по городу: Матвей святой, Матвей больных и безумных исцеляет. Никого я, конечно, не исцелял, но известно, как только заведется какой раскол и лжеучение, то от женского пола отбоя нет. Все равно как мухи на мед. Поводились ко мне разные бабки и старые девки, в ноги мне кланяются, руки целуют и кричат, что я святой и прочее, а одна даже на моей голове сияние видела»<sup>5</sup>.

Если заменить слово «святой» на «экстрасенс», «сияние» на «биополе» и так далее, то чем не современная публикация на тему парапсихологии! Таким образом, как мы видим, ничего нового в так называемых парапсихологических явлениях нет.

<sup>4</sup> Хэнзел Ч. Парапсихология. М., 1970; Ионов И.— Наука и жизнь, 1981, № 2, с. 127.

<sup>5</sup> Чехов А. П. Собр. соч. М., 1956, т. 8, с. 39.

Остается только задуматься, каковы социально-психологические причины возросшего интереса к «экстрасенсам» и парапсихологии, вспыхнувшего в последние годы с особой силой.

Представляют интерес в психологическом и инструментальном отношении способы, которыми демонстрируются соответствующие опыты. Их изучение, однако, невозможно без участия специалистов — криминалистов, иллюзионистов, — каковыми физики или биологи не являются. Нет сомнений в том, телекинетический опыт — ловкий фокус, но интересно узнать, как он делается.

## 4.

Обратимся к сельскому хозяйству. Псевдонаука предлагает различные способы обработки воды для полива растений и подготовки семян для посева, неизменно обещая при этом прибавку к урожаю в 10—20% (иногда и больше).

Воде особенно повезло в псевдонауке. Можно привести целый ряд утверждений, находящихся в полном противоречии с физикой и химией воды. Так, говорится о том, что вода «помнит», что с ней делали, что талая вода особенно полезна для здоровья, а вода после нагревания под давлением до 300—400°C и последующего охлаждения изменяет свои свойства. В действительности вода ни о чем «помнить» не может: времена структурных перестроек жидкой воды очень малы — порядка сотых долей секунды.

Для повышения урожая рекомендуется поливать растения кипяченой («обезгаженной») или сильно взболтанной («дезинтегрированной») водой. Особенно широко пропагандируется «омагниченная вода». Ее история началась с накипи в паровых котлах. Имеются и утверждения, даже запатентованные, что обычная техническая вода, т. е. вода, содержащая примеси, после пребывания в поле постоянного магнита оставляет меньше накипи на трубах паровых котлов. Если этот эффект действительно существует, то, как это было показано в серьезном исследовании, он может объясняться лишь слипанием коллоидных частиц, содержащих железо, под действием магнитного поля<sup>6</sup>. Такие частицы могут служить центрами кристаллизации солей, образующих накипь, в объеме, а не на стенках. Однако достоверных, хорошо

воспроизводимых результатов по снятию накипи нет. Эффект этот нуждается в серьезной научной проверке.

Вместо того чтобы такой проверкой заняться, апологеты «магнитной воды» пропагандируют уже совершенно фантастические ее свойства. В выдержавшей два издания книге В. И. Классена и в громадном числе сообщений в общей печати (вплоть до журналов «Огонек» и «Физкультура и спорт») описываются потрясающие возможности воздействия «омагниченной воды»<sup>7</sup>. Ею якобы излечиваются всевозможные заболевания, поливка ею посевов дает высокую прибавку урожая и т. д. и т. п. Ни В. И. Классена, ни журналистов, занятых рекламой этих мнимых открытий, нисколько не смущает, что действие «омагниченной воды» всегда только положительно — о чем бы ни шла речь — о котлах, посевах или человеческом организме.

Впрочем, не совсем так. Мне подарили — в шутку, конечно, — «устройство для магнитной обработки воды СО-2». В инструкции сказано, что «омагниченная вода, взаимодействуя с солями, находящимися в почве, способствует лучшему усвоению их растениями», что она уменьшает накипь (и даже устраняет старую накипь), ускоряет всхожесть семян, стимулирует рост растений, повышает прочность и морозостойкость бетона. Однако: «Использовать омагниченную воду для питья запрещается!» Очевидно, это слишком полезно!

Успокойм потребителей «Устройства СО-2» — пить эту воду можно. Комиссия Академии наук СССР, занимавшаяся «омагниченной водой» в декабре 1981 г., не обнаружила изменений каких-либо свойств воды после того, как она побывала в магнитном поле. Проверка показала, что никаких научных оснований рекламируемые эффекты не имеют. Действительно, аргументация, приводимая в книге В. И. Классена, имеет явно псевдонаучный характер, равно как и результаты проводимых им опытов. Всегда отсутствует оценка точности эксперимента, статистическая обработка наблюдений. Ясно характеризует подобные работы А. П. Александров: «До чего все здорово: ученые привертывают какие-то магнитные системы к оросительным устройствам и это хорошо влияет на урожай. Если верить тем цифрам, которые напечатаны, то значит, что по Продовольственной программе уже ничем больше заниматься не нужно, а все будет достаточно хорошо

<sup>6</sup> Мартынова О. И., Гусев Б. Т., Леонтьев Е. А.— Усп. физ. наук, 1969, т. 98, с. 195.

<sup>7</sup> Классен В. И. Омагничение водных систем. М., 1978, 1982.

благодаря тому, что вода протекает через магнит»<sup>8</sup>.

Специалисты в области сельского хозяйства знают, как нелегко добиться постоянного увеличения урожая. Селекционеры годами и даже десятилетиями выводят новые сорта, комиссии по сортоиспытанию очень осторожны при введении новых сортов в практику. Игры с водой нисколько на эту серьезную работу не похожи. Это откровенная спекуляция на трудностях сельского хозяйства.

Разоблачение «талой», «обезгаженной», «дезинтегрированной», «омагниченной» воды — дело трудное. Колхоз или совхоз заинтересованы в применении достижений науки. Институт или кафедра заинтересованы во внедрении своих результатов в сельское хозяйство. Этот порочный круг поддерживается широкой рекламой в печати, на радио и телевидении. При этом действительно получается прибавка урожая на 10—20%! Что бы ни делали с семенами, но если на них обратили особое внимание, результаты всегда будут лучше. «Ведь получить надежные данные в результате эксперимента — это не простая вещь, надо поработать по-настоящему. Вот они себя и не мучают. Их удовлетворяет, что у них выросло на 20% больше, а почему? А может быть соседний участок вообще не полили, когда этот поливали?»<sup>9</sup> Дело в том, что во всех этих опытах отсутствует сколько-нибудь надежный контроль.

## 5.

В связи с этим надо сказать несколько слов о роли печати и других средств массовой информации в освещении научных результатов.

Роль эта, очевидно, очень важна и ответственна. К сожалению, однако, во многих случаях печать пропагандирует и псевдонауку. Если на протяжении короткого времени на страницах одного и того же научно-популярного журнала появляются статьи об инопланетянах, телекинезе, неопознанных летающих объектах, экстрасенсах, лозоходцах, биоплазме и т. д., то это скверно.

Серьезный журналист писал: «... не дело упрекать журналиста в техническом невежестве. Он невежда тогда, когда пере-

вирает услышанное, тупица тогда, когда ему не говорят правды, пустозвон, если не дошел до тех концов, до каких дойти мог и был должен»<sup>10</sup>. Журналисты, пишущие о науке, обязаны «доходить до концов» — выяснять истину хотя бы путем консультаций со знающими людьми. И я думаю, что у хорошего журналиста должно быть чутье — он должен понимать, кому можно верить, а кому нет — независимо от степеней и званий. Журналист должен понимать, с кем он говорит — с дилетантом или профессионалом.

Причин распространения псевдонауки несколько. Во-первых, — это стремление к сенсации. Расхваливать «омагниченную воду» проще и эффективнее, чем настоящую науку, не очень часто демонстрирующую сенсационные результаты.

Второй фактор — непонимание сущности науки. Часто думают, что задача науки состоит в непрерывной ломке старого. Думают, что в науке все возможно, что нет таких крепостей, которых не могли бы взять ученые (а точнее, псевдоученые), что «никогда не говори никогда» и т. д. В действительности природа накладывает на многое непреодолимые запреты, и дело ученого состоит не в их нарушении (невозможном), а в их установлении. Никогда не будет вечного двигателя, никогда дважды два не будет равно пяти.

Третья причина — это неуважение к науке, к профессионализму, обращение к дилетантам. Корни — в представлении о специалистах как о реакционерах, закосневших в догматизме и бездарности. В конечном счете, это вражда к культуре и к ее мастерам.

В результате на страницах газет и журналов, в том числе даже научно-популярных, появляются сообщения, которые не могли бы быть опубликованы в серьезной научной печати.

Правда, у журналистов есть свои аргументы. В ряде случаев псевдонауку поддерживают сами ученые, хотя и не являющиеся специалистами в рассматриваемой области. Еще чаще ученые уходят от ответственности, уклоняются от резкой негативной оценки псевдонаучных предложений, не желая портить отношений.

Много лет назад в «Докладах Академии наук СССР» была опубликована

<sup>8</sup> Александров А. П. — Бюллетень ВАК, 1982, № 6, с. 8.

<sup>9</sup> Там же, с. 9.

<sup>10</sup> Черниченко Ю. — Новый мир, 1983, № 3, с. 174.

статья М. И. Волского о якобы существующей фиксации азота в организмах животных. Ни редколлегия, ни сам автор (кстати, вовсе не биохимик) не задались элементарным вопросом — как и зачем могла бы такая фиксация возникнуть в организме животного? Ведь животное получает вдоволь азота в пище.

Эта неосторожность дорого обошлась Академии наук. Пришлось годами возвращаться к проверке мнимого открытия, вновь и вновь доказывая его несостоятельность.

Как это ни печально, указанный пример не единственный. В тех же «Докладах» сравнительно недавно появилось сообщение о влиянии «экстрасенсов» на рыбку — нильского слоника<sup>11</sup>. Даже в издательстве «Наука» изредка появляются книги, не выдерживающие научной критики<sup>12</sup>.

Как уже сказано, нельзя вводить

запреты. Академия наук не может выступать в роли цензора любых научных сообщений. Занимаясь такой цензурой, пришлось бы отказаться от основной работы. Но пропагандировать науку можно и должно. И не только конкретные завоевания науки, но ее сущность, ее методы и подходы. Нужно рассказать об отношении к наблюдаемым фактам и артефактам, о способах контроля, об особенностях научной логики и интуиции.

В конце концов и перед работниками печати, радио и т. д., и перед учеными стоит одна и та же задача — знание. Ради ее выполнения имеет смысл объединить усилия. Нужно потрудиться совместно.

Закончим эту статью словами Томаса Манна: «Ведь наше дело не врать, а повествовать, а эти занятия все же очень разные, какому из них ни отдавая предпочтение. Поначалу вранье производит, конечно, всегда больший эффект, но настоящую пользу приносит слушателям только вдумчивое, осмысленное повествование»<sup>13</sup>.

<sup>11</sup> Доклады АН СССР, 1981, № 4, с. 100.

<sup>12</sup> Речь идет о книге А. В. Жирмунского, В. И. Кузьмина «Критические уровни в процессах развития биологических систем», рецензия на которую опубликована в журнале «Общая биология», 1983, № 4.

<sup>13</sup> Манн Т. Иосиф и его братья. М., 1968, т. 2, с. 609.

## К СВЕДЕНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ

В ближайших номерах 1984 года редакция журнала «Природа» предполагает опубликовать следующие статьи:

### Кабо В. Р. У ИСТОКОВ РЕЛИГИИ.

Истоки религии коренятся в первобытной культуре. Для той эпохи было характерно тесное переплетение всех форм общественного сознания — в их зачаточном, конечно, виде.

### Маталин-Слущкий Л. А., Колпаков И. Ф. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Огромное количество данных, получаемых при проведении современных экспериментов в физике, биологии, химии, астрономии; интенсификация использования дорогостоящих научных приборов — ускорителей, реакторов, телескопов, лазерных и термоядерных установок; повышение производительности труда ученых — вот причины все более широкого внедрения компьютерных средств автоматизации и управления экспериментом.

### Мельников И. А. ЖИВОЙ ЛЕД.

Арктический дрейфующий лед — это не только «кожа» океана и источник питательных веществ, но также субстрат, в толще которого живут разнообразные организмы.

## О виноделии в Боспорском царстве

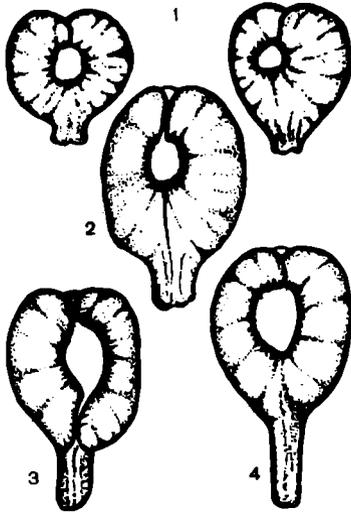
**И. Г. Шургая,**  
кандидат исторических наук  
Ленинград

**З. В. Янушевнич,**  
доктор биологических наук  
Кишинев

В античных городах Северного Причерноморья виноградарство и виноделие имели широкое распространение. Древнего грека трудно представить в быту без употребления виноградного вина, что широко подтверждается как письменными источниками, так и данными археологических раскопок. В полной мере это касается и Боспорского царства, ядром которого были города и поселения, располагавшиеся в Восточном Крыму и на Таманском п-ове. Виноградная лоза фигурирует в качестве эмблемы на монетах некоторых из этих городов; в ряде случаев при раскопках обнаружены и древние винодельни. Однако остатки самого винограда здесь не были известны.

Этот пробел был восполнен работами Боспорской экспедиции Ленинградского отделения Института археологии АН СССР в 1981 г. на городище Илурат. В начале I в. н. э. Илурат был городом-крепостью и играл важную роль в системе оборонных границ Боспорского царства. Он был построен по единому плану и имел две главные улицы, пересекавшиеся в его центре. Дома на них возводились из известняковых плит и буттового камня и состояли из одноэтажных и двухэтажных флигелей, которые группировались вокруг мощеного дворика. Во время раскопок 1981 г. возле одной из улиц была обнаружена древняя винодельня, занимавшая вместе с двориком площадь около 60 м<sup>2</sup>.

Винодельня состояла из трех давяльных площадок, к которым примыкали две цистерны для виноградного сусла.



Основные типы семян винограда из винодельческого комплекса в Илурате: 1 — семена почти округлой формы с коротким клювком, 2 — слегка удлиненные с торшо выраженным клювком, 3 — той же формы, что и у типа 2, но с более длинным клювком, 4 — очень крупные семена с длинным клювком.

Их стены были покрыты многократно возобновлявшейся обмазкой. Все это показывает, что винодельня существовала довольно долго, по-видимому до гибели города в 70-х годах III в. н. э.

При раскопках винодельни были обнаружены остатки семян и мумифицированных ягод. Хотя внешне семена, имеющие темнокоричневый цвет, не обуглены и хорошо сохранились, всхожесть они полностью потеряли. Раздавленных или каково механически поврежденных семян нет. Это свидетельствует о том, что выдавливание сока из гроздей происходило не под тяжелым прессом. Оторванные от грозди ягоды с

семенами, вероятно, со струей сока попали в цистерну.

Морфология семян неоднородна: между некоторыми существуют довольно значительные отличия, есть и промежуточные формы. Одни семена характерны для дикорастущих и примитивных форм винограда, другие типичны для культурных сортов, предназначенных для виноделия, и, может быть, частично столовых, третьи могли принадлежать лишь столовым крупноягодным сортам.

По данным измерений семян одного из современных крымских сортов, дикорастущего лесного винограда, собранного на Мангупе, а также ископаемых семян винограда из античных усадеб Херсонеса (IV—II вв. до н. э.) и Мирмекия (II в. н. э.), оказалось, что семена из Херсонеса значительно мельче семян из Илурата; морфологически они близки к дикому лесному винограду. Семена же из Илурата по всем показателям измерений сходны с местными культурными сортами, хотя сами по себе они не относятся к одному сорту (в цистерну, по-видимому, попадали ягоды нескольких сортов). Семена из Мирмекия также относятся к культурному винограду, однако здесь нет такой пестроты, как в Илурате. Средний диаметр ягод, восстановленный по корреляционной кривой А. М. Негруля, оказалась наибольшим у винограда из Илурата (16,6 мм), а наименьшим — у винограда из Херсонеса (11 мм). Размер ягод из Мирмекия — 14 мм.

Таким образом, данная находка свидетельствует о том, что виноградарство на Боспоре в III в. н. э. достигло высокого уровня развития. По-видимому, велась селекция новых сортов, причем основывалась она не только на местном материале, но и на интродуцированных сортах, среди которых были сорта, завезенные не только из Греции, но, возможно, из Закавказья и Средней Азии.

## Космические исследования

## «Прогноз-9»

1 июля 1983 г. в 16 ч 17 мин по московскому времени в Советском Союзе была запущена автоматическая станция «Прогноз-9». Станция выведена на сильно вытянутую эллиптическую орбиту с высотой в апогее 720 тыс. км, в перигее — 380 км, наклоном  $65^{\circ},5$  и периодом обращения 26,7 сут. Апогей станции почти в два раза дальше орбиты Луны, т. е. большую часть времени «Прогноз-9» совершает полет вне магнитосферы Земли.

Основные задачи полета — исследование реликтового радиоизлучения, рентгеновских и  $\gamma$ -вспышек, а также корпускулярного и электромагнитного излучения Солнца, потоков плазмы, магнитных полей в околоземном космическом пространстве для определения влияния солнечной активности на межпланетную среду и магнитосферу Земли.

Научные задачи автоматических станций «Прогноз» непрерывно расширяются. Если на первых станциях этой серии проводилось изучение солнечно-земных связей, то при дальнейших запусках ставилась дополнительная задача исследования галактических ультрафиолетового, рентгеновского и  $\gamma$ -излучения, а затем и изучение загадочных  $\gamma$ -всплесков. Теперь перед «Прогнозом-9» поставлена новая задача — исследование реликтового радиоизлучения<sup>1</sup>.

Помимо отечественной научной аппаратуры, на «Прогнозе-9» установлены приборы,

созданные совместно специалистами СССР, ЧССР и Франции по программам международного сотрудничества в области исследования и использования космического пространства в мирных целях. К ним относятся советско-чехословацкий рентгеновский фотометр РФ-2П для измерения рентгеновского излучения Солнца с энергией квантов в диапазоне 2—100 кэВ и советско-французский  $\gamma$ -спектрометр СНЕГ-2МП для поиска и исследования  $\gamma$ -всплесков. Кроме того, на станции имеются: прибор для регистрации всплесков космического  $\gamma$ -излучения с энергией в диапазоне 20 кэВ — 1 МэВ; радиометр для картографирования небесной сферы в диапазоне длин волн 8 мм; трехкомпонентный магнитометр для измерения магнитных полей с напряженностью в диапазоне  $2 \cdot 10^{-5}$  —  $6 \cdot 10^{-4}$  Э; энергоспектрометры для измерения интенсивности заряженных частиц и исследования холодной плазмы в магнитосфере Земли, положения плазпаузы и распределения концентрации и температуры холодной плазмы в магнитосфере Земли.

Научная аппаратура станции включает также радиометрический и дозиметрический комплексы приборов (счетчики электронов и протонов, газоразрядный счетчик, датчик УФ-излучения, спектрометр рентгеновского излучения и другие приборы).

С. А. Никитин

Москва

## Астрофизика

Космический  $\gamma$ -источник Геминга

При сканировании неба в рентгеновском и оптическом диапазонах обнаружен один из наиболее интересных источников космического  $\gamma$ -излучения.

Его свойства говорят о том, что это, вероятнее всего, нейтронная звезда.

Из 25 обнаруженных дискретных космических  $\gamma$ -источников с энергией квантов, превышающих 50 МэВ, в настоящее время отождествлены с известными объектами только четыре. Это пульсары PSR 0833—45 в созвездии Паруса и PSR 0531+21 в Крабовидной туманности, квазар 3С 273 и молекулярное облако  $\zeta$ Orh. Для остальных  $\gamma$ -источников этого сделать не удалось. Поэтому до сих пор неясна природа дискретных источников  $\gamma$ -лучей: какие объекты и как генерируют жесткие  $\gamma$ -кванты?

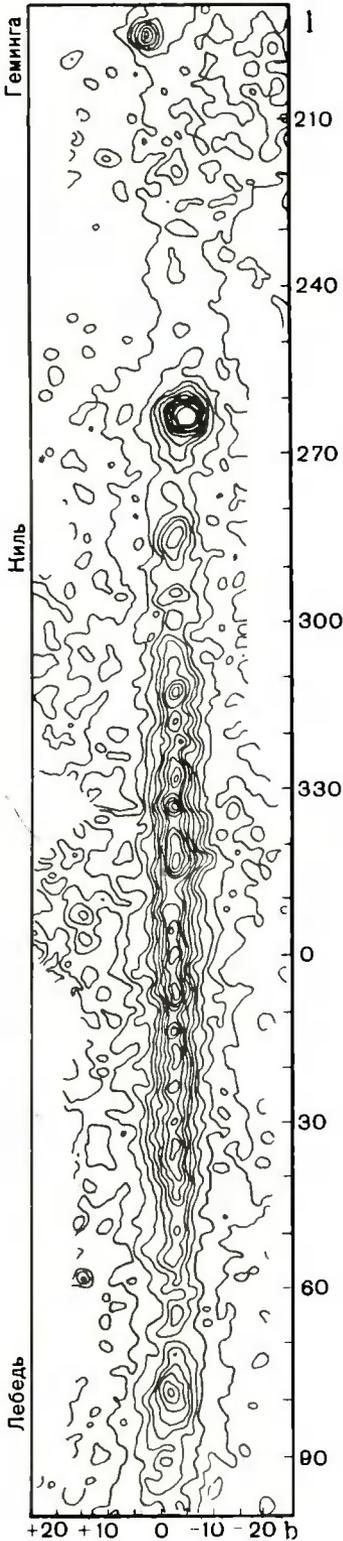
Наибольший интерес привлекает второй по яркости после пульсара PSR 0833—45  $\gamma$ -источник Геминга<sup>1</sup>, положение которого было определено с точностью до  $1^{\circ}$ . В столь большой области находится огромное количество звезд и несколько радиоисточников, однако ни один из этих объектов не проявлял свойств, указывающих на возможную связь с Гемингой.

Длительное наблюдение Геминги проводилось на западноевропейском спутнике «COS-B». На изображении Млечного Пути в  $\gamma$ -диапазоне, полученном с этого спутника, Геминга сразу бросается в глаза. Поток  $\gamma$ -излучения от этого источника удивительно постоянен. В результате наблюдений ошибка в определении положения источника уменьшилась до  $24'$ .

В поисках рентгеновского излучения от Геминги итальянские астрофизики Я. Биньями и П. Каравео (J. Bignami, P. Caraveo) и американский астрофизик Р. Лэмб (R. Lamb) обследовали область ее локализации с помощью американской рентге-

<sup>1</sup> Подробнее о реликтовом радиоизлучении см.: Зельдович Я. Б., Сюняев Р. А. Лауреаты Нобелевской премии 1978 г. По физике — А. Пензиас и Р. Вильсон. — Природа, 1979, № 1, с. 101.

<sup>1</sup> Его название составлено из названия созвездия Блиźнецов (Geminiogum), где он находится, и слова «gamma», указывающего на принадлежность к  $\gamma$ -диапазону.



Изображение части Млечного Пути в  $\gamma$ -диапазоне, полученное спутником «COS-B»; b и l — галактические координаты.

новской обсерватории «Эйнштейн». Почти в самом центре области был обнаружен точечный рентгеновский источник, поток излучения от которого составил примерно  $10^{-12}$  эрг/см<sup>2</sup>·с. Это почти в тысячу раз меньше потока  $\gamma$ -лучей. Рентгеновское излучение имело довольно мягкий спектр, энергия фотонов не превышала нескольких килоэлектронвольт. По возможной степени поглощения излучения нейтральным водородом был сделан вывод, что расстояние до источника около 100 пк.

Наблюдения, выполненные на «Эйнштейне», показали, что небо сплошь усеяно слабыми рентгеновскими источниками. Вероятность того, что один из них случайно окажется в области размером 20', довольно велика, около 20%. Следовательно, совпадение области локализации Геминги с рентгеновским источником могло быть случайным. Однако затем в области локализации рентгеновского объекта (размером несколько угловых секунд) была обнаружена голубая звезда со звездной величиной около 23,5 и потоком оптического излучения, в тысячу раз меньшим рентгеновского. Рентгеновские источники с таким отношением потоков встречаются редко. Поэтому отождествление Геминги с рентгеновским источником и слабой голубой звездой, вероятно, не случайно. Кроме того, аналогичное соотношение потоков  $\gamma$ -, рентгеновских и оптических лучей имеет пульсар в созвездии Парус. Поэтому возможно, что Геминга, так же как этот пульсар, — одиночная нейтронная звезда с сильным магнитным полем. Однако у Геминги до сих пор не обнаружена периодичность — главное свойство любого пульсара. Не исключено, правда, что период очень мал и не мог проявиться в предыдущих наблюдениях.

Предложенное объяснение природы Геминги не являет-

ся окончательным, и следует продолжать изучение этого объекта во всех диапазонах длин волн.

**И. Г. Митрофанов,**  
кандидат  
физико-математических наук  
Москва

#### Астрономия

### Кольцевые структуры в галактиках и возраст Вселенной

Американские астрономы Р. Бьюта и Дж. де Вокулер (R. Buta, G. de Vaucouleurs) использовали новый метод определения межгалактических расстояний для уточнения постоянной Хаббла  $H_0$  и оценки возраста Вселенной. Их результаты не согласуются с возрастом наиболее старых звезд в нашей Галактике<sup>1</sup>.

Бьюта и Вокулер использовали тот факт, что примерно у половины всех спиральных и линзовидных галактик во внутренней части наблюдаются яркие кольцевые структуры, концентрические относительно центра галактики. По-видимому, они образованы облаками горячего межзвездного газа и молодыми яркими звездами, т. е. родственны спиральным рукавам галактик; и те и другие являются областями интенсивного образования звезд. Причина возникновения кольцевых структур и спиральных рукавов до сих пор не выяснена. Но, как показали Бьюта и Вокулер, в отличие от спиральных рукавов, занимающих часто весь диск галактики, кольцевые структуры в различных галактиках имеют почти одинаковый диаметр (около 4 кпк) и могут использоваться в качестве «стандартного метра» для измерения межгалактических расстояний. Поскольку размер колец велик, их можно увидеть и измерить с очень больших расстояний. Это важно, так как определять  $H_0$  по близким га-

<sup>1</sup> Buta R., Vaucouleurs G. de — *Astrophys. J.*, 1983, v. 266, № 1, part 1, p. 1.

лактикам неудобно: помимо общего расширения Вселенной, близкие галактики «чувствуют» взаимное притяжение, искажающее простую форму хаббловского закона. Особенно же сильно сказывается на их движении существование скоплений и сверхскоплений галактик размерами до десятков мегаларсек. Поэтому для надежного определения  $H_0$  нужно измерить расстояние до галактик, удаленных на 100 Мпк.

Пользуясь своим методом, Бьюта и Вокулер определили расстояния до нескольких групп и скоплений галактик, даже до соседнего сверхскопления в созвездии Геркулеса. После учета необходимых поправок получено значение  $H_0 = 93 \text{ км/с} \cdot \text{Мпк}$ . Относительная точность метода составляет  $\pm 10 \text{ км/с} \cdot \text{Мпк}$ .

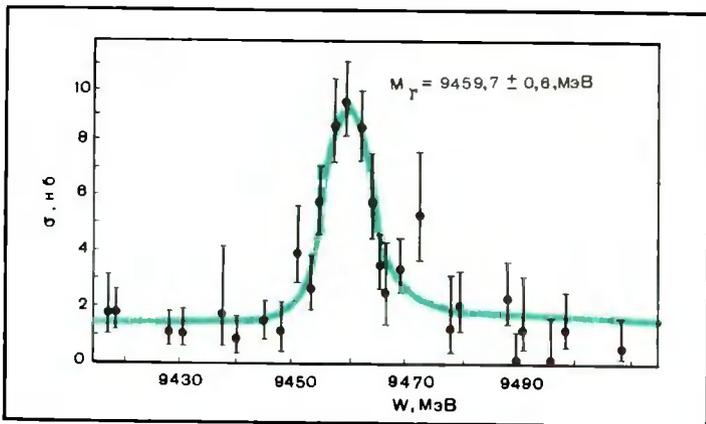
Известно, что возраст Вселенной не может превышать величины  $T = 1/H_0$ , где  $T$  — момент начала расширения Вселенной, если скорость расширения всегда была такой, как сейчас. В действительности раньше она была больше, так как движение галактик постоянно тормозилось их взаимным притяжением. Следовательно, с момента начала расширения Вселенной, согласно результатам Бьюта и Вокулера, прошло не более 11 млрд лет. С другой стороны, расчеты эволюции звезд показывают, что самые старые звезды Галактики имеют возраст 14—16 млрд лет, а ведь они не могут быть старше Вселенной! Причина расхождения пока неясна.

**В. Г. Сурдин**, кандидат физико-математических наук  
Москва

Физика

**Исследование  $\Upsilon$ -мезонов продолжается**

Открытие  $\Upsilon$ -мезонов, состоящих из «прелестных» кварка и антикварка ( $b\bar{b}$ ), было сделано группой Л. Ледермана (L. Lederman; Национальная ускорительная лаборатория им. Э. Ферми, Батавия, США) в 1977 г. С тех пор «Природа» неоднократно сообщала об исследовании свойств этих частиц,



Сечение рождения адронов в реакции  $e^+ + e^- \rightarrow$  адроны в области энергий  $\Upsilon$ -мезона. По оси абсцисс — суммарная энергия  $W$  сталкивающихся электронов и позитронов, по оси ординат — сечение реакции  $\sigma$ . Резонансный эффект наступает при равенстве  $W$  массе  $\Upsilon$ -мезона.

позволяющих детально изучить динамику тяжелых кварков. Сейчас появились новые сообщения об  $\Upsilon$ -мезонах. Наиболее достоверные сведения получены на ускорителях со встречными электрон-позитронными пучками большой интенсивности, поскольку они обеспечивают хорошую статистику результатов. (Разумеется, энергия столкновения частиц должна превышать массу  $\Upsilon$ -мезонов, чтобы они могли родиться.)

Советские физики из Новосибирска на ускорителе «ВЭПП-4» провели самые точные измерения массы легчайшего из «прелестных» мезонов —  $\Upsilon$ -мезона; его масса  $9459,7 \pm 0,6 \text{ МэВ}$ . Точность прежнего результата была на порядок хуже. Повышение точности измерения достигнуто путем калибровки энергии встречных  $e^+e^-$ -пучков методом резонансной деполаризации. Этот метод, разработанный в 1975 г., уже использовался в Новосибирске для точного измерения масс  $\phi$ -мезона, каонов и  $\Psi$ -частиц.

Большое количество результатов получено в США на ускорителе «CESR» (Корнелльский университет). Последние сообщения касаются лептонных распадов  $\Upsilon$ -мезонов. Измерялась относительная вероятность

их распадов ( $B_{\mu\mu}$ ) на пару  $\mu^+$  и  $\mu^-$ ; эта величина показывает, какую долю занимает данный канал среди всех возможных распадов. Для мезонов  $\Upsilon'$  и  $\Upsilon''$   $B_{\mu\mu}$  измерена впервые.

Определена также полная ширина  $\Upsilon$ -мезонов. (Измерение относительной вероятности лептонных распадов, а также более ранние эксперименты по определению парциальной ширины<sup>1</sup> этих распадов позволило теперь определить их полную ширину.) Полученные результаты представлены в таблице, где первой указана статистическая погрешность измерений, второй — систематическая ошибка.

Частица	$B_{\mu\mu}, \%$	$\Gamma, \text{кэВ}$
$\Upsilon$	$2,7 \pm 0,3 \pm 0,3$	$48 \pm 4 \pm 4$
$\Upsilon'$	$1,9 \pm 1,3 \pm 0,5$	$27 \pm 17 \pm 6$
$\Upsilon''$	$3,3 \pm 1,3 \pm 0,7$	$13 \pm 4 \pm 3$

Результаты для  $\Upsilon$  согласуются с прежними измерениями, а данные для  $\Upsilon'$  и  $\Upsilon''$  — с теоретическими оценками ( $\sim 2\%$ ). Полная ширина первых трех  $\Upsilon$ -частиц много меньше их масс, так что они достаточно стабильны. (Утверждение верно лишь в масштабах микромира:

<sup>1</sup> Полная ширина частицы  $\Gamma$  обратна времени ее жизни  $\tau = 1/\Gamma$ . Парциальная ширина данного канала  $\Gamma_i$  определяется по формуле  $\Gamma_i = B_i \cdot \Gamma$ , так что сумма парциальных ширин по всем возможным каналам распада равна полной ширине частицы.

время жизни легчайшего из  $\Upsilon$ -мезонов всего  $1,4 \cdot 10^{-20}$  с.)

Почти одновременно стало известно о первом измерении относительной вероятности распада  $\Upsilon$  на пары тяжелых лептонов  $\tau^-$  и  $\tau^+$ . Принято считать, что все заряженные лептоны (электрон, мюон и  $\tau$ -лептон) имеют похожие свойства и отличаются только значением массы. Если это правильно, то относительные вероятности распадов  $\Upsilon$  на пары  $e^+e^-$ ,  $\mu^+\mu^-$  и  $\tau^+\tau^-$  должны совпадать, поскольку  $\Upsilon$ -частицы во много раз тяжелее лептонов и разница в массах последних не играет существенной роли. Найдено, что относительная вероятность распада  $\Upsilon$  на  $\tau^+$  и  $\tau^-$  равна  $3,4 \pm 0,4 \pm 0,4\%$ . Итак, в пределах ошибки измерения  $V_{\tau\tau}$  и  $V_{\mu\mu}$  совпадают, поэтому в полученных данных не содержится указаний на необычное поведение  $\tau$ -лептона.

Препринт Института ядерной физики СО АН СССР, 82—94, Новосибирск, 1982; Physical Review Letters, 1983, № 50, p. 807, 877 (США)

#### Физика

### Трехцветный гелий-кадмиевый лазер

Промышленные гелий-кадмиевые лазеры дают излучение только в синей области спектра, на длинах волн 325 и 442 нм. Недавно С. Ванг (S. Wang) сообщил, что американская фирма «Ксерокс электрооптикал системс» разработала гелий-кадмиевый лазер, излучающий на пяти длинах волн одновременно. Поскольку эти волны соответствуют трем основным цветам (две красные линии, две зеленые и одна синяя), такой лазер весьма перспективен для систем цветного изображения и обработки информации.

Лазер спроектирован по модульной схеме; увеличение мощности достигается простым увеличением числа модулей. Невысокая мощность накачки (250 Вт) позволяет обойтись естественным охлаждением активного элемента лазера. Экспериментальный лазерный модуль с длиной активной области 25 см содержал гелий при давлении

10 мм рт. ст. с добавкой 0,05 мм рт. ст. паров кадмия. Ток разряда составлял 800 мА при напряжении 300 В. В многомодовом режиме мощность лазера составляет 31 мВт, из них на долю красного света приходится 5 мВт, зеленого — 8 мВт и синего — 18 мВт. Лазер может работать также в одномодовом режиме с мощностью 12 мВт. Широкополосное зеркало лазерного резонатора не позволяет достигнуть максимальной мощности на всех линиях одновременно; используя селективные (одноцветные) зеркала, можно получить 8 мВт в красном свете, 12 мВт в зеленом или 33 мВт в синем.

Laser Focus, 1983, v. 19, № 3, p. 14 (США).

#### Физическая химия

### Свечение жидкости под действием низкочастотных звуковых колебаний

Продолжая изучать, как влияют низкочастотные звуковые колебания на химические и физико-химические процессы в жидкостях<sup>1</sup>, М. А. Маргулис и Л. М. Грундель (Всесоюзный научно-исследовательский институт органического синтеза) обнаружили и исследовали свечение жидкости в видимой области спектра под действием низкочастотных (30—250 Гц) звуковых колебаний. Жидкость представляла собой 3-молярный раствор хлористого натрия; концентрированный раствор соли использован для увеличения интенсивности свечения.

При воздействии звуковых колебаний частотой 220 Гц и мощностью излучателя 40 Вт в жидкости появлялись слабые всплески свечения, интенсивность которого незначительно менялась при дальнейшем увеличении мощности до 60 Вт. Затем частоту колебаний понижали до 160 Гц, не меняя мощности излучателя; свечение через 30 с начало сопровождаться всплесками, а спустя 3 мин интенсивность свечения увеличилась

вдвое. В «озвучиваемой» жидкости возникали облака газовых микропузырьков, которые затем сливались в один большой деформированный пузырек, на поверхности которого в процессе пульсаций наблюдались интенсивные волны; в результате от него отрывались мелкие сферические пузырьки, причем их количество зависело от мощности излучателя и частоты приложенных звуковых колебаний. Мелкие пузырьки, описывая замкнутые траектории, вновь сливались с большим.

По мнению авторов, процесс свечения жидкости связан с резонансными пульсациями большого пузырька, отщеплением от него мелких сферических пузырьков и их пульсациями. Из-за диффузии газа, растворенного в жидкости, большой пузырек растет. По мере увеличения его объема понижается резонансная частота; поэтому для получения более эффективной пульсации большого пузырька и отрыва от него мелких пузырьков необходимо понижать частоту прикладываемых звуковых колебаний. Это сопровождается усилением свечения жидкости.

Свечение, по мнению авторов, несомненно связано с концентрацией относительно малой плотности энергии низкочастотного акустического поля в пульсирующих и осциллирующих пузырьках. Физическая природа первоначального возбуждения и диссоциации молекул воды в возникающих газовых пузырьках может быть либо тепловой (при нелинейных пульсациях пузырьков), либо электрической (вследствие образования зарядов на поверхности пузырьков и их электрического пробоя).

Доклады АН СССР, 1983, т. 269, № 2, с. 405—407.

#### Молекулярная биология

### Введение чужеродных генов млекопитающим

В 1981 г. появилось сообщение о введении клонированных чужеродных генов в опло-

<sup>1</sup>Природа, 1983, № 3, с. 110.

дотворенные мышинные яйца, которые затем вновь помещались в полость матки для последующего развития. В оплодотворенные яйца мышей вводили клонированную молекулу ДНК, содержащую ген человеческого или кроличьего  $\beta$ -глобулина, вирусный ген, кодирующий фермент тимидинкиназу, а также ген человеческого гормона роста. После этого у некоторых новорожденных мышей в геноме были обнаружены чужеродные отрезки ДНК. Эксперименты, выполненные затем в различных лабораториях США, позволили добиться присутствия чужеродных генов в геноме 20—30% мышей, родившихся из таких зародышей. Более того, некоторые из мышей, в зародышом состоянии получивших чужеродные гены, передали их своим потомкам.

Чужеродные гены в геноме клеток мышей не всегда активно работали. Однако в экспериментах Р. Бринстера (R. Brinster; Пенсильванский университет, США) более половины животных, несущих в своих клетках ген, кодирующий вирусный фермент, действительно его вырабатывали. В ряде случаев активность введенного гена не соответствовала числу его копий в геноме клетки. В частности, потомки животных, имевшие в своем генетическом аппарате ген вирусной тимидинкиназы, вырабатывали его меньше, больше или столько же, как и их родители. Степень активности, очевидно, определенным образом связана с локализацией чужеродного гена; ведь такой ген может оказаться в участке клеточной ДНК, который лишен соответствующего контроля, необходимого для его нормального воспроизведения.

Полученные результаты, по-видимому, можно будет использовать для лечения наследственных заболеваний людей и животных, вызванных врожденными аномалиями генетического аппарата клеток. Сегодня лечение подобных заболеваний — задача чрезвычайно сложная и подчас невыполнимая, в то же время степень риска их передачи потомству настолько высока, что часто заставляет отказываться от дальнейшего продолжения рода. Включение в

генетический аппарат зародышей млекопитающих соответствующих чужеродных генов может восстановить нормальное функционирование определенных участков ДНК и предотвратить (или уменьшить) развитие наследственных заболеваний.

Science, 1982, v. 218, No 4571, p. 459 (США).



Genetika

### Солеустойчивые мутанты хлореллы

Утилизация засоленных вод — океанических и грунтовых — важная производственная и экологическая задача. В настоящее время эти воды используются, например, для выращивания некоторых водорослей. Однако природные штаммы одноклеточных водорослей мало пригодны для широкого использования: они имеют довольно низкую продуктивность, не могут расти при повышенных температурах и высокой солнечной радиации — условиях, характерных для южных районов нашей страны, где соленые воды с разной степенью минерализации имеются в большом количестве. Поэтому при культивировании водорослей на высокоминерализованных водах встает вопрос о получении высокосолеустойчивых и высокопродуктивных их видов и штаммов.

М. Н. Овсянникова и И. А. Рапопорт (Институт химической физики АН СССР) обрабатывали штаммы хлореллы мутагеном (N-нитрозо-N-метилмоchauвиной), а затем осуществляли селекцию колоний мутантных штаммов в среде, засоленность которой изменяли от 1,5 до 3%. В результате были получены солеустойчивые формы водоросли.

Клетки хлореллы обрабатывали мутагеном в концентрации 12 миллимоль в течение часа. Отбирали только термоустойчивые формы при температуре культивирования 39—40°C. Обработаны были клетки пяти штаммов, адаптировавшихся

к засолению, и один пресноводный термоустойчивый штамм, совсем не растущий при засолении. Частота возникновения солеустойчивых мутаций была в пределах 0,01—0,001%. Через 10 дней из всего высеянного материала отбирали наиболее крупные клоны (по величине колоний). Оказалось, что большее число «полезных» мутаций (5 из 18) получено из пресноводного штамма хлореллы, неспособного адаптироваться к засолению без обработки мутагеном. В дальнейшем из 50 солеустойчивых мутантов отобрано 9 штаммов, плотность клеток которых ежедневно удваивалась, т. е. эти штаммы были потенциально пригодны для производства. И вновь основная часть наиболее активных штаммов (5 из 9) была получена из пресноводного штамма хлореллы, что позволило авторам сделать вывод о большой пластичности этого штамма в отношении появления новых признаков.

На основании данных аминокислотного анализа можно заключить, что солеустойчивые штаммы хлореллы не уступают по кормовой ценности пресноводным. Следовательно, биомасса солеустойчивых штаммов может быть использована как ценная кормовая, витаминная и биостимулирующая добавка к рациону сельскохозяйственных животных.

Доклады АН СССР, 1983, т. 269, No 4, с. 963—966.

Иммунология

### Клетки НК и борьба с опухолями

«Природа» уже сообщала об НК-клетках (natural killers — естественные убийцы), открытых несколько лет назад. Они принадлежат к особому типу лимфоцитов и способны разрушать опухолевые клетки без предварительной иммунизации. Сравнительно низкое содержание НК-клеток в лимфоидных органах и отсутствие выраженных маркеров (т. е. уникальных антигенов) на их поверхности со-

<sup>1</sup> Природа, 1982, No 9, с. 111.

здавало большие трудности для изоляции и изучения этих клеток. Однако в 1980 г. удалось культивировать эти клетки.

Дж. Вагнер и Г. Деннерт (J. Wagner; G. Denpert; Институт биологических исследований им. Солка, штат Калифорния, США) исследовали влияние культивируемых НК-клеток на развитие у мышей меланомы — злокачественной опухоли, происходящей из пигментных клеток и локализуемой преимущественно на коже. Внутривенное введение клеток меланомы вызывало у мышей развитие метастазов в легких и печени. После введения клеток меланомы мышам вводили сингенные клетки НК (т. е. клетки, полученные из той же линии животных), выращенные в культуре. Число метастазов в легких животных, которым вводили НК-клетки, оказалось снижено на 50—85% по сравнению с контрольными. В печени у животных, которым вводили НК-клетки, метастазы вообще не были обнаружены, тогда как в контрольной группе их количество было обычным.

В другой серии экспериментов исследовалось защитное действие НК-клеток против возникновения одного из видов лейкемии, вызванного облучением животных. Введение культуры НК-клеток за 3 месяца до возникновения заболевания в контрольной группе значительно снижало число случаев лейкемии.

Таким образом, подтверждена важная роль НК-клеток в иммунном надзоре за развитием злокачественных новообразований. Кроме того, открываются новые перспективы лечения и предупреждения рака.

Nature, 1982, v. 300, № 5887, p. 31—34 (Великобритания).

#### Вирусология

### Новая вакцина против гриппа

Грипп, как известно, трудно поддается лечению. Главным средством борьбы с ним является

его предупреждение, например, путем вакцинации, которая, однако, пока что малоэффективна. Причина не только в частой перемене вирусом гриппа его антигенных свойств (это не позволяет подчас заблаговременно приготовить нужные количества вакцины), но и в том, что сама вакцина готовится почти повсеместно из убитого вируса; последнее обстоятельство сильно снижает ее иммуногенные свойства. Гораздо эффективнее была бы вакцина, приготовленная из живого, ослабленного вируса. Однако, ввиду отсутствия должной гарантии, что вирус не вернет себе свойства «дикого» штамма, способного вызвать заболевание, живой вирус для приготовления вакцины не применяют.

Б. Мэрфи с коллегами (B. Murphy; Национальный институт аллергии и инфекционных заболеваний, США) как будто сумели преодолеть это препятствие. Исходя из того что иммунные реакции организма направлены не против всей вирусной частицы, а только против антигенов ее поверхности (а именно, против геммагглютинина и нейраминидазы), авторы провели следующий эксперимент. Из двух штаммов вируса гриппа был приготовлен новый штамм, несущий в себе нужные свойства обоих родительских. Первый штамм выделен от диких уток и безвреден для человека. Второй представляет собой штамм вируса гриппа человека. Специальные методы, разработанные авторами, позволили получить при совместном культивировании обоих родительских штаммов гибридный штамм, у которого гены, контролирующие способность к размножению, были получены от утиного штамма, а контролирующие образование антигенов поверхности — от вируса человека.

Таким образом, открыт новый путь получения противогриппозных вакцин из живых вирусов, что, вероятно, позволит создавать более прочный и длительный иммунитет против гриппа, чем это было возможно до сих пор.

Infection and Immunity, 1982, v. 37, № 3, p. 1119—1126 (США); Virology, 1982, v. 117, № 1, p. 45—61 (США).

#### Биохимия

### Обезвреживание ядов белками крови

Наряду с кожей и слизистыми оболочками в защите организма от действия различных ядов участвует кровь. При этом значительная роль в процессах обезвреживания и выведения из организма токсических веществ принадлежит одному из основных белковых компонентов плазмы крови — сывороточному альбумину (А). Альбумин способен обратимо связывать и транспортировать различные биологически активные вещества, с его помощью осуществляется биологический транспорт витаминов, гормонов, многих лекарственных препаратов. На этих способностях альбумина основаны и его анти-токсические свойства.

Специфику обезвреживания альбумином токсических органических веществ в результате обратимого комплексообразования (связывания) изучали А. И. Луйк, Б. С. Бравер-Чернобульская и В. Д. Лукьянчук (Киевский НИИ фармакологии и токсикологии МЗ УССР). Исследовалось взаимодействие с сывороточным альбумином ряда нитрофенолов, хлороорганических и фосфорорганических веществ, среди которых широко применяющиеся в сельском хозяйстве ядохимикаты (ДНОК, этафос и т. п.), эмбихин (ранее использовавшийся как противоопухолевое средство) и другие вещества. Для определения параметров обратимых процессов комплексообразования и сопутствующих им процессов изменения конформации, состояния SH-групп и дисульфидных связей белка использовались спектрофлуоресцентный анализ, полярография, равновесный диализ.

Установлена специфичность механизмов связывания различных ядов. В случае ациклических веществ с «нежесткой» пространственной структурой молекул конформационные изменения альбумина развиваются постепенно, по мере фиксации на его связывающих центрах молекул яда. В случаях же, когда токсические вещества

отличаются «жесткой» пространственной конфигурацией молекул, содержащих циклические группировки, альбумин, прежде чем образоваться с ними комплекс, испытывает конформационную перестройку.

Такое различие в последовательности образования комплексов и конформационных превращений обусловлено сложной организованный структурой альбумина. Предполагается, что в его структуре содержится три однотипных домена, каждый из которых образует пять спиральными участками. Внутренние, обращенные друг к другу поверхности спиралей гидрофобны и ограничивают пространство, в котором обратно связываются лиганды. Вершины спиралей связаны аспиральными участками, через которые могут проникать только не имеющие значительной пространственной «жесткости» молекулы ациклических токсинов. Для сближения со связывающими центрами альбумина пространственно «жестких» молекул циклических соединений необходима предварительная перестройка структуры белка.

Таким образом, в процессе эволюции живых организмов кровь приобрела антиоксидантные свойства, обуславливающие распознавание различных ядов и специфичность механизмов их захвата и обезвреживания.

Вестник АМН СССР, 1983, № 4, с. 62—67.

Биохимия

**Аденилатциклаза и патогенные микробы**

Недавно обнаружено, что токсическое влияние некоторых болезнетворных микробов связано с ферментом аденилатциклазой. Этот фермент синтезируется в клетках животных и человека, принимая активное участие в их метаболизме. Имеется он также и у бактерий. Попадая в организм человека или животного, патогенные мик-

робы выделяют аденилатциклазу, которая, проникая в клетки хозяина, активно влияет на работу клеточной аденилатциклазы.

Так, удалось показать, что токсин холерных вибрионов вызывает проявление болезни, усиливая активность аденилатциклазы клеток кишечника. Затем Е. Хьюлетт и Дж. Вольф (E. Hewlett, J. Wolf; Национальный институт здоровья, Бетesda, США) обнаружили, что возбудитель коклюша (*Bordetella pertussis*) также синтезирует и выделяет очень активную аденилатциклазу. Д. Конфер и Дж. Итон (D. Confer, J. Eaton; Медицинский факультет Миннесотского университета, Миннеаполис, США) установили, что при развитии коклюша аденилатциклаза патогенных микробов проникает в клетки организма, ответственные за иммунную защиту, и это, по-видимому, расстраивает процессы их жизнедеятельности. Аденилатциклаза возбудителя коклюша способна также парализовать движение ресничек эпителиальных клеток, выстилающих бронхи; это приводит к нарушению процесса эвакуации слизи. Под действием коклюшной аденилатциклазы клетки белой крови — нейтрофилы — теряют свою антиинфекционную способность. В частности, они не выделяют токсичный для патогенных микробов активированный кислород. Установлено также, что бактерия коклюша синтезирует ряд белков, которые, проникая в клетки заболевшего человека, активируют имеющуюся там аденилатциклазу.

Все эти данные говорят о важной роли аденилатциклазы в развитии заболеваний и о необходимости ее дальнейшего тщательного изучения. Важный шаг был сделан Конфером и Итоном, которым удалось выделить и очистить аденилатциклазу возбудителя коклюша. Группа сотрудников Института физико-химической биологии и Института им. Л. Пастера (Париж, Франция) сумела выделить ген кишечной палочки, ответственный за синтез аденилатциклазы этой бактерии, и заставить его вырабатывать этот фермент. Аденилатциклаза, полученная из разных бактерий,

после изучения ее свойств, возможно, будет использоваться и в терапевтических целях.

Proceedings of the National Academy of Science of USA, 1982, v. 79, № 10, p. 3162; Science, 1982, v. 217, № 4563, p. 948 (США).

Медицина

**Новое о болезни Альцгеймера**

Много лет попытки понять причину и механизм развития болезни Альцгеймера не приносили успеха. Это тяжелое психическое заболевание, характерной чертой которого является глубокое слабоумие. Обычно оно поражает преимущественно лиц пожилого возраста: после 65 лет им заболевают от 5 до 10% людей. Начавшись, болезнь неуклонно прогрессирует и заканчивается смертью. При этом заболевании на поверхности коры головного мозга разрушаются нервные структуры, появляются бляшки или клубочки.

В середине 70-х годов у лиц, погибших в результате этой болезни, в клетках коры мозга было обнаружено снижение активности ацетилхолинтрансферазы (на 60—90%). Этот фермент способствует синтезу медиатора нервных импульсов — ацетилхолина, и найти его можно лишь в клетках нервной системы, для функционирования которых необходим этот медиатор. Затем при исследованиях на животных была обнаружена прямая связь между способностью организма вырабатывать ацетилхолинэстеразу (фермент, принадлежащий к классу гидролаз и принимающий участие в передаче нервного импульсов) и деятельностью клеток основания переднего мозга.

Эти данные позволили группе Д. Прайса (D. Price; Медицинская школа Университета им. Дж. Гопкинса, США) предположить, что снижение активности ацетилхолинтрансферазы у людей, больных болезнью Альцгеймера, также связано с

деятельностью клеток основания мозга — области, которой долгое время не уделялось должного внимания. Предположение подтвердилось при исследовании мозга погибших в результате болезни Альцгеймера. В базальном ядре Мейнхерта, расположенном в основании переднего мозга, была обнаружена весьма существенная убыль нейронов по сравнению с людьми того же возраста, погибших от других причин. Проведя исследования с помощью моноклональных антител, группа Прайса установила, что нервные клетки, расположенные в этом ядре и связанные с клетками коры головного мозга, действительно вырабатывают ацетилхолинтрансферазу. Дальнейшие исследования показали, что чем сильнее выражено слабоумие у больных, тем больше бляшек находят в их мозгу и тем меньше у них активность фермента ацетилхолинтрансферазы.

Science, 1982, v. 215, № 4537, p. 1237; 1983, v. 219, № 4587, p. 941 (США).

#### Психофизиология

### Новая зрительная иллюзия

Психологи В. В. Суворова и М. А. Матова (НИИ общей и педагогической психологии АПН СССР), исследуя механизмы зрительного восприятия, обнаружили существование образов особого типа, названных ими «фантомными»<sup>1</sup>.

В опытах у глаз испытуемого помещали экран из матового стекла (рис. 1), разделенный перегородкой на две изолированных половины для каждого глаза. Испытуемый фиксировал взгляд на точках, расположенных в центре каждого полукрана; при этом он видел одну точку в центре единого поля зрения. В первом опыте стимул (например, стрелка) появлялся в боковой части экрана (рис. 1, слева). Испытуемого

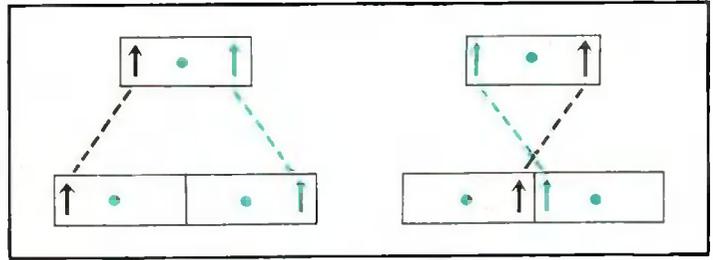


Рис. 1. Экспериментальная ситуация. Слева — первый опыт: формирование адекватного образа. Справа — второй опыт: формирование «фантомного образа». В нижней части рисунков — экраны с изображением стимулов (стрелки), в верхней — поле зрения испытуемого.

просили показать указкой позицию экрана то место, где он видит стрелку. Он указывал на точку, где стимул действительно был, т. е. у него формировался адекватный зрительный образ. Во втором опыте стимул появлялся в средней части экрана, возле перегородки (рис. 1, справа). При этом испытуемый видел стрелку в боковой части поля зрения, причем с противоположной стороны: слева, если рисунок показывали правому глазу, и справа — если левому. Такой «фантомный» образ легко исчезал при малейших движениях, затем появлялся снова, но никогда не замещался адекватным зрительным образом.

При обычном бинокулярном зрении, т. е. зрении двумя глазами (рис. 2), изображение объекта, расположенного справа, попадает на височную половину сетчатки левого глаза и на носовую половину сетчатки правого глаза. Нервные волокна от носовой зоны сетчатки идут в кору противоположного полушария, а от височной зоны — в кору «своего» полушария. Поэтому нервные импульсы от обоих глаз попадают в одно и то же полушарие (левое, если стимул справа, и в правое, если он слева). В упомянутом втором опыте изображение объекта попадало на височную половину сетчатки одного глаза. При этом, по-видимому, в зрительной области коры формировался образ, который затем проецировался вовне, в ту точку, где в обычных условиях был бы виден предмет (рис. 3).

Результаты опытов заставляют сделать два вывода: во-первых, носовые и височные половины сетчаток не вполне равноценны — носовые являются «ведущими» в том смысле, что стимул, проецируемый в

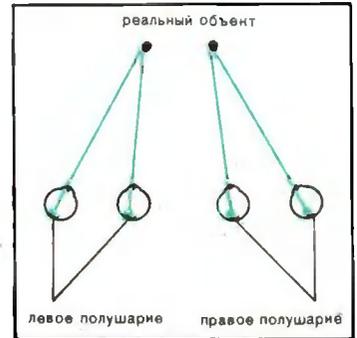


Рис. 2. Схема формирования зрительного образа в обычной ситуации, при расположении объекта справа [левая часть рисунка] или слева [правая часть рисунка].

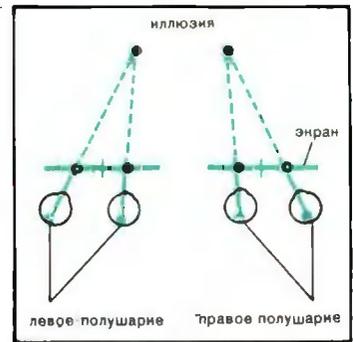


Рис. 3. Механизм формирования иллюзии «фантомного образа» во втором опыте. Полям кружком обозначено место, в котором реально расположен стимул; сплошным кружком — место, где его видит испытуемый.

<sup>1</sup> Вopr. психол., 1982, № 4, с. 116.

носовую зону, виден там, где он есть на самом деле, а проецируемый в височную зону — там, где его «должна видеть» соответствующая носовая зона. Во-вторых, авторами обнаружена новая иллюзия зрительного восприятия, причем есть основания считать, что механизм формирования этой иллюзии работает и в условиях обычного зрения, участвуя в построении адекватного зрительного образа.

Б. И. Кочубей  
Москва

#### Физиология

### Почему черепаха задерживает дыхание

Среди наземных позвоночных наиболее сложно устроены легкие у млекопитающих; миллионы легочных пузырьков (альвеол) увеличивают поверхность этого органа до десятков квадратных метров. У рептилий легкие подразделены на более крупные ячейки, и поверхность их меньше. Однако, как показали исследования У. Барггрена (W. Burggren; зоологический факультет Университета штата Массачусетс, США), различия в устройстве легких млекопитающих и рептилий этим не ограничиваются.

Сердце, как известно, подает кровь в легочные капилляры под давлением. За счет гидростатического давления часть жидкой компоненты крови (плазмы) просачивается сквозь стенки капилляров в межклеточные пространства тканей легкого и в легочные пузырьки. Благодаря же осмотическому давлению жидкость, покинувшая капилляры, всасывается затем обратно. У млекопитающих, которые имеют четырехкамерное сердце и отдельный легочный круг кровообращения, давление в этом круге составляет 10—15 мм рт. ст. При таком давлении количество вышедшей из капилляров плазмы превосходит количество вернувшейся лишь на 1—4%. Эти излишки легко дренажируются лимфатической системой. У рептилий,

за редким исключением, сердце трехкамерное, а артериальное давление может быть выше, чем у млекопитающих, в 5 раз. Казалось бы, легкие рептилий должны быть просто залиты жидкостью, чего, естественно, не происходит. Эту загадку Барггрэн в значительной мере разрешил в экспериментах на красноухой черепахе (*Chrysemus (Pseudemus) scripta*), густо населяющей восточные штаты США.

Исследователь брал пробы крови одновременно из легочной артерии и из легочной вены, т. е. крови, притекающей к легким и оттекающей от них после прохождения по легочным капиллярам. Поскольку количество форменных элементов в крови оставалось постоянным, можно было по увеличению концентрации этих элементов после прохождения крови по капиллярам судить, какая часть плазмы потеряна. Оказалось, что у черепахи в оттекающей от легких крови концентрация форменных элементов действительно увеличилась на 10—40%. Но происходило это лишь в моменты вентилиции легких, когда скорость потока крови в сосудах была максимальной. В целом же зависимость транскапиллярного потока плазмы от скорости потока крови была, как обнаружил Барггрэн, линейной, причем при низких скоростях потока крови количество вернувшейся в капилляры плазмы начинало преобладать над количеством плазмы, капилляры покинувшей.

Давно было известно, что дыхание черепахи неравномерно: вдохнув воздух 4—5 раз подряд в быстром темпе, она нередко задерживает дыхание на целую минуту. Теперь мы знаем, что в эти моменты (когда скорость артериального кровотока снижается) происходит возвращение плазмы крови обратно в капилляры. Правда, и при таком способе дыхания в кровеносное русло вернется не вся плазма, вышедшая наружу. По-видимому, рептилии обладают также очень эффективной лимфатической системой.

Science, 1982, v. 215, № 4528, p. 77—79 (США).

#### Биология

### Структура феромонов и систематика бабочек

Известно, что феромоны (природные биологически активные вещества, продуцируемые специальными железами насекомых и воспринимаемые их хеморецепторами) представляют собой либо индивидуальные химические соединения, либо смесь компонентов. Посредством феромонов осуществляется химическая коммуникация насекомых, регулируется развитие и поведение особей данного вида; половые феромоны, в частности, способствуют узнаванию самцов и самок, стимулируют спаривание. Канадские исследователи У. Стек, Е. Андерхилл и М. Чисолм (W. Steck, E. W. Underhill, M.-D. Chisholm) обобщили данные о половых феромонах бабочек совок Северной Америки и впервые сделали попытку связать их таксономическую структуру со структурой феромонов.

Половые феромоны исследованы у 200 видов совок, и хотя это число составляет около 1% от всех видов семейства, в составе, структуре и распространности известных феромонов уже обнаружены четкие закономерности, существенные, в частности, для применения искусственных аттрактантов в борьбе с сельскохозяйственными вредителями.

Относятся половые феромоны совок главным образом к производным нормальных ненасыщенных углеводородов: сложным эфирам (ацетатам), спиртам и альдегидам (около 75% известных феромонов — ацетаты). Функциональные группы в молекулах половых феромонов ( $\text{COOCH}_3$ ;  $\text{CHO}$  и  $\text{OH}$ ) обычно находятся у концевого атома углерода. Характерной особенностью феромонов совок является четное число атомов углерода в цепи ( $\text{C}_{10}$ ,  $\text{C}_{12}$ ,  $\text{C}_{14}$ ,  $\text{C}_{16}$ ). Как правило, двойная связь в молекулах феромонов является единственной и расположена у неконцевых атомов углерода в положениях 5, 7, 9 или 11, хотя у совок Старого света обнаружены феромоны-диолефи-

ны. Интересно, что изученные феромоны совок — это цис-изомеры. В сложных многокомпонентных половых феромонах отдельные компоненты различаются такими элементами структуры, как длина углеродной цепи, положение двойной связи или функциональная группа.

Поскольку феромоны осуществляют главным образом внутривидовую коммуникацию, для них характерна видовая специфичность. Так, углеродные скелеты половых аттрактантов у бабочек подсемейств *Nadeninae*, *Cuculliinae*, *Amphipyriinae* содержат 14 или 16 углеродных атомов. Почти все феромоны подсемейства *Heliothidinae* имеют в основе 12, а подсемейства *Plusiinae* — 14 атомов углерода. В последней группе 65% соединений — альдегиды. Основным компонентом феромона самок у всех изученных видов подсемейства *Heliothidinae* является цис-11-гексадеценаль. В относительном широких пределах (10—16) изменяется число атомов в углеродной цепи половых феромонов подсемейства *Noctuidae*. Такой же разброс по числу атомов углерода характерен и для родов этого подсемейства (*Euxoa*, *Agrotis*).

Очевидно, что ночной образ жизни большинства совок предопределил преобладающую роль химической коммуникации во встрече полов и регулировании полового поведения. Несомненно, что в ходе эволюции имела место специализация хеморецепторов к восприятию определенных феромонов. Дальнейшее изучение феромонов поможет уточнить отдельные этапы эволюции систем коммуникации и филогенеза совок.

*Journal of Chemical Ecology*, 1982, v. 8, № 4, p. 731—754 (США).

#### Этология

### Последствия потери хвоста у ящериц

Хвосты у ящериц имеют специализированные функции, осуществляющиеся при лазании, плавании, в схватке и т. п.; кроме того, они служат местом накопления жиров как ис-

точника энергии. Широко известно явление автотомии хвоста — способность избавляться от него (например, оставляя в зубах хищника), причем у особей многих видов хвост впоследствии регенерирует. Этологические последствия автотомии хвоста изучали С. Фокс и М. Росткер (S. Fox, M. Rostker; Университет штата Оклахома, США). Исследования проводились на пустынной ящерице *Uta stansburiana* как в естественных, так и в лабораторных условиях.

Исследователями отмечено, что в любых условиях более крупные ящерицы доминируют над мелкими. У самцов это выражается прежде всего в преимущественном выборе индивидуального участка и подбора пары. Поскольку у особей данного вида длина хвоста определяет и общую длину тела, постольку потеря хвоста (полностью или частично) может изменять установившиеся между особями иерархические отношения. Регенерация утеранной части хвоста обычно приводит к восстановлению доминантного статуса.

В начале эксперимента подопытных ящериц попарно ссаживали на одной площадке и путем наблюдения устанавливали их иерархическое соотношение (в течение часа подчитывалось число случаев демонстрации каждой особью стереотипной для доминанта позы; разность в числе таких поз у доминантов и субординантов обозначалась как социальная полярность). Затем исследователи имитировали нападение и укусы хищника, ущемляя хвост одной из ящериц, и после потери ею хвоста или его части вновь помещали ящериц вместе. В 21 паре из 30 участвовавших в эксперименте социальная полярность диаметрально изменилась лишь в случае, когда у доминанта были удалены  $\frac{2}{3}$  хвоста; у остальных 9 пар такой же эффект достигался при удалении у доминантов  $\frac{1}{3}$  хвоста, при этом начальная полярность у них восстанавливалась, если у субординантов удаляли уже  $\frac{2}{3}$  хвоста. Очевидно, животные из этих 9 пар первоначально были ближе к этологическому паритету, хотя существенных мор-

фологических различий между ними и другими ящерицами не было обнаружено.

Результаты эксперимента показали, что этологический эффект автотомии у большинства ящериц проявляется при потере не менее  $\frac{2}{3}$  длины хвоста. Регенерация его происходит тем быстрее, чем короче оставшаяся его часть: ведь в физиологическом отношении утрата хвоста с накопленным в нем запасом жиров — серьезная потеря для животного. Быстрая регенерация ведет к скорейшему восстановлению как утеранных физиологических функций, так и первоначального этологического статуса.

*Science*, 1982, v. 218, № 4588, p. 692 (США).

#### Ботаника

### Механизм движения листьев

Ранее считалось, что движение листьев (раскрытие, свертывание) у некоторых растений, в том числе и у насекомыхных из семейства росянковых (*Droseraceae*), связаны с быстрым увеличением или падением тургорного давления у отдельных специализированных клеток. Иной механизм движения листьев смогли установить американские ботаники С. Уильямс и А. Беннет (S. Williams, A. Bennett) у венериной мухоловки (*Dionaea muscipula*) из того же семейства росянковых.

Было отмечено, что в ходе закрывания ловчего листа в его

<sup>1</sup> Тургор (от лат. *turgere* — быть набухшим, наполненным) — напряженное состояние клеточной оболочки, зависящее от осмотического давления внутриклеточной жидкости, осмотического давления внешнего раствора и упругости клеточной оболочки. У растительных клеток внутреннее давление всегда больше внешнего, но разрыва клеточной оболочки не происходит из-за наличия целлюлозной клеточной стенки. У большинства растений тургорное давление лежит в пределах 5—10 атм.

центральной части заметно и наоборот расширяются (до 25—30%), т. е. растут, клетки эпидермиса наружной стороны, в то время как размеры клеток эпидермиса внутренней стороны листа остаются неизменными. При последующем открывании ловчего листа, наоборот, необратимо расширяются клетки эпидермиса внутренней стороны. Дифференциальный рост клеток наружного эпидермиса при закрывании листа сопровождается быстрым понижением pH в клеточных оболочках, пластичность которых увеличивается. Тургорное давление у клеток наружного эпидермиса в закрытых ловчих листьях не увеличивалось, как следовало бы ожидать в случае тургорного механизма движения, а, напротив, уменьшалось.

В специально поставленных экспериментах было установлено, что закрывание ловчих листьев после стимуляции их чувствительных волосков наиболее эффективно происходит в кислых растворах при pH 4,5 или несколько ниже. При выдерживании растений в сильно кислых растворах ловчие листья закрывались произвольно, а в нейтральных растворах они не закрывались даже при раздражении чувствительных волосков. Данные этих экспериментов показывают, что закрывание ловчих листьев у венериной мушкетеры, очевидно, вызывается выделением из клеток ионов водорода. Отток ионов — активный процесс, требующий энергетических затрат: в тканях закрывающегося листа отмечалось снижение за 1—3 секунды количества АТФ на 29%.

Таким образом, в основе механизма движения ловчих листьев у венериной мушкетеры лежит процесс дифференциального, «кислого» роста клеток.

Science, 1982, v. 218, № 4577, p. 1120—1122 (США).



Экология

## Аминокарб: влияние на окружающую среду

Объединенный комитет по разработке критериев ка-

чества окружающей среды при Национальном научно-исследовательском совете Канады посвятил очередной том своих публикаций результатам всестороннего изучения аминокарба — инсектицида широкого спектра действия, разработанного в ФРГ и применяемого для борьбы с сельскохозяйственными и лесными вредителями. В 1979 г. в Канаде потребление аминокарба достигло 1 тыс. т, а обрабатываемая этим веществом площадь — 2 млн. га.

Аминокарб — 4(диметил-амино)-3-метилфенил-N-метилкарбамат<sup>1</sup> — представляет собой твердое кристаллическое вещество светло-коричневого цвета, плохо растворимое в воде. Большое достоинство этого препарата состоит в том, что в естественных условиях он относительно быстро разлагается. В щелочной среде аминокарб гидролизует в течение нескольких часов; в кислых и нейтральных средах его стойкость выше и достигает 20—30 сут. В воде пресноводных водоемов, имеющей слабо щелочную реакцию, аминокарб разлагается через 30—40 ч. Таким образом, опасность накопления этого вещества в почве и воде значительно меньше по сравнению с применявшимися ранее инсектицидами.

Основным механизмом токсического действия аминокарба на насекомых-вредителей является ингибирование холинэстеразы — фермента, ответственного за проведение нервного импульса. Тот же механизм лежит в основе токсического эффекта аминокарба на других животных и человека.

В организм человека аминокарб может проникать через кожу, при вдыхании аэрозолей и с питьевой водой. Симптомы острого отравления проявляются в нарушении координации движений, функции мочевого пузыря и кишечника, судорогах, слюно- и слезотечении. Неблагоприятный эффект это вещество

оказывает на рыб, птиц, грызунов, млекопитающих. Длительное использование аминокарба в Канаде показало, что в лесах, регулярно обрабатываемых аминокарбом, значительно сократилось число певчих птиц и других представителей фауны. Установлено, что доза, приводящая при поступлении аминокарба с пищей к гибели 50% особей, составляет для полевых мышей 7—10 мг/кг, для кроликов — 160—230 мг/кг. Содержание аминокарба в воде в концентрации 0,75—0,96 кг/л приводит к смерти 50% популяции лососей. Для амфибий и рептилий токсичность аминокарба несколько ниже. Несмотря на относительно высокую устойчивость у лягушек холинэстеразы к ингибированию аминокарбом, их гибель отмечается при использовании этого инсектицида в концентрации 104 г/га. На грибы и бактерии аминокарб оказывает неблагоприятный эффект уже в концентрации 2 мг/л. Черви и моллюски погибают через 96 ч после воздействия аминокарба в концентрации 1 мг/л, ракообразные — при 10—30 мг/л.

National Research Council of Canada, 1982, Publication № 18979 (Канада).



Экология

## Загрязнение атмосферы двуокисью серы

При сжигании каменного угля в атмосферу, как известно, выбрасывается двуокись серы, отрицательное влияние которой на состояние окружающей среды, здоровье человека, сохранность архитектурных памятников и т. д. давно установлено. В 1950 г. каменный уголь был источником 61% потребляемой во всем мире электроэнергии; в 1960 г. удельный вес его снизился до 51%, в 1970 г. он составлял лишь около 35%, а ныне этот вид топлива дает не более 30% всей мировой электроэнергии.

Первоначально параллельно с таким снижением возрасла роль нефти как энергоносителя. В начале 70-х годов по-

<sup>1</sup> В СССР аминокарб не применяется. Ограниченное использование имеет близкий по строению и свойствам инсектицид цетран — 4(диметиламино) - 3,5 - диметилфенил-N-метилкарбамат.

ребление нефти достигло максимума, после чего начался обратный процесс, вызванный ее подорожанием (с 1970 г. потребление нефти в мире обгоняет открытие ее новых месторождений). Некоторое снижение цен на нефть в 1982 г. вряд ли, по мнению специалистов, сохранится во второй половине 80-х годов. Альтернативные же источники энергии (атомные, ветровые, волновые, солнечные и др.) все еще недостаточно разработаны, чтобы до конца текущего века заменить ископаемые виды топлива. В результате вновь постепенно начинает возрастать роль каменного угля в качестве энергоносителя.

Потребление каменного угля на электростанциях Европы с 1975 по 1979 г. возросло на 40%, тогда как общая выработка электроэнергии за этот срок увеличилась здесь лишь на 20%. Общее потребление угля по региону в 1982 г. составляло 1140 млн т, а к 1992 г. может достичь 1410 млн т. Витогое, если в 1972 г. в атмосферу Европы поступило от сжигания каменного угля 60,54 млн т  $SO_2$ , а через 10 лет, в 1982 г., — 61,44 млн т, то к 1992 г. эта величина может составить около 71 млн т. И это несмотря на то, что за последнее десятилетие Бельгия, Дания, ФРГ, Франция, Италия, Голландия, Польша, Швеция, Великобритания и некоторые другие страны в той или иной степени сократили выброс  $SO_2$ . Однако принятию более эффективных мер препятствуют экономические факторы, не позволяющие перейти на менее загрязняющие среду, но более дорогие виды энергоносителей. Существенно также, что  $SO_2$  легко переносится ветрами через границы государств, и, таким образом, проблема становится международной. В ряде случаев расходы, понесенные одной страной на установку уловителей или на переход к другим видам топлива, не окулаются, так как господствующие ветры приносят загрязняющие вещества с чужой территории.

Общественность ряда стран совместно со Всемирной метеорологической организацией и различными природоохранительными органами при-

зывают к разработке мер, которые были бы обязательными для всех стран региона.

Ambio, 1982, v. XI, № 6, p. 324—329 (Швеция).

#### Геотектоника

### Структура земной коры на Западе США

Группа американских геофизиков из Корнеллского университета (г. Итака) и Университета штата Вайоминг (г. Ларам) проанализировала результаты детальных исследований структуры земной коры на Западе США, проводившихся с помощью сейсмического метода отражения волн. Исследователи пытались выяснить, каковы структурные соотношения между складчатой системой Скалистых гор, образовавшихся в позднем мезозое — раннем кайнозое, и Северо-Американской древней докембрийской платформой, а также ответить на вопрос о механизме складчатости в этом регионе.

В структурном отношении Скалистые горы представляют собой систему взбросов и чешуйчатых надвигов. Отражающие границы прослеживаются от поверхности земли, где им соответствуют крупные зоны разломов, до глубины 10—12 км. Ранее считалось, что складчатость возникла здесь главным образом в результате вертикальных перемещений блоков фундамента. Основой для гипотезы о преобладающем влиянии вертикальных движений послужили сейсмические данные, показавшие, что поверхности смещений наклонны: они погружаются под Скалистые горы со стороны платформы на запад, а со стороны более молодых (альпийских) сооружений Кордильер — на восток. Однако, по мнению авторов, причиной складчатости явилось горизонтальное смещение Северо-Американской платформы. Это привело к существенному сокращению площади земной поверхности в пределах мезо-кайнозойской геосинклинальной зоны и, как следствие, — к складчато-

сти и образованию взбросов и надвигов.

Известно, что Скалистые горы весьма неоднородны по строению. Теперь, когда благодаря сейсмическим исследованиям на Западе США получен полный разрез земной коры, вплоть до поверхности Мохоровичича (раздела коры и мантии), можно поставить вопрос о том, какое влияние оказал докембрийский фундамент на процесс складчатости. Под Скалистыми горами зарегистрирована протягивающаяся с северо-востока на юго-запад граница между архейскими и протерозойскими образованиями. На поверхности земли, там, где эта граница выходит из-под складчатых сооружений Скалистых гор, она представлена как крупная шовная зона. Установлено, что земная кора архейского возраста примерно на 10 км тоньше протерозойской. Авторы высказывают предположение, что эти различия, сложившиеся еще в докембрии (40—50 млн лет назад), сыграли решающую роль в дальнейшем развитии Скалистых гор, обусловив неоднородность строения их разных частей.

Geological Society of America Bulletin, 1982, v. 83, № 12, p. 1242—1263 (США).

#### Океанология

### Ледовая обстановка в Охотском море

В. А. Ковшов и Ю. Н. Сигурин (Гидрометбюро Главного радиометеорологического центра) на основе снимков, полученных с искусственных спутников Земли «NOAA» и «Метеор» в 1977—1980 гг., впервые обнаружили области постоянного разрежения ледяного покрова в Охотском море.

Зоны разрежения льдов наблюдаются в течение всего периода существования ледяного покрова моря — с момента его появления в начале зимы до исчезновения в конце весны. Местоположение таких зон постоянно; лишь границы их одновременно смещаются на 10—



Схема постоянных течений Охотского моря в зимний период. Области разрежений льдов заштрихованы и пронумерованы. Причиной образования областей № 2, 5, 8 и 10 является дивергенция течений; остальные обусловлены циклоническими круговоротами воды. Наибольшая площадь у разрежения № 6 [83 тыс. км<sup>2</sup>]; здесь и наибольший циклонический круговорот водных масс Охотского моря, в котором участвуют теплые воды Тихого океана, поступающие через Курильский пролив. Наименьшая [3,6 тыс. км<sup>2</sup>] — у разрежения № 1, где слабое течение и понижена температура воды вследствие длительной циркуляции по северу Охотского моря.

20 миль. Подобная закономерность в существовании разрежений может быть обусловлена только постоянно действующей силой.

Проанализировав харак-

тер воздействия на дрейф льдин различных сил в течение достаточно большого промежутка времени (порядка месяца), авторы установили, что ветровой дрейф (ввиду изменчивости ветра) и приливно-отливные течения (ввиду их периодичности) не вносят сколько-нибудь заметного вклада в общую картину движения льда. Решающая роль в переносе льда за длительные периоды времени принадлежит постоянным течениям, при этом резко возрастает роль силы Кориолиса в суммарном дрейфе льда. Действительно, сопоставив положение областей разрежения льда со схемой циркуляции течений, авторы обнаружили совпадение этих областей с циклоническими круговоротами воды и с районами дивергенции течений. Именно действием силы Кориолиса на

дрейфующий лед и может объясняться разрежение ледяного покрова в циклонических круговоротах воды.

Площадь областей разрежений зависит от скорости течения и размеров циркуляционных образований. В зависимости от геометрической формы круговоротов воды или дивергентных потоков различаются и формы областей разрежения (концентрическая и эллипсоидальная). При очень сильном региональном ветре описанная картина может меняться, вплоть до закрытия разрежения. С прекращением ветра требуется всего около суток, чтобы появилось новое разрежение; восстановление зоны в прежних размерах происходит примерно за 5—7 суток. Наиболее устойчивы к ветровому воздействию области № 4 и 6 (см. рис.). Всего обнаружено 10 зон разрежения льдов.

Данные с искусственных спутников Земли предоставляют значительно большую обзорность и информативность по сравнению с данными авиаразведок (анализ ледовой обстановки по материалам авиаразведок за период с 1965 по 1980 г. не позволил обнаружить таких зон). Информация с ИСЗ, несомненно, полезна при ледовом обеспечении мореплавания и работ на шельфе.

Метеорология и гидрология, 1982, № 11, с. 76—81.

Океанология

## Сколько осадочного материала поступает в океан!

Американские седиментологи Дж. Д. Милман и Р. Х. Мид (J. D. Milman, R. H. Meade) на основе последних данных оценили количество осадочного материала, поступающего с суши на дно Мирового океана. Крупнейшие реки, вместе взятые, несут в океан около 7 млрд т осадков в год. Добавив сюда сброс всех остальных рек, а также потоков, связанных с наводнениями, таянием ледников, извержением гря-

зевых вулканов и пр., они получили величину в 16 млрд т/год.

Относительно малым оказался сброс осадков реками Африки, снизившийся в связи со строительством плотин на Ниле. Наоборот, неожиданно велик вклад рек больших островов западной части Тихого океана — Японии, Филиппин, Индонезии, Новой Гвинеи и др. Это объясняется повышенным вулканизмом данных территорий, их тектонической активностью, крутыми склонами гор и обильными дождями, а также интенсивной хозяйственной деятельностью человека. Особенно примечательны в этом отношении о-ва Тайвань, реки которого несут в океан около 300 млн т осадков/год, т. е. немногим меньше, чем реки США (за исключением Аляски и Гавайев).

Авторы предостерегают от попытки экстраполяции этих данных в прошлое, так как климатические и эрозийные условия существенно меняются во времени и антропогенная деятельность (строительство плотин и водохранилищ, возделывание земель, вырубка лесов и т. п.) вносит серьезные поправки в процессы седиментации в Мировом океане.

Episodes, 1983, № 1, p. 31—32 (Канада).

#### Палеогеография

### Динозавры вымирали постепенно

Несколько лет назад группа американских физиков во главе с Л. Альваресом [L. Alvarez; Ливерморская лаборатория им. Лоуренса, Калифорнийский университет] установила, что в осадочных породах маастрихта (на границе мела и палеогена) содержатся повышенные концентрации иридия — на порядок или два по сравнению с обычными концентрациями в осадочных слоях Земли<sup>1</sup>. Это послужило основой для

гипотезы, согласно которой примерно 65 млн лет назад на Землю выпал гигантский метеорит, вызвав длительное загрязнение атмосферы пылью и в связи с этим — прекращение фотосинтеза, что, в свою очередь, привело к гибели растительности, а след за этим — к быстрому вымиранию первобытных ящеров, сначала травоядных, потом питавшихся ими хищников.

С решительными возражениями против такой гипотезы выступили палеонтологи Л. Хики (L. Hickey; Смитсоновский музей естественной истории в Вашингтоне), У. А. Клеменс (W. A. Clemens; Университет штата Калифорния в Беркли) и палеоботаник Д. Дж. Арчибалд (D. J. Archibald; Йельский университет в Нью-Хейвене, штат Коннектикут). Не отрицая возможности падения на Землю гигантского метеорита, они указывают на отсутствие свидетельств массовой и повсеместной гибели растительности, которое должно было бы привести к одновременному вымиранию ископаемых ящеров.

В тех немногих районах, по которым имеются более или менее полные данные (например, на территории штатов Монтана и Вайоминг, Запад США), гибель динозавров отделена от гибели растительности отрезком времени в 50—100 тыс. лет. Растительная пыльца, встречающаяся на границе мела и палеогена, судя по разнообразию видов и численности растений, вовсе не говорит об их глобальном вымирании. Отмеченные случаи можно считать умеренными по масштабу и ограниченными в географическом отношении. Существенно, что наибольший размах гибель растений получила в высоких широтах. Это трудно согласовать с предложенной гипотезой космической катастрофы, так как в подобных условиях наименее приспособленными к выживанию оказываются, наоборот, тропические растения, имеющие семена и клубней, которые позволяют переносить длительное пребывание в состоянии покоя или «спячки», пока условия для произрастания не станут благоприятными. Этими свойствами обладают как раз растения

более высоких широт. Таким образом, длительный неблагоприятный период, вызванный существованием пылевого затемнения, должен был бы привести к гибели в первую очередь тропической флоры, что опровергается данными палеоботаники.

Оппоненты придерживаются точки зрения, что изменения во флоре и фауне мелового периода были вызваны комбинацией постепенных экологических перемен, связанных с долговременными климатическими переменами. Они указывают на общее глобальное похолодание, которое впервые проявилось еще за 2 млн лет до конца мелового периода. Существуют палеонтологические свидетельства, что к концу этого периода одни формы жизни, например черепахи и рыбы, не претерпели значительного сокращения видов, другие же — кораллы, динозавры, растения суши — начали терять разнообразие видов и численность, но происходило это постепенно. Только очень немногие организмы (среди них — морские водоросли и фораминиферы) вымерли, очевидно, внезапно и повсеместно. Возможно, это явление и связано с космической катастрофой, подтверждаемой наличием большой концентрации иридия в соответствующем геологическом слое; не исключено, что одноклеточные организмы оказались более уязвимыми в условиях «затемнения» на Земле.

Smithsonian Institution Research Reports, 1982, № 35, p. 8 (США).

#### Палеогеография

### Прошлое речных долин Сахары

После дешифрирования детальных американских космических фотографий большого участка северо-восточной Африки, который расположен между 18 и 40° в. д. и 33° с. ш. и частично захватывает территории Египта, Ливии, Судана и Чада, получены сведения о грунтах и почвах, скрытых под песками Ливийской пустыни. Дополненные геологическими и архео-

<sup>1</sup> Подробнее см.: Чурнов В. А. Следы космической катастрофы? — Природа, 1982, № 3, с. 31.

логическими материалами наземных исследований, эти данные позволили большей группе ученых из США и Египта установить ряд фактов, проливающих свет на историческое прошлое этой величайшей в мире пустыни.

Прежде всего, в центральной части исследованного района под слоем песка, местами метровой толщины, обнаружены огромные площади речных наносов, позволяющих оконтурить границы древних речных долин, не уступавших по своим размерам современной долине Нила. Кроме того, обнаружены связанные с ними разветвленные дренажные системы. Сопоставление этих данных с археологическими материалами подтверждает, что древние речные долины были заселены людьми, причем авторы выделяют три этапа заселения. Первый они относят к началу палеолита — времени человека прямоходящего (*Homo erectus*); второй — к среднему палеолиту и, возможно, неандертальцам (*Homo sapiens neanderthalensis*), третий — к неолиту, синхронизируя его с человеком разумным (*Homo sapiens*).

Исследователи предполагают, что в олигоцене и миоцене климат и ландшафты этого региона значительно менялись в связи с периодами тектонической активизации, а также глобальными изменениями климата на планете.

Science, 1982, v. 218, № 4576, p. 1004—1020 (США).

Археология. Палеоантропология

## Когда к человеку пришел огонь?

До сих пор считалось, что предки современного человека научились пользоваться огнем не далее как 500 тыс. лет назад. Об этом свидетельствовали несколько стоянок пещерного человека, обнаруженные в Европе и Азии и датированные этим возрастом. «Хозяином очага» во всех этих случаях был *Homo erectus* (человек прямоходящий), умевший делать каменные

топоры и другие орудия. Наиболее известным из мест его обитания была пещера Чжоукоудянь в Китае, где полвека назад были найдены отчетливые следы очага, обугленные кости животных, каменные орудия и остатки самого человека.

В 1978 г. археологи Дж. Гоулетт и Дж. Харрис (J. Goulet, J. Harris) вели раскопки на стоянке Чесованджа у оз. Баринго в Кении. Здесь они обнаружили более 40 кусков обожженной глины вперемежку с десятками рубил и других каменных орудий того же типа, которые ранее находили в известном ущелье Олдувай. Рядом лежало множество расколотых костей различных животных, а также фрагменты черепных костей гоминида. Поначалу археологи осторожно предположили, что следы огня связаны с ударом молнии или лесным пожаром, однако дальнейшие исследования привели их к убеждению, что огнем эдвезиные предки человека пользовались преднамеренно. Возраст же найденных здесь костей составляет 1,42 млн лет. Таким образом, начало использования огня отодвинуто в грядущее времени почти на 1 млн лет.

Однако остается загадкой, кто именно из гоминид был обладателем огня в Чесовандже. Все найденные дооблизи за последнее десятилетие остатки, к удивлению специалистов, принадлежали не виду *Homo erectus*, а австралопитеку (*Australopithecus boisei*). Это коренастое существо с тяжелой челюстью обычно считается боковой ветвью генеалогического древа человека. Около миллиона лет назад африканский австралопитек вымер. Кроме того, он, видимо, питался растительной пищей, мяса не ел и орудия изготавливать не научился. С другой стороны, обладавший куда большим объемом мозга *Homo erectus* жил 1,4—1,5 млн лет назад не столь уж далеко от Чесованджи: его остатки не раз находили всего в 400 км отсюда, на берегах оз. Туркана. И хотя его следов у Чесованджского очага не нашли, не исключено, что огнем пользовался именно он. Но тогда возникает другая загадка: каким образом австралопитек оказался рядом с местом обитания более близ-

кого предка человека? Может, их все же разделяло определенное время? Были ли они мирными соседями или, как осторожно замечают Гоулетт и Харрис, остатки австралопитеков были доставлены сюда изготовителями каменных орудий вместе со съедобными частями других животных?

Еще одно свидетельство более раннего использования огня древним предком человека представил недавно Д. Кларк (D. Clark; Университет штата Калифорния в Беркли, США). Возглавляемая им археологическая экспедиция обнаружила в районе р. Аваш в Эфиопии, где уже сделано немало археологических открытий, несколько характерных тарелкообразных углублений, расположенных рядом с остатками древнейшего человека. Углубления встречались в песчаной, илистой или глинистой почве, но всегда в центре углубления находился небольшой конический комок обожженной глины. Несомненно, в песчаную и илстую почву обожженная глина была привнесена. Рядом с ней в ряде случаев были найдены каменные орудия труда.

Происхождение и назначение этих глиняных конусов первоначально оставалось неясным, так как они не похожи на обычно встречающиеся на стоянках древнего человека очаги. Однако затем выяснилось, что в некоторых районах Индии, населенных отсталыми племенами, существует практика поджигания пней, остающихся после вырубki. Крестьяне пользуются горящими или тлеющими в течение целой недели и более пнями как удобным источником огня. Во многих случаях возле пней (до их поджога) располагалась колония термитов, которые строят свои гнезда из глины. Когда некоторые из глиняных конусов в долине р. Аваш были вскрыты, обнаружили закрепленные обжогом ходы, подобные термитным.

Кларк полагает, что древние гоминиды, населявшие, по его мнению, северо-восточную Африку около 4 млн лет назад, также практиковали хранение огня с помощью тлеющих пней. Вряд ли в столь отдаленное время человек умел разводиться

огонь, но хранить его, получив первоначально естественным путем (от молнии, лесного или степного пожара), он вполне мог.

Nature, 1981, v. 294, № 5837, p. 125; New Scientist, 1982, v. 95, № 1312, p. 20 (Великобритания).

#### Антропология

### Пища древних индейцев и кариес зубов

Антрополог К. С. Ларсен (C. S. Larsen; Массачусетский университет, США) изучал ископаемые остатки доисторического человека из 33 различных захоронений, разбросанных по всему атлантическому побережью штата Джорджия. Археологам-американцам известно, что переход древнего населения юго-восточной части современной территории США от собирательства, охоты и рыболовства к земледелию совершился около 1150 г. Исследовав и сопоставив состояние зубного аппарата у 124 человек, живших между 1000 г. до н. э. и 1150 г. н. э. (т. е. в охотничье-рыболовецкую эпоху), и 188 человек, живших между 1150 и 1550 гг. н. э. (когда основным их занятием стало выращивание кукурузы), Ларсен обнаружил, что у индейцев — охотников и рыболовов следов кариес почти не наблюдается. По-видимому, внедрение в диету в качестве основы питания кукурузы сыграло важнейшую роль в появлении зубных болезней.

Знаменательно, что кариес в первую очередь поразил не мужчин, а женщин. Согласно заключению Ларсена, наиболее испорченные зубы принадлежали в подавляющем большинстве индианкам. Это объясняется, по мнению исследователя, особенностями разделения труда в первобытном обществе: выращиванием, уборкой урожая и приготовлением пищи в доколумбовой Америке, как и во многих других регионах, занимались именно женщины. По экономическим и социальным

причинам они первыми перешли на преобладающее потребление кукурузы, тогда как основу питания у мужчин еще длительное время продолжали составлять мясо диких животных, рыба и дикорастущие плоды. Journal of Archaeological Science, 1983, v. 10, p. 1 (США).

#### Палеонтология

### Древнейшее млекопитающее Южной Америки

Группа американских и французских палеонтологов, возглавляемая Л. Дж. Маршаллом (L. G. Marshall; Аризонский университет в Тусоне, США), проводя раскопки в юго-западной части Боливии, обнаружила костные остатки ископаемых животных. Среди них особенно хорошо сохранилась часть нижней челюсти размером около 2 см. Она принадлежит сумчатому млекопитающему, обитавшему в Южной Америке 70—75 млн лет назад. Это — древнейшее из млекопитающих, когда-либо здесь найденных. Раскопки на месте этой интересной находки предполагается продолжить.

Science News, 1983, № 123, p. 38 (США).



Охрана природы

### Национальный парк Малайзии под угрозой

В Малайзии принято решение построить на р. Тембеллинг (северная часть центрального района п-ова Малакка) плотину, которая создаст водохранилище глубиной 60 м и площадью 130 км<sup>2</sup>. Это вызывает серьезные возражения со стороны местных сторонников охраны природы и международной общественности: затопляемая территория является важной составной частью единственного в стране Национально-

го парка Таман-Негара (общая площадь 1677 км<sup>2</sup>), где встречаются многие редкие и ценные виды животных. Здесь обитают 250 видов тропических птиц, дикий буйвол, два редких вида оленей, тапир, тигр, леопард, суматранский носорог (находящийся под угрозой исчезновения), гиббон и другие приматы, несколько малочисленных видов ящериц и др.

Местная флора представляет собой в значительной мере реликт уже вырубленных в остальной части Малакки лесов, возраст которых достигает 130 млн лет. Многие виды растений, встречающиеся только в низменных местах, полностью исчезнут в случае затопления. К числу находящихся под угрозой относятся различные виды дуба, лавра, рододендрона, прозрастающие у подножия и на склонах горы Гунонг-Таган (одной из высочайших вершин полуострова).

Беспокойство археологов вызывает тот факт, что в зону затопления попадают стоянки доисторического человека, населявшего Юго-Восточную Азию в каменный и бронзовый века. Недавние раскопки позволили обнаружить на берегах рек Тембеллинг и Сунгайтахан ценные предметы древнейшей материальной культуры, но большое количество возможных местобитаний еще не изучалось.

С точки зрения местных антропологов, фольклористов и социологов, строительство плотины недопустимо, так как из зоны затопления придется переселить ведущее традиционный образ жизни племя оранг-асли, численность которого всего 3—5 тыс. человек. Их культура и само существование окажутся под угрозой, если жители глубоких джунглей будут переведены в открытую местность.

Не исключено также, что появление мелководного бассейна будет способствовать распространению шистосоматоза — опасной тропической болезни, вызываемой гельминтами семейства шистосоматид.

New Scientist, 1982, v. 94, № 1304, p. 339 (Великобритания).

## Информация о международных научных связях

Академик Н. М. Жаворонков,  
С. И. Плоткин  
Москва

научных общества, академий и университетов 17 стран мира, ему была присуждена Нобелевская премия (1904), а на XV Международном конгрессе физиологов (1935) присвоено почетное звание «старейшины физиологов мира».

Интересно отметить, что после И. П. Павлова самый заслуженный советский ученый — академик П. Л. Капица, лауреат Нобелевской премии 1978 г. Он почетный доктор наук университетов 10 стран, член 13 зарубежных академий и многих научных обществ, состоит членом ряда международных организаций (Академия астрономии, Академия истории наук и др.), награжден 10 именными медалями, в том числе тремя золотыми (Льежского и Калькуттского университетов, Датского общества им. Н. Бора), а также орденом Югославской звезды с бантом через плечо.

Эти сведения мы почерпнули из книги С. Г. Корнеева, в которой собран обширный материал о советских ученых, избранных в состав зарубежных научных учреждений и удостоенных различных высоких наград.

Значение этой книги выходит за пределы справочного издания. В сферу читательских интересов введено много новой информации, дающей представление о международных научных связях и о престиже советской науки.

Показательно, что более 1200 советских ученых за свои заслуги перед наукой получили признание 130 международных научных организаций и свыше 1000 национальных научных учреждений 58 стран мира, в их числе 125 научных организаций США, 84 — Великобритании, 75 — Франции, 70 — ЧССР, 53 — ПНР, 42 — ГДР, 40 — ФРГ, 35 — Индии и др. Все эти данные сосредоточены в первой части книги.

Вторая ее часть — «Краткая характеристика научных ор-

ганизаций, премий и наград зарубежных стран». В ней дается представление об истории, структуре и программе деятельности всех упомянутых в книге научных учреждений. Так, читатель узнает, что старейшим центром науки является Лондонское королевское общество (1660 г.), выполняющее роль английской академии наук. В разное время в его состав избирались многие деятели русской и советской науки — П. Л. Чебышев, Д. И. Менделеев, И. И. Мечников, К. А. Тимирязев, Н. И. Вавилов, Н. Н. Семенов, А. Н. Колмогоров, В. А. Амбарцумян, Я. Б. Зельдович и др. Среди многочисленных научных учреждений США, упомянутых в книге, мы встречаем созданное в 1955 г. Павловское научное общество, объединяющее американских физиологов — последователей учения И. П. Павлова. Читатель получит представление, например, и о том, что Венгерская академия наук относится к числу крупных научных центров, в ее состав входит более 200 выдающихся венгерских и 95 зарубежных ученых (в их числе 35 ученых из СССР). Около 100 лет насчитывает Сербская академия наук и искусства, во главе которой на посту президента многие годы был лауреат премии им. М. В. Ломоносова, иностранный член АН СССР, известный физико-химик П. Савич. Один из молодых центров научной мысли — Индийская академия наук, основанная в 1970 г. Она объединяет около 400 индийских ученых всех отраслей современной науки и около 50 иностранных ученых (в том числе 5 советских).

В большом перечне международных организаций упоминается основанная в 1929 г. Международная академия по истории науки, в состав которой входят ученые более 40 стран. Советские историки науки принимают активное участие в дея-

С. Г. КОРНЕЕВ  
**СОВЕТСКИЕ  
УЧЕНЫЕ—**  
почетные члены  
научных  
организаций  
зарубежных  
стран

С. Г. Корнеев. СОВЕТСКИЕ УЧЕНЫЕ — ПОЧЕТНЫЕ ЧЛЕНЫ НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН. Отв. ред. Ю. А. Овчинников. М.: Наука, 1981, 203 с.

В статье «Памяти Ивана Петровича Павлова» (1936) академик П. Л. Капица писал: «Высокая оценка его научных заслуг получила свое выражение также и в том, что ему были присвоены все существующие академические степени и звания. Он был членом почти всех научных обществ, обладателем всех медалей, доктором «гонорис кауза» всех крупных университетов».

Действительно, из отечественных ученых И. П. Павлов получил наибольшее мировое признание. Он был избран в состав почти 50 иностранных

тельности Академии и в издании ее печатного органа «Международный архив по истории науки».

Книга С. Г. Корнеева написана на основе изучения большого числа источников. Тем не менее надо предупредить читателей, что она не дает исчерпывающей информации, да пока и не претендует на это. Автор предупреждает, что в именном алфавитном перечне представлены главным образом лишь те ученые, которые работали или работают в академических учреждениях. Есть пробелы и во второй части книги, дающей описания зарубежных научных учреждений и почетных наград. Но такие издания, как книга С. Г. Корнеева, обычно формируются в течение многих лет и совершенствуются в процессе переизданий. Перед нами — уже второе издание, исправленное и дополненное (первое вышло в 1973 г.). Хочется пожелать автору продолжить эту трудоемкую работу.

## Новые штрихи к истории дарвинизма

**А. С. Северцов,**  
доктор биологических наук  
Москва

Среди историков биологии Наталья Германовна Рубайлова (1925—1979) была хорошо известна как плодотворный исследователь Ч. Дарвина и его времени. Последняя ее книга «Формирование и развитие теории естественного отбора» вышла посмертно. В этой небольшой по объему книге прослежено развитие представлений о естественном отборе как о главном, движущем факторе эволюции — от умозрительных идей античных философов (Эмпедокл, Демокрит, Аристотель, Лукреций Кар) до селекционизма шестидесятых годов нашего века. Книга заканчивается изложением развитого И. И. Шмальгаузеном кибернетического подхода к описанию эволюции.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Н. Г. Рубайлова

## Формирование и развитие теории естественного отбора

ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА

Н. Г. Рубайлова. ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТБОРА. Отв. ред. А. В. Яблоков. М.: Наука, 1981, 198 с.

Сама по себе история идеи естественного отбора в общем виде знакома большинству биологов. Однако книга Н. Г. Рубайловой и интересна и важна. В ней содержатся малоизвестные исторические данные, которые вносят новые черты в понимание процесса развития теории отбора.

Основное смысловое ядро книги и наиболее массивную ее часть, приблизительно две трети текста, составляют две главы, посвященные теории Дарвина. Этим главам предпослан анализ взглядов так называемых «предшественников» Дарвина: Дж. Причарда, У. Уэллса, У. Лдуренса, Э. Блиса и П. Мэттью. Вклад этих ученых в развитие представлений об эволюции и, главное, роль каждого из них как первооткрывателя естественного отбора активно дискутировалась в зарубежной литературе. В советской же истории биологии, до издания книги Н. Г. Рубайловой, эти вопросы почти не затрагивались.

Рассматривая формирование у Дарвина представлений о естественном отборе, автор впервые в советской историографии дает характеристику всех «Записных книжек» Дарвина,

опубликованных в 1960—1967 гг. крупным английским эволюционистом Г. де Бэром. В русском переводе имеется текст лишь первой из этих книжек<sup>1</sup>.

Дарвин вел записные книжки с 1837 по 1839 г., заносил в них более или менее оформленные мысли о теории эволюции. Часть текста (300 вырезанных страниц) он использовал затем при подготовке к печати первого издания «Происхождения видов». Основываясь на тексте самих книжек и комментариях Г. де Бэра, Н. Г. Рубайлова устанавливает хронологическую последовательность формирования представлений Дарвина о движущих силах эволюции.

Специальный раздел посвящен «научному методу» Дарвина и философским аспектам теории естественного отбора. Здесь читатель получает представление о новейших зарубежных исследованиях, посвященных Дарвину. Автор книги подчеркивает ясное осознание Дарвином философского значения эволюционной теории, анализирует баконианский индуктивный подход Дарвина к ее построению.

Излагая дискуссии вокруг теории естественного отбора, происходившие при жизни Дарвина, Н. Г. Рубайлова характеризует настроение умов до издания и после издания «Происхождения видов» и справедливо подчеркивает, что широкую общественность в ту пору занимала не столько сама теория эволюции, блестяще разработанная Дарвином, а ее следствие — вопрос о происхождении человека от обезьяны. Затем Н. Г. Рубайлова кратко формулирует суть возражений против теории отбора со стороны ряда ведущих биологов того времени: Г. Бронна, П. Брока, Л. Агассица, К. Г. Майварта и др. Интересно и изложение дискуссий по поводу естественного отбора, точнее универсальности этого фактора эволюции, происходивших между Дарвином, А. Уоллесом и Т. Гексли.

<sup>1</sup> Дарвин Ч. Первая записная книжка о трансмутации видов. Соч., 1959, т. 9.

Одна из глав книги открывает дискуссии вокруг дарвиновской теории, происходившие в 70—90-х годах прошлого века. Этот материал, имеющий на первый взгляд лишь исторический интерес, на самом деле достаточно актуален, так как многие затронутые тогда вопросы на новом уровне и в новых терминах продолжают обсуждаться и сейчас. К таким вопросам относятся, например, проблемы гибридогенеза и роли изоляции в видообразовании, проблема соотношения ядра и цитоплазмы в индивидуальном развитии, впервые поставленная А. Вейсманом, и ряд других.

В связи с этими дискуссиями Н. Г. Рубайлова излагает ряд частных теорий, возникших на основе дарвиновской теории естественного отбора: теорию «физиологического отбора» Дж. Роменса, «зародышевый отбор» Вейсмана. Рассказывается и о споре между Г. Спенсером и Вейсманом о наследовании приобретенных признаков.

В небольшой главе «Кризис теории естественного отбора» обсуждаются, с одной стороны, отношение ранней генетики (Г. де Фриз, В. Иогансен, Т. Морган) к теории эволюции вообще и к теории естественного отбора в особенности, а с другой стороны, — развитие и пропаганда дарвиниз-

ма передовыми русскими биологами конца XIX — начала XX веков. Заканчивается глава описанием первых попыток экспериментальной проверки и подтверждения отбора в природе. Краткость этой главы оправдана, так как обсуждаемым в ней вопросам посвящена обширная литература на русском языке.

В заключение книги дано описание развития представлений об отборе в работах основоположников популяционной генетики (С. С. Четвериков, Дж. Холдейн, Р. Фишер, С. Райт), излагаются опыты по отбору у богомолов на разном фоне субстрата (А. Чеснола, М. М. Беляев), а также исследования К. Суннертсона, Н. В. Цингера и др. Словом, речь идет о синтезе генетики и дарвинизма и развитии экспериментального изучения факторов эволюции. Как уже было сказано, книга заканчивается изложением теории стабилизирующего отбора И. И. Шмальгаузена и его представлений об эволюции как авторегуляторном процессе.

Представленные в книге свежие историографические сведения и современные точки зрения на процесс развития эволюционной теории (в конечном счете обусловленные развитием этой теории) заставляют по-новому осмысливать даже самые известные факты, глубже

понимать некоторые новые тенденции биологических исследований. И когда в 1984 г. будет отмечаться 125-летие со времени появления дарвиновского «Происхождения видов», открывшего современную эпоху биологии, многие исследователи с благодарностью вспомнят работы Н. Г. Рубайловой и обратятся к обсуждаемой здесь книге.

Конечно, не все в этой книге совершенно. Например, подчеркнутая объективность подачи материала, отсутствие во многих случаях оценочных суждений, являются, с моей точки зрения, скорее недостатком, чем достоинством. Нельзя также не пожалеть (об этом говорится и в предисловии А. В. Яблокова), что в книге не затронуты исследования Ф. Г. Добжанского, Д. С. Фальконера, Р. Шеларда, Г. Кэттлуэла, С. Кейна и многих других популяционистов, работы которых составляют в настоящее время экспериментальную базу селекционизма. Анализ развития теории отбора без этих исследований недостаточно полон.

Тем не менее эта книга, принадлежащая перу увлеченного исследователя, написанная хорошо, живым языком, легко читаемая, несомненно, будет интересна и полезна широкому кругу биологов.

НОВЫЕ КНИГИ

Космические исследования

ГАГАРИНСКИЕ НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ ПО КОСМОНАВИТИКЕ И АВИАЦИИ. 1981, М.: Наука, 1983, 256 с., ч. 2 р. 70 к.

Гагаринские научные чтения по космонавтике и авиации, проводимые с 1971 г., завоевали широкую популярность среди советской научной общественности, стали традиционным еже-

годным научным мемориалом, посвященным первому полету в космос Ю. А. Гагарина. XI Гагаринские чтения (6—9 апреля 1981 г.) состоялись в канун двадцатой годовщины этого эпохального события. В издании трудов этих чтений включены полностью несколько докладов, в том числе вице-президента АН СССР академика В. А. Котельникова «Двадцать лет полета человека в космос», летчиков-космонавтов СССР

Г. С. Титова «Первые орбиты», Г. Т. Берегового «О профессии космонавта» и Л. И. Попова и В. В. Рюмина «Самая длительная космическая экспедиция на «Салюте-6», академика В. П. Мишина «Дороги в космос», академика В. С. Авдуевского и Л. В. Пескова «Проблемы космического производства». В книгу включено также краткое содержание секционных докладов и сообщений.

## Астрономия

**А. Уайт. ПЛАНЕТА ПЛУТОН.** Пер. с англ. Л. А. Исакович под ред. и с предисл. В. А. Брумберга. М.: Мир, 1983, 127 с., ц. 40 к.

Плутон — самая далекая из всех известных больших планет Солнечной системы — был открыт Клайдом В. Томбо в 1930 г. Книга канадского астронома Антони Дж. Уайта написана в связи с полувековым юбилеем этого события, а также в связи с тем, что 70-е годы принесли много качественно новой информации о Плуtone, повысившей к нему интерес.

Содержание книги, как пишет в предисловии редактор перевода, можно рассматривать в трех аспектах: во-первых, в ней детально описаны события, связанные с открытиями Урана, Нептуна и Плутона и составившие одну из самых увлекательных и драматических глав в истории астрономии; во-вторых, в книге лаконично изложены результаты практически всех основных работ по исследованию Плутона с 1930 по 1979 г; в-третьих, книгу можно использовать и как источник современных сведений о Плуtone — его движении, физических характеристиках, методах исследования.

Книга А. Уайта адресована астрономам (включая студентов и аспирантов), специалистам по космической технике; но по уровню изложения она доступна всем читателям, серьезно интересующимся астрономией.

## Математика

**Мухаммад ибн Мусе ал-Хорезми. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ТРАКТАТЫ.** Отв. ред. и авт. предисл. С. Х. Сираждинов, рец. В. П. Щеглов, Т. А. Азларов. Ташкент: изд-во «Фан» УзССР, 1983, 306 с., ц. 3 р. 80 к.

По решению ЮНЕСКО в 1983 г. мировая научная общественность отмечает 1200-летие со дня рождения среднеазиатского ученого Мухаммада ибн Мусы ал-Хорезми. Его трактаты, переведенные на латынь в XII в., сыграли чрезвычайно важную роль в развитии математики и астрономии в Европе. В творчестве

ал-Хорезми нашли отражение результаты, полученные его предшественниками — древнегреческими и индийскими учеными. Поэтому исследование его сочинений проливает свет на вопросы взаимного влияния народов в процессе исторического развития.

В настоящее издание включены сочинения ал-Хорезми по арифметике, алгебре и астрономии. Их текст сопровождается комментариями А. П. Юшкевича и Г. П. Матвиевской, которые помогают читателю оценить научное наследие ученого с позиций современной науки.



## Биология

**Г. И. Оксенгендлер. ЯДЫ И ПРОТИВОЯДИЯ.** Отв. ред. Н. В. Саватеев, ред. В. Т. Иванов, Ж. И. Абрамова. Л.: Наука, сер. «Человек и окружающая среда», 1982, 192 с., ц. 70 к.

Бурное развитие химической промышленности, внедрение химической технологии во многие отрасли народного хозяйства и сферу быта приводят к загрязнению окружающей среды, создавая тем самым серьезную угрозу для здоровья человека. Именно поэтому разработка действенных мер борьбы с отрицательным влиянием вредных химических факторов стала сейчас одной из первоочередных задач науки и практики. Этим вопросам и посвящена книга Г. И. Оксенгендлера. На примерах распространенных интоксикаций автор рассматривает сущность и особенности влияния на организм ядовитых веществ. В книге рассказывается о путях, по которым ведут свои поиски токсикологи, химики, биохимики, фармакологи, стремясь разработать эффективные противоядия.

## Биология

**В. Д. Александрова. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПОЛЯРНЫХ ПУСТЫНЬ СССР.** Отв. ред. Б. Н. Норин. Л.: Наука, 1983, 143 с., ц. 2 р. 30 к.

Земля Франца-Иосифа, о-ва Виктория, Визе, Ушакова и Уединения; северная оконечность Новой Земли и Северная Земля, мыс Челюскин и о-ва

Де-Лонга — все это арктические «полярные пустыни». Этим термином обозначают территории, находящиеся в наиболее высоких широтах, где круглый год большая часть суши и моря покрыта льдами, средняя температура самого теплого месяца не превышает 2°C, а годовой радиационный баланс не выше 10 ккал/см<sup>2</sup>. В отличие от тропических и субтропических пустынь, где скудность растительности обусловлена острым недостатком влаги, в полярных пустынях главная причина этого — резкий дефицит тепла.

Основываясь на материалах, полученных во время работы на Земле Франца-Иосифа, автор рассказывает о природной обстановке и особенностях развития растений в полярных пустынях, о составе и структуре растительных группировок, о путях адаптации растений к экстремальным условиям. В книге обрисованы отличительные черты арктических полярных пустынь как особого геоботанического региона.



## Охрана природы

**ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ: ПРОБЛЕМЫ ПРОСВЕЩЕНИЯ.** Пер. с франц. Т. К. Черемухиной и С. К. Розова. Ред. и послесл. А. Г. Воронова. М.: Прогресс, Редакция литературы по географии, экологии и народонаселению, 1983, 352 с., ц. 1 р. 70 к.

Созданию разветвленной системы экологического образования были посвящены Международный симпозиум по вопросам просвещения в области окружающей среды (Белград, 1975) и Межправительственная конференция по образованию в области окружающей среды (Тбилиси, 1977), организованные по инициативе ЮНЕСКО и ЮНЕП. Материалы и документы этих форумов и составляют содержание сборника.

Вначале помещены материалы, которые дают обзор проблемы в целом, а затем касающиеся методики и организации экологического воспитания и образования на разных ступенях дошкольной, начальной, вузовской и вневузовской подготовки.

Издание адресовано преподавателям, аспирантам и студентам вузов, учителям средней школы.



Охрана природы

**КРАСНАЯ КНИГА УЗБЕКСКОЙ ССР.** Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растительности. Т. 1. Позвоночные животные. Гл. ред. А. С. Садыков. Ташкент: изд-во «Фан» УзССР, 1983, 128 с., ц. 2 р. 20 к.

Уже на глазах нынешнего поколения на территории Узбекистана исчезли туранский тигр и, по-видимому, красный волк, на грани исчезновения находятся гепард, переднеазиатский леопард, полосатая гиена, дрофа, аральский шип. В особо угрожающем положении оказались устюртский баран, винторогий козел, иранская выдра, черный аист, лебедь-шипун, дрофа-красотка, белобрюхий рябок, песчаная эфа, ферганская песчаная лягушка. Численность многих животных продолжает сокращаться.

Зоологическая комиссия АН УзССР, объединив усилия многих специалистов, приступила к созданию «Красной книги Узбекской ССР», первый том которой опубликован в этом году. В него внесены 63 вида и подвида позвоночных животных, среди которых 22 вида млекопитающих, 31 вид птиц, 5 видов и подвидов пресмыкающихся и 5 видов рыб.

#### Геоморфология

**Н. А. Флоренсов. СКУЛЬПТУРЫ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ.** М., Наука, 1983, 173 с., ц. 75 к.

Книга члена-корреспондента АН СССР Н. А. Флоренсова убедительно показывает читателю, что геоморфология — наука о формах и типах рельефа Земли, их происхождении и изменении — вышла сейчас на новые рубежи. Геоморфологи способны давать обоснованные прогнозы природных и техногенных явлений на поверхности Земли, достижения и методы геоморфологии можно использовать в космических исследованиях — для изучения других планет Солнечной системы.

Автор сравнивает формы земной поверхности с произведениями скульптуры, и этот прием позволяет глубже осознать значение формы вещей для понимания их внутреннего содержания. Кто же эти мастера, создающие, изменяющие и уничтожающие земные скульптуры? Их роль выполняют не только внутренние силы планеты и космические влияния. «Отделочные работы» ведет вода, воздух и другие компоненты биосферы.

Формы рельефа много могут рассказать о геологической истории того или иного места. Автор иллюстрирует это положение на ярких примерах: скажем, по особенностям рельефа даже в «закрытой» местности, где нет выходов коренных пород на поверхность, можно надежно определять форму и характер невидимого геологического тела. Этот метод — структурно-морфологический анализ — с успехом применяется для поисков месторождений полезных ископаемых, строительных материалов. С интересом читаются странички, посвященные взаимодействию рельефа с биосферой. Здесь рассматриваются также все усиливающиеся техногенные воздействия. Как говорит сам автор, книга содержит много субъективного, еще не включенного в актив науки, изучающей рельеф земной поверхности.

#### Океанология

**Д. В. Наумов. МИР ОКЕАНА** (рассказы о морской стихии и освоении ее человеком). М.: Молодая гвардия, сер. «Эврика», 1983, 335 с., ц. 2 р. 50 к.

Автор книги, гидробиолог, принимавший участие в рейсах научно-исследовательских судов «Витязь», «Дмитрий Менделеев», «Академик Курчатов», в популярной форме рассказывает о тех кардинальных открытиях, которые сделаны океанологами за последние десятилетия и которые в корне меняют многие из прежних представлений об океане.

Благодаря успехам морской геологии выяснено, что материковая кора значительно отличается от той, что нахо-

дится под дном океана; разгаданы причины внезапного нашествия гигантских волн — цунами; открыт вихревой характер движения водных масс в области океанских течений; детальное изучение дна океана привело к открытию подводных гор, долин, желобов, целых горных систем; вопреки веками державшемуся мнению о невозможности жизни на океанских глубинах обнаружены среди вечного мрака океанской бездны настоящие оазисы, густо заселенные неизвестными прежде видами животных...

В книге много личных впечатлений. Автор побывал, в частности, и в районе Бермудского треугольника. «Можно с уверенностью сказать, — пишет он в книге, — что миф о роковом Бермудском треугольнике на 40 процентов создан теми недобросовестными журналистами, для которых сенсация дороже истины... Что же в таком случае остается от пресловутого Бермудского треугольника? Почти ничего. Просто-напросто это участок океана с интенсивным движением водного и воздушного транспорта и очень сложными гидрометеорологическими условиями».

#### География

**ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ.** Географические названия. Гл. ред. А. Ф. Трешников. М.: Советская энциклопедия, 1983, 528 с., ц. 6 р. 60 к.

Словарь содержит свыше 10 000 статей, отражающих современную карту мира. Читатель найдет в нем статьи о материках и океанах Земли, реках, озерах, горах, ледниках и других природных объектах; о всех государствах мира; о союзных и автономных республиках, автономных областях и округах, краях, областях и всех городах Советского Союза; о важных политических, экономических, научных и культурных центрах зарубежных стран и т. д.

По сравнению с «Энциклопедическим словарем географических названий», выпущенным в 1973 г., новый словарь значительно обновлен и расширен.

## История науки

Э. М. Мурзав. ЛЕВ СЕМЕНОВИЧ БЕРГ (1876—1950) Отв. ред. А. В. Шнитников. М.: Наука, сер. «Научно-биографическая литература», 1983, 176 с., ц. 65 к.

«Академика Льва Семеновича Берга,— говорится в книге,— называли последним энциклопедистом XX столетия. Мало кто из современных ученых охватил своими исследованиями так много отраслей науки, как он. Его научное наследие составляют свыше 700 публикаций, не считая заметок и рецензий, которых насчитывается более 200.

До сих пор не утратили своего значения труды Л. С. Берга «Географические зоны Советского Союза», «Основы климатологии», «Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран», «Очерки по истории русских географических открытий» и др.

Л. С. Берг очень любил классическую литературу, высоко ценил русских писателей, но больше всего — Пушкина. Ему он посвятил специальную статью «Пушкин и география», в которой писал: «Пушкин дал непревзойденные образцы художественной интуиции, живо схватывающей и ярко передающей географические особенности страны». Именно Пушкин впервые сообщил в письме к А. Дельвигу, что видел березу в горах Крыма. Между тем, замечает Берг, «ученые ботаники значительно позже отметили этот парадоксальный факт».

## История науки

Т. П. Плетова. БОРИС ВАСИЛЬЕВИЧ КЕДРОВСКИЙ (1898—1970). М.: Наука, Научн.-биогр. сер., 1983, 80 с., ц. 45 к.

До сих пор о Борисе Васильевиче Кедровском, известном советском цитологе, было написано немного. Эта книга, по существу, впервые знакомит широкий круг читателей с его научным наследием и, в частности, с его исследованиями, которые были направлены на выявление роли нуклеиновых кислот в белковом син-

тезе. Первые шаги на этом пути были сделаны в работах Кедровского 1934, 1937, 1940 и 1941 гг. К сожалению, война помешала дальнейшим исследованиям. Позднее лидерство в этой области перешло к зарубежным ученым — Ж. Браше и Т. Касперсону. Тем не менее мы должны помнить о роли Кедровского в становлении молекулярной биологии сегодняшнего дня. Ведь его работы, как писал Б. Л. Астауров, опережившие свое время, несомненно, лежали в русле расшифровки самых глубинных механизмов развития.

Биографические сведения об ученом занимают в книге очень небольшое место: всего лишь 5 страниц текста. А между тем это был очень интересный человек — не только широко образованный биолог, но и прекрасный переводчик и поэт.

## История науки

Ф. Г. Сафронов. ЕРОФЕЙ ХАБАРОВ: РАССКАЗ О СУДЬБЕ РУССКОГО ЗЕМЛЕПРОХОДЦА. Отв. ред. В. С. Шевченко. Рец. А. А. Степанов. Хабаровск: Хабаровское книжное издательство, 111 с., ц. 20 к.

Казалось бы, столько всего написано об известном русском землепроходце, но архивы поставляют все новые и новые сведения. Стало подлинно известно, что «Ярофей Павлов сын Хабаров-Святитский» (так он значился в официальных документах), совершивший два похода на Амур, присоединивший к российским владениям весь Амур до Татарского пролива и земли к востоку от Аргуни до Большого Хингана, родился и жил до первой поездки в Сибирь в дер. Дмитриево Вотложского стана Устюжского уезда (деревня эта существует и поныне в Вологодской области). Автор получил эти сведения, исследовав дело Мангазейской приказной избы за 1630—1631 гг. Из Илимской окладной книги 1667—1671 гг. известно, что Хабаров, простой, не слишком грамотный человек, за заслуги свои числился «в детях бояр и взамен хлебоного жалования пахал пашню».

Среди нескольких архивных документов, помещенных автором в конце книги, хранится челобитная Хабарова от 15 ноября 1667 г. Тобольскому воеводе П. И. Годуну с просьбой разрешить вновь отпраздновать в Даурскую землю — на Амур. Напоминая о своих заслугах, Хабаров писал, как «поднял с собою вольных охочих людей войско» «и ясак в тое землице на вас, великих государей, собирал собольми и лисицами по многие лета...»

В книге подробно описана деятельность Хабарова, а также процесс заселения «гулящими» и промышленными людьми сибирских территорий.

## История науки

Л. Я. Лозинская. ВО ГЛАВЕ ДВУХ АКАДЕМИЙ. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Наука, 1983, 142 с., ц. 50 к.

Писатель, знаток искусств, педагог, филолог, редактор, натуралист, музыкант, хирург — так характеризует княгиню Екатерину Романовну Дашкову (1743—1810) ее современный биограф. С 1783 по 1894 г., т. е. на протяжении 11 лет, она была директором Академии наук и одновременно президентом Российской академии (литературной по своему профилю) — факт удивительный и в наше время эмансипированных женщин!

Л. Я. Лозинская показывает нам жизнь Дашковой на пестром историческом фоне екатерининской эпохи: высочайшая милость, опала, заграничные странствия — чего только не пришлось пережить героине этой книги, прежде чем приступить в 1805 г. к написанию своих мемуаров, которые так высоко оценил А. И. Герцен. Подробнее всего описана ее деятельность во главе двух академий. Подлинностью эпохи дышит приложенный к книге документ «Состояние, в котором находилась Императорская Академия наук, когда я вступила в управление ею в 1783 г., и в котором она находится ныне, в 1786 г.»

## Вредно ли носить усы!

М. Т. Дмитриев,  
доктор химических наук  
Москва

Мода на усы и бороду принимает характер эпидемии. Любопытно, что в большинстве случаев усы или борода встречаются (не считая художников и служителей духовенства) у научных работников, в том числе биологов и медиков. Но нас интересует не мода, а вопрос о пользе или вреде ношения усов и бороды. На первый взгляд, польза или вред усов и бороды легко могут быть установлены чисто статистически. Однако статистические методы, как известно, требуют большой осторожности. Ведь именно с их помощью была установлена пресловутая зависимость между мощностью производства японских зонтиков и количеством заболеваний раком легких. А в книге «Физики продолжают шутить» имеется трактат «О вреде огурцов». Основные его выводы (среди людей, родившихся в 1839 г. и питавшихся впоследствии огурцами, смертность равна 100%; 99,9% людей, умерших от рака, ели при жизни огурцы), безусловно, правильны по форме, но не по существу.

В связи с этим для решения интересующей нас проблемы, которая хотя и выглядит весело, но может быть решена только научными средствами, мы прибегли к физико-химическим исследованиям с применением газовой хроматографии, масс-спектрометрии, хромато-масс-спектрометрии и др. Расшифровку хроматограмм и масс-спектрограмм мы проводили с помощью ЭВМ. Эти методы были использованы для анализа воздуха, поступающего к испытуемым с усами или бородами и (для контроля) без них. Идентификация токсических веществ проведена по их масс-спектрам.

### Показатели загрязненности вдыхаемого воздуха для различных испытуемых

Параметры	С усами	С бородой	С усами и бородой	
У некурящих	$T_{пр}$ , ПДК	4,2	1,9	7,2
	$\Delta [O_3]$ , %	8,2	4,3	14,6
	$\Delta U$ , %	22,6	12,8	43,6
	$T_{кокс}$ , ПДК	2,4	0,6	3,4
	$T_{сум}$ , ПДК	6,6	2,5	10,6
У курящих	$T_{пр}$ , ПДК	24,7	18,2	49,3
	$\Delta [O_3]$ , %	18,3	8,8	30,6
	$\Delta U$ , %	28,2	13,7	48,6
	$T_{кокс}$ , ПДК	5,6	2,2	8,9
	$T_{сум}$ , ПДК	30,3	20,4	58,2

Исследования (не в шутку, а всерьез) проводились в лаборатории физико-химических и радиологических исследований НИИ общей и коммунальной гигиены им. А. Н. Сысина АМН СССР. Материал получен на 42 испытуемых (из них 16 — с усами, 14 — с бородой, 12 — с усами и бородой). Ниже приводятся лишь статистически достоверные результаты.

В первую очередь было изучено влияние усов на состав вдыхаемого воздуха — становится ли он чище или, наоборот, загрязняется токсическими веществами.

Во вдыхаемом усачами и бородачами воздухе обнаружено несколько десятков токсических веществ, в том числе фенол, бензол, толуол, ксилол, стирол, этилбензол, уксусная кислота, аммиак, сероводород, двуокись азота, ацетон, метилэтилкетон, этилацетат, пропанол, акролеин, этилмеркаптан, диметилсульфид, диэтилсульфид, диэтиламин, пентан, гексан, гептан, октан, нонан, бензиловый спирт, изопрен

Как известно, сами по себе волосы токсических веществ почти не выделяют: а если и выделяют, то примерно на порядок меньше, чем даже кожный покров (в расчете на ту же поверхность). Скорее

всего, обнаруженные вещества первоначально выдыхались тем же испытуемым, а затем адсорбировались на волосяном покрове (а поверхность волос обладает высокой адсорбционной способностью) и затем, десорбируясь, вновь поступают во вдыхаемый воздух. Естественно, в какой-то степени на волосах концентрируются и другие вещества, характерные для воздушной среды помещений.

В современной гигиене содержание токсических веществ в воздухе принято выражать показателем загрязненности в величинах предельно допустимых концентраций (ПДК). Если содержание одного или нескольких веществ превышает ПДК, говорят о возможном неблагоприятном действии этих веществ на организм. По сравнению с контролем показатель загрязненности вдыхаемого воздуха, обуславливающей его прямую токсичность (см. таблицу, величины  $T_{пр}$ ), у испытуемых (некурящих) с усами оказался в среднем равным 4,2 ПДК. Прямо скажем, это не очень много (например, такой же показатель для выхлопного газа автомобилей в ты-

<sup>1</sup> См.: Природа, 1972, № 3, с. 13.

сдачи раз выше). Но и не очень мало, поскольку в чистом воздухе он — менее единицы.

Борода не так интенсивно повышает загрязненность: лишь до 1,9 ПДК. Но при одновременном наличии усов и бороды ПДК достигает 7,2.

Для курящих испытуемых с усами показатель загрязненности вдыхаемого воздуха достигает 24,7 ПДК, а с бородами — 18,2. Для курящих же испытуемых с усами и бородой показатель загрязненности составляет 49,3 ПДК. Следовательно, у курящих по сравнению с некурящими усы и борода выделяют в 6—10 раз больше токсических веществ, попадающих затем в легкие при дыхании. Таких токсических веществ, содержащихся в табачном дыме, обнаружено свыше 200. Были, в частности, идентифицированы никотин, сернистый газ, анабазин, миосмин, метилпиридин, норникотин, никотинин, пиперидин, пиридин, пиррол, хинолин, бета-нафтиламин, катехол, крезол, гваякол, гидрохинон, нафтол, резорцин, силенол, сероокись углерода, мышьяк, кадмий, свинец, никель, хром, марганец, стронций, радиоактивные элементы (полоний, торий, радий, цезий и др.), полициклические ароматические углеводороды — бенз(а)пирен и др.

Основными компонентами свежести воздуха, как известно, являются атмосферный озон и легкие ионы<sup>2</sup>. При их недостатке в воздухе (в некоторых производственных помещениях, герметичных объемах, при густых туманах и т. д.) наблюдаются ухудшение самочувствия, тяжесть в голове и другие недомогания, как и при действии токсических веществ. Поэтому было изучено также влияние усов и бороды на эти носители свежести воздуха.

Уменьшение концентрации атмосферного озона (величины  $\Delta [O_3]$ ) достигает 15—30% (у курящих, усы, в 2,0—2,2 раза больше), концентрации ионов (величины  $\Delta U$ ) — даже 44—49%. Эти данные позволяют подсчитать и показатели косвенной загрязненности (величины  $T_{крст}$ ). Они составляют 3—9 ПДК (у курящих эти показатели выше в 2,3—3,7 раза). Вклад косвенной загрязненности не так уж и мал. Для некурящих с усами или с усами и бородой он достигает 32—36%. Просуммировав показатели загрязненности (полученные величины —  $T_{сум}$ ), мы узнаем об общем загрязнении вдыхаемого воздуха. Оно изме-

няется в широких пределах: от 2,5 до 58,2 ПДК. Итак, бороду носить вредно, усы — еще вреднее, а хуже всего — усы с бородой вместе. При этом для курящих вредность повышается в 5—8 раз (не считая прямого проникновения табачного дыма в легкие).

При показателе загрязненности воздуха на уровне 30 ПДК наблюдаются состояния воздушного дискомфорта. Такая загрязненность приводит к повышению утомляемости, тяжести в голове, головным болям, снижению работоспособности. Отмечаются повышение кровяного давления и скорости оседания эритроцитов, нарушения порфиринового обмена, раздражающее действие на слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей.

Но, может быть, усы и борода хотя бы в какой-то степени обладают «фильтрующей способностью»? К сожалению, такое предположение не подтвердилось: степень очистки воздуха усами и бородой оказалась близкой к нулю.

Остается в защиту усов и бороды высказать лишь одно общее соображение. Если благодаря усам и бороде может возрасти чей-то авторитет, а за ним и эффективность работы, — ну тогда уж связанный с ними риск, конечно, оправдан.

<sup>2</sup> См.: Природа, 1976, № 9, с. 26.

В номере использованы фотографии АЛЕКСЕЕВА Н. Н., ВЕСЕНСКОГО Н. В., ВОЛОДИНА Ю. А., ЖУЙКОВА А. Ю., ЗАФЕРМАНА М. Л., КВАСНИЦЫ В. Н., ЛЮБИНСКОГО Е. Г., НЕСИСА К. Н., САГАЛЕВИЧА А. М., ЯСТРЕБОВА В. С.

Художник П. Г. АБЕЛИН  
Художественные редакторы  
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Корректоры:  
Т. Д. МИРЛИС, М. Б. РЫБИНА

Адрес редакции:  
117049, Москва, ГСП—1,  
Мароноовский пер., 26.  
Тел. 238-24-56, 238-26-53

Сдано в набор 5.09.83  
Подписано к печати 12.10.83  
Т—16669  
Формат 70×100 1/16  
Офсет  
Усл.-печ. л. 10,32  
Усл. кр.-отт. 1559,2 тыс.  
Уч.-изд. л. 15,6  
Бум. л. 4  
Тираж 58243 экз. Зак. 2484



— символ межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (The Man and the Biosphere). Этим символом обозначены материалы, которые журнал «Природа» публикует в рамках участия в деятельности этой программы.

Ордена Трудового Красного Знамени Чеховский полиграфический комбинат ВО «Союзполиграфпром» Государственного комитета СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли.  
г. Чехов Московской области.

## Анкета читателя

Уважаемый товарищ, редакционная коллегия и редакция обращаются к Вам с просьбой ответить на ряд вопросов. Ваши ответы помогут нам уточнить запросы, вкусы и потребности читателей «Природы» и, в соответствии с этим, внести коррективы в планы работы редакции. Вы можете в некоторых случаях использовать предлагаемые варианты ответов (обвести шифры), а в других случаях, если сочтете возможным, подробно изложить свое мнение. Заполненную анкету просим выслать по адресу: 117049 Москва, ГСП—1, Мароновский пер., 26, редакция журнала «Природа»

Как Вы получили этот номер журнала?

- 001 По подписке
- 002 В киоске «Союзпечати»
- 003 В магазине или киоске «Академкниги»
- 004 В массовой библиотеке
- 005 В научной библиотеке
- 006 В школьной библиотеке

Были ли у Вас затруднения с подпиской на «Природу»?

- 007 Нет
- 008 Да

Если были, то какие? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Являетесь ли Вы постоянным читателем журнала?

- 009 Да, с \_\_\_\_\_ года
  - 010 Читаю журнал от случая к случаю
- \_\_\_\_\_

Какие материалы этого номера Вы могли бы выделить как особо удачные? (Достаточно указать только фамилию автора) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



Какого рода материалы Вас интересуют? \_\_\_\_\_

---



---



---



---

Каким образом Вы ознакомились с номером?

011 Прочитал(а) все материалы

012 Просмотрел(а) весь номер, но читал(а) только некоторые статьи

Какие научно-популярные журналы, кроме «Природы», Вы читаете регулярно? \_\_\_\_\_

---

Как изменилось содержание журнала за последние годы?

013 Улучшилось

014 Осталось на том же уровне (достаточно высоком)

015 Осталось на том же уровне (недостаточно высоком)

016 Ухудшилось

Комментарий: \_\_\_\_\_

---



---



---



---

Намерены ли Вы выписывать «Природу»?

017 Нет

018 Да

019 Еще не решил(а) \_\_\_\_\_

---

Сообщите, пожалуйста, сведения о себе:

Где Вы живете (город, область) \_\_\_\_\_

Кем работаете? \_\_\_\_\_

Где учитесь? \_\_\_\_\_

Имеете ли ученую степень?

020 Кандидат наук

021 Доктор наук

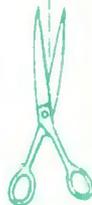
022 Не имею

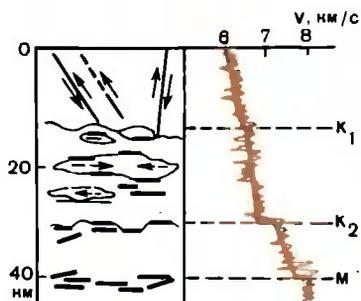
Возраст: \_\_\_\_\_ лет

Если сочтете возможным, укажите Вашу фамилию, имя, отчество и полный почтовый адрес \_\_\_\_\_

---

Благодарим Вас за сотрудничество!





## В следующем номере

По мере совершенствования геофизических методов наши представления о глубинном строении Земли все более усложняются. Согласно новой геофизической модели, земная кора под континентами неоднородна по многим физическим параметрам и, что особенно важно, по степени пластичности вещества.

**Павленкова Н. И.** Глубинные неоднородности Земли.



Голография позволяет наглядно зарегистрировать и точно определить форму и внутреннюю структуру самых различных объектов — неподвижных и изменяющихся, непрозрачных и светящихся — от эритроцитов до люминесцентных ламп и от музейных фресок до ювелирных кристаллов.

**Гинзбург В. М., Степанов Б. М.** Голографические методы измерений.



120-летию со дня рождения выдающегося геолога и географа В. А. Обручева посвящена статья о некоторых его идеях, активно развиваемых в современной тектонике. Впервые публикуются письма В. А. Обручева Г. Н. Потанину, написанные во время знаменитого путешествия в Центральную Азию в 1892—1893 гг.

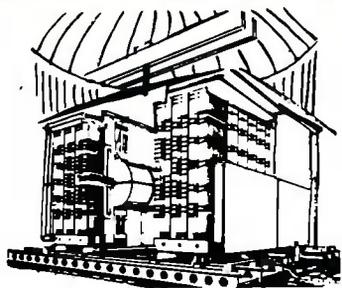
**Нагибина М. С.** Современные проблемы тектоники Азии в свете идей В. А. Обручева.

Письма В. А. Обручева Г. Н. Потанину.



Чтобы сохранить своеобразие горных экосистем, необходимо знать естественный ход развития и динамики их ландшафтов, а также те изменения, которые происходят под влиянием хозяйственной деятельности человека. Для этой цели и создан единственный в горах Средней Азии Сары-Челекский биосферный заповедник.

**Чупахин В. М., Зыков К. Д., Криницкий В. В.** Сары-Челекский горный биосферный заповедник.



50-летний юбилей первой теории слабых взаимодействий ознаменован выдающимся научным результатом: открыты бозоны  $W$  и  $Z^0$ , благодаря которым осуществляются слабые взаимодействия между элементарными частицами. Об их физических свойствах рассказывается в статье.

**Смолдырев М. А.** Промежуточные векторные бозоны.

Цена 80 коп.  
Индекс 70707

