

ISSN 0032-874X

# 12 1984 ПРИРОДА





## 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

**На первой странице обложки.** Слепок крупного полипа эдиакарии (Ediacaria lindera Sprigg), увел. в 2 раза, вид снизу. Белое море, Зимний берег, редкинская серия нижнего венда. См. в номере: Соколов Б. С. Вендский период в истории Земли.

**На четвертой странице обложки.** Фрагмент реконструкции старого Тбилиси. В городе старое гармонично соседствует с новым, образуя сложную систему, закономерности развития которой еще не изучены до конца. См. в номере: Гутнов А. Э. Будущее науки о городе.

Фото М. Б. Розенберга.

## В НОМЕРЕ

- Соколов Б. С. Вендский период в истории Земли** 3  
 Выделен еще один крупный этап в истории Земли, имеющий исключительное значение для понимания направленности геологического процесса и эволюции органического мира.
- Кучеров Е. В. Памятники природы Башкирии** 19  
 Башкирский край необычайно богат природными памятниками, это поистине неповторимая жемчужина Южного Урала.
- Габович М. Д. Взаимодействие плазмы с жидким металлом** 26  
 Светящиеся разряды, возникающие при таком взаимодействии, таят в себе нечто манящее. Они привлекают внимание не только красотой и разнообразием, но и возможностью их широкого применения.
- Морозов Л. Л. Поможет ли физика понять, как возникла жизнь?** 35  
 Физико-математический подход к вопросу о зарождении и распространении жизни на Земле вызвал развитие новой чрезвычайно интересной области исследования, позволяющей делать прогнозы о возможности существования тех или иных форм жизни где-либо еще во Вселенной.
- Белоусов В. В. Международные проекты в изучении Земли** 49  
 В ходе выполнения геофизических проектов накоплен ценный опыт сотрудничества ученых разных стран в изучении Земли. Это сотрудничество успешно развивается.
- И. И. ШМАЛЬГАУЗЕН — КЛАССИК СОВРЕМЕННОЙ БИОЛОГИИ. К 100-летию со дня рождения**  
 Среди огромного количества работ, составляющих научное наследие И. И. Шмальгаузена, первостепенное значение имеют его основополагающие труды в области эволюционной морфологии и теории эволюции — важнейших направлений современного естествознания.
- Гиляров М. С. Эволюционист-теоретик и морфолог-экспериментатор** 58
- Соколов В. Е., Воробьева Э. И. У истоков эволюционной морфологии** 61
- Полянский Ю. И. Выдающийся биолог-дарвинист** 68
- Гутнов А. Э. Будущее науки о городе** 74  
 Развитие города подчинено объективным законам, но они до сих пор недостаточно изучены. Создание единой междисциплинарной теории позволит эффективно управлять сложным процессом градостроительства.
- Гиндикин С. Г. След Эйлера в математике** 84  
 Эйлеру был присущ неповторимый стиль в занятиях математикой. Это приводило порой к разногласиям в оценке его научного наследия.

Сведения об одном из видов рыб, внесенном в списки 2-го издания «Красной книги СССР».

## НОВОСТИ НАУКИ

97

Запуски космических аппаратов в СССР (июль — август 1984 г.) [97] • Экспедиция на «Салюте-7»: июль — август 1984 г. [97] • Область на границе плазменного слоя магнитосферы Земли [99] • Часто ли кометы сталкиваются с Землей? [100] • Открыт t-кварк [100] • Окись церия в лазерных осветителях [101] • Волновод для инфракрасных лазеров [102] • Активированная рекристаллизация тугоплавких металлов [102] • Сульфаты в стратосфере [102] • На пути к искусственному фотосинтезу [103] • Онкогенный вирус «обходит» клеточный иммунитет [103] • Липосомы для диагностики опухолей [104] • Устойчивость «наивной физики» [104] • Химическая самозащита растения [105] • Нейроактивность кинуренина [105] • Клетки-полиплоиды — высокоактивные продуценты [106] • Рентгенография живых растений [106] • Симбиотические бактерии корабельных червей [107] • Венерическое заболевание у кальмаров? [107] • 96-й, заключительный рейс «Гломара Челленджера» [108] • Серная кислота на термальном источнике [109] • Парадокс реки Инда [110] • Новое в истории антарктического оледенения [110] • Эверест нуждается в охране [111]

## РЕЦЕНЗИИ

Пархоменко А. А. Научная деятельность и личность ученого (на кн.: В. П. Карцев. Социальная психология науки и проблемы историко-научных исследований)

112

## НОВЫЕ КНИГИ

Вонсовский С. В. Магнетизм [113] • Лойд Сэм. Математическая мозаика [113] • Ногради М. Стереохимия. Основные понятия и приложения [114] • Шмальгаузен И. И. Пути и закономерности эволюционного процесса [114] • Шмальгаузен И. И. Рост и дифференцировка [114] • Основы сенсорной физиологии [115] • Быков Б. А. Экологический словарь [115] • Природа Ленинградской области и ее охрана [115] • Берегите: их осталось мало [116] • Нобиле Умберто. Крылья над полюсом [116] • Боголюбов А. Н. Роберт Гук (1635—1703) [116] • Сабадвари Ф., Робинсон А. История аналитической химии [116]

113

Диалог с читателем

117

Тематический указатель журнала «Природа» 1984 года

119

Авторский указатель журнала «Природа» 1984 года

127

## Вендский период в истории Земли

Б. С. Соколов



Борис Сергеевич Соколов, академик, академик-секретарь Отделения геологии, геофизики и геохимии АН СССР, заведующий лабораторией палеонтологии докембрия Палеонтологического института АН СССР, председатель Межведомственного стратиграфического комитета, президент Международной палеонтологической ассоциации, президент Всесоюзного палеонтологического общества. Занимается проблемами региональной геологии, стратиграфии и палеонтологии. Герой Социалистического Труда. Лауреат Ленинской премии.

Палеозойская, мезозойская и кайнозойская эры слагают фанерозойский зон, именуемый часто зоном «явной жизни». И хотя именно на базе изучения фанерозоя были сформулированы самые фундаментальные историко-геологические и биохронологические концепции, превратившие геологию в подлинно историческую науку, нельзя забывать, что на фанерозойский зон приходится лишь 560—570 млн лет, т. е. седьмая часть земной истории.

Что же мы знаем о предшествующих фанерозою 3,5 млрд лет? Действительно ли все это — таинственный криптозой, называемый также зоном «скрытой жизни», и почему в таком случае древнейшие фанерозойские отложения хранят остатки почти всех известных типов беспозвоночных? Откуда взялась столь внезапная и глубокая дивергенция филогенетических путей развития органического мира уже в самом начале фанерозоя?

Чтобы ответить на эти сложнейшие вопросы, надо из хорошо изученного геологами фанерозойского зона шагнуть в криптозой (или, как чаще говорят, в докембрий), о котором мы знаем куда меньше.

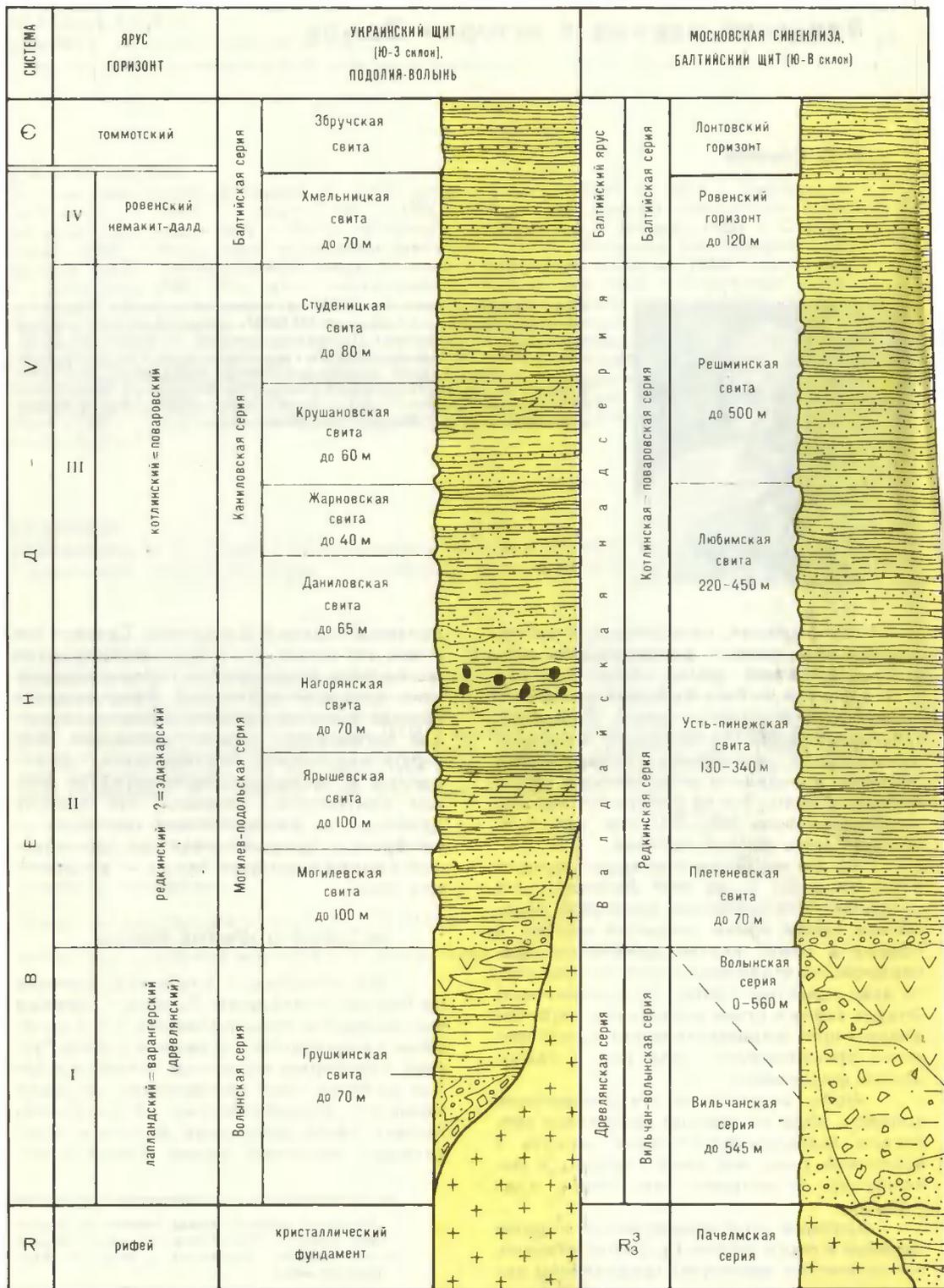
Крупные стратиграфические подразделения в ранге систем (и, соответственно, геологических периодов) традиционно вы-

делялись только в фанерозое. Связано это с тем, что только для фанерозойских групп могли быть использованы палеонтологические критерии выделения, базирующиеся прежде всего на изучении скелетных остатков организмов. Однако детальные био-стратиграфические исследования, проведенные в последние десятилетия на разных континентах, показали, что самому древнему из фанерозойских периодов — кембрию — предшествовал еще один крупный период в истории Земли — вендский, или венд<sup>1</sup>.

### ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ ВЕНДА

Все началось с глубокого бурения на Русской платформе. Правда, и прежде высказывались предположения, что в основании неизменного осадочного чехла Русской платформы возможны отложения более древние, чем кембрийские, их даже называли эокембрийскими. В частности, именно такое допущение делалось относительно лишенных фауны «синих глин»,

<sup>1</sup> Вендский период (венд) назван по имени древнейшего славянского племени вендов (или венадов), обитавших к югу от Балтийского моря.



| ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА   |  |
|---|--|
| Древнейшие организмы с минеральным скелетом: <i>Platysolenites</i> , <i>Aldanella</i> ; хитиноподобные: <i>Sabelliditida</i> ; обильные следы бентоса; акритархи; вендотениевые: <i>Dvinia</i>  |  |
| Разнообразные многочисленные <i>Sabelliditida</i> ; редкие бесскелетные: <i>Kullingia</i> , <i>Nemiana</i> ; обильные следы бентоса; акритархи; вендотениевые: <i>Tyrasotaenia</i>  |  |
| Разнообразные обильные следы подвижного бентоса: <i>Harlaniella</i> и др.; исключительно обильная флора вендотениевых: <i>Vendotaenia</i> , <i>Tyrasotaenia</i> и др.; грибы: <i>Sargenta</i> ; актиномицеты: <i>Primoflagella</i> ; частые акритархи: <i>Podoliella</i> , <i>Leiosphaeridia</i> и др.                      |  |
| Доминирующая ассоциация нескольких типов бесскелетных. Много родов планктонных и бентосных <i>Radialia</i> (особенно <i>Cyclozoa</i> ); различные <i>Bilateria</i> ; многочисленные следы жизнедеятельности; вендотениевые: <i>Eoholypia</i> и др.; обилие акритарх и микрофитопланктона; чуарнаморфидный макрофитопланктон |  |
| Вероятные следы жизнедеятельности; фрагменты ткани вендотениевых; акритархи лейосферондного типа  |  |
| Частые акритархи: <i>Kildinella</i> ; микрофитолиты   |  |

Стратиграфическая схема и палеонтологическая характеристика венда Русской платформы (стратотипический регион венда). Римскими цифрами обозначены основные подразделения нижнего (I, II) и верхнего (III, IV) венда.

-  Аргиллиты и глины
-  Фосфоритовые конкреции
-  Тиллиты
-  Песчаники и алеволиты
-  Конгломераты
-  Породы архейского кристаллического фундамента
-  Базальты и другие вулканические породы

залегающих на склонах Балтийского щита (это северо-западная часть Русской платформы) и непосредственно подстилающих их базальных песчаников. И все же решающую роль сыграло обобщение результатов глубокого бурения, начавшегося на Русской платформе во второй половине 40-х годов. Бурение впервые вскрыло разрез, заключенный между выходящими на поверхность породами нижнего кембрия и кристаллическим фундаментом. Стало очевидным, что в основании осадочного чехла находится нигде ранее не обособлявшийся мощный комплекс морских терригенных отложений.

Возрастная, стратиграфическая и структурная интерпретация этого комплекса сразу же вызвала острую и длительную дискуссию, нашедшую широкое отражение в отечественной и зарубежной литературе. Одни (их было подавляющее большинство) видели в терригенных отложениях комплекса более древние слои того же нижнего кембрия, другие — платформенный эквивалент всей докембрийской рифейской группы Урала, третьи — новое крупное самостоятельное стратиграфическое подразделение, равное по рангу кембрийской системе, древнейшая биостратиграфическая зона которой уже была твердо установлена предшествующими работами. Кроме



Представители животного мира венда. 1 — чарния [*Charnia masoni* Ford], натур. вел. Белое море, Зимний берег, редкинская серия. Чарниды — специфическая группа вендо-эдиакарской фауны, возможно, особый класс колониальных кишечнополостных. 2 — вендия [*Vendia sokolovi* Keller], увел. в 4 раза. Яренск, буровая сваяжина, глубина 1552 м, редкинская серия. Вендомиды образуют, вероятно, полностью вымерший класс докембрийских артикулат с характерным для ряда родов чередующимся расположением боковых выростов «метамер», возможно, отражающих строение пищеварительной системы. 3 — птеридиниды [*Pteridinium* эпоха Keller], натур. вел. Онежский п-ов, р. Сюзьма, редкинская серия. Птеридиниды — специфическая группа вендо-эдиакарской фауны, вероятно, очень высокого ранга; судя по тонким деталям структуры отпечатков, связь с артикулятами более вероятно, чем с кишечнополостными. 4 — чарния [юный экз. *Charnia* ex gr. *masoni* Ford], увел. в 2 раза. Район Чёшской губы, Н. Пёша, буровая сваяжина, глубина 3800 м, редкинская серия. 5 — аффино-вендия, новый род [*Affinovenidia arctica* Sok., gen. sp. n.], натур. вел. Якутия, р. Оленек, немакит-далдынский горизонт. Аффиновендия — самый крупный представитель вендомид; длина фрагмента около 130 мм, ширина в «передней» части 45 мм, сохранилось 12 метамер. 6 — редкинния [*Redkinia spinosa* Sok.], увел. в 30 раз. Московская синеклиза, Непейчино, буровая сваяжина, глубина 1417—1428 м, редкинская серия. Редкиниды — остатки самых древних артикулятных организмов (вероятно, скелетодонтов), обладавших хитиноидными буровато-черными склеритами. 7 — гдовия [*Gdowia assatkini* Yan.], увел. в 5 раз. Ленинградская обл., Гдов буровая сваяжина, глубина 165 м, низы кембрия [томмотский ярус]. Отпечаток панциря, вероятно, древнейшего представителя меростомат с хвостовым шипом.

того, венд пытались как-то соотносить с синийской системой Китая, которая в ту пору, вслед за А. Грабау, признавалась многими первой докембрийской системой палеозойской группы.

Чтобы обосновать самостоятельность венда и его стратиграфическое положение между рифеем и кембрием, пришлось несколько лет посвятить палеогеографии додевонских отложений Русской платформы. В результате древнейший осадочный покров платформы был расчленен на два больших комплекса: верхний — балтийский, содержащий типовую ассоциацию нижнекембрийской фауны, и нижний — вендский, охарактеризованный в то время, конец 40-х — начало 50-х годов, только микро-

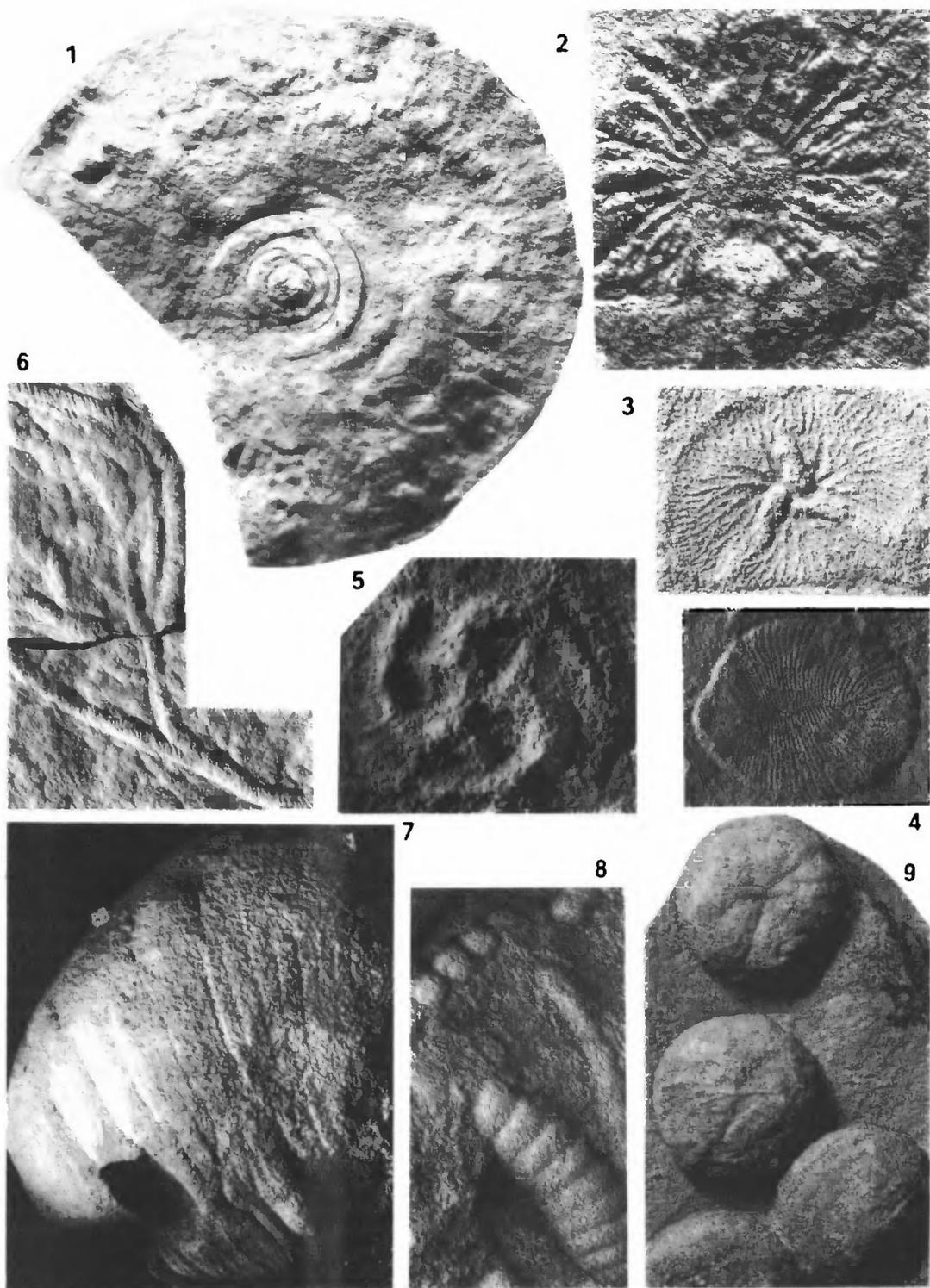
фоссилиями (впервые открытый фитопланктон), редкими следами жизнедеятельности многоклеточных животных и так называемыми проблематиками. Тогда мы еще и не ожидали, что будет открыта типичная и богатая вендская фауна бесскелетных Metazoa. Поэтому докембрийский возраст венда доказывался его положением непосредственно ниже палеонтологически охарактеризованной балтийской серии нижнего кембрия. Так же как и вендские отложения, она представлена совершенно неизменными глинами, алевролитами и песчаниками, но при этом содержит самую раннюю в мире скелетную нижнекембрийскую фауну тубулярных, раковинных и членистых организмов, называемую ныне томмотской.

В процессе дальнейших стратиграфических исследований и особенно работ по корреляции отложений разного возраста было установлено, что к венду следует относить не только верхнюю часть вскрытого бурением докембрийского чехла, но и некоторые из пресловудно обнаженных разрезов, более столетия ошибочно связываемых с различными палеозойскими системами. Так, разрезы, окаймляющие с юга и востока Белое море, в том числе и уникальный вендский разрез его Зимнего берега<sup>2</sup>, относились к девону, а полностью обнаженный в бассейне Днестра разрез венда считался терригенной фацией либо силура, либо кембрия и ордовика. Коренные изменения в наши представления о додевонской истории Русской платформы (поздний рифей, венд, нижний палеозой) внесли завершенные в 50-е годы палеогеографические исследования<sup>3</sup>.

Таким образом, уже более 30 лет назад был сделан важный для стратиграфии вывод: западная часть Русской платформы, где вендские отложения полностью обнажены в разрезах или вскрыты бурением от Подолии и Волыни на юге до Белого и Баренцова морей на севере, являются стратипической местностью для нового крупного подразделения стратиграфической шкалы — венда. Мощность вендских отложений в различных структурных зонах Рус-

<sup>2</sup> Федонкин М. А. Беломорская биота венда. М., 1981.

<sup>3</sup> Атлас литолого-фациальных карт Русской платформы. Т. 1. Палеозой. М.—Л., 1952; Атлас литолого-палеогеографических карт Русской платформы и ее геосинклинального обрамления. Ч. 1. Поздний докембрий и палеозой. М., 1961.



Представители животного мира венда. 1 — цикломедаза (*Cyclomedusa plana* Glaessn. et Wade), натур. вел. Подолия, бассейн Днестра, с. Серебря, редкинская серия. Один из типичных представителей доминирующего в вендо-эдиакарской фауне класса кишечнополостных. 2 — хиемалора (*Hiemalora stellaris* Fed), натур. вел. Белое море, Зимний берег, редкинская серия. Радиалия с осью симметрии неопределенного порядка. 3 — альбумарес (*Albumares brunsaе* Fed), увел. в 3,5 раза. Онежский п-ов, р. Сюзьма, редкинская серия. Один из представителей радиалий с типичной для венда трехлучевой симметрией. 4 — диккинсония [*Dickinsonia costata* Sprigg], увел. в 2 раза. Онежский п-ов, р. Сюзьма, редкинская серия. Диккинсониды, вероятно всего, образуют вымершую примитивную группу плоских (низших) червей или турбеллярий. 5 — трибрахиидиум (*Tribrachidium heraldicum* Glaessn), увел. в 5 раз. Белое море, Зимний берег, редкинская серия. Наиболее яркая черта архитектоники — трехлучевая симметрия — допускает возможность связи с особым классом радиалий; чаще связывают со специфическими иглокожими. 6 — харланиелла (*Harlaniella podolica* Sok.), натур. вел. Подолия, бассейн Днестра, устье р. Ущицы, котлинский горизонт, каниловская серия. Типичные для верхнего венда следы жизнедеятельности. 7 — байкалина [*Baikalina sessilis* Sok], увел. в 3 раза. Прибайкалье, р. Малый Анай, иркутский горизонт. Группа бентосных мелководных организмов, принадлежащих к проблематичному вендскому типу *Petalonamae*. 8 — отпечатки и следы различных вендских *Metazoa*, увел. в 3 раза. Местонахождение и возраст — те же. 9 — немнана [*Nemiana simplex* Palij], увел. в 3 раза. Подолия, с. Озеринцы, редкинская серия. Слепки чашек бентосных организмов — полипов, образующих массивные поселения.

ской платформы колеблется от 200 до 2000 м. По данным изотопных определений, венд соответствует интервалу времени от 560 до 650 млн лет назад, т. е. его продолжительность составляет 90—100 млн лет.

Сейчас в СССР известно несколько важнейших опорных разрезов венда не только в пределах Русской платформы (Московская и другие синеклизы), но и на Урале, а также в разных районах Сибирской платформы. Наиболее важным среди них после палеонтологических открытий 1981 г. стал карбонатный разрез Оленекского поднятия. Он содержит типичную и очень разнообразную вендо-эдиакарскую фауну и

вендотениевую флору в сочетании с ассоциацией строматолитов, которая раньше признавалась единственно характерной для юдомского комплекса Сибири<sup>4</sup>.

Но все это — открытия главным образом последних 15—20 лет. Первые же находки вендской фауны, сделанные еще в 1928 г. в Подолии и в 1937—1940 гг. на Онежском п-ове, к сожалению, не получили в свое время правильной возрастной интерпретации. Лишь с обособлением венда палеонтологические исследования приобрели совершенно новую направленность. Начиная с 1948—1949 гг. находки вендской фауны и флоры (особенно микрофитофоссилий) стали множиться и в конечном счете увенчались открытиями богатейших биот бесскелетных многоклеточных в Подолии, Беломорье, Якутии и других местах, а также макрофитной вендотениевой флоры и фитопланктонных ассоциаций.

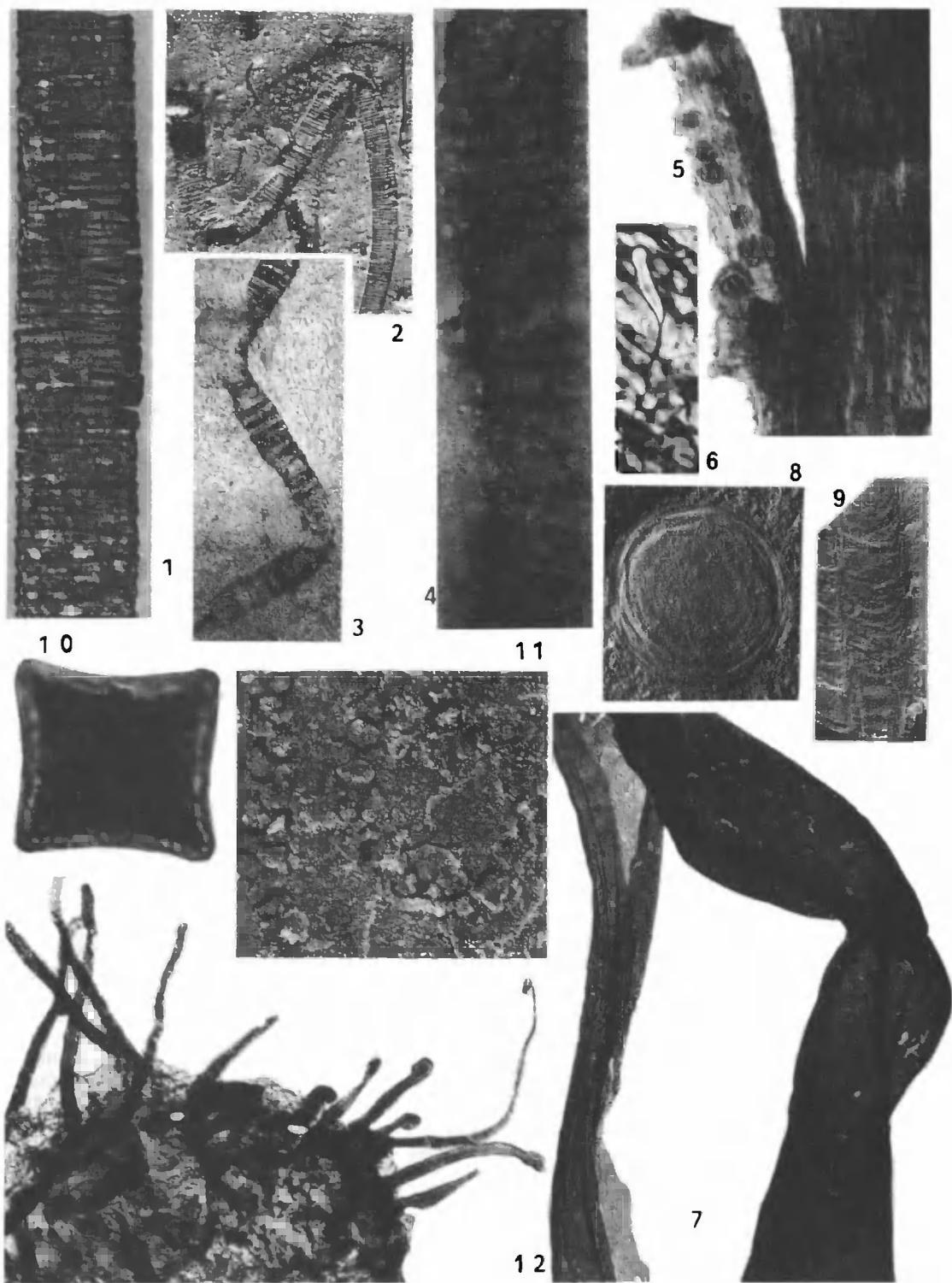
## БИОТА ВЕНДСКОГО ПЕРИОДА

Вендская биота Земли коренным образом отличается от всех более поздних и тем более ранних биот. В частности, она принципиально отлична от последующей кембрийской биоты, которая характеризуется внезапным, почти взрывным появлением в палеонтологической летописи многочисленных таксономически разнообразных групп многоклеточных животных, обладавших минеральным скелетом и фактически уже представлявших все разнообразие фанерозойских типов *Metazoa*<sup>5</sup>.

Фауна венда представлена совершенно другими многоклеточными животными, не имевшими минеральных скелетных образований. Первые мелкие и однообразные формы с тубулярным хитиноидным или минеральным скелетом появляются лишь в самом конце венда, в середине же периода наблюдаются только слабые следы скелетизации. Зато в вендских отложениях сохранились многочисленные отпечатки бесскелетных животных. Превосходная их сохранность и обилие свидетельствуют, что в этот период (по крайней мере, в эпоху короткого расцвета вендо-эдиакарской фауны) трупоеды и другие организмы-де-

<sup>4</sup> Sokolov B. S., Fedonkin M. A. — Episodes, 1984, № 1, p. 12.

<sup>5</sup> Классическая палеозоология на протяжении всего ее развития основывалась главным образом на изучении скелетных остатков, и в основном только эти данные использовались эволюционной теорией.



Представители животного и растительного мира венда. 1, 2 — сабеллидитес [*Sabellidites cambriensis* Yan.], увел. 1 — в 10 раз, 2 — в 2 раза. Ленинградская обл., Гатчина, буровая скважина, ровенский горизонт. Плотные черные хитиновые трубки сабеллидитид, возможно, принадлежат предкам погонофор. 3 — калиптринна [*Calyptrina striata* Sok.], натур, вел. Архангельская обл., Обозерск, буровая скважина, глубина 303,5 м, редкинская серия. Слабо хитинизированные кольчатые трубки, семейства *Saarinidae*. 4 — палеолина [*Paleolina evenkiana* Sok.], увел. в 15 раз. Бассейн рек Енисей, Сухая Тунгуска, немакит-далдинский горизонт, подольская свита. Тонкие пленочные поперечно-морщинистые трубки чайного цвета. 5 — вендотения [*Vendotaenia antiqua* Gnil.], увел. в 25 раз. Подолия, р. Днестр, котлинская (каниловская) серия. Слоевые с цепочкой спорангиев. Вендотениевые водоросли особенно широко распространены во всем позднем венде. 6 — примофлагелла [*Primoflagella speciosa* Gnil.], увел. в 1500 раз. Белоруссия, Дрисса, буровая скважина, глубина 537—542 м, котлинская серия. Актиномциты с обособленными спорангиями на слоевище *Vendotaenia*. 7 — тирасотения [*Tyrasotaenia podolica* Gnil.], увел. в 50 раз. Польша, Каплоньсы, буровая скважина, котлинская (люблинская) серия. 8 — белтанеллоидес [*Beltanelloides sorichevae* Sok.], увел. в 4 раза. Архангельская обл., р. Мезень, с. Лешуковское, буровая скважина, редкинская серия. Чуарнаморфидный макрофитопланктон в изобилии представлен в редкинском бассейне Русской платформы. 9 — мезения [*Mezenia kossovyi* Sok.], увел. в 2 раза. Местонахождение, возраст и группа те же. Оболочки имеют вытянутую форму. 10 — октаэдриксимум [*Octaedrixium* sr.], увел. в 600 раз. Подолия, Могилев-Подольский, Борщев яр, редкинская (могилев-подольская) серия. Редкий, но характерный представитель микрофитопланктона венда; вершина октаэдра — в центре. 11 — орбизана [*Orbisiana simplex* Sok.], увел. в 2 раза. Московская синеклиза, буровые скважины, редкинская серия. Нераспадающиеся цепочечные агрегаты крупных [2—3 мм] клеток фитопланктона. 12 — сармента [*Sarmenta capitata* Gnil.], увел. в 240 раз. Московская синеклиза, с. Воробьево, буровая скважина, глубина 1029 м, котлинская (поваровская) серия. Эпхибитные грибы на сапропелевом субстрате.

структуры еще не играли той роли в трофических системах, которая им предстояла в будущем. Есть также основания предполагать, что в венде существовали очень простые и короткие пищевые цепи или в питании вообще преобладали диффузные, осмотические формы. Осадки, отлагавшиеся на дне вендских морей, лишь в редких случаях подвергались значительной биологической переработке. Все перечисленные особенности способствовали тому, что вендские мягкотелые организмы могли захороняться в больших количествах, а их отпечатки оставались ненарушенными.

Одна из характернейших черт вендской фауны — гигантизм в разных крупных группах. Это явление особенно поражает, когда сравниваешь бесскелетных животных венда с мелкими скелетными окаменелостями кембрия. В венде были нередкими медузоиды диаметром более полуметра, своеобразные дикинсонии (возможно, плоские черви) вытягивались до метра, а некоторые перистовидные колониальные чарнииды достигали метра и более в длину. Вполне вероятно, что гигантизм некоторых групп вендских бесскелетных многоклеточных, не ограниченных жесткими покровными структурами, свидетельствует о филогенетическом тупике их эволюции — подобные случаи известны и в более поздней палеонтологической летописи. И действительно, в большинстве случаев мы не можем указать прямых потомков вендских Metazoa среди кембрийских организмов. Более того, у нас пока нет безупречных данных для прослеживания эволюции вендо-эдиакарской биоты уже в позднем венде. Кажется, что к середине периода, по крайней мере ее немедузоидные компоненты, в основном вымерли.

Наряду с гигантскими формами в венде, несомненно, существовали мелкие бесскелетные организмы. Некоторые из них, вернее, их потомки, могли дать вспышку скелетных беспозвоночных в начале кембрия. В области микропалеозоологии венда еще многое предстоит сделать.

В целом вендской фауне свойственно значительное разнообразие на уровне таксонов высокого ранга, отражающее уже сложившиеся эволюционные направления. Однако видовое разнообразие в большинстве групп представляется низким. Нет пока и надежных данных о прослеживаемой дивергенции крупных систематических групп именно в венде: все типы и классы вендской фауны появляются как бы вдруг. Естественнее всего это связывать с крупной экосистемной перестройкой, вызванной пограничным рифей-вендским оледенением значительных пространств Земли и последовавшим за ним потеплением климата и резким наступлением океана на рифейские континенты.

Особые черты характерны и для растительного мира венда. Наиболее ярко они выражены в широчайшем распространении водной флоры вендотениевых растений, которые иногда образуют покровы типа циновок, переходящие в многослойные пленки сапропеля, некогда ошибочно принимавшиеся за растение *Laminarites*

| группа                                       | СИСТЕМА ПЕРИОД | ЯРУС ГОРИЗОНТ                                 | ИНДЕКС | РУССКАЯ ПЛАТФОРМА   |                            | ЮЖНЫЙ И СРЕДНИЙ УРАЛ       | СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА      |                                 | КИТАЙ (ЯНЦЫ)         |   |
|--|----------------|---|--------|---------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------|---|
|  |                |   |        | Лонтовский горизонт | Ровенский горизонт         | Томмотский ярус            | Еркак свита              |                                 |                      |   |
| П Р О Т Е Р О З О О Й<br>Ф А Н Е Р О З О О Й | В Е Н Д - V    | томмотский                                    | $C_1$  | Балтийская серия    | Лонтовский горизонт<br>P D |                            | Томмотский ярус          | Еркак свита<br>T <sub>0</sub> L | $C_1$ T <sub>0</sub> |   |
|  |                | 560 ± 10 млн лет                              |        |                     |                            |                            |                          |                                 |                      |   |
|  |                | ровенский<br>=номакит-далд                    | IV     | Балтийская серия    | Ровенский горизонт<br>S T  |                            | Немакит далд<br>горизонт | Кессонская свита<br>S K T       | V L                  |   |
|  |                | 570 млн лет                                   |        |                     |                            |                            |                          |                                 |                      |   |
|  |                | котлинский<br>=поваровский                    | III    | Котлинская серия    | V                          |                            | Туркунская свита         | 4                               | V                    |   |
|  |                |   |        |                     |                            |                            |                          |                                 |                      |   |
|  |                | редкинский<br>? =эдиакарский                  | II     | Редкинская серия    | VE M                       | Ашинская (Сыльицкая) серия | Ашинская свита           | Хатыльская свита<br>Ch 4 V      | 4 L                  | L |
|  |                | 620 ± 10 млн лет                              |        |                     |                            |                            |                          |                                 |                      |   |
|  |                | лапландский<br>-варангерский<br>(древлянский) | I      | Волынская серия     |                            | Серебрянская серия         | Кургашильская свита      | Маастагская свита<br>4 S        | 4 S                  | V |
|  |                |   |        |                     |                            |                            |                          |                                 |                      |   |
| ?  | Р И Ф Е Й      | 650 ± 10 млн лет                              | $R_3$  | Пачелма             | Кудаш                      | доюдомские отложения       |                          | Леньто                          |                      |   |
|  |                |   |        |                     |                            |                            |                          | Наньто                          |                      |   |
|  |                |   |        |                     |                            |                            |                          | Душаньто                        |                      |   |
|  |                |   |        |                     |                            |                            |                          | Даньин                          |                      |   |
|  |                |   |        |                     |                            |                            |                          | Сининьская серия                |                      |   |
|  |                |   |        |                     |                            |                            |                          | Досининьские отложения          |                      |   |

← 800 ± млн лет

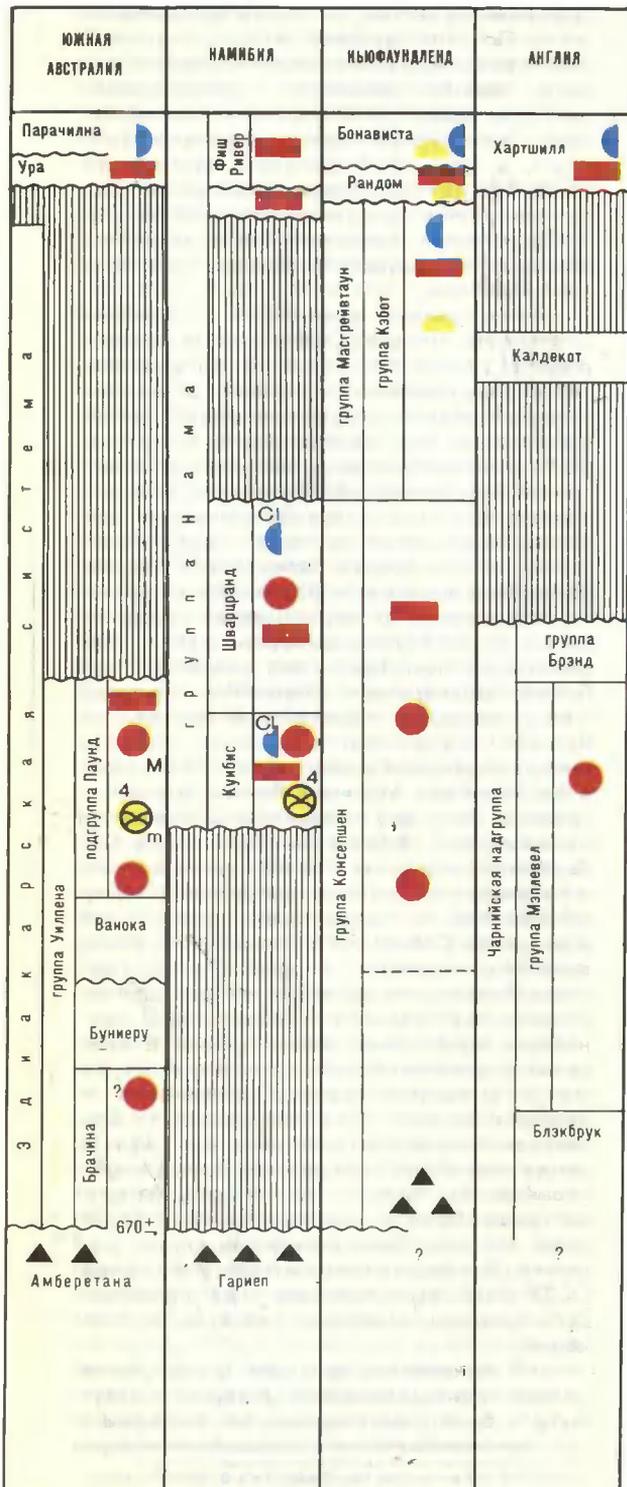


Схема корреляции вендской системы и ее стратиграфических аналогов в разных регионах мира.

- Скелетная фауна:**
- томмотская ассоциация
  - $T_0$  — томмотская ассоциация
  - $A$  — *Anabarites trissulcatus*
  - $P$  — *Platysolenites*
  - $S$  — *Sabellitida*
  - $C$  — *Calyptrina*
  - $Cl$  — *Cloudina*
  - $R$  — *Redkinia*
  - Слои с *Sabellitides* на восточном склоне Южного Урала
  - Ископаемые следы
  - Бесскелетная фауна венда:
  - $M$  — типичные ассоциации (*Cyclozoa*, *Dickinsoniidae*, *Vendomiidae*, *Charniidae*, *Pteridiidae*, *Tribrachidium*)
  - $L$  — ляннинская ассоциация фауны
  - Водоросли, вендотениевые:
  - $D$  — *Dvinia*
  - $T$  — *Tyrasotaenia*
  - $V$  — *Vendotaenia*
  - $E$  — *Echolyphia*
  - $K$  — *Koritophyton*
  - Акритархи:
  - $L$  — лонтовасская ассоциация акритарх
  - Карбонатные биолиты:
  - $s$  — строматолиты
  - $m$  — микрофолиты
  - $4$  — юдомская ассоциация биолитов
  - $Ch$  — *Chuariamorphida*
  - Тиллиты

antiquissimus<sup>6</sup>. Сфероидальные и вытянутые формы чуариаморфид (макрофитопланктон) образуют крупные скопления; диаметр отдельных форм доходит до 40 мм. Среди макрофитопланктона в венде возникают правильно организованные цепочечные, агрегатные колонии. Новейшим открытием являются эбионты — актиномицеты и грибы. Особенно же богат и разнообразен мелкий фитопланктон, достигший расцвета одновременно с максимумом распространения бесскелетных многоклеточных, для многих из которых он был, вероятно, основной пищей.

Благодаря выявленному разнообразию и обилию остатков вендской флоры и фауны, открытию важнейших биотических рубежей в венде и на границе с кембрием, палеонтологический (биологический по своей сути) принцип оказался применимым как к расчленению венда, так и к корреляции его отложений в разных регионах мира. Но ни о какой корреляции нельзя вести речь, не определив прежде принципы установления границ самой вендской системы.

### ПРОБЛЕМА ГРАНИЦ ВЕНДА

Своеобразие вендской системы заключается в том, что к определению стратотипов ее нижней и верхней границ на современном уровне знаний нельзя полноценно применить единый палеонтологический критерий. Он применим только к верхней границе венда: в этом случае вопрос сводится к определению границы докембрия и кембрия, или просто нижней границы кембрийской системы. Процедура эта универсальна для всего фанерозоя со времени принятия первой типовой границы силурийской и девонской систем (1972). Состоит она в выборе стандарта границы в такой непрерывной стратиграфической последовательности слоев, в пределах которой устойчиво сохранялась бы и биотическая последовательность, т. е. сопоставимая в пространстве последовательность зон и зональных ассоциаций, не нарушенная перерывами. Идеальным является монофациальный морской разрез с реперным уровнем, выше и ниже которого распространены транзитные группы организмов.

Разумеется, что единых разрезов, объединяющих в такой непрерывной последовательности отложения смежных страти-

графических систем, на Земле чрезвычайно мало. По этой причине экспертным группам Международного союза геологических наук, занятым решением «пограничных» проблем, даже при самом полном ознакомлении с конкурирующими разрезами всего мира, в силу необходимости приходится прибегать к некоторым компромиссам, постоянно помня, однако, что риск потери «пограничного геологического времени» при выборе стандарта границы должен быть минимальным.

По границе докембрия и кембрия (напомним, что для СССР это и есть верхняя граница венда) уже более 10 лет разрабатывается специальный проект в рамках Международной программы геологической корреляции. Этот проект охватил все континенты. Активно по нему работает и Советская национальная рабочая группа<sup>7</sup>. Несмотря на превосходные хорошо изученные разрезы, имеющиеся на территории нашей страны, и их сквозную палеонтологическую охарактеризованность различными группами органического мира, многие годы мы не могли остановить выбор на едином варианте границы. Три из них оказались наиболее популярными. Первый — граница между вендской и балтийской сериями на Русской платформе, второй — граница между юдомской и пестроцветной свитами в бассейне рек Алдана и Лены и третий — граница между немакит-далдынским и суннагинским горизонтами на севере Сибирской платформы. Строго говоря, вопрос о границе и сейчас еще находится в стадии обсуждения, но принципиально важно, что в пределах Сибирской и Русской платформ выявлены, вероятно, лучшие в мире разрезы, безусловно удовлетворяющие фанерозойскому принципу стандартизации важнейших стратиграфических границ. В этой связи формальный выбор географического места стандарта границы докембрия и кембрия потерял прежнюю остроту. В Советском Союзе эта граница — как граница венда и кембрия — перестала быть дискуссионной. Это значит, что проблема границы докембрия и кембрия нашла в СССР свое строгое биостратиграфическое решение. Для Европейской и Азиатской частей СССР открыты ключевые стратиграфические разрезы, имеющие планетарное значение.

К сожалению, критерии определения нижней границы вендской системы не могут быть в биостратиграфическом отношении

<sup>6</sup> Гниловская М. Б. О природе Vendotaenides. — В сб.: Стратиграфия и палеонтология древнейшего фанерозоя. М., 1984, с. 58.

<sup>7</sup> Rozanov A. Yu., Sokolov B. S. — Preambr. Res., 1982, v. 17, p. 125.

сформулированы столь же определенно. Границы всех стратиграфических подразделений докембрия имеют только историко-геологическое и приближенное изотопно-геохронологическое обоснование. Не составляет пока исключения и нижняя граница венда.

В настоящее время довендский биологический процесс мы можем проследить уже во всем объеме стратисферной оболочки Земли, т. е. почти на 3,8—4 млрд лет назад. В нем ясно видна крупная экосистемная этапность на прокариотном и раннем эвкарриотном уровнях эволюции, прямо связанная с возникновением и эволюцией фотосинтеза и кислородной атмосферы. Но в целом эта эволюция монотонна, без четко выраженных морфологических всплесков, хотя возникновение митоза и полового размножения у одноклеточных эвкарриот (1,35—2,0 млрд лет назад) имело фундаментальное значение для всей последующей биологической эволюции. Но в бассейнах архея и афебия не возникло быстро эволюционирующих крупных таксономических групп, обладающих большим морфологическим разнообразием. Следовательно, фанерозойский биостратиграфический критерий типизации границ пока непригоден даже для верхнего докембрия. И это несмотря на обилие строматолитов и микрофоссилий во всем предшествующем венду рифее и даже дорифее, начиная с 3,5 млрд лет назад, а может быть, и раньше. Однако именно в этом обилии новых микробиологических систем, главным образом в рифее, заключены истоки разнообразия богатейшего органического мира венда, бурному расцвету которого он обязан прежде всего оксигенации атмосферы.

Рубеж рифея — венда был эпохой материковых оледенений, приведших к осушению огромных шельфовых зон и, несомненно, вызвавших эквивалентную регрессию Мирового океана. Мы еще мало знаем об этой сложной эпохе, но связанные с нею осцилляции климата, особенно заключительное потепление, оставили важнейшие геологические следы планетарного масштаба. Это — четко фиксируемые на всех материках ледниковые отложения (лапландские или варангерские в Европе) с тиллитами<sup>8</sup> и продуктами их перемыва в самом основании осадочных комплексов, а также обширные трансгрессивные серии морских осадков, вызванные наступлением Мирового океана на довендскую, длительное время обнаженную сушу. И те, и другие

отложения, фиксирующие фундаментальные события в истории Земли, несомненно, близки во времени и очень тесно связаны между собой. В позднем докембрии они имели огромное значение как для развития совершенно нового типа осадочного процесса на платформах и в подвижных зонах, так и для развития жизни в новых обширных шельфовых морях, для формирования совершенно новых экологических систем.

Важно, что оледенение и последовавшая за ним трансгрессия Мирового океана ознакомили нас с завершением какого-то предшествующего этапа, как часто думают, а начало принципиально нового этапа в истории Земли. Венд, таким образом, стал не одним из завершающих периодов рифея, а, скорее, начальным, поворотным событием в фанерозойском развитии планеты. Даже коренные различия в биотах вендского и кембрийского периодов не препятствуют такому заключению.

Обращение к историко-геологическому критерию определения нижней границы венда связано с тем, что нигде в мире пока не установлено транзитной рифейско-вендской фауны Metazoa ни в ее телесных отпечатках, ни в диагностируемых следах жизнедеятельности, хотя редчайшие следы обнаружены. Строматолиты же и микрофоссилии (акритархи, фитопланктон и т. п.), хотя и характеризуют определенное своеобразие пограничных подразделений, однако не дают еще возможности установить даже приближенно стандарт границы рифея и венда, опираясь на комплекс процедур, использованных при установлении границы венда и кембрия. Нижняя граница появления вендо-эдиакарских Metazoa в силу чисто палеогеографических процессов более или менее асинхронна. Во всяком случае, возникновение этой фауны нельзя отрывать от комплекса предшествующих геобиологических и гляциозастатических событий. Формальное же проведение нижней границы венда по уровню появления столь дифференцированной биоты многоклеточных животных было бы крайне упрощенным решением проблемы, одинаково важной и для геологии, и для биологии.

Известные надежды в будущем можно связывать, вероятно, с многообещающим прогрессом докембрийской микропалеонтологии и с детальным биостратиграфическим изучением тех немногочисленных переходных морских разрезов, при формировании которых процесс накопления осадков на рубеже рифея и венда не прерывался климатическими или тектони-

<sup>8</sup> Тиллиты — древние ледниковые отложения моренного типа.

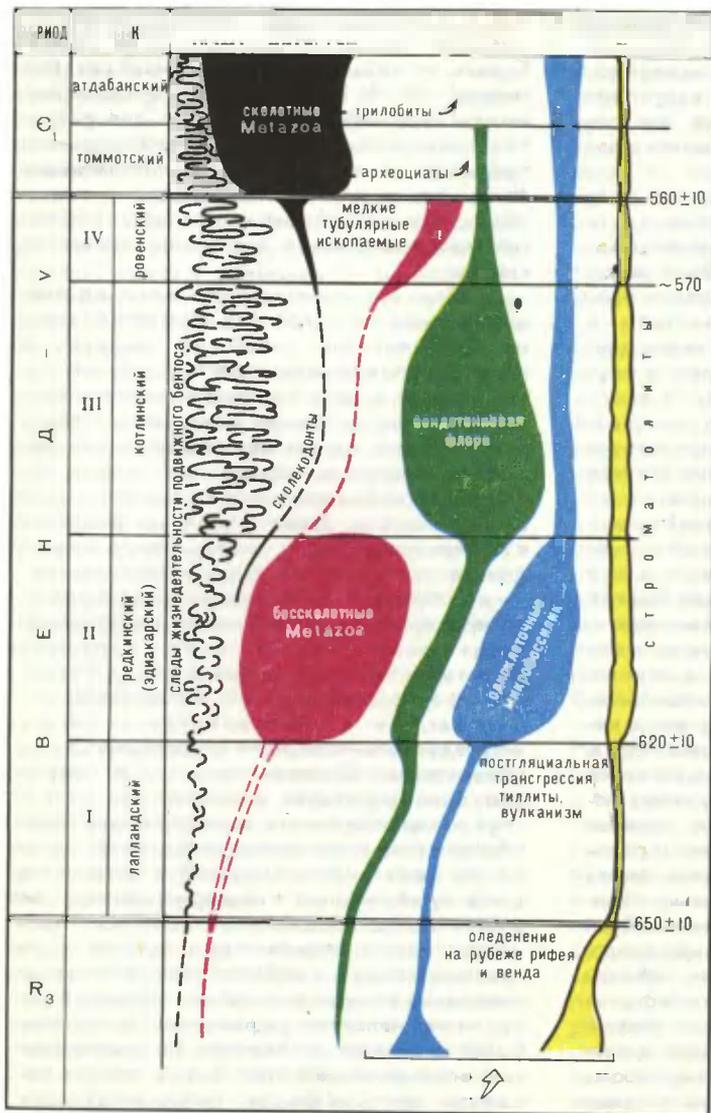


Схема геохронологического распространения основных групп ископаемых венда и начала кембрия. На схеме можно проследить важнейшие биотические рубежи в истории Metazoa и растительного мира. Квадратной скобкой выделены группы, мдущие из более древних отложений.

ческими событиями. Крайняя потенциальная ограниченность таких мест на всех континентах Земли очевидна уже сейчас.

#### ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ВЕНДА И КОРРЕЛЯЦИЯ ВЕНДСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

В палеобиологическом и стратиграфическом отношении наиболее естественно делить венд на две части, проводя границу между ними примерно по кровле самого насыщенного фауной Metazoa горизонта. Иногда к нижнему венду относят только

базальный горизонт. Но пока предпочтительнее, на мой взгляд, опираться на четырехчленную схему полного естественного разреза Русской платформы, которая превосходно обоснована и хорошо коррелируется со схемой венда Сибирской платформы и Урала. Согласно этой схеме, принято выделять сверху четыре горизонта: лапландский, редкинский, котлинский и ровенский. Они разновелики, разнофациальны, но сохраняют строгую последовательность своих характеристик. Изотопные датировки границ между этими

горизонтами уточнены в недавней работе Б. М. Келлера<sup>9</sup>. Для основания венда — это  $650 \pm 10$  млн лет, для границы лапландского и редкинского горизонтов —  $620 \pm 10$  млн лет. Граница редкинского и котлинского горизонтов точных изотопных датировок пока не имеет. Подошва ровенского горизонта определяется возрастом 570 млн лет, ранее принимавшимся за возрастную границу основания кембрийской системы. Подобная оценка возраста нижней границы кембрия и сейчас пользуется большой популярностью, хотя этому противоречат датировки подошвы кембрия, приведенные Н. Оденем (630 млн лет) и китайскими исследователями ( $600 \pm 10$  млн лет). Граница венда и кембрия лежит, вероятнее всего, в пределах 550—560 млн лет. Общая продолжительность вендского периода, таким образом, составляет 90—100 млн лет.

Проведенная по всем континентам корреляция отложений, эквивалентных подразделениям венда, показала удивительную устойчивость положения в разрезе терригенных и карбонатных толщ, содержащих опорную постгляциальную вендо-эдиакарскую биоту. Одновременно выяснилась слабая обоснованность и искусственность определения нижней границы конкурирующего с вендом еще одного докембрийского подразделения — эдиакария. Эта граница проводится некоторыми исследователями (П. Клауд, М. Глесснер) непосредственно в подошве надтиллитовых отложений, заключающих названную биоту высокого уровня биологической дифференциации. Но столь высокий уровень мог быть достигнут лишь в течение всего рассматриваемого геологического периода. Лежащие ниже гляциальные и морские отложения вендской трансгрессии естественно оценивать как осадочные продукты именно этого времени, охватывающего несколько десятков миллионов лет. Вполне допустимо, что эквивалентные им нормальные осадочные серии морских отложений (а таковые, несомненно, существуют) содержат «недостающее звено» в эволюции преэдиакарских (в собственном, т. е. узком, смысле), но уже вендских Metazoa. Эдиакарий как система докембрия неудачен и в том смысле, что в Австралии, где он выделяется, пока нет вообще аналогов всего верхнего венда и нижней части кембрийской системы, следовательно, нет и естественной гра-

ницы докембрия и кембрия. Принятие эдиакарской системы неизбежно привело бы к выбору ее верхней границы между всем вендом, принятым в Советском Союзе, и выделенными в СССР ровенским (или немакит-далдынским) и томмотским ярусами. А это уже противоречит здравому смыслу!

Значительно больший интерес в качестве терминального стратиграфического подразделения докембрия вызывает синийская система Китая в ее современном, узком, смысле. В стратотипическом регионе в бассейне р. Янцзы, по моим личным впечатлениям (1983 г.), она очень близка к карбонатному типу вендского разреза Якутии. Однако синийская система, выделяемая в стратотипическом регионе КНР, имеет ряд недостатков. Во-первых, она совершенно лишена типовой вендо-эдиакарской биоты. Во-вторых, она очень слабо палеонтологически изучена: известны лишь находки акритарх — наиболее обычные, а также редкие находки вендотениевых водорослей и микрофитолитов. В-третьих, и это самое главное, подошва синийской системы имеет рубидий-стронциевую датировку 800 млн лет (в пределах тиллитонской серии), что более чем вдвое превышает объем венда. Видимо, эта датировка требует принципиально иной геологической интерпретации, но китайские исследователи от нее воздерживаются.

Таким образом, работы по сопоставлению позднедокембрийских отложений на разных континентах показали крупные недостатки известных терминальных подразделений верхнего докембрия — синия и эдиакария, предложенных в качестве возможных систем верхнего докембрия. Соответствующие венду отложения Южной Африки (Намибия), Канады (Ньюфаундленд) и Англии менее полны и изучены слабее.

#### ПОЛОЖЕНИЕ ВЕНДА В СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ ШКАЛЕ

Вопрос о вендской системе стоит особено. Прежде всего, формально венд, безусловно, входит в состав протерозоя или верхнего докембрия (в 50-е годы я называл его системой «докембрийского палеозоя»), для системных категорий которого Б. М. Келлер предложил термин «протосистема». Как протосистема был определен и венд<sup>10</sup>. Названием вендская система (или протосистема) начиная с 1964 г. широко

<sup>9</sup> Келлер Б. М.— Известия АН СССР, сер. геол., 1983, № 6, с. 67.

<sup>10</sup> Келлер Б. М.— Доклады АН СССР, 1966, т. 171, № 6, с. 1405.

пользовался и автор, вкладывая в него смысл прообраза системы фанерозойского типа, поскольку речь шла явно не о криптозое. Впрочем, выделяя венд еще в конце 40-х годов, я сравнивал его с синийской системой Китая (в понимании А. Грабау) — первой, как представлялось тогда, докембрийской системой палеозойской группы. Лишь много позднее стало очевидным, что с синийской системой, или синием Китая, следовало сравнивать весь рифей (рифейскую группу Н. С. Шатского, 1945).

Кроме того, как уже отмечено, в верхнем докембрии в настоящее время предложены еще по крайней мере две системы. Это синийская система со стратотипом в Китае и эдиакарская система со стратотипом в Австралии. И если верхняя граница венда и синия может быть точно определена и скоррелирована на основании фанерозойского принципа, то нижняя граница всех предложенных систем разновозрастна, и для их типизации фанерозойский принцип в его чистом виде, т. е. с определением стандартов границ смежных биостратиграфических зон, совершенно непригоден.

Включение вендской или любой другой системы в фанерозой неизбежно нарушает общепринятую границу между криптозоом и фанерозоом, ставит под вопрос объем современного палеозоя или же заставляет рассматривать новое подразделение в составе фанерозоя как особое и независимое. За всем этим не может не последовать ревизии представлений о надсистемных ранговых подразделениях самого фанерозоя.

Иными словами, «стратиграфическое устройство венда», по выражению А. А. Богданова, влечет за собой много разнообразных трудностей. Можно, конечно, решить проблему в рамках рациональной условности, что, в сущности, уже сделано в нашей стране. Венд признан последним надрифейским (по мнению некоторых, еще рифейским) подразделением верхнего докембрия, и ему придан самостоятельный индекс V. Но в действительности дело обстоит много сложнее.

Венд не только вычленимая, расчленяемая и картируемая крупная часть стратисферной оболочки Земли. Это, прежде всего, период, имеющий исключительное значение для понимания направленности в динамике гидросферы и атмосферы, в эволюции всего органического мира. Не с кембрийским, а с вендским периодом связано формирование важнейших типов морских беспозвоночных и, вероятно, водорослей (хотя многие из них, по-видимому,

завершили свое существование в венде), заложение основных типов их архитектуры, начало их дифференциации на основные стволы морфологической эволюции, экологическое освоение шельфа и пелагиали. К венду относится начало процесса цефализации животных и появление древнейших споровых растений.

Органический мир венда еще более специфичен, чем мир рифея (от которого он отличен коренным образом) и кембрия. Но биостратиграфические критерии полностью приложимы к обособлению венда в качестве самостоятельной геологической системы, к расчленению вендских отложений и их планетарной корреляции. Более того, биологическое содержание вендского периода делает недопустимым отнесение венда к зону «скрытой жизни» — к криптозою. Венд не завершает собой типично докембрийское развитие Земли и жизни, а, скорее, является зарею новых фанерозойских тенденций в структурно-морфологической эволюции литосферы, гидросферы и атмосферы во всем дальнейшем эволюционном процессе. От понятия криптозой вообще следовало бы отказаться: это крайне длительная и сложная система особых биологических и биогеохимических мегахронов, как я уже отмечал<sup>11</sup>, однако граница протерозоя и фанерозоя, включающего вендский период, имеет глубокий историко-геологический и историко-биологический смысл.

<sup>11</sup> Соколов Б. С. — Вестник АН СССР, 1976, № 1, с. 126.

## Памятники природы Башкирии

**Е. В. Кучеров,**

доктор биологических наук

Уфа

Богата и разнообразна природа Башкирии: здесь и лесные массивы, и светлые озера, и многочисленные реки, и прекрасные луга, и каменные россыпи в высоких горах, и необозримые поля. Южная оконечность древних Уральских гор почти целиком находится на территории республики. Более 40 % ее площади заняты лесами и кустарниками, есть неиспользуемые в сельском хозяйстве земли — болота, овраги, крутые склоны гор. Вместе с тем в Башкирии развита промышленность, разрабатываются месторождения различных полезных ископаемых, увеличивается число промышленных предприятий, растет сеть дорог, множатся города и населенные пунк-

ты. Поэтому уже сейчас необходимо разрабатывать методы и способы целесообразного пользования природными богатствами, изыскивать пути сохранения отдельных, наиболее ценных по своему эстетическому значению территорий.

К настоящему времени в Башкирии более 230 охраняемых объектов: один заповедник с филиалом в излучине реки Белой, 12 заказников по охране лекарственных растений, 15 государственных охотничьих заказников, 114 государственных памятников природы и около 100 внутрихозяйственных охотничьих угодий.

**Вход в Каповую пещеру.**



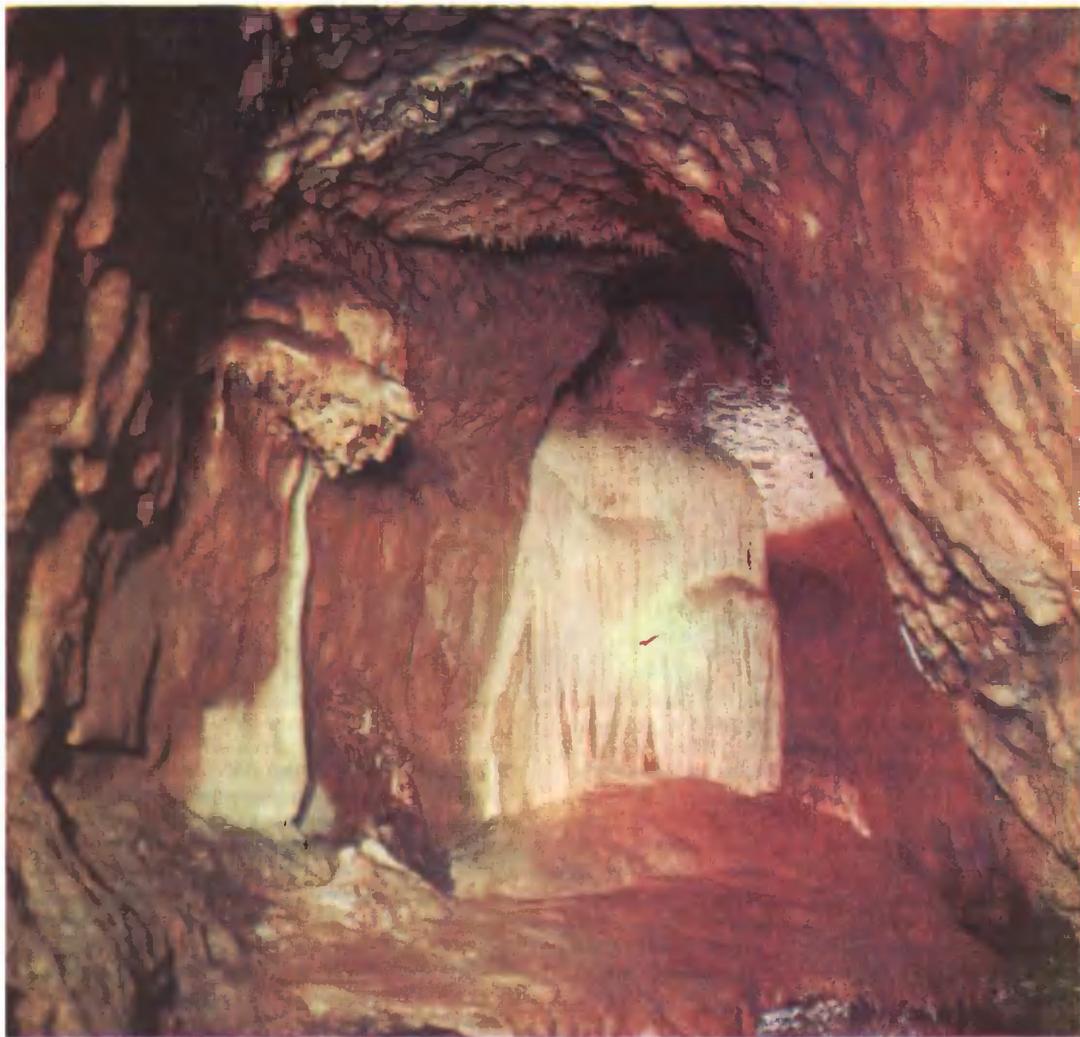


Карстовый мост Куперля.

На красоту и богатство башкирского края обратили внимание уже первые экспедиции, снаряженные Российской академией. Многие памятники природы описаны в трудах П.-С. Палласа, И. И. Лепехина, П. И. Рычкова и др. В начале XX в. природу Башкирии изучали геологи А. Н. Заварицкий и А. Н. Замятин, ботаники М. М. Ильин, И. М. Крашенинников, С. С. Неустроев и Б. А. Федченко. В 1908 г. в Уфе было основано Общество по изучению местного края, правда, его деятельность была связана в основном с изучением истории края, а не его природы.

С конца 1920-х годов началось планомерное изучение природных ресурсов Башкирии. Члены Башкирской комплексной экспедиции (1928—1931 гг.) провели инвентаризацию флоры и фауны Южного Урала. Были созданы научные учреждения: Почвенно-ботаническое бюро, опытные станции, учебные заведения, а позже — республиканская организация Всесоюзного общества охраны природы, которая снаряжала специальные экспедиции по изучению памятников природы. С 1951 г. начала работать Комиссия по охране природы при Башкирском филиале АН СССР.

В 1965 г. 114 объектов были объявлены государственными памятниками природы. Некоторые из них входят в фонд



Наплывы кальцита в пещере Сумган.



Кости пещерного медведя в одной из пещер Башкирии.



Одно из красивейших озер Башкирии — Асликуль.

общесоюзных и даже мировых уникальных природных объектов.

Всему миру известна Каповая пещера (или Шульган-таш), расположенная в горе Сарык-Ускан на правом берегу реки Белой. Вход в пещеру огромен, а сама она столь велика, что во время восстаний XVIII в. здесь укрывалось более 3 тыс. башкир вместе с многочисленным скотом. Общая протяженность всех ходов и залов этой трехъярусной пещеры превышает 2 км, внутри нее есть озеро, а из самой пещеры вытекает небольшая речка Шульган, журчание которой слышится круглый год. Даже зимой на выступающих из воды камнях поет постоянная здешняя обитательница — оляпка.

Спелеологи не только нашей страны, но и многих других стран проводят исследования в Каповой пещере. Уникальна она и как археологический памятник: в ней найдены более трех десятков изображений различных животных (мамонтов, носорогов, диких лошадей и др.), выполненных человеком эпохи палеолита. В богатой флоре окружающей пещеру территории встречается много реликтовых и эндемичных для Урала растений.

Каповая пещера — место паломничества не только спелеологов и археологов, но и многочисленных туристов, которые изрядно попортили сталактиты и сталагмиты, и сейчас доступ в пещеру закрыт.

Другой природный памятник — урочище Кутук — известно как редкое проявление глубинного карста в полосе западных предгорий Южного Урала. Здесь только пещер насчитывается 36; одна из них — пещера Сумган — самая длинная (ее ходы тянутся на 8,2 км) и глубокая (126 м) на Урале. Если Каповая пещера известна очень давно, то карстовое урочище Кутук обнаружено совсем недавно, в 1960 г., геологом Башкирского филиала АН СССР А. И. Олли. Эта местность уникальна по интенсивности развития, выразительности проявления и морфологическому многообразию поверхностных и глубинных форм горного карста (современный карст урочища наложен на древний, сформировавшийся в ранние геологические эпохи).

Довольно редкое природное образование представляет собой Аскынская ледяная пещера. Возникла она в верхнедевонских известняках, в которых оказалось захороненным множество организмов. Аскынская пещера с каждым годом все больше обрастает льдом: если в 1920-х

годах лед покрывал только спуск и четвертую часть пещеры, то сейчас ледяным стал весь пол большого зала: за 60 последних лет количество льда увеличилось в 5—6 раз. 17 ледяных сталагмитов (самый большой из них достигает почти 11-метровой высоты) тянутся к высокому потолку большого зала.

В Башкирии около 400 пещер, но далеко не все они входят в список памятников природы. Многие пещеры только изучаются спелеологами Башкирского научно-исследовательского института карстоведения и спелеологии (кстати, организован он на общественных началах при Башкирском филиале Географического общества СССР). Только за последние 7 лет геологами и спелеологами открыты и обследованы 150 пещер. Чтобы вновь открытые пещеры не постигла судьба Каповой, обсуждается вопрос о доступе в них только с разрешения этого института или общества охраны природы.

Башкирия — это и страна тысячи озер. Самое большое озеро Асликуль, причисленное к памятникам природы, — карстового происхождения. Необозримая водная гладь окаймлена причудливыми скалами и обрывами, по берегам много песчаных пляжей, соседствующих с небольшими лесными участками. Когда-то здесь были обширные лиственничные леса, о которых напоминают стволы лиственниц на дне озера. На южном берегу озера еще недавно росли

небольшие лиственницы, последняя из них погибла в 1951 г.

Во многих местах с берега озера открывается вид на степь. На таких степных участках немало растительных реликтов и эндемиков, в числе которых флокс сибирский (*Phlox sibirica*), истод сибирский (*Polygala sibirica*), остролодочник Ипполита (*Oxytropis hippolytii*), тонконог жестколистный (*Koeleria sclerophylla*) и др. В ближайших прибрежных окрестностях мы насчитали более 40 редких видов растений.

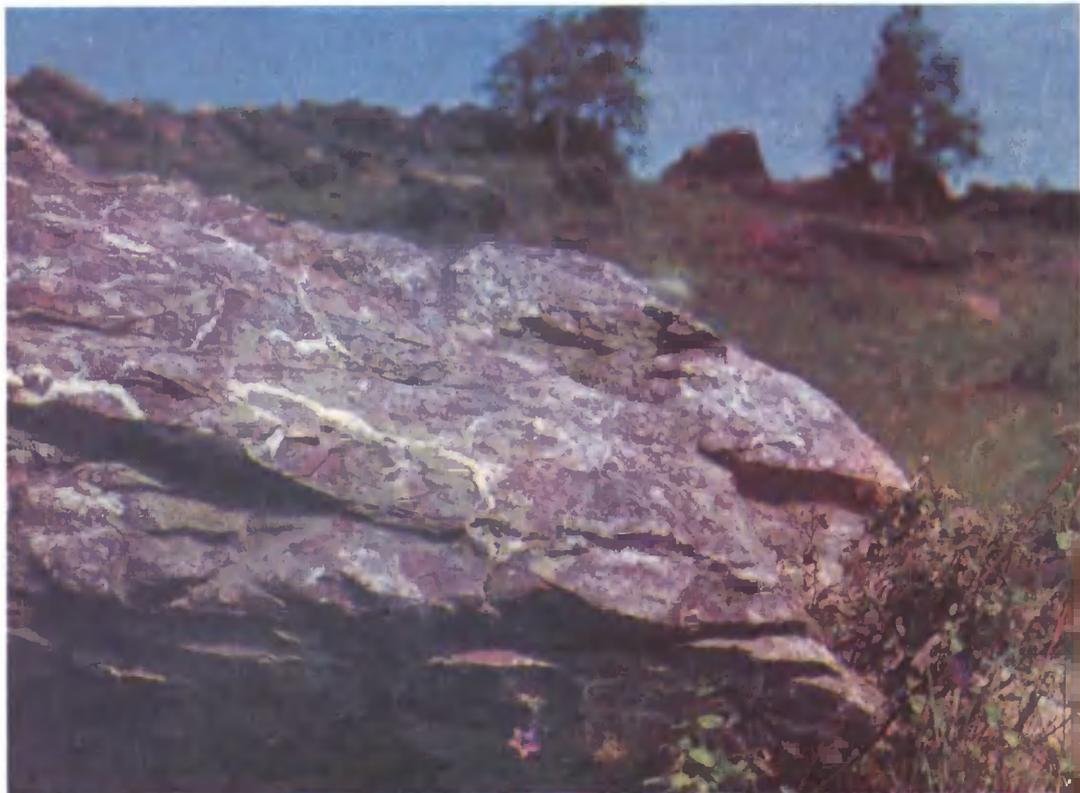
Еще одно озеро — Сарва — примечательно очень холодной, необыкновенно чистой водой, которая издали кажется голубой. Озеро служит водным резервуаром, из которого вытекает речка, тоже Сарва. Сама речка не совсем обычна: несколько раз на своем течении она то уходит под землю, то вновь появляется на поверхности. Чаша озера глубокая — около 38 м.

Много озер и в восточных предгорьях Южного Урала. Особенно живописно озеро Ворожеич, или Карагайка (карагай по-башкирски — лиственница). По его берегам то и дело встречаются выходы многоцветной яшмы: даже в небольшом кучке этого камня сверкают красные, зеленые, оранжевые, желтые кварцевые зерна. Здесь много березняков с опушками из лиственницы; в этих, как и в других типичных для лесостепи Башкирского Зауралья местах, много редких видов растений.

В Башкирии множество минеральных источников; есть и такие, что объявлены памятниками природы, например озеро Мулдакуль с горько-соленой водой (из-за целебных хлоридно-натриевых грязевых от-

Стерлитамакский шихан Тра-тау.





Выходы яшм на берегу озера Вороженч и отдельный образец яшмы.

ложений на его дне) и Красноуольские минеральные источники, где насчитывается около 250 родников.

На территории республики в зоне хвойных лесов Уфимского плато находится один из самых крупных в мире карстовых родников — Красный ключ. Вода, циркулирующая в глубинных карстовых каналах и расщелинах, выходит на дневную поверхность мощным потоком и наполняет продолговатую чашу озера. В каждую секунду родник выбрасывает с водой более 1 кг извести. На фоне зеленого наряда, окружающего леса, Красный ключ с его зеленовато-синей водой необычайно живописен.

Не менее прекрасен и водопад Атыш (в переводе с башкирского — Стреляющий). Отвесно низвергаясь из карстовой пещеры с небольшой высоты (всего 4,1 м), он с грохотом, далеко разносящимся по долине горной речки, падает в озеро. Подобные водопады в СССР известны на Кавказе, в горах Тянь-Шаня и некоторых других карстовых областях. Однако ни один из них не образует отвесного столба падающей воды, а лишь бурно стекает по крутым склонам.

В степном Зауралье приток реки Худолаз пробивает себе путь в отложениях эффузивных пород среднего девона и образует узкое, но глубокое ущелье. Начинаясь от скалистого гребня вблизи вершины Яман-таш (Дурной камень), он образует трехкаскадный водопад Гадельша, или Ибрагимовский, тоже находящийся в списках памятников природы.

Гора Янган-тау известна своими неповторимыми термическими явлениями. Из ее недр непрерывно выделяются горячий пар и газы, хотя это чудо природы находится на большом удалении от областей проявления современного и относительно недавнего вулканизма.

На правобережье реки Белой есть уникальные горы — Стерлитамакские горы-одиночки, или шиханы, возвышающиеся над ровной местностью конусовидными вершинами. Это единственные на земном шаре образования, которые сложены белыми органогенными известняками с многочисленными остатками разнообразной морской фауны, характерной для раннепермских рифов. Такие известняки нигде в породах окружающей местности не встречаются. Из четырех шиханов — Юрак-тау, Куш-тау, Шах-тау и Тра-тау — последний объявлен памятником природы. Это не только геологический памятник; здесь растут многие виды реликтовых и эндемичных растений: астрагалы Гельма (*Astragalus hel-*

*mii*) и Карелина (*A. karelinianus*), смолевка башкирская (*Silene baschkirovum*) и др. Из-за зарослей водяного ореха уральского (*Typha uralensis*), эндемичного для Урала, к памятникам природы отнесено озеро Упкань-куль, в котором растет уральский орех. В списке памятников — и заросли (45 га) степной вишни (*Cerasus fruticosa*) в Стерлибашевском районе. На столь небольшом участке множество форм этого морозостойкого растения, мало восприимчивого к болезням.

К памятникам природы отнесено также урочище Кухтур, названное по имени одного из сподвижников Салавата Юлаева; здесь в полной мере представлена флора и фауна Южного Урала.

Всех достопримечательных ландшафтов Башкирии, причисленных к природным памятникам, — более 300, причем около 200 описаны только за последние 20 лет. Меры по охране таких памятников осуществляются первичными организациями Всероссийского общества охраны природы. С их помощью составляются охранные обязательства, однако за выполнением этих обязательств никто не следит, точно так же как никто не несет ответственности за сохранность памятников. Нет и строгих правил поведения туристов, посещающих государственные природные памятники. Если бы в пещере Шульган-таш туристы придерживались таких правил, а не уносили бы «на добрую память» обломки сталактитов и сталагмитов, не оставляли бы автографов на стенах, она и сейчас была бы открыта взору многочисленных посетителей.

Охрану государственных памятников природы можно было бы организовать по типу природных заказников. Необходимо к тому же разработать специальные маршруты для посетителей. Все это в большей мере, чем сейчас, способствовало бы сохранности государственных памятников природы Башкирского края — неповторимой жемчужины Южного Урала.

## Взаимодействие плазмы с жидким металлом

М. Д. Габович



Марк Давидович Габович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий отделом газовой электроники Института физики АН УССР. Занимается ионной физикой и физикой плазмы, в частности взаимодействием ионных потоков с металлами. Заслуженный деятель науки УССР.

В наши дни плазма (ионизированный газ с примерно одинаковыми и достаточно высокими концентрациями положительных и отрицательных зарядов) — весьма популярный объект исследований, и вряд ли кого-нибудь может удивить все возрастающий интерес к изучению ее взаимодействия с окружающими телами. Для этого имеются серьезные основания, связанные как с прогрессом самой науки, так и с потребностями практики, в частности эмиссионной электроники, управляемого термоядерного синтеза, энергетики, плазменной технологии.

В современных мощных технических устройствах плазма подчас взаимодействует с металлом, находящимся не в твердом, а в жидком состоянии. Система «плазма — жидкий металл» встречается чаще, чем кажется на первый взгляд: например, в таком широко известном физическом объекте, как катодное пятно электрической дуги, во взрывных электронных эмиттерах, в сварочных устройствах, в плазменной металлургии. Взаимодействие плазмы с жидким металлом как нежелательное явление возникает порой в установках для управляемого термоядерного синтеза.

Взаимодействие плазмы с жидким металлом охватывает широкий круг эффектов, в том числе и ряд таких, которым до последнего времени не уделялось должного внимания. К ним следует отнести одну

из наиболее важных особенностей системы «плазма — жидкий металл»: неустойчивость (колебания) поверхности металла под действием сильного электрического поля или при генерации ультразвука мощным модулированным потоком ионов. Электрическое поле в области контакта плазмы с металлом растет с ростом плотности плазмы, а модуляция ионных потоков часто наблюдается вследствие колебаний плазмы, которая служит источником ионов.

С неустойчивостью поверхности жидкого металла приходится считаться, поскольку она заметно влияет на поведение системы в целом. С другой стороны, она сулит возможности практического применения, частично уже реализуемые в жидкометаллических эмиттерах ионов. Большой интерес вызывают возбуждаемые при неустойчивости нелинейные капиллярные волны, обнаруженный недавно интенсивный конвективный перенос примесных атомов при ионной бомбардировке поверхности жидкого металла, а также ультразвуковая обработка металла модулированным ионным потоком, открывающие широкие перспективы глубокого легирования металлов и направленного изменения их свойств.

Отметим, что, хотя неустойчивость поверхности жидкого металла или генерация ультразвука пучком заряженных частиц

предсказывались довольно давно, в полной мере значение подобных эффектов осознано лишь теперь, после их подробного экспериментального изучения. О них и пойдет речь в этой статье. Но прежде всего, имея в виду проблему устойчивости поверхности жидкого металла, попытаемся выяснить, какое давление испытывает металлический электрод, соприкасающийся с плазмой.

### ДАВЛЕНИЕ НА ЭЛЕКТРОД, СОПРИКАСАЮЩИЙСЯ С ПЛАЗМОЙ

Металлический электрод, приводимый в контакт с плазмой, фактически непосредственно соприкасается со слоем объемного заряда, экранирующего поверхностный заряд электрода. Так, например, вблизи электрода с достаточно большим отрицательным потенциалом  $U$  образуется экранирующий слой с преобладающим положительным объемным зарядом ионов, движущихся из плазмы к электроду. С увеличением разности потенциалов растет и толщина слоя  $d$ . Чем больше концентрация зарядов в плазме, тем меньше  $d$  и выше напряженность электрического поля  $E=4U/3d$  на поверхности металла. Взаимодействуя с поверхностными зарядами, электрическое поле оказывает на металлический электрод отрицательное давление, равное плотности энергии поля  $E^2/8\pi$ .

Но это лишь один из компонентов давления. Есть еще кинетическое давление бомбардирующих электрод ионов, которые, обладая зарядом  $e$ , приобретают энергию  $eU$ . В плоском ионном слое при полной передаче энергии ионов бомбардируемому телу кинетическое давление ионов в точности компенсирует отрицательное давление электрического поля. Однако даже в этом случае, при любых мелкомасштабных искажениях плоской поверхности электрода, возникающих, например, вследствие неустойчивости поверхности жидкого металла, силовые линии электрического поля не обязательно совпадают с траекториями движения ионов и локальная компенсация составляющих давления может не иметь места.

Наконец, существует сравнительно небольшое кинетическое давление плазменных электронов, отражаемых полем экранирующего слоя обратно в плазму, а также давление отдачи распыляемых и испаряемых атомов металла, который подвергается ионной бомбардировке. Давление отдачи особенно заметно на поверх-

ности жидкого металла, для которой коэффициент катодного распыления — отношение числа распыляемых атомов к числу падающих ионов — значительно больше, чем для твердого тела.

Уже этих общих сведений достаточно, чтобы перейти непосредственно к рассмотрению проблемы устойчивости поверхности жидкого металла в электрическом поле.

### НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ТОНКСА — ФРЕНКЕЛЯ

Как только на плоской поверхности жидкости, в частности жидкого металла, по какой-либо причине возникнет выступ, под действием силы поверхностного натяжения жидкость перетекает из него в остальной объем, так что выступ ликвидируется. Когда поверхность в этом месте снова станет плоской, сила поверхностного натяжения исчезнет, но жидкость по инерции продолжит свое движение, в результате чего на месте выступа образуется углубление. Затем все описанные события станут разворачиваться в обратном направлении. Периодическое повторение этого процесса, захватывающего и соседние слои жидкости, приводит к распространению ряби — капиллярных волн с незначительной амплитудой, малой длиной волны и характерной зависимостью частоты  $\omega$  от длины волны  $\lambda$ , коэффициента поверхностного натяжения  $\sigma$  и плотности металла  $\rho$ . Как же ведут себя капиллярные волны в том случае, когда жидкий металл находится в электрическом поле, оказывающем на него, как мы видели, отрицательное давление, равное плотности энергии поля  $E^2/8\pi$ ?

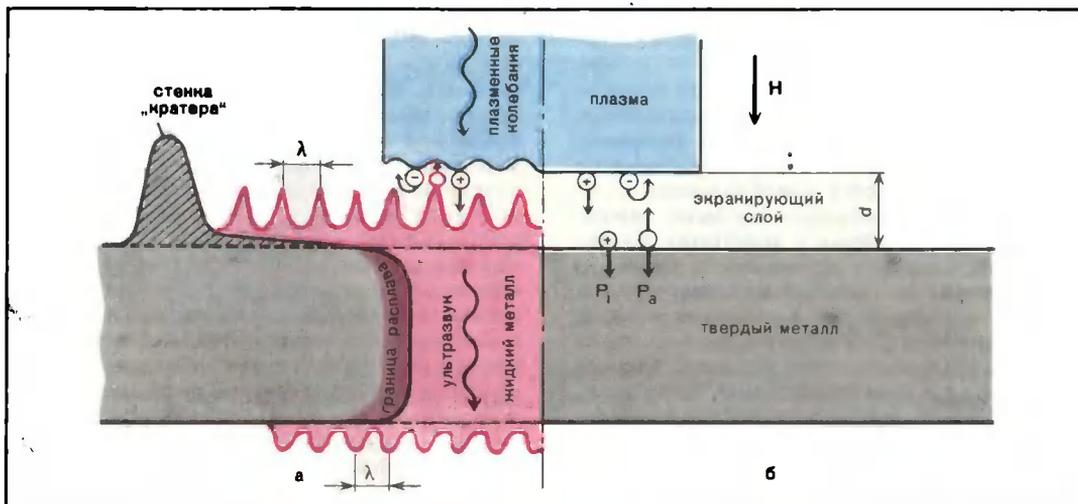
Появление выступа на поверхности жидкого металла сопровождается локальным усилением электрического поля на вершине этого выступа и возникновением соответствующего дополнительного отрицательного давления. Последнее обстоятельство способствует росту начального возмущения, хотя ему противодействует поверхностное натяжение, стремящееся уменьшить площадь поверхности металла. Напрашивается вывод, что в достаточно сильном поле начнется прогрессирующее увеличение начального выступа. Созданная еще полстолетия тому назад Л. Тонксом и Я. И. Френкелем теория предсказывала, что при  $E > E_{кр} = (4\pi\sigma k)^{1/2}$ , где  $k = 2\pi/\lambda$  — волновое число, преобладает отрицательное давление, начальное возмущение нарастает и принимает форму пика с относительно массивным пьедесталом и уменьшающимся к вершине радиусом кри-

визны. В результате подобной неустойчивости на поверхности металла должны наблюдаться нелинейные капиллярные волны с большой амплитудой.

Такие волны на поверхности жидкого металла, соприкасающегося с плазмой, действительно экспериментально наблюдались в Институте физики АН УССР при следующих обстоятельствах<sup>1</sup>. Из тонкого столбика плотной плазмы на металлический электрод, находящийся при отрицательном потенциале  $U=500$  В, поступали в непрерывном режиме ионы водорода с плот-

ностью тока до  $100 \text{ А/см}^2$ , так что удельная мощность ионного потока  $W$  составляла  $5 \cdot 10^4 \text{ Вт/см}^2$ . При этом в бомбардируемой ионами области электрод проплавлялся на значительную глубину, а экранирующий слой между поверхностью жидкого металла и плазмой оказывался очень тонким ( $d \approx 10^{-2}$  см). Именно в этом слое (а не в плазме) сосредоточена разность потенциалов  $U$ , и значение электрического поля  $E$  на поверхности жидкого металла достигало  $10^5 \text{ В/см}$ .

В таком сильном поле уже могла



Схематическое изображение взаимодействия плазмы с металлом в жидком [а] и твердом [б] состояниях при отрицательном потенциале  $U$  металла по отношению к плазме. Плазма служит источником потока положительных ионов, формируемого магнитным полем  $H$  и модулируемого ионно-звуковыми плазменными колебаниями. В экранирующем слое толщиной  $d$  возникает избыточный положительный объемный заряд. В зоне сквозного расплава на лицевой и обратной стороне металлического электрода образуются нелинейные капиллярные волны малой длины  $\lambda$ , возбуждаемые на поверхности жидкого металла ультразвуком. Пики этих волн на лицевой стороне более острые из-за дополнительного влияния сильного электрического поля  $E=4U/3d$ , сосредоточенного в узком экранирующем слое. В области, отмеченной штриховкой, происходит «замораживание» этих волн при быстром охлаждении тонкого слоя жидкого металла за счет прерывания ионного потока. На периферии этой области из затвердевшего металла, выбрасываемого из центральной части расплава, образуется стенка «кратера».  $P_1$  — кинетическое давление ионов,  $P_2$  — давление отдачи расплаваемых и испаряемых атомов.

проявиться неустойчивость Тонкса — Френкеля. Но прежде следовало отыскать способ ее обнаружения, т. е. регистрации системы нелинейных капиллярных волн малой длины. Способ был найден: «заморозить» эти волны и затем исследовать их с помощью электронного микроскопа.

### «ЗАМОРОЖЕННЫЕ» КАПИЛЛЯРНЫЕ ВОЛНЫ

Если после плавления металла и возникновения на его поверхности ожидаемых капиллярных волн внезапно преградить путь потоку ионов, служащему, в частности, источником тепла, металл, постепенно охлаждаясь, затвердеет. Время затухания капиллярных волн  $\tau \approx \rho/2\eta k^2$ , зависящее от плотности  $\rho$  и вязкости  $\eta$  металла, относительно мало — примерно  $10^{-3}$  с. Поэтому в медленно остывающем глубоком расплаве капиллярные волны затухают задолго до того, как металл застынет, и потому не зафиксируются. Однако на твердом и относительно холод-

<sup>1</sup> Габович М. Д., Порицкий В. Я. — Письма в ЖЭТФ, 1981, т. 33, вып. 6, с. 320; Они же. — ЖЭТФ, 1983, т. 85, вып. 7, с. 146.

ном «берегу», куда жидкий металл выбрасывается из центральной части области плавления, глубина остывающего расплава незначительна, и появилась надежда, что именно здесь металл затвердеет до затухания волн.

Эксперимент подтвердил эти предположения. Оказалось, что между затвердевшим глубоко расплавом в центральной части и стенкой кратера действительно зафиксировалась система нелинейных капиллярных волн длиной  $\lambda$  порядка десятков микрон, отчетливо различаемых в растовом электронном микроскопе.

Форма застывших пиков, а также затвердевших в момент отрыва капель качественно настолько соответствовала предсказаниям теории, что сначала причастность неустойчивости Тонкса — Френкеля к образованию этих волн выглядела очевидной. Однако неожиданно возникло серьезное количественное расхождение между теоретическим значением критического поля  $E_{кр} \approx 10^6$  В/см, вычисленным по измеренной длине волны, и реально существующим на поверхности металла средним полем, напряженность которого, как указывалось, не превышала  $10^5$  В/см. Итак, появилась необходимость найти причину образования неустойчивости при меньшем значении напряженности среднего поля либо выявить другой механизм возбуждения нелинейных волн, вообще не связанный непосредственно с действием электрического поля.

### ИОННЫЙ ПОТОК ГЕНЕРИРУЕТ УЛЬТРАЗВУК

При поиске возможной причины неустойчивости поверхности жидкого металла обращало на себя внимание следующее немаловажное обстоятельство: ионный пучок может служить также мощным и эффективным генератором ультразвука. Действительно, из-за возбуждения в плазме интенсивных ионно-звуковых колебаний плотность ионного потока и, стало быть, давление на поверхность металла оказываются глубоко модулированными. Частота этой модуляции определяется длиной столбика плазмы и скоростью ионного звука (для водородной плазмы измеренная частота составляла  $10^6$  Гц). Ионный поток, бомбардируя жидкий металл, генерирует в нем продольные колебания плотности — ультразвук с амплитудой смещения поверхности  $\xi$ , пропорциональной  $P_0$  (напомним, что  $P_0$  — это не кинетическое давление ионного потока, а значительно большее давление отдачи нейтральных атомов, поки-

дающих поверхность жидкого металла в результате ее распыления ионами и вследствие испарения). Теперь остается сделать еще один шаг — установить связь между вибрацией поверхности жидкого металла и распространяющимися на ней капиллярными волнами.

### УЛЬТРАЗВУК И ВОЗБУЖДЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ КАПИЛЛЯРНЫХ ВОЛН

Еще М. Фарадей заметил, что если пластинка, покрытая слоем воды, вибри-

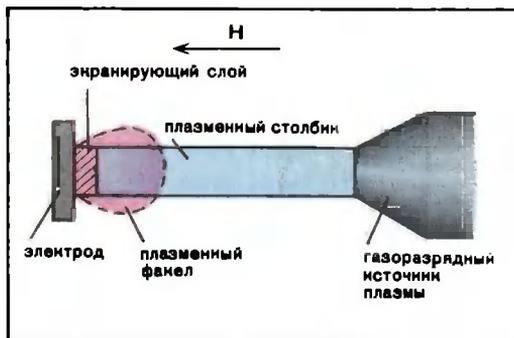
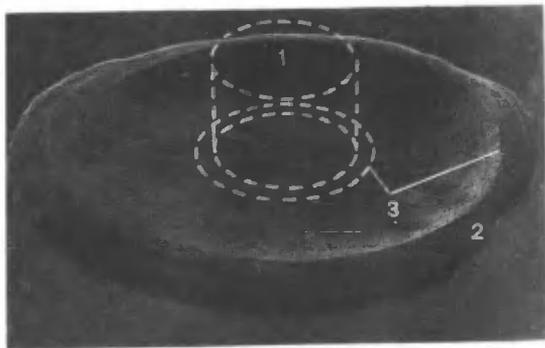


Схема эксперимента для изучения взаимодействия плазмы с жидким металлом и сварки ионным потоком. Плазма, создаваемая газоразрядным источником, удерживается в виде столбика сильным магнитным полем  $H \approx 10$  кЭ и направляется на поверхность металлической пластины с отрицательным потенциалом. У поверхности пластины образуется экранирующий слой с преобладанием положительного объемного заряда ионов (плотность ионного тока до  $100$  А/см<sup>2</sup>, удельная мощность до  $5 \cdot 10^4$  Вт/см<sup>2</sup>). В результате лавинного процесса распыления атомов и ионов металла (первичные ионы плазмы интенсивно распыляют жидкий металл; распыляемые атомы, пройдя небольшой путь в плотной плазме, ионизируются, возвращаются в виде положительных ионов и, в свою очередь, распыляют жидкий металл и т. д.) на поверхности пластины формируется плазменный фанел.

рует с некоторой частотой, то на поверхности воды можно наблюдать волны с вдвое меньшей частотой. В наше время была развита теория этого явления<sup>2</sup>, из которой следует, что параметрическое возбуждение поверхностных волн произойдет в том случае, когда амплитуда смещения поверхности под действием ультразвука превзойдет некоторое определенное значение  $\xi_{кр}$ , а частота вибрации вдвое превысит частоту капиллярных волн. Ины-

<sup>2</sup> Э. Кнадиосянц О. К. Получение аэрозольей. — В кн.: Физические основы ультразвуковой технологии. М., 1970, с. 370.



Кратер, образующийся при затвердевании металла, выбрасываемого из расплавленной центральной части медной пластины (его диаметр примерно 6 мм, диаметр области глубокого расплава в центре около 2 мм). 1 — плазменный столбик диаметром 2 мм, 2 — «вал», образованный при затвердевании выбрасываемого металла, 3 — границы «холодной» зоны кратера, где обнаружены «замороженные» нелинейные капиллярные волны.

ми словами, образование неустойчивых капиллярных волн возможно лишь при достаточной большой удельной мощности модулированного ионного потока  $W_{кр} \approx 4\pi k_s Q \bar{v}_a$ . Подставляя реальные значения всех параметров, включая скорость звука  $c_s$ , среднюю скорость распыляемых атомов  $\bar{v}_a$ , энергию удаления единицы массы вещества  $Q$ , получим  $W_{кр} \approx 10^4 \text{ Вт/см}^2$ . Следовательно, в условиях описанных опытов такой механизм возбуждения нелинейных капиллярных волн мог иметь место.

Проверкой всей цепи умозаключений, предшествовавших этому выводу, послужил простой эксперимент. Мишень в виде медного листа толщиной 3 мм проплавлялась ионным потоком на всю глубину. Оказалось, что и на обратной стороне мишени, где вовсе нет плазмы и электрического поля, все же зафиксировалась четкая картина нелинейных поверхностных волн. Однако их форма заметно отличалась от формы волн, «замороженных» на лицевой стороне листа, обращенной к плазме. При уменьшении мощности ионного потока ниже  $W_{кр}$  нелинейные волны вообще не возбуждались в полном соответствии с теоретическими предсказаниями.

Итак, в общих чертах картина рассматриваемого явления выглядит следующим образом. Мощный модулированный ионный поток, периодически меняя давление отдачи атомов и генерируя тем самым ультразвук, возбуждает в расплаве

с обеих сторон нелинейные поверхностные волны, длина которых зависит от частоты модуляции. Форма волн на обратной стороне расплава связана только с действием ультразвука. Но на лицевой стороне аналогичные волны с относительно гладким рельефом подвергаются дополнительному воздействию электрического поля — не среднего поля  $E$ , а более сильного, создаваемого на пиках волн. Такое локальное поле, превышающее  $E_{кр}$ , приводит к тому, что волны на лицевой стороне принимают форму, характерную для неустойчивости Тонкса — Френкеля.

Проследим теперь на ряде примеров, какую роль играют в системе «плазма — жидкий металл» рассмотренные нелинейные волны, представляющие собой развитую систему микроострий.

### ВЗРЫВНАЯ ЭМИССИЯ, КАТОДНОЕ ПЯТНО, УНИПОЛЯРНАЯ ДУГА

Современные интенсивные (сильноточные) электронные пучки нельзя получить за счет термо- или автоэлектронной эмиссии. Плотность тока термоэмиссии (потока электронов, испускаемых нагретым телом) ограничена из-за плавления металла, а на практике — из-за испарения эмиттера даже при более низких температурах. Автоэлектронная эмиссия (испускание электронов в сильных электрических полях) позволяет получать очень большие плотности тока. Однако эмиттеры этого типа, по необходимости, представляют собой острия с радиусом кривизны в несколько микрометров и, следовательно, имеют малую эмиттирующую поверхность. Поэтому полный ток, отбираемый с одного острия, оказывается небольшим.

Один из способов получения импульсных сильноточных электронных пучков — использование явления взрывной эмиссии, сущность которого заключается в следующем. Если к аноду, отделенному вакуумным промежутком от острия с малым радиусом кривизны, приложить импульс высокого напряжения, то под действием сильного электрического поля с острия испускаются электроны. Этот ток автоэлектронной (или, точнее, термоавтоэлектронной) эмиссии невелик, но достаточен для начала процесса, который имеет характер взрыва и сопровождается разрушением верхушки острия и превращением конденсированной фазы в расширяющийся со временем плазменный факел. Образующаяся плотная плазма и служит источ-

ником импульсного сильноточного электронного пучка<sup>3</sup>.

Таким образом, взрывной эмиттер представляет собой систему, состоящую из плазмы и соприкасающейся с ней поверхности жидкого металла. Экспериментальные данные о структуре и свойствах этого контакта небогаты. Тем не менее зафиксированные после взрыва отдельные «замороженные» микроострия позволяют догадываться о существовании здесь сильных электрических полей, не только вызывающих неустойчивость Тонкса — Френкеля, но и определяющих механизм протекания тока. Следует добавить, что создаваемые искусственно на поверхности жидкого металла микроострия, в принципе, могут служить регенерируемыми взрывными эмиттерами.

Еще один пример взаимодействия плазмы с поверхностью жидкого металла — катодное пятно дугового разряда в металлических парах<sup>4</sup>. На протяжении более 100 лет многочисленные исследования не устранили загадочности этого объекта. Однако к твердо установленным фактам можно, в частности, отнести существование в этом случае на поверхности жидкого металла сильного электрического поля. Металл и плазма разделены слоем, в котором движутся встречные потоки электронов (из катода в плазму) и ионов (из плазмы к катоду). В этом слое локализована сравнительно небольшая разность потенциалов, но<sup>4</sup> из-за высокой плотности преобладающего положительного объемного заряда он настолько тонок, что поле на поверхности металла достигает  $10^6$ — $10^7$  В/см. Такое поле уже само по себе достаточно для возникновения неустойчивости Тонкса — Френкеля и нелинейных капиллярных волн. Возможность же появления подобных волн на металлической поверхности катодного пятна приводит, по меньшей мере, к двум важным выводам. Один из них состоит в том, что обычно рассматриваемые в теории катодного пятна модели слоя с плоскими границами оказываются непригодными. Второй вывод относится к часто встречающимся в специальной литературе утверждениям типа «перемещение и эрозия катодного пятна обусловлены последовательными взрывами микронеоднородностей на поверхности жидкого металла»

<sup>3</sup> Подробнее см.: Бугаев С. П., Месьяц Г. А., Литвинов Е. А., Проскуровский Д. И.— Усп. физ. наук, 1975, т. 115, вып. 1, с. 101.

<sup>4</sup> Любимов Г. А., Раховский В. И.— Усп. физ. наук, 1978, т. 125, вып. 4, с. 665.



Полученная с помощью растрового электронного микроскопа панорама «замороженных» нелинейных капиллярных волн на обращенной к плазме поверхности массивной медной пластины [вверху]; пики расположены вдоль радиальных гребней, расстояние между которыми (длина волны) составляет 50—70 мкм; среднее расстояние между пиками 10—20 мкм. Фрагмент панорамы — отдельный пик [в середине]. Пик с отрывааемой электрическим полем каплей, «замороженной» в момент отрыва [внизу].



Панорама «замороженных» нелинейных капиллярных волн на обратной стороне расплава, где нет плазмы и электрического поля (слева). Фрагмент панорамы — пики со сглаженными вершинами (справа).

и заключается в необходимости замены неопределенного понятия «микронеоднородность» конкретными представлениями о пиках нелинейных капиллярных волн, играющих роль регенерируемых взрывных эмиттеров.

Третьим объектом, иллюстрирующим интерес к изучению контакта плазмы с жидким металлом, служит так называемая униполярная дуга<sup>5</sup>. Так как в плазме при равной концентрации ионов и электронов последние обладают большими скоростями, приведенная в соприкосновение с ней изолированная металлическая пластина приобретает избыточный отрицательный потенциал. Именно такой «плавающий» потенциал, ускоряющий ионы и тормозящий электроны, автоматически обеспечивает равенство нулю полного тока зарядов, падающих на изолированную пластину. Если в каком-либо месте пластины возникает катодное пятно, интенсивно испускающее электроны, то абсолютное значение избыточного отрицательного потенциала уменьшится. Поэтому, наряду с появлением интенсивного потока электронов из катодного пятна в плазму, благодаря ослаблению тормозящего поля увеличится и обратный поток быстрых электронов из плазмы к пластине. Суммарный ток и в этом случае равен нулю. Но в цепи, состоящей из плазмы и един-

ственного электрода — пластины, может возникнуть электрическая дуга.

Такая дуга, не требующая внешнего источника энергии и существующая за счет тепловой энергии плазмы, называется униполярной. Униполярная дуга характерна, например, для термоядерных установок, где горячую плазму стремятся изолировать от стенок рабочей камеры, но по ряду причин плазма может «упасть» на стенку, в результате чего на оплавленной ее поверхности образуется катодное пятно<sup>6</sup>. Появление микроострий на поверхности жидкого металла способствует возникновению катодного пятна униполярной дуги.

#### СВАРКА С ЛЕГИРОВАНИЕМ И УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКОЙ ИОННЫМ ПОТОКОМ

Предложение Б. Е. Патона выявить возможность и целесообразность использования ионных пучков для сварки положило начало систематическому исследованию этой проблемы в Институте физики АН УССР и Институте электросварки им. Е. О. Патона АН УССР, а в дальнейшем стимулировало изучение широкого круга принципиальных вопросов, касающихся взаимодействия плазмы с жидким металлом<sup>7</sup>.

<sup>5</sup> Зыкова Н. М., Недоспасов А. В., Петров В. Г.— Теплофизика высоких температур, 1983, т. 21, вып. 4, с. 778.

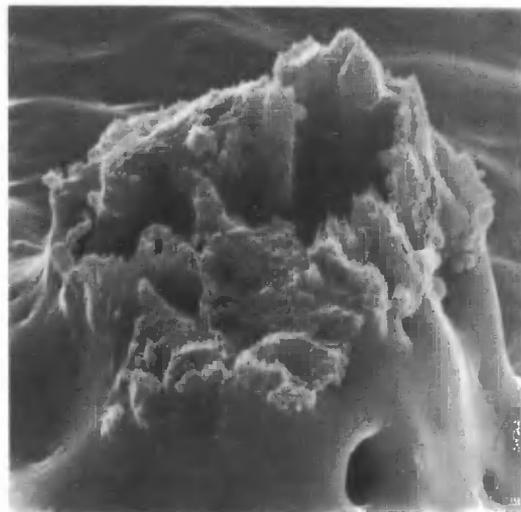
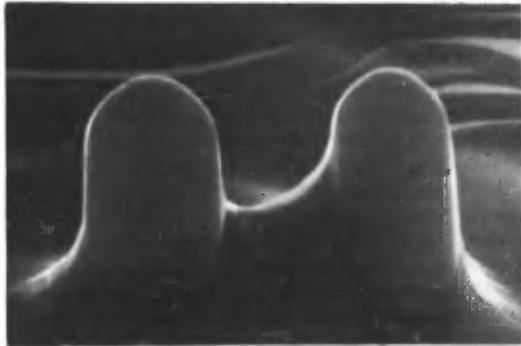
<sup>6</sup> О проблеме устойчивости плазмы в термоядерных установках с магнитным удержанием плазменного шнура см., напр.: Самойленко Ю. И., Чуянов В. А. Автоматическое управление плазмой в магнитных ловушках — Природа, 1983, № 9, с. 46; Чуянов В. А. Второе рождение открытых ловушек.— Природа, 1982, № 2, с. 2.

<sup>7</sup> Патон Б. Е., Габович М. Д. и др.— Доклады АН СССР, 1978, т. 239, № 3, с. 576; Они же.— 1983, т. 273, № 1, с. 104.

Первоначально основной полезной особенностью ионной сварки считали возможность дозированного внедрения в сварной шов примесей, необходимых для придания последнему определенных свойств. Примеси предполагалось вводить ионными пучками с требуемой для сварки удельной мощностью. При не очень малых скоростях сварки для введения одного процента примеси ионный пучок должен иметь плотность тока ионов по меньшей мере  $100 \text{ А/см}^2$ , а полный ток — несколько ампер. Для получения таких параметров ионного пучка пришлось отказаться от обычного способа его формирования, требующего высокого напряжения и несоизмерно большой мощности, и воспользоваться отбором ионов из тонкого столбика плазмы, транспортируемого сильным магнитным полем от газоразрядного устройства к свариваемому телу. Это позволило получить поток ионов с необходимыми параметрами при умеренной общей энергии и низком напряжении. В экспериментальной установке такого типа сварка производилась потоками ионов различных газов (а позднее и ионами металлов) с плотностью тока до  $100 \text{ А/см}^2$ , удельной мощностью  $10^4\text{--}10^5 \text{ Вт/см}^2$  и общей мощностью около 1 кВт.

Известно, что при бомбардировке твердого тела ионами даже высоких энергий удается вводить примеси лишь на небольшую глубину (микронного масштаба). Однако при ионной бомбардировке жидкого металла вводимые атомы примеси довольно быстро и равномерно распределяются по всей толщине свариваемого тела. При обычных скоростях сварки таким образом можно из плазмы вводить примерно один процент примеси, равномерно распределяемой по сварному шву на глубину до нескольких миллиметров. Достигнутое глубинное легирование является результатом интенсивной конвекции в жидком металле и позволяет изменять в нужном направлении свойства сварного шва.

Другой, совершенно неожиданной отличительной чертой этого способа сварки оказалось эффективное удаление газов из металла. Растворенные в металле газы удаляются при ионной сварке значительно лучше, чем, например, при сварке электронным лучом. В самом деле, разве не удивительно, что при сварке, скажем, титана потоком ионов водорода с интенсивностью  $10^{21}$  ионов/см<sup>2</sup>, с содержанием водорода в титане не только не увеличивается, но даже падает ниже началь-



Дегазация жидкого металла под действием ультразвука связана с образованием в металле газовых пузырей и их движением к поверхности. Протекание такого процесса подтверждают «замороженные» выступы-пузыри, обнаруженные с помощью растрового электронного микроскопа на поверхности отвердевшего расплава (вверху). После дополнительной ионной бомбардировки застывшего расплава, удаляющей купол одного из таких пузырей, непосредственно открывается его полость (внизу).

ного уровня. Была установлена и причина весьма успешного удаления остаточных газов из металла при ионной сварке. Именно в процессе этих исследований выяснилось, что модулированный ионный пучок эффективно возбуждает ультразвук в жидком металле. Это, в свою очередь, приводит не только к образованию в жидком металле всплывающих на поверхность пузырьков газа — процессу, благоприятствующему удалению последнего, но и к целенаправленному изменению структуры металла (особенно в сочетании с введением необходимых примесей).

## ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ЭМИТТЕРЫ ИОНОВ

Неустойчивость Тонкса — Френкеля использована при разработке ионных источников нового типа<sup>8</sup>. Если между тонкой металлической иглой, покрытой смачивающим ее жидким металлом, и другим электродом приложить достаточно большую разность потенциалов, то электрическое поле на формируемом им самим положительном жидкометаллическом острие достигает  $10^8$  В/см, а это острие становится источником ионов с очень большой плотностью тока. Такие эмиттеры позволяют формировать ионные пучки субмикронного диаметра, используемые в микроэлектронике, для изучения поверхности твердых тел и т. д.

Вопрос о форме эмиттирующего ионы жидкометаллического острия продолжает привлекать внимание исследователей. Дело в том, что в свое время была решена общая задача о равновесной поверхности жидкости, в любой точке которой отрицательное давление  $E^2/8\pi$  уравновешивается поверхностным натяжением. Оказалось, что таким свойством обладает поверхность конуса с половиной угла при вершине  $49,3^\circ$ . Этот результат словно загипнотизировал многих исследователей, и они решили, что ионы испускаются со сглаженной вершины этого конуса. В подтверждение такой точки зрения приводилась форма «замороженного» острия, а также действующего острия, непосредственно наблюдаемая в теневой электронный микроскоп с энергией электронов 200 кэВ. Между тем эта версия неизбежно приводила к неправдоподобным следствиям: диаметр эмиттирующей зоны в таком случае должен составлять  $10^{-7}$  см, а плотность тока — порядка  $10^{10}$  А/см<sup>2</sup>.

Сегодня имеются все основания иначе ответить на вопрос о форме и размерах жидкометаллического эмиттера ионов. Еще в решении упомянутой задачи описывались эксперименты, свидетельствующие о том, что вследствие неустойчивости из вершины конуса испускается тонкая струя жидкости. Это же следует из представлений о неустойчивости Тонкса — Френкеля и наглядно подтверждается приведенной картиной нелинейных капиллярных волн. Жидкий металл в сильном

электрическом поле принимает форму полусферы или конуса, на вершине которых образуется пик с постепенно уменьшающимся радиусом кривизны — струя вытекающего металла. На поверхности этого острия поддерживается равенство числа поступающих в потоке жидкости атомов и числа испускаемых ионов, но отнюдь не обязательно отрицательное давление поля уравнивается действием поверхностного натяжения.

В самое последнее время, по мере увеличения энергии электронов, используемых для наблюдения методом теневой электронной микроскопии, подтвердилось, что жидкометаллический эмиттер имеет вид пика с уменьшающимся радиусом кривизны, форма которого, конечно же, далека от упомянутого конуса со сглаженной вершиной. Это приводит, в частности, к заключению, что на самом деле диаметр эмиттирующей зоны равен примерно  $10^{-6}$ — $10^{-5}$  см, а плотность тока — «все-навсего»  $10^6$  А/см<sup>2</sup>.

★

Итак, взаимодействие плазмы с металлом, находящимся в жидком состоянии, сопровождается целым рядом специфических эффектов: неустойчивостью его поверхности, приводящей к образованию нелинейных капиллярных волн как в сильном электрическом поле, так и при возбуждении ультразвука мощным ионным потоком, модулированным плазменными колебаниями; эффективной дегазацией металла; интенсивным конвективным переносом в его глубину примесных атомов, вводимых за счет бомбардировки ионным пучком, а также лавинной генерацией атомов, вызывающей своеобразный электрический пробой<sup>9</sup>.

Взрывная эмиссия, возникновение и длительное существование катодного пятна электрической дуги, в частности униполярной дуги, жидкометаллические эмиттеры ионов — все это иллюстрирует роль нелинейных капиллярных волн, имеющих вид развитой системы микроострий. Разрабатываемый способ сварки с легированием и ультразвуковой обработкой ионным пучком представляет собой яркий пример практического применения наших знаний о взаимодействии плазмы с жидким металлом.

<sup>8</sup> Габович М. Д. — Усп. физ. наук, 1983, т. 140, вып. 1, с. 137.

<sup>9</sup> Габович М. Д., Порицкий В. Я., Проценко И. М. — Укр. физ. ж., 1981, т. 26, вып. 1, с. 164.

## Поможет ли физика понять, как возникла жизнь?

**Л. Л. Морозов,**  
доктор физико-математических наук

### ОБ АВТОРЕ И ЕГО СТАТЬЕ

Редакция «Природы» попросила меня написать вступление к публикуемой ниже статье безвременно и неожиданно скончавшегося Леонида Леонидовича Морозова. С Л. Л. Морозовым мы много раз обсуждали проблему, над которой он долго и очень плодотворно работал. У нас даже есть совместные публикации на эту тему.

В чем же суть этой проблемы и в чем заключается вклад в нее Л. Л. Морозова? Величайший из «охотников за микробами» Луи Пастер в возрасте 25 лет открыл явление, значимость которого может оказаться выше всех его замечательных работ по микробиологии, — оптическую [зеркальную] изомерию химических соединений.

Молекулы, в которых имеется асимметрический атом углерода, т. е. атом С, связанный своими четырьмя валентностями с четырьмя разными соседями, существуют в двух зеркально антиподных формах: схожих и вместе с тем отличных друг от друга, как левая и правая рука. Это — так называемые левые [L — от лат. *laeva*] и правые [D — от лат. *dextra*] оптически активные зеркальные стереоизомеры, характерным свойством которых является вращение — соответственно влево или вправо — плоскости поляризации падающего на них света. Свойство зеркальной асимметрии, т. е. нетождественность предмета с его зеркальным отображением, получило название киральности (от греч. *χειρ* — рука).



К числу органических веществ, обладающих зеркальной изомерией, принадлежат такие биохимически важные соединения, как аминокислоты и сахара. При их синтезе в лабораторных условиях (без использования сложных методов асимметрического синтеза) возникают так называемые рацемические смеси, рацематы, не обладающие оптической активностью, поскольку они содержат равное количество левых и правых молекул. Процесс рацемизации термодинамически выгоден: хотя L- и D-изомеры энергетически эквивалентны, энтропия рацемической смеси всегда выше, чем у чистых оптических антиподов. Поэтому рацемизация является характерным для мертвой природы самопроизвольным процессом. Но в биоорганическом мире, в живой природе царствует абсолютная киральная чистота: все природные аминокислоты — это левые, а все природные сахара — это правые зеркальные изомеры.

Таким образом, одним из важнейших свойств, отличающих живое от неживого, является его киральная чистота, т. е. в биоорганическом мире полностью нарушена зеркальная симметрия.

Можно сказать, что возникновение жизни неразрывно связано с возникновением киральной чистоты, а воспроизведение и поддержание киральной чистоты — вопреки тенденции к рацемизации — одна из характернейших функций жизнедеятельности, так что обнаружение киральной чистоты природных объектов служит и необходимым и достаточным основанием для утверждения о наличии жизни в таких объектах.

Это означает, что открывается возможность четкого физико-математического анализа условий возникновения жизни как задачи о формировании кирально чистой системы из первоначально зеркально симметричной.

Представим себе, что природа непрерывно тасует гигантскую колоду карт, а возникновение жизни эквивалентно тому, что удалось отделить все красные карты [К] от черных [Ч]. В действие вступают, конечно, законы статистики: несколько карт одного цвета могут чисто случайно сгруппироваться вместе, и тогда образуется кирально чистая группа, например ...ККККК... В задаче о возникновении киральной чистоты роль такого случая играет фактор флуктуаций. Имеется еще одна причина, приводящая к образованию кирально чистых групп: стереоселективность взаимодействия, эквивалентная в избранной нами иллюстрации предположению о том, что одноцветные карты прилипают друг к другу несколько сильнее, чем карты разных цветов. С другой стороны, уже образовавшаяся группа одноцветных карт может прослоиться при дальнейшем тасовании картой другого цвета: вместо ...КК... возникает рацематная пара ...КЧ... К тому же результату в нашем примере приводит (подобно упомянутой выше спонтанной рацемизации) превращение карт одного цвета в другой ( $K \rightleftharpoons C$ ).

Таким образом, в задаче о возникновении киральной чистоты фигурирует и противодействие селективному отбору левых или правых зеркальных изомеров, описываемое фактором рацемизации.

При наличии только названных факторов киральная чистота живой природы не могла бы возникнуть. Наличие селективности — лишь необходимое, однако еще далеко не достаточное для возникновения киральной чистоты условие. И все-таки природа не только растасовала эту гигантскую колоду, но и отобрала для использования карты лишь одного цвета! Каким же образом ей это удалось!

По мнению Л. Пастера, зеркальная асимметрия живого — следствие «дисимметрии Вселенной». Около 30 лет назад существование ничтожно слабого неравноправия левого и правого во Вселенной стало очевидным благодаря открытию несохранения четности в слабых взаимодействиях. В химических реакциях с участием киральных молекул такое неравноправие может проявиться в различии констант скоростей реакций: для одной из антиподных форм эта константа больше [фактор преимущества]. Однако вопрос о проявлении такого неравноправия долгое время оставался довольно запутанным из-за проявления множества противоречащих

друг другу экспериментальных и теоретических работ. Еще в 1961 г. в нашей лаборатории в Институте химической физики АН СССР были поставлены прецизионные опыты, опровергнувшие первые сенсационные сообщения о якобы наблюдаемых существенных различиях в радиационно-химических превращениях левых и правых изомеров. Время от времени подобные мнимые сенсации появлялись и тихо угасали. К настоящему времени можно считать твердо установленным: вклад слабых взаимодействий слишком мал, чтобы постепенное накопление избытка одного из оптически активных изомеров химических соединений над другим могло привести (даже за все время существования Вселенной, т. е. за 20 млрд лет) к киральной чистоте биосферы. Отношение сигнала к шуму [или фактора преимущества к фактору флуктуаций] слишком мало, так что случайное перемешивание разноцветных карт побивает недолговечное преимущественное склеивание карт одного какого-либо цвета, по сравнению со склеиванием карт другого цвета, да и фактор рацемизации тоже работает против фактора преимущества.

В итоге — эволюционный путь возникновения киральной чистоты живой природы не проходит!

Если покончить на этом поиск решения проблемы, то следовало бы просто согласиться с утверждением известного английского астронома — шриланкийца Ч. Викрамасингхе, что «скорее ураган, пронесшийся по кладбищу старых самолетов, соберет новехонький суперлайнер из кусков лома, чем в результате случайных процессов возникнет из своих компонентов жизнь»<sup>1</sup>. Но детальный физико-математический анализ показывает, что в реальных условиях игры и противоборства трех названных выше факторов — флуктуаций, рацемизации и преимущества — существуют такие классы взаимопревращений зеркальных изомеров и оптически неактивного субстрата, которые приводят [при достижении критических условий] к скачкообразному качественному переходу первоначально в целом рацемической системы в состояние с нарушенной [вплоть до киральной чистоты] зеркальной симметрией.

Представим себе, что в колоде, которую тасует природа, кроме красных и черных карт имеются еще бесцветные карты — джокеры [Дж] — эквивалент оптически неактивного субстрата. Они обладают следующими свойствами: во-первых, если джокер оказывается рядом с картой какого-либо цвета, он окрашивается в тот же самый цвет, и, во-вторых, если при тасовании возникает рацематная пара КЧ, то она обесцвечивается, превращаясь в джокеры [КЧ → ДжДж]. Весьма вероятно, что колода, которую пришлось тасовать природе, была «устроена» подобным образом — и в результате остались карты лишь одного цвета. На языке

<sup>1</sup> Викрамасингхе Ч. Размышления астронома о биологии. — Курьер ЮНЕСКО, 1982, № 6, с. 36.

математики и теоретической физики теория подобных процессов, описываемых нелинейными дифференциальными уравнениями, именуется теорией бифуркаций, теорией катастроф. Возникла целая область науки — синергетика, которая изучает сложные взаимосвязи усиливающих друг друга процессов, приводящих к смене эволюционного развития системы скачкообразным изменением ее важнейших свойств и качеств.

Теперь можно считать доказанным, что возникновение киральной чистой биосферы из первоначально рацемической смеси оптических антиподов мира добиологической химии, иными словами — возникновение жизни в безжизненной природе — произошло именно как своеобразный фазовый переход, как бифуркация, катастрофа [благоприятная катастрофа!].

Скачкообразный переход к киральной чистоте означает, что, подобно тому как возникновение Вселенной связывается современной наукой с «Большим взрывом» [Big Bang; обозначим его 2В], так и возникновение жизни во Вселенной можно связать со своеобразным «Биологическим Большим взрывом» [Biological Big Bang; или 3В].

Конечно, масштабы 3В гораздо скромнее, чем 2В: ведь сценой зарождения жизни служит далеко не вся Вселенная, даже не вся Солнечная система. Но зато не исключено, что событие типа 3В не уникально, что подобные события многократно повторяются — в разных областях Вселенной и в разные моменты ее развития. Важно, что сама постановка вопроса о зарождении и распространенности жизни во Вселенной приобретает сейчас совсем иной характер, становится предметом достаточно обоснованного физико-математического анализа.

Более того, поскольку можно сделать вполне определенные предположения о величине факторов флуктуаций, рацемизации и преимуществ а и о типовой схеме химических реакций, ведущих к накоплению оптически активных веществ и их рацемизации, возникает возможность конкретных расчетов времени, необходимого для возникновения жизни в различных физических условиях, сопоставления этого времени с продолжительностью этапов развития Вселенной, прикидок вероятности зарождения жизни в условиях, сходных с нашей планетой, и в холодных облаках межзвездной пыли, оценки ожидания встретить те или иные формы жизни где-либо еще во Вселенной. Первые такие оценки уже сделаны<sup>2</sup>, но главная работа еще впереди.

Открылась чрезвычайно интересная и заманчивая область исследований, имеющая большое научное и мировоззренческое значение, и чувство глубокой горечи вызывает безвременный уход из жизни человека, которого с полным правом можно назвать одним из первооткрывателей этой области, наряду с такими широко известными учеными, как И. Пригожин и Ф. Дайсон. — доктора физико-математических наук Леонида Леонидовича Морозова.

Всю свою короткую жизнь в науке — всего около двенадцати лет — Леонид Леонидович Морозов посвятил проблеме киральности органических соединений, от которой он пришел к фундаментальной проблеме происхождения киральной чистоты биосферы. Он начал свой путь в науке в Институте элементоорганических соединений АН СССР, в лаборатории академика М. И. Кабачника, в группе доктора физико-математических наук Э. И. Федина, и в 1975 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию, посвященную исследованию взаимодействий киральных молекул в жидкой фазе. В июне 1979 г. в МГУ состоялась блестящая защита им докторской диссертации «Химическая физика киральных молекулярных систем. Взаимодействие киральных молекул и организация киральных конденсированных сред». Особенно интенсивно и плодотворно работал над этой проблемой Л. Л. Морозов в последние годы жизни. Всеобщий интерес и внимание привлек его доклад на Международном симпозиуме «Синергетика-83» в июле 1983 г.

Этот замечательный ученый, в котором редкие талант и интуиция счастливо сочетались с широчайшим кругозором и образованностью, с прекрасными человеческими качествами — добротой, скромностью, интеллигентностью, скоростижно окончился 9 июня с. г., за два дня до своего тридцать восьмого года рождения.

Не подлежит сомнению, что тяжесть этой утраты для отечественной и мировой науки с годами будет осознаваться все в большей степени — с расширением и углублением понимания исключительной оригинальности и значимости его свершений и замыслов.

Академик В. И. Гольдманский

<sup>2</sup> Морозов Л. Л. и др. — Доклады АН СССР, 1984, т. 274, № 6, с. 1497; там же, т. 275, № 1, с. 198; Вестник АН СССР, 1984, № 6, с. 54.

## САГИ

«Два года назад мы пришли к выводу, что весь комплекс астрономических данных указывает на присутствие в пространстве огромного количества микроорганизмов — около  $10^{52}$  отдельных клеток в нашей Галактике... В прямом противоречии с теорией Дарвина жизнь произошла от внеземных источников, которые и сейчас являются ее движущей силой», — так писал недавно Ч. Викрамасингхе<sup>1</sup>, автор многочисленных работ (совместно с английским астрофизиком Ф. Хойлом), цель которых — доказать, что земная жизнь своим происхождением обязана космическим газовым и пылевым облакам<sup>2</sup>.

В 1969 г. в Австралии упал метеорит Мерчиссон. Спустя несколько лет был определен состав оптических изомеров аминокислот<sup>3</sup>, присутствие которых часто обнаруживают в метеоритном веществе. Каково же было удивление исследователей, когда выяснилось, что органическое вещество метеорита обладает оптической асимметрией, т. е. содержит избыток левых аминокислот над правыми, а такой избыток еще со времен Л. Пастера считается важнейшим признаком живой материи. И при всем скептицизме и самих авторов, и обсуждавших эту работу ученых пока не удалось придумать, каким образом этот избыток списать на счет ошибки опыта или на влияние земных загрязнений.

«Мне кажется, что происхождение оптической изомерии следует искать скорее в космосе, чем на Земле», — писал в письме автору этих строк известный западногерманский исследователь В. Тиманн, посвятивший много лет решению загадки возникновения оптической активности биомолекул.

Разумеется, все эти предположения и гипотезы нужно проверять и проверять. Но как относиться к этим идеям, если не основываться на чисто эмоциональном, например, желании Ф. Дайсона «построить мост между биологией и космологией» и «депривинциализировать» земную биологию? Можем ли мы считать, что точка зрения, согласно которой жизнь зародилась на Земле, представляется вполне

обоснованной и нет никакой необходимости в дополнительных гипотезах? Или «стандартной модели» этого процесса не существует, и мы, не имея возможности ни подтвердить, ни опровергнуть никакое высказывание, способны лишь коллекционировать различные гипотезы относительно того, как мы возникли, было ли начало эры живой материи и где и когда оно состоялось? И вообще: достаточны ли наши знания об окружающем мире, чтобы понять загадку возникновения жизни, или для этого необходимо привлечь иные гипотезы, выходящие за рамки этих знаний? Что можно сказать сегодня в ответ на эти вековые вопросы? И каким образом здесь может помочь физика в век, когда (в шутку или всерьез) обсуждается вопрос о конце физической теории?<sup>4</sup>

За 30 последних лет космологи, построив «стандартную модель» возникновения Вселенной и научившись выверять весьма тонкие ее детали наблюдениями и экспериментами, преподали нам весьма поучительный урок.

Учитывая опыт космологии, мы полагаем, что программа решения проблемы возникновения жизни очевидна: поскольку и основные свойства сегодняшнего вещества, и даже фундаментальные законы, им управляющие, являются следствием эволюции и несут отпечаток условий на ранних ее этапах, мы должны попробовать, используя уже имеющиеся в нашем распоряжении критерии, проверить различные версии и сценарии ранних процессов, отбросить непригодные, уточнить достоверные, реконструировать шаг за шагом недостающие звенья эволюционной цепи. И, быть может, именно на этом пути есть надежда построить «стандартную модель» перехода материи к живой форме, аналогично «стандартной модели» ранней Вселенной, как это сделала современная космология.

Прошло около 30 лет со дня первого опыта С. Миллера и Дж. Юри, в котором при электрическом искровом разряде в смеси из водорода, метана, аммиака и воды были синтезированы аминокислоты и другие компоненты живой материи. Простота, с которой может возникнуть молекулярная основа жизни, возбудила назатухающий интерес исследователей. На сегодня в abiогенных условиях, гипотетически сходных с теми, которые могли существовать в раннюю эпоху нашей планеты, синтезированы почти все простые

<sup>1</sup> Hoyle F., Wickramasinghe C.— *Astrophys. J.*, 1979, v. 66, p. 77.

<sup>2</sup> Дарвин, конечно, здесь ни при чем, так как его теория имеет отношение к эволюции, но не к возникновению жизни. (Прим. ред.)

<sup>3</sup> Engel M. H., Nag y B.— *Nature*, 1982, v. 296, № 5860, p. 837.

<sup>4</sup> Хокинг С. Виден ли конец теоретической физики? — *Природа*, 1982, № 5, с. 48.

молекулы, необходимые живой клетке. Нет недостатка в агентах, которые могли бы помочь провести такие реакции (грозы, естественная радиоактивность и ультрафиолетовое излучение, извержения вулканов, минеральные катализаторы, ударные волны и многое другое). Нет недостатка и в гипотезах о возможных путях объединения этих молекул в полимеры, характерные для современных организмов, хотя доказать правильность этих гипотез экспериментально очень трудно. Даже химики-синтики, вооруженные самой современной техникой, могут создать соединения, лишь весьма приблизительно напоминающие ключевые структуры наиболее примитивных живых существ. Однако почти все исследователи согласны с тем, что сегодня не существует больших проблем с ответом на вопрос о возникновении первичных строительных кирпичиков жизни.

По общему мнению, следующий шаг эволюции — возникновение первых объектов, положивших начало биологической эпохе в истории Земли. Какой это шаг — маленький или большой? «Лабораторные опыты показывают, что при облучении такие молекулы (речь идет о простейшей органике, обычно обнаруживаемой в космической химии. — Л. М.) способны к самоорганизации, к образованию аминокислот и оснований нуклеиновых кислот, а отсюда совсем недалеко (!) до возникновения жизни», — пишут физики<sup>5</sup>. Действительно, что может быть проще: «Возьмите немного грязи, немного египетского Солнца — и вы получите крокодила», — так примерно говорил шекспировский Лепид Марку Антонию. Но биология сейчас не та, что во времена Шекспира. Современная биология сделала революционные открытия в понимании материальной основы жизни. Но хотя все сроки решения загадки жизни, установленные прогнозами, прошли, пожалуй единственное, что могут сказать биохимики о возникновении жизни, это то, что «гигантский шаг отделяет образовавшиеся абиогенным путем альдегиды и аминокислоты от живой клетки», поскольку «самое лучшее, что можно получить (и даже придумать, как получить) в абиогенных синтезах, — это вещество, сходное с протухшими мясными помоями»<sup>6</sup>. Более того,

наше воображение настолько подавлено той изысканной архитектурой, которую мы с каждым новым исследованием обнаруживаем в живой клетке, что в качестве начала жизни мы просто не в состоянии придумать какую-нибудь более простую и вообще хоть сколько-нибудь отличающуюся от белков и нуклеиновых кислот нуклеопротеидного комплекса систему. И хотя время от времени и раздаются осторожные голоса скептиков: «считать, будто жизнь началась с нуклеопротеидного комплекса, — все равно, что считать, будто город Чикаго пошел со строительства телефонной и электрической сети (хотя и то, и другое — основа современной организации)», все же общее настроение умов в биохимии: искать в качестве начала жизни своеобразного «молекулярного Адама», т. е. какой-то упрощенный аналог современного аппарата хранения и передачи генетического кода.

Такая точка зрения, однако, очень быстро приводит нас к выбору одной из двух возможностей. Либо мы сразу попадаем в область весьма подозрительных исчислений астрономически малых вероятностей самопроизвольного возникновения такого «производителя» (порядка  $10^{-40000}$ ) и рассуждений о вероятностях уникальных событий, либо, как это сделал Ф. Крик, выдвинув нечто вроде идеи «направленной панспермии», мы снимаем с себя ответственность за какое бы то ни было понимание первичного возникновения живой материи.

Да и вообще, если задуматься о дальнейшей судьбе «первого производителя» в безжизненной пустыне первобытной Земли, то, по-видимому, стоит прислушаться к давней мысли Дж. Бернала, писавшего, что одинокая молекула ДНК, породившая некогда на берегу первобытного океана всю остальную жизнь, выглядит, пожалуй, еще менее правдоподобно, чем Адам и Ева в райском саду. Что же делать? Какого рода научные данные нам необходимы, чтобы понять добиологическую историю земной жизни, первый миллиард страниц-лет в книге которой отсутствует? Где их искать? В морских отложениях? В пепле вулканов? Или где-нибудь еще на Земле? А может быть, лучше поискать материальные свидетельства всемирного потопов? Но многим исследователям даже бескрайние земные просторы кажутся тесными для такого события, как первые шаги жизни. Возникают гипотезы космического происхождения жизни, и мы с удивлением обнаруживаем, что, хотя они и непривычны, характер аргументов, стоя-

<sup>5</sup> Марочник Л. С., Скуридин Г. А. На встречу с кометой Галлея. — Природа, 1982, № 8, с. 2.

<sup>6</sup> К сожалению, в архиве автора не удалось найти источники некоторых цитат, которые здесь и в ряде других мест даются без сносок. (Прим. ред.)

щих за этими гипотезами, ничем не отличается от аргументов сторонников земных версий.

Так может, все силы бросить на строительство большого космического корабля «для встречи с братьями по разуму и со своими далекими предшественниками в космосе?» По мнению Ф. Мориссона, возглавлявшего вместе с К. Саганом американскую программу «СЕТИ» (поиск внеземных цивилизаций), такое направление имеет хорошие шансы на успех. Однако известный американский биолог Л. Орнштейн считает, что шансы космических поисков жизни не больше, чем «шансы выиграть на скачках, поставив на дохлую лошадь».

Одна из саг «Старшей Эдды» так описывает интересующие нас события:

... И трое пришло из этого рода  
асов благих и могучих к морю,  
бессильных увидели на берегу  
Аска и Эмблу, судьбы не имевших.  
Они не дышали, в них не было духа,  
румянца на лицах, тепла и голоса;  
дал Один — дыхание, а Хенир — дух,  
а Лодур — тепло и лицам румянец<sup>7</sup>.

Чем не версия происхождения жизни?

Впрочем, довольно провоцировать читателя. Сказанного выше достаточно, чтобы показать, насколько необходимы научные критерии, с помощью которых можно было бы указать место различных гипотез и фактов в общей картине возникновения жизни, сплести разрозненные нити в гобелен «стандартной модели» этого процесса.

Лет 30 назад такая попытка показала бы заранее обреченной на провал: ведь возникновение земной жизни — уникальное единичное событие, с которыми не любит иметь дело классическая наука. Одно дело — сочинять сценарии этого события, — рассуждая о том, как это могло случиться, и совсем другое — доказать, что нарисованная картина правдоподобна. И чем дальше мы продвигаемся назад во времени, тем больше запутывается нить возможных решений, тем больше простора для гипотез, которые нельзя ни доказать, ни опровергнуть.

Но попробуем перейти от остроумных разговоров к суровому делу. Остановимся на двух свойствах живого, которые мы в состоянии наблюдать. Первое — уди-

вительная способность биоорганического мира однозначно воспроизводить информацию, записанную на молекулярном уровне в его структурах. Вспомним определение жизни, данное еще в 1916 г. одним из ранних генетиков Г. Мёллером: «Система может быть названа живой, если она обладает специфичностью и может передавать эту специфичность потомству и если, кроме того, специфичность может претерпевать изменения с тем, чтобы измененная специфичность также передавалась потомству». Способность живых организмов однозначно воспроизводить уникальную упорядоченность своих молекул, не имеющая аналогий в неживой природе, — загадка как самой сущности жизни, так и ее возникновения.

Второе свойство — это чистота зеркальной изомерии биоорганического мира (наличие только L-аминокислот и только D-сахаров), которую еще Л. Пастер, а затем В. И. Вернадский считали важнейшим признаком жизни. Все в неживой природе препятствует этому. И все же биосфера представляет собой воспроизводящее себя состояние огромного количества молекул, почти абсолютно чистое по составу молекул зеркальных антиподов — кирально чистое состояние.

Мы не можем себе представить ни существования жизни без этого признака, ни существования кирально чистого состояния в большом масштабе в отсутствие биологических объектов.

Задача физического исследования — указать тот путь эволюции физического мира, который привел к возникновению этого свойства и, следовательно, к возникновению жизни.

Разумеется, мы не ставим своей целью в этой статье указать время, место и способ возникновения жизни. Цель более скромная: мы хотим понять, какой класс физических событий способен обеспечить возникновение этих свойств.

### САМОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ В МИРЕ МОЛЕКУЛ — «СВЕРХПРОВОДИ- МОСТЬ» В КАНАЛЕ ИНФОРМАЦИИ

Как это, право, странно  
Среди прочих перемен —  
Все, что ни съест малютка Н,  
Становится малюткой Н.  
Веселенькая крошка,  
В ней нету перемен,  
И что ни съест малютка Н,  
Становится малюткой Н.

Эти стихи, принадлежащие У. де Ла-Мару, как нельзя лучше отражают уди-

<sup>7</sup> Бюовульф. Старшая Эдда. Песня о Нибелунгах. М., 1975, с. 185.

вительное обстоятельство, с которым мы сталкиваемся в живой природе: способность живых организмов воспроизводить себя в ходе обмена веществ в течение жизни и при передаче информации при смене поколений.

Это означает, что биохимические системы могут точно отбирать из окружающей среды, производить из подходящего сырья и встраивать в конструкцию (или убирать из нее) именно те «молекулярные кирпичики», информация о которых записана в их структуре. Например, тРНК почти всегда связывается с необходимой аминокислотой, а не с ее аналогами, имеющимися в среде, фермент оксидаза D-аминокислот расщепляет только «неприродные» D-изомеры, оставляя нетронутыми их природные зеркальные аналоги. В противном случае специфичность деградирует во времени очень быстро, и вместо организации мы получим хаос — утерю всех биологических свойств. Какие же факторы лежат в основе этой избирательности, способности четко управлять превращением отдельных молекул? Если спросить об этом биохимика, ответ будет однозначным: все дело в комплементарности взаимодействующих частиц. Молекулы, с которыми работают ферменты, и взаимодействующие с ними группы — активные центры подогнаны друг к другу, как ключ к замку. Эта аналогия достаточно точна, но с двумя существенными оговорками. Во-первых, и ключ, и замок должны иметь молекулярные размеры и соответствовать друг другу с точностью до 1 Å. Во-вторых, если говорить о первичных родоначальниках жизни, то этот процесс должен осуществляться без внешнего вмешательства.

Рассмотрим физические проблемы, которые стоят за этими оговорками. Допустим, имеется некоторое сортировочное устройство, отбирающее молекулы, информация о которых записана в нем. Устройство должно содержать банк информации, измерительный узел, способный различить ту или иную форму молекул, и рабочий орган, совершающий требуемое действие. Физические и химические явления указывают на большое разнообразие таких сортировочных устройств. Циркулярно-поляризованный фотон способен различным образом взаимодействовать с молекулами оптических изомеров аминокислот и в большей степени разрушать один из них, хотя все различие их структуры сводится к тому, справа ли (примерно на 1 Å) или слева (тоже на 1 Å) расположен водород по отношению к плоскости, в которой находятся

три других различных заместителя у центрального атома углерода. В достаточно простых биомолекулярных реакциях в структуре одного из реагентов может быть «закодирована» информация о структуре второго, благодаря которой взаимодействие их в химической реакции способно отобрать подходящего партнера из определенного их разнообразия. Избирательность, таким образом, не является исключительным свойством именно биологических сортировочных устройств. Однако, перебирая различные процессы, мы убеждаемся в том, насколько исключительна степень, количественная мера этой избирательности, присущая молекулярным сортировочным устройствам живых организмов, практически не имеющая аналогов в процессах, идущих в «обычных» состояниях неживой природы.

Если разрушать L- и D-изомеры циркулярно-поляризованными фотонами определенной поляризации, то на  $10^4$ — $10^6$  разрушенных молекул можно получить избыток в одно «правильное» (для данной поляризации) разрушение. Достоверность распознавания и сортировки изомерных форм (в индивидуальном событии) равна  $10^4$ — $10^6$ . Более избирательны межмолекулярные взаимодействия и химические реакции: в них избыток правильных событий над неправильными может достигать нескольких, а иногда и десятков процентов; но достоверность, равная единице, не достигается никогда.

Почему даже в таком весьма селективном процессе, как химическая реакция, не достигается 100-процентное распознавание одной молекулой другой молекулы? Физическая причина — шумы в измерительном устройстве, сопровождающие процесс измерения. Первый источник шумов — тепловые движения. Колеблются центры масс измеряемого объекта (молекулы) и измерителя (другой молекулы), движутся заместители относительно асимметричного центра; в результате тепловой шум в измерительном устройстве лишает измерение достоверности. Но даже если бы мы были в состоянии обеспечить подавление тепловых шумов, у нас остаются шумы, имеющие квантовую природу. Дело в том, что мы не можем в процессе распознавания молекулярной формы ограничиваться явлениями классического характера. Действительно, будут ли в некоторой системе (в данном случае при определении пространственной формы в ходе межмолекулярных взаимодействий) диктовать законы квантовая или классическая физика, зависит

от соотношения характерного размера элементов системы и длины де-бройлевской волны частиц, осуществляющих взаимодействие между этими элементами. Характерный размер элемента порядка 1 А. Межмолекулярные взаимодействия имеют электромагнитную природу, и характерная длина волны возмущений определяется следующим соотношением:

$$\frac{hc}{\lambda} \sim E_n, \text{ т. е. } \lambda \sim \frac{hc}{E_n},$$

где  $E_n$  — порог энергии возмущений, несовместимых с целостностью распознаваемой молекулы или измерительного (молекулярного) устройства. Поскольку  $E_n \sim 10^{-11}—10^{-13}$  эрг, то  $\lambda \sim 10^{-6}—10^{-4}$  см, так что процесс распознавания формы с точностью  $10^{-8}$  см при энергиях возмущений, допустимых в физических и химических превращениях, носит принципиально квантовый характер. Таким образом, тепловые и квантовые шумы, влияющие которых исчезающе мало при открывании замка ключом, становятся решающим обстоятельством, вносящим элемент случайности (как об этом думали еще Н. Бор, П. Иордан и А. Эльзассер) в сортировку молекул сортировочными устройствами (молекулярными!), основанными на простых физических и химических взаимодействиях. Сигнал, передающийся простыми физическими взаимодействиями или простыми химическими реакциями, слаб на фоне шума в информационном канале, сортировка принципиально недостоверна, а экспериментально известный диапазон ошибок (от миллиона до всего десятка ошибок на 1 правильный акт) не позволяет построить на этой основе организации, способной поддерживать и передавать собственную специфичность.

Возвращаясь к биохимическим процессам, мы обнаруживаем в них совсем иную степень избирательности: из эксперимента известно, что вероятность ошибиться при связывании тРНК с требуемой аминокислотой заключена в диапазоне от  $10^{-4}$  до  $10^{-8}$ , т. е. от одной ошибки на десятки тысяч актов до одной — на сотни миллионов; таким образом, достоверность передачи информации очень велика. Похоже, что биохимическая «малютка Н» обладает свойствами сверхпроводника, только в ином, информационном смысле, а большие биологические молекулы-ферменты участвуют в молекулярных превращениях в живом организме для того, чтобы обеспечить эту «сверхпроводимость»

в каждом акте передачи молекулярной информации.

Какие же физические свойства сортировочных устройств ответственны за эту «сверхпроводимость»? Путь для поисков ответа на этот вопрос указывает опыт физического эксперимента: давным-давно физики научились регистрировать «недостоверные», квантовые, события, превращая их в макроскопические, достоверные. Для этого необходима ловушка (пузырьковая камера, эмульсия), исходное состояние которой неустойчиво (или метастабильно) и в которой микроскопическое явление служит пусковым механизмом для макроскопического события: конденсации, фазового перехода, приводящего к образованию нового макроскопического состояния. Сегодня известны самые разнообразные физические переходы, приводящие к образованию подобных конденсатов. У химиков имеются аналоги пузырьковой камеры: микроскопическая затравка одного из веществ приводит к выделению его кристаллов из пересыщенного раствора смеси — фазовый переход детектирует сорт молекул, подавляя шумы передачи информации. Но безотносительно к физическому типу того или иного перехода, все они как класс физических явлений, по крайней мере принципиально, способны селективно сигнализировать на фоне шумов, что недостижимо в обычных устойчивых системах.

Недавно Н. Николис и И. Пригожин рассмотрели, как может происходить своеобразный захват, запоминание внешних слабых полей при формировании диссипативных структур, т. е. в процессах, нарушающих симметрию в далеких от равновесия кооперативных системах<sup>8</sup>. Такие системы способны (при достижении некоторого критического значения параметров) к спонтанному нарушению симметрии, формированию некоторой упорядоченной структуры.

Диссипативная структура или вообще некоторая коллективная мода может представлять, таким образом, ловушку, детектор внешнего слабого возмущения. Речь идет о новом типе селекции при сортировке молекул. Одно дело, когда внешнее возмущение взаимодействует непосредственно с молекулярными степенями свободы, создавая определенную асимметрию, предпочтительность в протекании того или иного

<sup>8</sup> Nicolis N., Prigogine I. R.— Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 1981, v. 78, № 2, p. 655; Morozov L. L., Kuzmin V. V., Goldanskii V. I.— Origins of Life, 1983, № 13, p. 119.

превращения. И совсем иное, когда внешнее возмущение передается макроскопическим степеням свободы: даже слабое возмущение способно отобрать соответствующую ему макроскопическую моду, т. е. способ, тип согласованного движения частиц. Эта мода, в свою очередь, может служить динамической матрицей, диктуя протекание того или иного превращения. Если теперь под внешним возмущением понимать, например, возбуждение при взаимодействии той или иной аминокислоты с активным центром фермента, под ловушкой для этой асимметрии — динамику фермент-субстратного комплекса, а под конечным превращением — превращение требуемой формы, то природа избирательности биомолекулярных превращений обретет свое (по крайней мере феноменологическое) описание.

Но как быть с подобным механизмом в условиях появления жизни, когда ни о каких подобных конструкциях не могло быть и речи? Каким процессам можно приписать функции однозначной передачи молекулярной информации (без чего невозможно представить себе ни существования, ни воспроизведения живой среды, ни ее эволюции)? Можно ли возложить эти обязанности при взаимодействии молекул — носителей информации — на пусть весьма необычное, но простое состояние (разумеется, по биологической шкале) какой-либо конденсированной среды? Нельзя ли возникновение «сверхпроводимости» молекулярных взаимодействий на каком-то этапе эволюции считать следствием фазового перехода, аналогичного тем, которые, как сейчас становится все более понятным, обеспечили возникновение разнообразия природы, законов в ходе эволюции Вселенной?

Разумеется, все, что здесь говорилось о сверхпроводимости, не следует понимать буквально — это явление понадобилось нам для иллюстрации, как пример гораздо более широкого класса физических явлений, существующих на самых разных уровнях иерархии материи. Нам хотелось убедить читателя в том, что возникновение важнейшего свойства живого должно было возникнуть в событии, принадлежащем именно к этому классу. Каким образом это событие реализовалось, какие условия для этого способны представить те или иные объекты Вселенной или те или иные периоды ее эволюции — вопросы к будущей «стандартной модели». По крайней мере, имеются веские основания считать, что вопрос возникновения самовоспроизведения на моле-

кулярном уровне — вопрос прежде всего о физическом механизме своеобразного, особого фазового перехода. Проблема возникновения этой способности может быть аналогична проблемам спонтанного нарушения различных симметрий, рассматриваемым сегодняшней физикой.

### СВЯЗАН ЛИ ЛЕВЫЙ МАРШ ЖИЗНИ С НЕСОХРАНИЕМ ЧЕТНОСТИ?

«Результаты экспериментов, таким образом, показывают, что поляризованное  $\beta$ -излучение взаимодействует различным образом с L- и D-изомерами. Во взаимодействии «левополяризованных» (естественных) электронов с аминокислотами приводит к преобладанию природных L-изомеров. Это показывает, что выбор L-аминокислот в ходе возникновения жизни мог быть не случайным, но определялся естественной радиоактивностью окружающей среды, которая сама по себе является отражением того факта, что наша часть Вселенной построена из материи. В антимире была бы обнаружена жизнь, основой которой служат D-изомеры»<sup>9</sup>. Эти слова Т. Ульбрихта — яркий пример современной научной саги о том, что нарушение зеркальной симметрии биосферы обусловлено несохранением четности в слабых взаимодействиях; за ней стоит множество безуспешных попыток подтвердить ее. Накопилась целая коллекция кандидатов более мелкого масштаба на роль первопричины асимметрии биосферы; среди них мы находим и поляризацию солнечного и лунного света, и асимметрию геофизических и геокосмических факторов, и случайные флуктуации в органической среде<sup>10</sup>. И хотя за каждым из этих кандидатов стоят эксперименты и модели достаточно высокого уровня, сегодня отдать предпочтение какому-либо из них — по существу, дело вкуса. Что действительно необходимо для перехода от этой коллекции версий, сценариев и гипотез к научной картине — так это понимание того, каким общим требованиям должны удовлетворять условия возникновения жизни, чтобы разрушить зеркальную симметрию вещества, создав в ходе возникновения ранней биосферы органический мир с высокой степенью киральной чистоты. Это первый воп-

<sup>9</sup> Ulbricht T. L. V.— New Scientist, 1975, № 8, p. 479.

<sup>10</sup> Более подробно об этом см.: Морозов Л. Л. Несохранившаяся четность в молекулярном мире организмов.— Природа, 1977, № 1, с. 32.

рос к «стандартной модели»; для ответа на него, необходимо понять, какие условия способен предствить физический мир для появления жизни. Это вопросы физического плана, первоочередные среди них: был ли мир, в котором возникла биологическая среда, зеркально-симметричным и что препятствует нарушению зеркальной симметрии молекулярного строения вещества в реальных физических условиях? Остановимся на этих вопросах.

Если спросить об этом физика, то он скорее всего ответит на первый вопрос отрицательно: после обнаружения несохранения четности мы знаем, что фундаментальные взаимодействия элементарных частиц нарушают зеркальную симметрию мира — зеркало физиков оказывается разбитым. А как обстоят дела с зеркалом химиков и биологов? С ним гораздо сложнее. Насколько оно искривлено — это вопрос количественной меры того влияния, которое может оказывать нарушение симметрии в слабых взаимодействиях на молекулярные события. Существуют два механизма, благодаря которым это нарушение могло бы проявиться в молекулярных превращениях. Первый из них связан с нейтральными токами: взаимодействие атомных электронов с ядром может осуществляться не только за счет электромагнитных, но и за счет слабых сил. Так как слабые силы нарушают зеркальную симметрию, физические свойства молекул — оптических изомеров (энергии основных и возбужденных состояний, вероятности протекания химических реакций и т. д.) могут отличаться. (Мерой этих отличий могут служить вели-

$$\frac{E_L - E_D}{E_L + E_D} \sim \frac{K_L - K_D}{K_L + K_D}$$

где  $E_{L,D}$  и  $K_{L,D}$  — энергии и константы скорости реакции молекул — зеркальных изомеров.) Вначале казалось<sup>11</sup>, что эти величины не превышают  $\sim 10^{-13}$ . Однако по мере уточнения теории эта граница все более отодвигается. В одной из последних работ<sup>12</sup> для типичных органических молекул получена величина  $E < 10^{-17}$ . И хотя можно ожидать и несколько больших эффектов (например, в молекулах, содержащих тяжелые ядра), до сих пор ни о каком экспе-

риментальном обнаружении говорить не приходится.

Второй механизм основан на киральности (продольной поляризации) частиц, образующихся при  $\beta$ -распаде. Продольно поляризованные электроны при взаимодействии с зеркально-изомерными молекулами могут избирательно разрушать одну из них. Именно это явление (его можно назвать радиационно-стереохимическим эффектом) и является объектом самого пристального внимания теоретиков и экспериментаторов. Сенсационные сообщения об обнаружении заметных различий при превращениях молекул — зеркальных изомеров под влиянием поляризованных электронов были раз за разом опровергнуты. (Так, в частности, случилось и с экспериментами группы В. Боннера, которые проводились на ускорителе SLAK в Калифорнии и затем послужили основанием для цитировавшегося выше высказывания Т. Ульбрихта.) Положительных, не опровергнутых результатов не было. Чтобы понять, почему столь очевидный механизм не работает и что вообще можно сказать о физической границе возможных эффектов, необходим анализ процессов, ответственных за трансляцию асимметрии с ядерного на молекулярный уровень. Попробуем провести такой анализ, исходя из простых и ясных физических соображений.

Киральность может транслироваться с ядерного на молекулярный уровень по трем каналам. Прямой канал — асимметричное разбивание молекул — зеркальных изомеров первичными продольно-поляризованными электронами от  $\beta$ -распада. Два других канала — «ретрансляция» через вторичные частицы, возникающие от взаимодействия первичных частиц со средой (циркулярно-поляризованные фотоны тормозного излучения и вторичные электроны ионизации). Общий эффект асимметрии зависит от того, как в нем участвуют эффекты от разных каналов и каков коэффициент трансляции в каждом канале. Поляризация исходного излучения (соотношение «лево»- и «правополяризованных» электронов)

$$p = \frac{\beta_L - \beta_D}{\beta_L + \beta_D}$$

при  $\beta$ -распаде зависит от спектра излучения; она примерно равна единице (пучок содержит только «левые» спины) при энергии около 100 кэВ и резко падает с уменьшением этой энергии.

**Прямой канал.** Теоретические оценки предсказывают максимально возможные эффекты:  $E \sim 10^{-10} - 10^{-11}$  при полностью

<sup>11</sup> Rein D.—J. Mol. Evol. 1974, № 4, p. 15.

<sup>12</sup> Rein D.—In: Origins of a optical activity in Nature. Amst.—Oxf.—N. J., 1979, p. 21.

поляризованном пучке электронов с энергией 100 кэВ<sup>13</sup>.

В 1982 г. в Университете штата Мичиган были выполнены первые эксперименты, границы точности которых близки к полученной оценке<sup>14</sup>. (Для этого, правда, пришлось отказаться от поиска асимметрии в следах разрушений органического вещества. Изучали асимметрию образования позитрония в L- и D-молекулах, косвенно связанную с возможной асимметрией радиолиза).

В прямой радиационно-химической реакции мы можем получить, таким образом, в грубом приближении и абсолютно идеальных условиях, избыток максимум в одну молекулу L- или D-аминокислоты на 10—100 млрд. Поскольку радиационно-химическая активность присуща в большей мере не первичным частицам, а множеству вторичных частиц с энергиями порядка 1 кэВ, близкими к энергии связи в молекулах, рассмотрим каналы трансляции, связанные с «разменом» энергии первичного пучка.

**Канал тормозного излучения.** В нем происходит ослабление исходной асимметрии первичного пучка при тормозном излучении ( $\sigma_{\beta-\gamma} < 1$ ) и ослабление при передаче асимметрии от циркулярно-поляризованных фотонов к молекулам ( $\sigma_{\beta-m} < 1$ ). Первый фактор для фотохимически-активных фотонов даже при полностью поляризованном исходном излучении, по самым оптимистическим оценкам<sup>15</sup>, не выше  $10^{-3}$ — $10^{-4}$ . Верхняя граница второго фактора нам известна экспериментально<sup>16</sup>:  $\sigma_{\beta-m} \sim 10^{-4}$ — $10^{-6}$ . Таким образом, при самых лучших условиях асимметрия продуктов в этом канале не может превышать величины  $\eta = \frac{L-D}{L+D} \approx 10^{-7}$  —  $10^{-10}$  (речь, разумеется, идет об очень грубой оценке сверху).

**Канал ионизации.** В этом канале асимметрия также ослабляется: во-первых, при передаче энергии вторичным электронам ( $\sigma_{\beta-\beta} < 1$ ), а затем еще и при образовании оптических изомеров электронами

( $\sigma_{\beta-m} < 1$ ). Для электронов с энергиями, близкими к энергии ионизации,  $\sigma_{\beta-m} \sim 10^{-6}$ — $10^{-7}$ . Величина  $\sigma_{\beta-\beta}$  нам неизвестна, нужны эксперименты и теория. Но если принять значение, аналогичное  $\sigma_{\beta-\gamma} \sim 10^{-3}$ — $10^{-4}$ , получим суммарную асимметрию в канале ионизации  $E \sim 10^{-9}$ — $10^{-11}$ .

Время, которое этот анализ отнял у читателя, оправдано тем, что из него следует два очень важных вывода. Во-первых, и первичное и вторичное излучения содержат частицы не монохроматические, а распределенные по энергии и поляризации. И суммарный эффект (интеграл по этим распределениям) будет существенно зависеть от того, каков спектр исходного излучения, как и в каких условиях взаимодействует оно со средой. Очевидно, что те «нормальные» условия, которые создаются в экспериментах,— далеко не лучшие для выявления a priori слабой асимметрии и вместо прямого экспериментирования необходимо тщательный анализ объектов, способных к максимальному ее проявлению. (Возможно, для этого нужно использовать только жесткую высокополяризованную, но малоизбирательную по отношению к оптическим изомерам компоненту первичного пучка или, наоборот, более избирательную, но малополяризованную мягкую компоненту при «включенных» или «выключенных» каналах трансляции.)

Что бы ни дали здесь теория и эксперимент, это будет очень важным для физики происхождения жизни: возможно (хотя это только фантазия), мы обнаружим такие объекты и процессы (кто знает, обычные ли для сегодняшней земной физики?), которые способны, оттолкнувшись от слабой асимметрии ядерного уровня, создать эволюционное преимущество для развития одной из зеркально-изомерных форм органической материи. Это укажет направление их поиска в истории ранней Земли, а может быть, и в космосе.

И, наконец,— главный вопрос. Зеркало химиков оказалось лишь очень слабо искривленным. Возможное влияние «асимметрии Вселенной» на эволюцию молекулярного мира исчезающе мало ( $10^{-17}$  для нейтральных токов и  $10^{-10}$  — для радиации). Мы уже никогда не сможем утверждать, что асимметрия биосферы — простое следствие асимметрии Вселенной. Лучшее, что мы можем ожидать от будущих экспериментов,— это то, что мы когда-нибудь поймем те условия, в которых из-за этой асимметрии в химическом процессе возникает избыток в одну левую молекулу на 100 млрд левых и правых. (Недалеки

<sup>13</sup> Hagstrom R. A.— Nature, 1982, v. 297, p. 643.

<sup>14</sup> Gidley D. et al.— Nature, 1982, v. 297, p. 639.

<sup>15</sup> McVoy K. V.— Phys. Rev., 1957, v. 106, p. 828.

<sup>16</sup> Kuhn W., Knopf E.— Naturwiss., 1930, v. 18. S. 183.

от этого и оценки других, более локальных факторов асимметрии геофизической и геокосмической природы. Но с ними — еще хуже. Прежде чем принимать во внимание подобные локальные нарушения, предстоит понять и доказать, почему именно то или иное «необязательное» явление должно было сыграть решающую роль в возникновении жизни.) Так, может быть, вообще исключить возможную асимметрию мира из эволюции биосферы? Или в предбиологической химии можно найти какие-либо процессы, способные усилить столь слабое преимущество одной из энантиомерных форм вещества (L или D) в эволюции, превратив его в абсолютную киральную чистоту конечного состояния биоорганического мира? Но это уже — вопрос о том, какая физика стоит за таким событием, как возникновение жизни.

### ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЖИЗНИ: ЭВОЛЮЦИЯ ИЛИ КАТАСТРОФА?

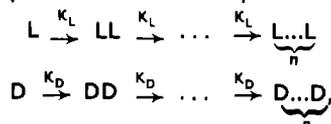
Прежде чем что-либо говорить об этом, посмотрим, какие условия могли создать для такого события реальные физические системы. Начнем с того, что реальные физические системы «шумят» — и это, пожалуй, главное, что надо учитывать при построении «стандартной модели» нарушения зеркальной симметрии. Применительно к нарушению зеркальной симметрии в молекулярном мире мы можем указать, как минимум, три источника подобных шумов. Первый связан с тем, что, в соответствии с законами квантовой механики, изолированные зеркальные формы молекул с большей или меньшей скоростью должны переходить друг в друга — рацемизоваться. Термодинамически равновесным состоянием их идеального раствора является состояние рацемическое, в котором хаотически перемешаны равные количества левых и правых частиц. В неживой конденсированной среде рацемизация вызывает исчезновение макроскопической асимметрии во времени. Как установлено в последние годы<sup>17</sup>, в земных условиях характерное время рацемизации аминокислот составляет  $10^5$ — $10^6$  лет. При взаимодействии различных излучений интенсивность рацемизации повышается.

Второй источник шумов связан с тем, что флуктуируют скорости реакций, гидродинамические и тепловые потоки и т. д. Как можно показать достаточно строго, это

создает в любых процессах, осуществляющих воспроизводство или разнообразные превращения органического вещества, эквивалент рацемизации — более или менее быструю релаксацию любого асимметричного состояния к рацемическому. (Способность противостоять этому мы видим у современных организмов, где действуют уникальные биохимические системы, несущие на себе опыт экспериментирования их предков на протяжении миллиардов лет.)

Этот беглый очерк дает нам возможность сформулировать главный вопрос к «стандартной модели» в более конкретной форме: каким физическим событием должно было быть возникновение ранней биосферы с нарушенной зеркальной симметрией в условиях, когда факторы, способствующие возникновению асимметрии, исчезающе малы, а факторы, способствующие ее исчезновению, мощны и разнообразны. Чтобы подчеркнуть, что ответ на этот вопрос неочевиден, вспомним два примера из истории идей об усилении слабой асимметрии в ходе предбиологической эволюции.

Вначале казалось, что все крайне просто. Японский теоретик Я. Ямагата предложил простой, но эффективный механизм такого усиления, который до сих пор будоражит фантазию исследователей. Пусть, считал Ямагата, происходит рост полимеров из левых и правых молекул:



где  $K_L$ ,  $K_D$  — вероятности присоединения мономеров к растущей цепи;  $K_L \neq K_D$ . Для простоты предполагалось, что вероятность присоединения L-мономера к L-цепи чуть больше вероятности присоединения D-мономера к D-цепи; L-мономер не взаимодействует с D-цепью, а D-мономер — с L-цепью. Поскольку вероятность образования полимера в такой схеме пропорциональна  $K^n$ , при достаточной длине цепи  $n$  мы обнаруживаем либо L-, либо D-полимеры — столь огромной окажется разность скоростей образования длинных цепей.

Эта схема очень многим показалась соломинкой для утопающей гипотезы «космической асимметрии». И лишь недавно было столь же просто показано, что этот результат — не более чем математический артефакт: скорость присоединения зависит не только от вероятности,

<sup>17</sup> Bada J. L. et al.— Nature, 1973, v. 245, p. 308.

но и от концентрации мономера, а также от длины растущего полимера. При небесконечных в каждый момент времени количествах того или другого, суммарная разница скоростей образования  $n$ -звенных цепей-антиподов недалеко от асимметрии элементарного акта (E).

Второй пример связан с идеей развития самовоспроизводящихся объектов. Литература по происхождению жизни населена самыми разными конструкциями такого рода: здесь и самовоспроизводящиеся автоматы Дж. фон Неймана, способные собирать собственные копии, как только среда предоставит в их распоряжение строительные детали; и гиперциклы М. Эйгена — гипотетические нуклеопротеидные комплексы; и вообще субстанции, способные катализировать образование подобных себе веществ. Трудности, которые возникают на этом пути, мы уже рассмотрели ранее. Но, оказывается, даже наличие самовоспроизводящихся индивидуальных объектов не решает проблемы нарушения киральной симметрии. Так, П. Иордан предположил, что системы, катализирующие воспроизводство своей собственной киральности ( $S+L \rightarrow L+L$ ,  $S+D \rightarrow D+D$ , где  $S$  — симметрический субстрат,  $L$  и  $D$  — зеркальные изомеры), способны к нарушению зеркальной симметрии: любая малая симметрия (либо асимметрия Вселенной, либо ничтожное различие исходных количеств антиподов) вырастет до сколь угодно большой величины.

Но мы не зря потратили время на выяснение физических границ факторов pro и contra возникновения асимметрии: оказывается, в любой достаточно реальной физической обстановке асимметрии органической среды не поднимается над уровнем шума (рацемизации, флуктуаций, ошибок воспроизведения). Более того, этим негативным свойством обладает не только данная схема воспроизведения, но и любые версии возникновения жизни, в которых осуществляется последовательная устойчивая эволюция органической материи. Речь идет о весьма серьезном ограничении, вычеркивающем огромный класс физических явлений из числа кандидатов на «стандартную модель». Этот класс — по существу, все те процессы, которые являлись со времен И. Ньютона объектом классической науки. Речь идет о процессах, при которых эволюция состояния системы в ходе превращений имеет устойчивую динамическую траекторию, гладко зависящую от параметров системы. Это эволю-

ция без особенностей, непрерывная цепь последовательных событий. Альтернатива такой эволюции — катастрофа, бифуркация, когда траектория системы уже не обладает указанным свойством и за точкой бифуркации система переходит в принципиально иное состояние.

Итак, анализ условий, которые физический мир мог обеспечить для нарушения зеркальной симметрии, привел нас к достаточно сильному утверждению: эволюционные процессы (относящиеся к первому классу) не способны обеспечить возникновение наблюдаемого кирально-чистого состояния биосферы. Генезис этого свойства связан не с устойчивой эволюцией органического вещества, а с катастрофой в смысле Р. Тома, т. е. достижением развивающейся средой критической точки, за которой теряется устойчивость прежнего симметричного состояния.

Что касается первого из этих утверждений, его нельзя сделать a priori — оно вытекает лишь из соотношения возможных физических условий в нашем мире. (Большая часть сценариев в литературе, к стати сказать, опирается именно на эволюционные устойчивые процессы.) Чтобы показать, что нарушение киральной симметрии — превращение крайне малой асимметрии любой природы в киральную чистоту конечного состояния — возможно в условиях потери устойчивости, бифуркации, нам понадобилось бы повторить рассуждения предыдущего раздела. Вместо этого укажем лишь на первую идею такого рода — работу Ф. Франка 1953 г.<sup>18</sup> (насколько нам известно, это первая математическая модель нарушения симметрии, на удивление, оставшаяся совершенно незамеченной физиками и биологами). В среде развивающихся автокатализаторов Иордана Франк ввел антагонизм — аннигиляцию зеркально антиподных объектов ( $L+D \rightarrow X$ ). В результате состояние, соответствующее среде с равным количеством антиподов, теряет устойчивость и, рано или поздно, система приходит к конечному состоянию с нарушенной зеркальной симметрией. Франк рассмотрел случай, когда первичным источником нарушения является крайне малое отклонение исходного состава оптических изомеров в среде от рацемического (сейчас мы можем назвать его модель моделью со спонтанным нарушением симметрии). Однако подобные системы способны усиливать таким же обра-

<sup>18</sup> Frank F.— Biochim. Biophys. Acta, 1953, v. 11, p. 459.

зом и исходную асимметрию внешних условий (фактор преимущества для одного из энантиомеров), подавляя шумы физических процессов. Каково реальное соотношение того и другого факторов в нарушении симметрии — вопрос к «стандартной модели». Критические условия среды, определяющие точку бифуркации, за которой происходит нарушение симметрии, — вот что накладывает существенные ограничения на взаимодействия индивидуальных частиц, их организацию в пространстве и во времени, динамику физических процессов и внешние макроскопические параметры среды. И физическая теория здесь способна указать на такие объекты, в которых могла произойти киральная катастрофа органической среды.

Однако для нас важно другое: катастрофа необходима «стандартной модели», чтобы обеспечить наблюдаемое сейчас реликтовое нарушение зеркальной симметрии. На каком-то этапе перехода материи к живой форме должен был быть аналог «Большого взрыва». «Биологический большой взрыв»!

Таким образом, центр тяжести исследований смещается в вопросы физики конденсированного вещества и кооперативных явлений. Лишь на этом пути можно надеяться восстановить первичные условия и процессы, ответственные за создание асимметричной жизни, указать направление поиска объектов, в которых мог происходить генезис живой среды.

### ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЖИЗНИ — БЕСПЛОДНАЯ ПУСТЫНЯ ИЛИ ЦЕЛИ- НА ДЛЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ?

«Я склонен к оптимизму относительно будущего физики. И ничто так не побуждает меня быть оптимистом, как открытие нарушенных симметрий. В седьмой книге своего труда «Государство» Платон описывает прикованных в пещере узников, которые могут видеть лишь тени, отбрасываемые на стены пещеры предметами внешнего мира... Мы не можем выбраться из этой пещеры, но если долго и терпеливо смотреть на тени на ее стенах, то можно по крайней мере уловить формы симметрии, которые, даже будучи нарушенными, являются точными принципами, управляющими всеми явлениями природы, проявлением красоты внешнего мира», — говорил в своей нобелевской лекции, посвященной созданию единой теории слабых и электромагнитных взаимодействий, С. Вайнберг.

Нынешний энтузиазм физиков, действительно, связан с тем фактом, что разрозненные тени различных и, казалось бы, не имеющих друг к другу отношения локальных законов сегодняшней природы могут оказаться отблеском единого явления, ведущего к истокам Вселенной. Мы надеемся, чтение этой статьи создаст у читателя впечатление, что возможно еще более значительное «Великое объединение», способное объединить открытые нами тени законов неживой и живой материи, включить возникновение и развитие живого в единую цепь эволюции Вселенной, показать, что возникновение, по крайней мере первичных, законов биоорганического мира — явление того же порядка, что и генезис других законов физической природы. Это гораздо более оптимистическая точка зрения, чем ведущаяся длительное время дискуссия о примитивном сведении свойств живого к законам физики и о принципе дополнительности Н. Бора, диктующем дополнительность квантовой механики и свойств живого. Хотя, конечно, это, скорее, гипотетическая программа работ, чем ее результат. Нам еще предстоит очень большая теоретическая и экспериментальная работа на этом пути: мы должны понять и научиться рассчитывать те условия, которые необходимы и достаточны для спонтанного нарушения безжизненного хаоса, или безжизненной симметрии (предстоит выяснить, в частности, одна или разные катастрофы ответственны за генезис разных свойств живого).

Что же касается поиска объектов, которые им удовлетворяют, то мы, возможно, и найдем их в истории Земли или в космосе. Что бы ни случилось в будущем, сейчас становится понятно, что возникновение жизни — скорее, бескрайнее целинное поле, чем бесплодная и малоинтересная пустыня для физической теории. Поле — чудеса которого еще предстоит понять и освоить<sup>19</sup>.

Публикация Н. Д. Морозовой

<sup>19</sup> Последние работы Морозова действительно показали, что проблема возникновения жизни — не бесплодная пустыня. Приведем лишь один из полученных им результатов. Основываясь на представлении о том, что ранняя биосфера возникла в результате перехода «беспорядок — порядок», удалось вычислить время, необходимое для возникновения ранней биосферы —  $10^6$  лет. Было показано также, что физические условия на объектах типа ранней Земли наиболее адекватны формированию биоорганического мира на основе именно тех частиц, структур и взаимодействий, которые наблюдаются в действительности. (Прим. ред.)

## Международные проекты в изучении Земли

В. В. Белоусов



Владимир Владимирович Белоусов, член-корреспондент АН СССР, заведующий отделом Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР, председатель Междуведомственного геофизического комитета АН СССР, председатель Научного совета по комплексным исследованиям земной коры и верхней мантии АН СССР. Специалист в области тектоники Земли, автор более двухсот научных работ, среди которых монографии: Основные вопросы геотектоники. М., 1962; Земная кора и верхняя мантия океанов. М., 1968; Эндегенные режимы материков. М., 1978. Неоднократно печатался в «Природе».

«Реальный мир может быть измерен, изучен и включен в работу на человека», — эти слова были начертаны на знаменах Возрождения. Результатами этого призыва мы сейчас пользуемся, когда решаемся оставить дома зонт, узнав из вечерних новостей, что завтра ожидается сухая и ясная погода...

Чтобы достичь такого комфорта, человечеству пришлось проделать длинный-предлинный путь. Большую часть его занял очень медленный разбег. Этот разбег продолжался от самой ранней зари человеческой культуры до совсем недавнего XIX в., т. е. тысячелетия. Удивительно, как неспешно человек привыкал к своим же открытиям, с каким трудом он учился измерять и взвешивать «реальный мир».

Уже в VI в. до н. э. греки считали Землю шаром. Первое измерение ее окружности относится к III в. до н. э. Эратосфен заметил, что, когда в Асуане Солнце бывает точно в зените и его лучи проникают до дна самых глубоких колодезцев, в Александрии оно сдвинуто в сторону от зенита на угол, равный одной пятидесятой доле полной окружности. Следовательно, расстояние между Асуаном и Александрией равно 1/50 доле окружности Земли. И хотя способ измерения этого расстояния (по количеству дней, которое требуется верблюжьему каравану, что-

бы покрыть его) нам покажется не вполне безупречным, ошибка в измерении оказалась не столь большой: около 16 %.

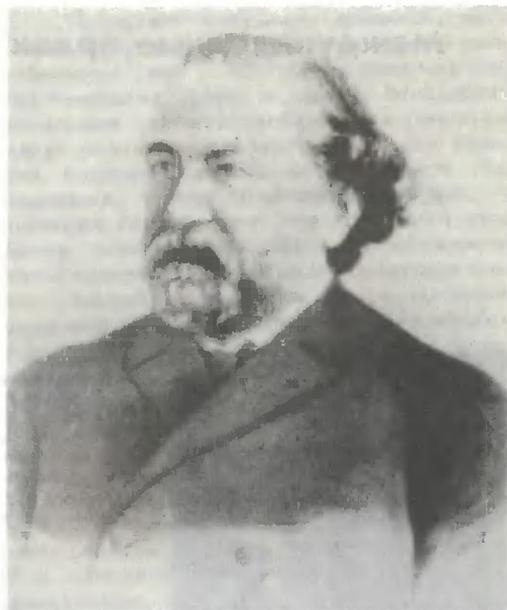
Когда в XVI в. была изобретена триангуляция, можно было ожидать сразу значительного уточнения подобных измерений. Однако первоначально и с использованием этого метода была сделана ошибка в 3,4 %.

В конце XVII в. Земля для ученых перестала быть шаром. Она стала эллипсоидом. Но как ориентирован этот эллипсоид? Какой его диаметр больше: экваториальный или полярный? Эта тема, являлась предметом раздора между англичанами и французами. Англичане, опираясь на авторитет И. Ньютона, утверждали, что Земля сплюснута от полюса к полюсу. Французы же, ссылаясь на измерения французского ученого Ж. Кассини, отстаивали идею, что Земля имеет форму яйца, поставленного вертикально. Этот спор разрешился в пользу англичан в середине XVIII в.

Но в XIX в. выяснилось, что форма Земли не шар и не эллипсоид, а тело гораздо более сложной конфигурации, не попадающее ни под одну геометрическую абстракцию, в связи с чем она была названа геоидом, т. е. в переводе — просто «формой Земли». Так именуемая была ликвидирована на все последующие времена



Карл Вайпрехт (1838—1881) — инициатор первого Международного полярного года.



Георгий Иванович Вильд (1833—1902) — директор Физической обсерватории в Петербурге, председатель Комиссии первого Международного полярного года.

всякая возможность разногласий: на вопрос какова же форма Земли, теперь следует ответ, что она имеет форму Земли.

В Библии, в книге Иова, составление которой относят ко II тысячелетию до н. э., сказано, что «от юга приходит буря, от севера стужа». С прогнозами погоды такого типа человечеству пришлось существовать до XVII в., т. е. более трех с половиной тысяч лет, пока не были изобретены термометр, барометр и другие метеорологические приборы и не появилась возможность измерять элементы погоды и их изучать. Впрочем, применение этих приборов на отдельных обсерваториях началось еще через сто лет. Но, чтобы возникла современная синоптическая метеорология, надо было дождаться ноября 1854 г., когда буря небывалой силы разбросала англо-французский флот, осаждавший берега Крыма. Последующее сопоставление наблюдений, выполненных обсерваториями в разных странах Европы, показало, что буря эта двигалась с запада на восток и что, если бы данные наблю-

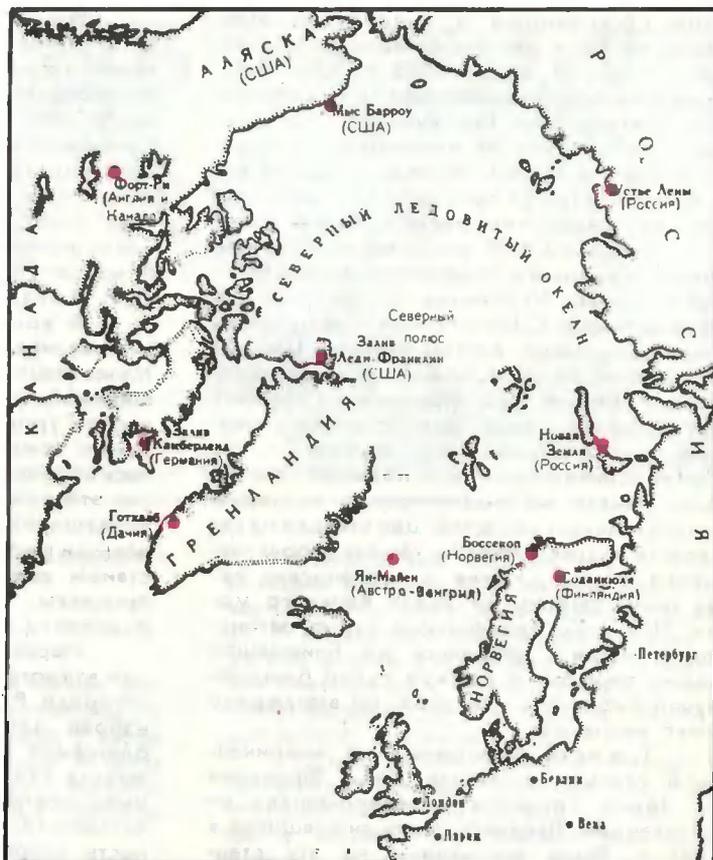
дений были раньше известны, бурю можно было бы предсказать и флот был бы спасен. Этот урок привел к тому, что с 1860 г. (всего около 120 лет назад) обсерватории стали обмениваться метеорологическими данными, используя для этого телеграф. Тогда же начали составляться синоптические карты погоды.

Все это было совсем недавно в масштабе истории. И хотя мы движемся сейчас небывалыми темпами, мы все еще находимся в начале пути. Поэтому следует проявлять чувство снисхождения, когда, поверив прогнозу и оставив дома зонтик, мы попадаем под дождь...

Как прокладывала себе дорогу наука о Земле после того, как она вышла из пеленок?

В развитии этой науки сыграло решающую роль возникшее в конце XVIII в. и укрепившееся в начале XIX в. убеждение, что невозможно как следует постичь процессы, протекающие на поверхности Земли, в ее атмосфере, водной оболочке и недрах, если проводить случайные наблюде-

Наблюдательные станции первого Международного полярного года. На карте, составленной в тот период, не нанесены Северная Земля, часть береговой линии Гренландии и некоторых других островов — тогда они еще не были известны. (Из кн.: Силкин Б. И., Троицкая В. А., Шебакин Н. В. Наша незнакомая планета, М., 1961.)



ния то там, то здесь, пользуясь к тому же разными приборами и методами. М. В. Ломоносов, Дж. Франклин, Ж. Б. Ламарк, А. Лавуазье, П. Лаплас говорили о необходимости проводить в разных точках земного шара одновременные и однотипные наблюдения над атмосферными и магнитными явлениями, изучения которых требовала прежде всего морская навигация. Эту идею развивал также А. Гумбольдт. Природа не знает государственных границ, и для изучения ее требовалось международное сотрудничество ученых. По инициативе К. Гаусса в 1833 г. был создан Магнитный союз, который, хотя и просуществовал недолго, сыграл большую роль в пропаганде синхронных, согласованных между разными странами наблюдений магнитного поля Земли. В середине XIX в., после упомянутой бури на Черном море, ряд стран договорились, что их корабли, где бы они ни находились, будут по единой форме регистрировать явления погоды, а затем, при первой возможности, предоставлять их всеобщей гласности.

Во второй половине XIX в. стало ясно, что в формировании погоды средних широт большую роль играет влияние полярных областей. Эти же области привлекали внимание и в связи с местоположением магнитных полюсов Земли, наблюдения около которых могли осветить природу земного магнетизма.

Однако изучение северных полярных областей продвигалось медленно.

В августе 1874 г. с далекого Севера возвратилась австро-венгерская полярная экспедиция, побывавшая в 900 км от Северного полюса. Ее начальник, лейтенант К. Вайпрехт, выступил с призывом организовать одновременные совместные наблюдения в полярных областях за метеорологическими явлениями, морскими течениями, льдами, магнитным полем. В 1875 г. была разработана программа Международного полярного года, одобренная Международным метеорологическим конгрессом. Была создана Международная полярная комиссия под председательством академика Г. И. Вильда, директора Главной физиче-

ской обсерватории в Петербурге. Наблюдения были назначены на период с августа 1882 по август 1883 г. Они были приурочены ко времени максимума солнечной деятельности. Так случилось, что к началу наблюдений их инициатор Вайпрехт скончался и первый Международный полярный год (МПГ) проходил без него, став внушительным мемориалом в его честь.

В первом МПГ участвовало 11 стран. Вокруг Северного Ледовитого океана было организовано 10 станций. Из них по две принадлежали США и России и по одной — Германии, Дании, Австро-Венгрии, Швеции и Норвегии, Великобритании и Канаде, Финляндии. Кроме того, Франция и Германия организовали еще две станции: первую — на мысе Горн, вторую — на Земле Южная Георгия, — положив тем самым начало систематическому изучению антарктических областей. Две станции на севере не удалось открыть, так как направлявшиеся к ним датские и голландские суда были затерты во льдах Карского моря. При этом голландское судно затонуло, и люди добрались до ближайшей земли пешком, а датское судно благополучно выбралось из льда, но вынуждено было вернуться.

Трагедия разыгралась на американской станции в заливе Леди Франклин на Земле Гринелла к северо-западу от Гренландии. Двадцать шесть зимовщиков в 1881 г. были доставлены на эту станцию на корабле. Первая зимовка прошла удачно. Но летом судно не пришло, не сумев, как выяснилось позже, пробраться сквозь льды. Ко второму лету психологическая обстановка осложнилась, и начальник станции лейтенант А. Грили принял решение на шлюпках добраться до места, где можно было рассчитывать встретить людей. Люди начали погибать от голода. Однако мужественный руководитель экспедиции до конца стремился поддерживать дисциплину и продолжал научные наблюдения. Дошло до того, что он вынужден был расстрелять одного из солдат за то, что тот украл тюленьи сапоги, намереваясь их съесть. А в дневнике, тогда же, Грили записывает: «Разбился барометр... Это большая неудача». Помощь пришла, когда из двадцати шести человек в живых осталось семеро... Полярные области нелегко открывали свои секреты. Они требовали человеческого мужества и жертв.

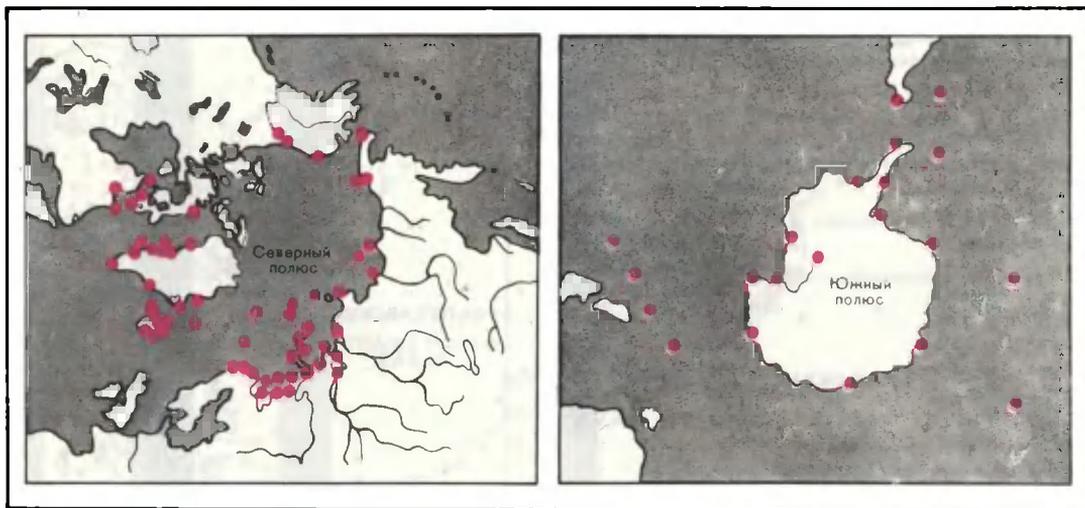
Изложение результатов первого МПГ заняло 36 томов. Их содержание до сих пор не потеряло своего научного значения.

Время шло. К концу XIX — началу XX в. науки о Земле получили новое значительное развитие. Появились новые средства наблюдений, а также средства транспорта и связи. В 1909 г. Р. Пири достиг Северного полюса и в ответ на свою телеграмму президенту США Тафту «Северный полюс в Вашем распоряжении» получает ответ «Благодарю, но затрудняюсь найти применение столь щедрому дару». В конце 1911 г. Южный полюс покорился Р. Амудсену и Р. Скотту.

В конце 20-х годов нашего столетия возникла идея проведения второго Международного полярного года с более широкой программой и на новом методическом уровне. Необходимость повторения такого предприятия настоятельно диктовалась возросшими требованиями к навигации (на этот раз не только к морской, но и воздушной), к прогнозу погоды, а также новыми проблемами, связанными с воздействием солнечной активности на земные процессы, с условиями распространения радиоволн и др.

Первый съезд по поводу организации второго МПГ состоялся в 1930 г. в Ленинграде. Руководителем второго МПГ был избран датский ученый Д. ля Кур. Наблюдения были назначены на период с августа 1932 по сентябрь 1933 г. Этот период совпадал с минимумом солнечной активности, что давало интересную возможность сопоставить будущие результаты с данными, полученными во время первого МПГ, приуроченного к максимуму солнечной деятельности.

Это мероприятие было значительно более широким, чем первый МПГ. Проводить наблюдения вызвались 44 страны. Было организовано более 100 новых наблюдательных станций. Наблюдения велись по широкой программе как на суше, так и на море. В нее были включены радиофизические и акустические исследования атмосферы. Только Советский Союз организовал 15 морских экспедиций. Под руководством О. Ю. Шмидта состоялся знаменитый рейс «А. Сибирякова» от Архангельска до Владивостока Северным морским путем впервые за одну навигацию. На суше изучались ледники. В частности, подвергся всестороннему изучению один из самых грандиозных горных ледников — ледник Федченко на Памире. США организовали экспедицию под руководством Р. Барда в Антарктику. Широко применялись новые приборы. Впервые был использован для метеорологических наблюдений радиозонд Молчанова. Благодаря радиосвязи



Наблюдательные станции второго Международного полярного года в Арктике и Антарктике.

стал возможным непрерывный обмен данными между станциями, и синоптические карты составлялись через каждые 6 часов. Многие станции, организованные в связи со вторым МПГ, в дальнейшем остались работать в качестве постоянных обсерваторий.

Хотя условия по сравнению с первым МПГ коренным образом изменились, это не означало, что мужество и стойкость перестали быть необходимыми качествами исследователей. Немало трудностей пришлось преодолеть и на полярных станциях, и на горных ледниках, и в океанах. Автор столь популярной сейчас гипотезы дрейфа материков немецкий геофизик А. Вегенер трагически погиб в 1932 г. на Гренландском леднике. Советский ученый М. М. Ермолаев с двумя сотрудниками отправился на снегоходе по леднику северного острова Новой Земли за 200 км к мысу Желания, чтобы доставить туда лампы для радиопередатчика. Снегоход быстро вышел из строя, и в пургу по изрезанному трещинами льду пришлось идти пешком. Один из спутников в пути заболел, и двум другим его пришлось нести. История сохранила фразу, которую он произнес, когда за последним из тысяч снежных холмов вдруг открылись дома станции и люди перед ней: «Простите, пожалуйста, это мыс Желания?».

Наблюдения второго МПГ имели большое значение для изучения магнитных вариаций, полярных сияний, климата Арктики и Антарктики, воздушных течений на разной высоте в атмосфере, распределения температур и течений в океанах, подсчета баланса снега и льда на Земле и для многих других вопросов.

Однако выполнению всей намеченной программы помешал экономический кризис, охвативший в то время многие страны, а обработка собранных богатейших материалов была прервана войной, начавшейся в Европе в 1939 г. Часть материалов погибла.

Тем более было оправданно стремление ученых повторить после окончания войны аналогичное международное предприятие, и не через 50 лет, а значительно быстрее — через 25.

Но в военное и послевоенное время наука и средства наблюдения за природными явлениями совершили огромный скачок в своем развитии. Появились радиолокаторы и радиотелескопы. Сильно прогрессировала техника фотографирования и записей результатов наблюдений. Ученые научились регистрировать космические лучи и различные формы солнечной активности. Было ясно, что новое мероприятие должно иметь по сравнению с МПГ гораздо более широкую программу и опираться на более совершенную аппаратуру.

И когда в 1950 г. американский ученый Л. Беркнер предложил провести третий МПГ, эта идея очень скоро переросла в идею Международного геофизического года, наблюдения во время которого



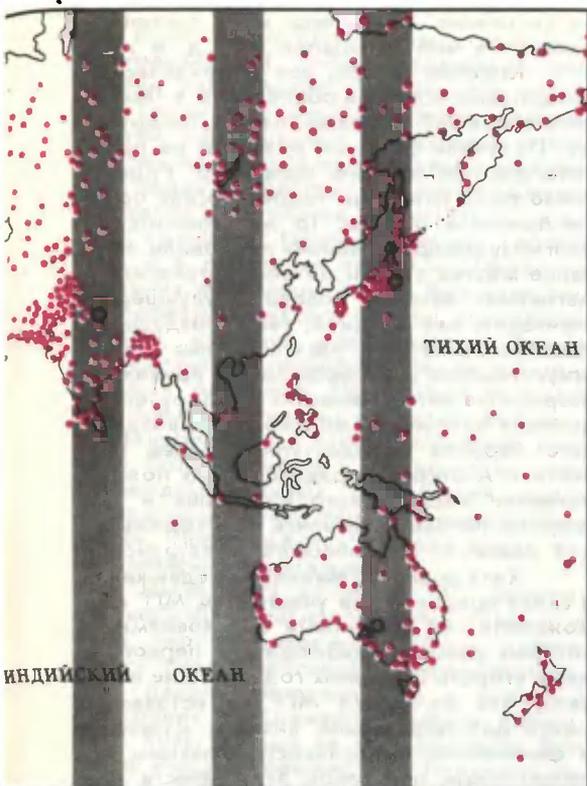
должны были охватить не только полярные области, но всю Землю в целом, а также прилегающее к ней космическое пространство, и все формы взаимодействия Солнца с Землей. Эту широкую идею поддержал Международный совет научных союзов. Время проведения МГГ было назначено на 1957—1958 гг., что совпадало с периодом солнечного максимума. Первоначально предполагалось, что МГГ будет продолжаться 18 месяцев (с 1 июля 1957 г. по 31 декабря 1958 г.). Но в дальнейшем наблюдения были продлены еще на 12 месяцев, так что весь период наблюдений равнялся 30 месяцам. Во главе всего мероприятия стоял Специальный комитет МГГ. Оперативные вопросы решались в бюро Специального комитета, где президентом был С. Чемпен (Великобритания), вице-президентом Л. Беркнер (США), генеральным секретарем М. Николе (Бельгия), членами Ж. Кулон (Франция) и автор этих строк.

В программу МГГ были включены: метеорология, океанология, гляциология,

сейсмология, гравиметрия, наблюдения за изменениями широт и долгот, солнечная активность, геомагнетизм, полярные сияния, изучение ионосферы и космических лучей. Каждое из этих направлений было представлено своей рабочей группой, во главе которой находился «докладчик». Особые группы занимались вопросами изучения Антарктики и подготовки запуска ракет и искусственных спутников.

МГГ вылился в действительно грандиозное предприятие исторического значения. В нем участвовали 67 стран. На станциях, число которых достигло 4 тыс., работали 30 тыс. специалистов. В одном Советском Союзе работали по программе МГГ 500 станций и обсерваторий. Многие десятки морских экспедиций отправились во все концы Мирового океана. В северных полярных областях работали дрейфующие станции.

Удалось добиться небывалой согласованности наблюдений. Частота их определялась «Регулярными мировыми днями»,



Наблюдательные станции Международного геофизического года. На схеме показана лишь часть из 2,5 тыс. станций. Вертикальные полосы — главные меридианы.

-  Метеорологические, ионосферные и геофизические станции
-  Станция системы «Минитрек»
-  Станции оптического наблюдения за спутником

«Мировыми метеорологическими интервалами». Цепочки станций были специально размещены вдоль некоторых выбранных меридианов (10° и 110° в. д., 70° и 140° з. д.). Была введена служба оповещений под названием «Алерт». Если какая-либо обсерватория замечала то или иное интересное природное явление, она оповещала по специальному коду другие обсерватории в целях более полного изучения этого явления. Эта система особенно эффективно действовала в форме «солнечного патруля». Поскольку на востоке Солнце появляется над горизонтом раньше, обсерватории, расположенные на востоке, имеют возможность первыми заметить появление новых пятен, выбросов и других событий на Солнце. Чтобы все последующие изменения были возможно лучше запечатлены, восточные обсерватории предупреждали о происходящем своих западных коллег, которые включались в наблюдения позже. Таким образом эстафета наблюдений передавалась от обсерватории к обсерватории.

Три события, связанные с МГГ, должны быть отмечены особо. С МГГ совпало начало космической эры в истории человечества: 4 октября 1957 г. был запущен первый искусственный спутник Земли. Этот первый шаг с Земли в космос был сделан учеными и инженерами Советского Союза. Теперь мы знаем, что решающую роль в этом достижении сыграли М. В. Келдыш и С. П. Королев.

Второе событие, приуроченное к МГГ,— начало планомерного изучения Антарктиды, которое с тех пор непрерывно продолжается.

Третье событие, заслуживающее упоминания,— организация мировых центров данных. Печальная судьба материалов атомого МПГ заставила организаторов МГГ отнестись с предельной серьезностью к проблеме сбора и сохранения всех данных МГГ. Было решено организовать два всеобщих мировых центра данных, в которых по определенной форме собирались бы и хранились все без исключения ма-

териалы наблюдений. Эти два центра — А и Б — были созданы в США и СССР. Они должны были находиться в постоянной взаимной связи и обмениваться всеми вступающими материалами, с тем чтобы в обоих центрах всегда был полный их комплект. Центры обязались копировать и представлять любому научному институту и отдельным ученым любые материалы, которые будут запрошены для научной работы. Были организованы и специальные центры, обслуживающие отдельные дисциплины.

За два с половиной года наблюдений по программе МГГ все отрасли наук о Земле обогатились новыми данными и идеями. Были открыты радиационные пояса Земли. Удалось определить плотность метеорного вещества в межпланетном пространстве. С помощью ракет и искусственных спутников Земли впервые оценены плотность и температура атмосферы выше 200 км. Был открыт Южный полюс холода со средней годовой температурой до  $-57^{\circ}$ ; определено положение 6 областей наибольшей повторяемости циклонов вблизи берегов Антарктиды; скорость и направление ветра на высотах до 110 км. Было доказано, что слой озона — тонкий и высокий в тропической зоне, в полярной зоне — мощный и низкий. Были обнаружены неизвестные ранее глубинные течения в океанах. Открыты новые ледниковые районы. Было установлено, что мощный лед Антарктиды своей тяжестью «продавил» гористый континент до уровня моря и даже ниже. Сейсмические исследования позволили охарактеризовать особенности строения континентальной и океанической коры, а также коры переходных областей. Были получены первые сведения и о строении верхних слоев мантии Земли. По спектру полярных сияний было доказано наличие гелия в верхней атмосфере Земли. Были обнаружены потоки протонов, врывающихся в атмосферу из космоса и имеющих, по-видимому, солнечное происхождение. В ионосфере были открыты и детально изучены ионные облака с повышенной плотностью ионизации. Этим перечнем достижения МГГ далеко не исчерпывались. Чрезвычайно важно, что благодаря синхронности наблюдений был получен уникальный материал по связи различных геофизических явлений между собой. Солнечная активность могла быть сопоставлена с магнитными явлениями, мог быть выяснен характер влияния первой и вторых

на состояние ионосферы и на распространение в ней радиоволн и т. д. и т. п.

Коротко говоря, все геофизические дисциплины испытали обновление, и геофизика после МГГ стала выглядеть по-другому. Получили большое развитие ее практические применения. Например, существенно были улучшены теоретические основы прогноза погоды. То же относится к прогнозу распространения радиоволн. Изучение многих сторон метеорологических и магнитных явлений повело к улучшению навигации, как морской, так и воздушной. Использование для навигационных целей искусственных спутников Земли привело к разработке автоматических методов определения положения морского или воздушного корабля с недоступной ранее точностью. А открытие радиационных поясов, изучение космического излучения и метеорных потоков оказались необходимыми для освоения космического пространства.

Хотя прогресс техники передвижения и связи предоставлял участникам МГГ возможности, не сравнимые с условиями, в которых работали наблюдатели первого и даже второго Полярных годов, это не означало, что во время МГГ не оставалось места для проявлений личного мужества и физической выносливости. Главным испытательным полигоном этих качеств являлась Антарктида. Рейды на вездеходах в глубину ледового континента, работа на станциях, расположенных на вершине ледяного купола, требовали от человеческого организма приспособления к условиям, находящимся на грани того, что он может вынести. Температура минус  $80^{\circ}\text{C}$ , бешеные ветры, и к тому же высота до 4000 м с ее разреженным воздухом. С прекращением перед их смелостью и выдержкой мы всегда будем вспоминать первых исследователей внутренних областей Антарктиды.

Значение МГГ было не только в непосредственных научных результатах. Опыт его проведения оказал влияние на все дальнейшее развитие наук о Земле. Ученые убедились, что они могут работать совместно, несмотря на политические и социальные различия между странами. Больше того, они убедились, что поскольку геофизические процессы всегда по своему существу глобальны, успешное изучение их может осуществляться только на основах международного сотрудничества.

Поэтому естественно, что возникло стремление развивать этот опыт. Особенно это касалось направлений, которые ли-

бо были недостаточно представлены в программе МГГ, либо настоятельно требовали дальнейшего специального изучения. Так возник, например, Проект верхней мантии, направленный на изучение строения земных недр и происходящих в глубинах Земли процессов. Он разрабатывался в течение десятилетия 1961—1970 гг., а затем сменился Геодинамическим проектом, а в последнее время — Проектом изучения литосферы Земли. Возникли также проекты активного Солнца, спокойного Солнца, изучения магнитосферы Земли, исследования астеносферы Земли электрическими методами. Последовал большой ряд океанологических проектов, возникли гидрологические и гляциологические проекты. Большое место в деятельности международных научных организаций заняли исследования атмосферы и магнитосферы Земли. Продолжаются из года в год антарктические экспедиции.

Начавшееся во время МГГ покорение космического пространства привело к тому, что на поверхности Луны отпечатались следы человека и исследовательские ракеты передали нам с близкого расстояния изображения далеких планет.

Хотя каждый из этих проектов был более специализирован, чем Полярные годы или МГГ, но в своей совокупности они составили систему наблюдений и исследований, которые, как и МГГ, охватили все основные стороны жизни земного шара и поэтому были, в сущности, продолжением МГГ в разветвленном и углубленном виде.

Благодаря МГГ и в связи с последующими проектами геофизика из науки, являвшейся делом отдельных узких специалистов, стала обширнейшей областью знаний, в которой работают тысячи ученых и которая пользуется самыми разнообразными, часто очень дорогими средствами, включая искусственные спутники Земли и флот океанографических судов. Это положение — не следствие искусственно возбужденного интереса или моды: открытия, сделанные в геофизике по программе международных проектов, показали всю важность этой науки для жизни цивилизованного человечества — для средств связи и сообщений, для сельского хозяйства, для экономики. Развитие государства в настоящее время просто не может нормально работать без хорошо организованной геофизической науки.

Опыт международных геофизических проектов был подхвачен и другими науками. Возникли, например, международные

проекты в биологии, астрономии, химии, медицине и других науках. Получил распространение и опыт организации центров данных: сейчас в разных отраслях науки созданы так называемые банки данных, доступные широким кругам специалистов.

Опыт и результаты проведения МГГ оказали заметное влияние на отношения между странами и в более общей форме. С организацией антарктических экспедиций были прекращены споры по поводу территориальных притязаний, которые раньше предъявлялись некоторыми странами к этому континенту. Была достигнута договоренность на межправительственном уровне, что Антарктида остается доступной всем странам для научных исследований и в то же время является заповедным мирным континентом, где запрещены какие-либо эксперименты военного характера и где среда находится под особо бдительной защитой от любого засорения.

Глобальные научные проекты приучают людей всех стран смотреть на земной шар как на общую родину, о судьбе которой надлежит заботиться всем сообща. Такие предприятия, как Полярные годы или МГГ, углубляют взаимопонимание между народами. Они работают на дело мира.

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Визе Ю. В. МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПОЛЯРНЫЙ ГОД. М.— Л.: ОГИЗ, 1931.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ГОД. Информационный бюллетень. М.: Изд-во АН СССР, 1956—1961, № 1—16.

Троицкая В. А. МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ГОД. М.: Советская Россия, 1957.

Белоусов В. В., Силкин Б. И. ГОД, ПОСВЯЩЕННЫЙ ПЛАНЕТЕ. М.: Знание, 1961.

Силкин Б. И., Троицкая В. А., Шебакин Н. В. НАША НЕЗНАКОМАЯ ПЛАНЕТА. М.: Изд-во АН СССР, 1961.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ГОД. Геофизический бюллетень. М.: Наука, 1962—1973, № 17—26.

СОВРЕМЕННАЯ ГЕОФИЗИКА: ИТОГИ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ. М.: Знание, сер. «Науки о земле», 1983, № 9.

## И. И. ШМАЛЬГАУЗЕН — КЛАССИК СОВРЕМЕННОЙ БИОЛОГИИ

К 100-летию со дня рождения

### Эволюционист-теоретик и морфолог-экспериментатор

Академик М. С. Гиляров,  
академик-секретарь Отделения общей биологии АН СССР

В этом году научная общественность нашей страны отметила 100-летие со дня рождения выдающегося биолога-эволюциониста, крупного ученого в области сравнительной анатомии и экспериментальной зоологии академика Ивана Ивановича Шмальгаузена.

И. И. Шмальгаузен родился 11(23) апреля 1884 г. в семье профессора Киевского университета, известного знатока флоры нашей страны и специалиста в области палеоботаники, члена-корреспондента Петербургской академии наук Ивана Федоровича Шмальгаузена. В 1901 г. Шмальгаузен окончил с золотой медалью гимназию и поступил на естественное отделение Киевского университета, где специализировался под руководством основоположника эволюционной морфологии А. Н. Северцова. После окончания университета в 1907 г. Шмальгаузен был оставлен при кафедре Северцова. Через 5 лет в связи с переходом Северцова в Московский университет приезжает в Москву и Шмальгаузен. Здесь он в 1914 г. защищает магистерскую диссертацию по непарным плавникам рыб и их филогенетическому развитию (напечатанную в Киеве в 1913 г.), а еще через 2 года — и докторскую диссертацию о развитии конечностей амфибий и их значении в происхождении наземных позвоночных.

В конце 1917 г. Шмальгаузен стал профессором Юрьевского (ныне Тартуского) университета, который во время первой мировой войны был эвакуирован в Воронеж. Там, на кафедре экологии и сравнительной анатомии, он проработал с 1918 по 1921 г. Возвратившись в родной Киев,

Шмальгаузен возглавил кафедру зоологии и сравнительной анатомии в Киевском университете. Через год его избрали академиком Всеукраинской академии наук, при которой он в 1925 г. организовал и возглавил Биологический институт (с 1930 г. — Институт зоологии и биологии АН УССР).

В Киевском университете в 20—30-е годы Шмальгаузен читает курсы эмбриологии и теории эволюции, в которых отразились его идеи, оформленные позже в монографиях, написанных и изданных после переезда в Москву. На основе своих университетских курсов Шмальгаузен составил выдающийся по четкости и логике изложения учебник «Основы сравнительной анатомии позвоночных» (1923), выдержавший 4 издания и до сих пор выгодно отличающийся от подобных сводок эволюционным подходом и привлечением данных по ископаемым формам. В 1926 г. вышла интересная книга Шмальгаузена «Проблемы смерти и бессмертия». Вместе с учениками он разрабатывает проблемы роста и математических характеристик организмов, вопросы фенотипетики, проблему взаимного влияния тканей и органов в процессах роста и дифференцировки, проблемы регенерации и др.

В 1935 г., став действительным членом Академии наук СССР, Шмальгаузен переехал в Москву, где работал до 1948 г. В Москве он сперва возглавлял Лабораторию экспериментальной зоологии и морфологии и одновременно Биологический институт им. К. А. Тимирязева Коммунистической академии, а после организации Института эволюционной морфо-



ИВАН ИВАНОВИЧ ШМАЛЬГАУЗЕН

11.IV (23.IV) 1884 — 7.X 1963

логии АН СССР стал его директором (1936—1948). В 1939 г. Шмальгаузен организовал кафедру дарвинизма в Московском университете, которой руководил до 1948 г.

За эти годы им были написаны такие известные монографии, как «Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии» (1938), «Пути и закономерности эволюционного процесса» (1939), «Факторы эволюции» (1946), учебное руководство «Проблемы дарвинизма» (1946), в которых отражены разные аспекты разработанной им теории стабилизирующего отбора. В 1940 г. он основал «Журнал общей биологии». Продуктивность Шмальгаузена в этот период достигла апогея.

После августовской сессии ВАСХНИЛ 1948 г. Шмальгаузен по приглашению Е. Н. Павловского перешел на работу в Зоологический институт АН СССР, где сперва работал старшим научным сотрудником, а с 1955 г. стал заведовать филогенетической лабораторией.

В этот период, вернувшись к проблеме филогенеза наземных позвоночных, он написал много оригинальных статей, а также книгу «Происхождение наземных позвоночных», которая была напечатана уже после его смерти (1964) и удостоена Государственной премии СССР.

В последние годы своей деятельности Шмальгаузен, наряду с изучением вопросов филогенетики позвоночных, зани-

мается решением эволюционных проблем, привлекая аппарат кибернетики. Он показал, что эволюция популяций — это один из механизмов поддержания целостности такой надорганизменной системы, как биоценоз, и установил роль стабилизирующего отбора в этом процессе.

Теоретическое значение трудов Шмальгаузена трудно переоценить: он создал новую эволюционную методологию, основанную на постоянной и бескомпромиссной борьбе с идеалистическими трактовками и с механистическими упрощениями, а также на последовательном освещении процессов эволюции как особой формы движения, как самодвижения в философском ленинском понимании этого термина.

Шмальгаузен был не только выдающимся исследователем, ученым, эрудитом, экспериментатором и теоретиком, но и крупным организатором: созданный им в Киеве Институт зоологии АН УССР носит теперь его имя; Институт эволюционной морфологии АН СССР фактически был сформирован им (при жизни А. Н. Северцова была только находившаяся в МГУ лаборатория с аналогичным названием); он основал «Журнал общей биологии» и кафедру дарвинизма в МГУ.

Организуя работу созданных им подразделений, Шмальгаузен неотрывно продолжал заниматься экспериментальной работой, направляя деятельность своих сотрудников прежде всего личным примером, своими мыслями, которыми он охотно и щедро делился. Принимал он активное участие и в общественной работе: в Киеве был членом городского Совета депутатов трудящихся, президентом Киевского общества естествоиспытателей. В 1935 г. ему было присвоено звание Заслуженного деятеля науки УССР.

Шмальгаузен был членом Германской академии естествоиспытателей «Леопольдина», которая удостоила его Медали им. Ч. Дарвина; членом Академии зоологии в Агре (Индия); Академия наук СССР присудила ему премию им. А. А. Ковалевского и наградила Золотой медалью им. И. И. Мечникова.

Лучшим памятником Шмальгаузену остались свыше полтораста его публикаций, в числе которых много не утративших своего значения и в наши дни. Многие труды Шмальгаузена переведены за рубежом, большое число его работ опубликовано в разных специальных журналах на английском и немецком языках.

К 100-летию со дня рождения Шмаль-

гаузена Академия наук СССР (издательство «Наука») выпустила два тома его избранных трудов «Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии» и «Пути и закономерности эволюционного процесса», а Академия наук УССР выпустила два тома его работ по проблемам роста.

Знаменательную для советской науки дату наша научная общественность отметила специальной трехдневной Всесоюзной научной конференцией под девизом «Направления и закономерности эволюционного процесса» (Москва, 23—27 января 1984 г.). Эта конференция была организована Отделением общей биологии АН СССР, академическими институтами и Московским университетом, где работал Шмальгаузен. На конференции были доклады о деятельности Шмальгаузена, о его вкладе в развитие эволюционной морфологии, о стиле его научного мышления. Были представлены все аспекты научной деятельности Шмальгаузена, в том числе: теория Шмальгаузена о накоплении широких адаптаций в эволюции; его роль в создании киевской школы морфологов; современные проблемы адаптогенеза; проблемы индивидуального развития (принципы целостности в онтогенезе, молекулярно-биологические факторы развития, роль ионов в «донервной» интеграции, гормональные факторы развития, интегративная роль нервной системы в онтогенезе).

Специальное заседание было посвящено становлению адаптивных модификаций в ходе отбора, эпигенетической системе как фактору отбора в эволюции, отбору в инбредных линиях, микроэволюции как адаптивному процессу.

Большое внимание было уделено проблемам филогенеза: механизму ундулирующего движения и происхождения хордовых, развитию коррелятивных систем в эволюции, механизмам эволюционных перестроек сложных приспособлений, биомеханика в эволюционной морфологии. Заключительные доклады были посвящены теории молекулярной эволюции и взаимоотношениям роста и дифференцировки в освещении Шмальгаузена.

Конференция еще раз продемонстрировала, что многие положения, развитые Шмальгаузенем, сохранили свою актуальность и идеи его плодотворно разрабатываются в ряде научных центров нашей страны и за рубежом.

## У истоков эволюционной морфологии

Академик В. Е. Соколов

**Э. И. Воробьева,**  
доктор биологических наук

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

В наши дни можно нередко услышать высказывания, что классическая морфология вышла из моды и по мере развития физико-химической биологии сдает свои некогда передовые позиции. Выражается порой и скепсис по поводу участия морфологии в развитии эволюционного учения, поскольку она якобы исчерпала себя и теоретически, и методологически. Подобного рода суждения пагубно сказываются на судьбе морфологии, порождая необоснованные и неверные представления об ограниченной роли морфологических исследований для естествознания в целом и снижая интерес к этим исследованиям.

Между тем сведения о форме и строении организмов и их изменениях в процессе индивидуального и исторического развития (онтогенеза и филогенеза) по-прежнему крайне важны и для зоологии, и для ботаники, в частности в связи с возросшими запросами экологии и охраны природы. Трудно себе представить истинно научное знание образа жизни животного и растения без изучения особенностей его строения и функционирования.

Значительно усиливается интерес к морфологии и в связи с изучением механизмов формообразования, имеющих прямое отношение к управлению процессами онтогенеза и теории эволюции. Сейчас во всем мире ведутся активные поиски разгадки тайн морфогенеза, в которых участвуют специалисты многих дисциплин, и в первую очередь, наряду с генетиками, эмбриологи, гистологи, цитологи и палеонтологи.

И, наконец, биологи все больше начинают осознавать тот невосполнимый пробел в теории эволюции, который определяется недостаточным знанием морфологических закономерностей эволюции, в частности

неясностью специфики структурных уровней организации и переходов между ними (доклеточный, клеточный, тканевой, органический, целостно-организменный), а также существующим разрывом в восприятиях единства действия механизмов эволюции (микроэволюционный уровень) и их результатами (макроэволюционный уровень).

Известный американский эволюционист-систематик Э. Майр, один из общепризнанных основателей современной так называемой синтетической теории эволюции, недавно особо подчеркнул все возрастающую роль морфологии для биологии и эволюционной теории<sup>1</sup>. В последние годы весьма активно обсуждаются вопросы состояния и перспектив развития морфологии. Все чаще выдвигается идея широкого понимания эволюционной морфологии как интегральной области, исследующей под разными углами зрения (родство форм, функционирование, образ жизни, изменчивость, развитие) особенности формы и строения организмов и их преобразования в эволюции.

Широкие перспективы видятся также в соединении сравнительных и экспериментальных методов морфологии, в укреплении связей морфологии с физиологией, генетикой и цитологией, в комплексном изучении современных и ископаемых форм животных и растений, упрочении эволюционной основы морфологических работ и более активном их выходе в эволюционное учение<sup>2</sup>.

Интерес к эволюционным аспектам морфологии особенно возрос в последние

<sup>1</sup> Mayr E. Morphology.— In: Evolutionary synthesis. L., 1980, p. 173.

<sup>2</sup> См. сб. статей: Состояние и перспективы развития морфологии. М., 1979.

десятилетия среди морфологов Запада, где долгие годы господствовали идеалистические и механистические тенденции и антидарвинистические течения. Западные биологи все чаще проявляют интерес к трудам наших отечественных эволюционистов-морфологов, и в особенности к работам И. И. Шмальгаузена.

Дело в том, что эволюционная программа морфологов на Западе во многом повторяет программы, заложенные либо уже осуществленные в трудах Северцова и Шмальгаузена. Более того, несмотря на достигнутые западными морфологами большие успехи, в их работах все еще недостает того высокого теоретического и методологического уровня, разностороннего охвата и широкой постановки эволюционно-морфологических проблем, которыми отличались работы этих ученых. Вот почему их труды продолжают оставаться настольной книгой для современно-го и будущего поколений эволюционистов-морфологов и столь велик интерес к эволюционному наследию Шмальгаузена сегодня.

Шмальгаузен вошел в историю отечественной биологии как крупнейший эволюционист-теоретик, последовательный дарвинист, несгибаемый борец с идеализмом, механицизмом и т. д. Однако он широко известен миру, прежде всего, как выдающийся морфолог в области изучения низших позвоночных животных и эмбриолог. С его именем связано начало нового этапа в эволюционной морфологии, активное включение ее в эволюционный синтез биологии и развитие эволюционной теории.

Природа щедро одарила Шмальгаузена блестящим талантом естествоиспытателя, пытливым, проницательным умом, умением остро чувствовать ритм времени и предвидеть будущее науки. Этот дар сочетался в нем с ценнейшими качествами человека, гражданина, ученого: принципиальностью, честностью, прямотой, требовательностью к себе и к другим, скромностью, благородством духа, верой в человеческий разум, огромным трудолюбием и глубокой увлеченностью.

Научная деятельность Шмальгаузена тесно связана с судьбой эволюционной морфологии. Именно ей были отданы лучшие юные и самые трудные поздние годы жизни, включая последние месяцы и дни, когда он, оказавшись на длительное время прикованным болезнью к постели, продолжал работать над монографией «Происхождение наземных позвоночных».

## НАЧАЛО ПУТИ

Как морфолог-эволюционист Шмальгаузен сформировался под влиянием своего учителя Северцова, что и определило выбор проблематики и общую направленность его исследований. Он активно включился в работу по программе северцовской школы, где главной задачей было изучение филогении позвоночных. Однако уже с первых шагов проявился его особый подход — стремление найти причины формообразования во взаимосвязи строения, развития и функционирования целостного организма.

До середины 30-х годов Шмальгаузен изучал происхождение плавников рыб и формирование конечностей амфибий. Это была одна из актуальных сравнительно-анатомических и эволюционных задач, которую Северцов решал на рептилиях. Шмальгаузен, используя эксперимент и функциональный анализ, получил необычные для того времени результаты. В частности, экспериментально было показано, что увеличение хвостовой верхней лопасти у акул создает подъемную силу. Эта работа опередила исследования подобного рода почти на 40 лет.

Шмальгаузен оценивал морфо-функциональные перестройки организмов не только с эволюционных, но и с чисто биологических позиций. Это позволило ему сделать ряд широких теоретических обобщений в цикле статей и в его докторской диссертации «Развитие конечностей амфибий и их значение в вопросе происхождения конечностей наземных позвоночных» (1916). Опираясь на тщательный анализ условий развития амфибий, Шмальгаузен доказал несостоятельность классических представлений о происхождении конечностей у древних четвероногих. Изучив режим питания амфибий, последовательность роста и регенерацию отделов конечностей у эмбрионов амфибий, он пришел к интересному выводу, что редукция элементов задней лапки у хвостатых амфибий произошла в результате остановки морфологической дифференцировки из-за недостаточного питания ее зачатка. По мнению Шмальгаузена, «конечности первых тетрапод образовались из сильно расчлененного плавника девонских кистеперых рыб. Такое представление хорошо согласуется с данными отечественной палеонтологии: недавняя находка в девонских отложениях Тульской области шестипалого наземного позвоночного подтвердила пра-

вильность выводов, сделанных почти 70 лет назад.

Эмбриональные исследования конечностей амфибий привели Шмальгаузена, с одной стороны, к проблеме роста, а с другой — к проблеме происхождения позвоночных. Цикл его работ в 20-е годы посвящен происхождению тетрапод, а точнее, сравнительному анализу черепных структур у амфибий и двоякодышащих рыб.

В 30-е годы Шмальгаузен сформулировал закон параболического роста, который одновременно явился и морфологическим законом прогрессивной дифференцировки в эмбриогенезе позвоночных, характеризующим естественные периоды их индивидуального развития. Этот закон лег в основу нынешних представлений о периодичности и специфике роста животных в процессе индивидуального развития и используется в экологии и селекции.

#### ПРОИСХОЖДЕНИЕ НАЗЕМНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ

К тетраподной проблеме Шмальгаузен возвращается в конце 40-х годов, будучи уже крупнейшим теоретиком-эволюционистом. Ей он посвящает последние 13 лет жизни.

На Западе существует мнение, высказанное, в частности, американским историком науки М. Адамсом, будто этот возврат продиктован уходом от острых вопросов современности в безопасную зону<sup>2</sup>. Подобное ошибочное мнение объясняется явным незнанием Шмальгаузена как человека и недооценкой его как истинного морфолога. Между тем подход к эволюционной теории через конкретную морфо-филогенетическую проблему был типичен для многих отечественных морфологов и палеонтологов (например, работы Северцова о происхождении позвоночных, В. О. Ковалевского — по эволюции лошадей, А. А. Борисяка — по эволюции носорогов и др.). Проблема происхождения наземных позвоночных представлялась наиболее удачным плацдармом для раскрытия закономерностей эволюции, поскольку переход от водного к наземному образу жизни сопровождался коренной перестройкой их морфофизиологической организации.

Возврат Шмальгаузена к любимой те-

ме, «которую он держал в поле зрения всю жизнь»<sup>1</sup>, был обусловлен накоплением новых фактов, и в первую очередь находками уникальных, редких по сохранности ископаемых кистеперых рыб и древнейших амфибий — ихтиостегид в девонских отложениях Канады и Гренландии. Поразительное сходство и тех и других с современными амфибиями позволило заполнить брешь в палеонтологической летописи между рыбами и наземными позвоночными и пересмотреть вопрос об их предках и условиях выхода позвоночных из воды на сушу. Особенно удивительной оказалась ихтиостега, сочетавшая в себе черты рыб и тетрапод, в частности жаберную крышку, чешуи, рыбий хвост и пятипалую лапу. Все эти открытия, связанные с палеонтологическими исследованиями, вызвали оживленные дискуссии. В центре споров стояли работы шведской школы палеоихтиологов, придерживающихся множественного (полифилетического) происхождения тетрапод и обособленного положения их в системе хвостатых амфибий. Эта гипотеза опиралась на сопоставление черепа и скелета ископаемых кистеперых рыб с современными видами амфибий. Такое сравнение, основанное на единичных формах, давало весьма неполную картину эволюционных преобразований и делало сомнительными теоретические выводы о родстве этих групп.

Именно поэтому Шмальгаузен сосредоточил внимание на реконструкции перестроек систем органов, связанных с переходом от водной к наземной среде обитания.

Особый интерес вызывал морфогенез примитивнейших хвостатых амфибий — гинобинд, слабо изученных из-за ограниченного ареала их распространения. Была создана редкостная коллекция по эмбриогенезу разных видов амфибий, в основу которой легли гистологические препараты, сделанные лично Шмальгаузенем в 1949—1955 гг. Используя сравнительно- и экспериментально-эмбриологические исследования хвостатых амфибий, данные сравнительной анатомии и палеонтологии и их анализ с морфо-функциональных и биологических позиций, Шмальгаузен восстановил общую картину и последовательность этапов становления наземных позвоночных. Такой общебиологический подход, явившийся шагом вперед в решении

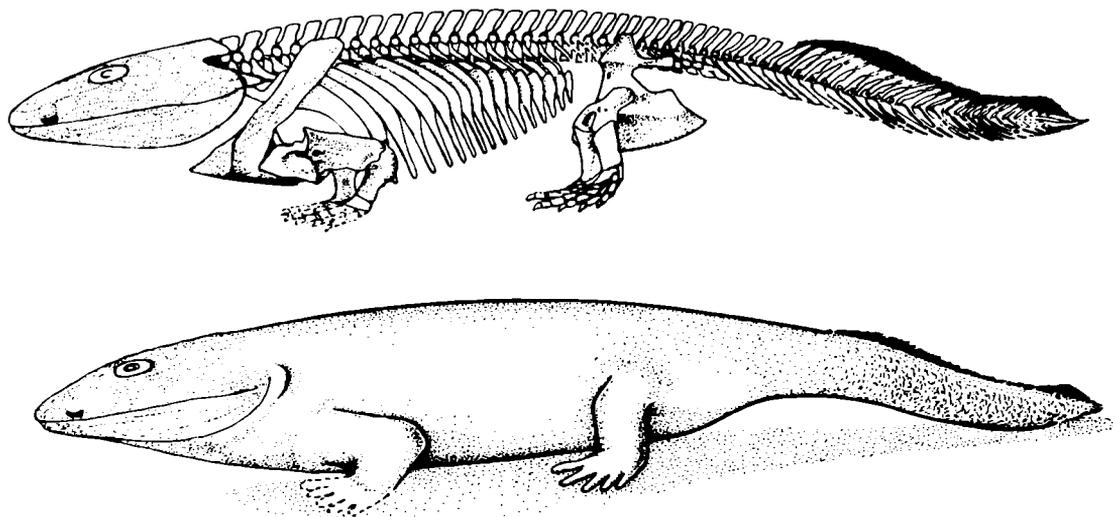
<sup>2</sup> Adams M. B. Severftsov and Schmalhausen: russian morphology and the evolutionary synthesis. — In: Evolutionary synthesis. L., 1980, p. 193.

<sup>1</sup> Юдин К. А. — Тр. Зоол. ин-та АН СССР, 1964, т. 33, с. 350.

этой проблемы, особенно ярко проявился в монографии «Происхождение наземных позвоночных». Здесь Шмальгаузену удалось достаточно убедительно обосновать единство современных амфибий и монофилетическое происхождение тетрапод в целом. Поднятые в монографии вопросы: эволюции позвоночных; экологических условий их выхода на сушу; организации и филогенетических связей разных групп первичноводных и наземных позвоночных и их адаптивной радиации; развития и происхождения хвостатых амфи-

этой гипотезы, обусловленная, прежде всего, игнорированием исторического метода, увлеченностью случайными признаками и отсутствием биологической оценки структурных перестроек.

Основные положения Шмальгаузена по проблеме происхождения тетрапод развиваются отечественными морфологами и палеонтологами. За прошедшие 20 лет появилось много новых данных по палеонтологии, сравнительной и экспериментальной эмбриологии, сравнительной анатомии, изменилась экологическая оценка



Реконструкция древнейшего четвероногого — девонской икhtiостеги. (Из кн.: Jarvik E. Basic structure and evolution of vertebrates, 1980.)

бий и их связей с ископаемыми формами, а также интерпретация происхождения, функций и биологической роли ряда систем органов до сих пор привлекают внимание многих специалистов — зоологов, палеонтологов и эволюционистов.

В наши дни интерес к монографии и другим работам Шмальгаузена особенно возрос в связи с возрождением среди англо-американских палеоихтиологов старой идеи, разделявшейся еще Э. Геккелем, о близости тетрапод к двоякодышащим рыбам. Для ее доказательства используются выборочно отдельные сравнительно-анатомические факты из работ Шмальгаузена (например, гомология костей крыши черепа, происхождение слезно-носового протока). При таком одностороннем подходе особенно отчетливо проявляется недостаточная обоснованность

преобразований структур в онто- и филогенезе, морфо-функциональный анализ и теоретическое осмысление полученных фактов стали значительно глубже. Собран и обработан большой палеонтологический материал с территории СССР, включающий самых древних мало известных кистеперых рыб и их узко специализированные формы. Уникальная находка латвийских геологов (1970) в районе Риги девонских кистеперых и панцирных рыб в естественных мелководнолагунных условиях захоронения, в частности крокодилоподобного пандерихта, заставила пересмотреть представления о тетраподных предках.

В результате изучения всех этих материалов представление об икhtiостеги как исходной форме для тетрапод утратило силу и была обоснована принадлежность икhtiостеги к боковой тупиковой ветви тетраподного ствола. В работах учеников Шмальгаузена (Е. Д. Регель, Н. С. Лебедкина, И. М. Медведева) подтвердилась его идея о ранней диверген-

ции тетрапод от рапидистных кистеперых рыб и о монофилии (единстве происхождения) современных амфибий. Обосновано представление, что выход на сушу позвоночных сопровождался узкой специализацией кистеперых рыб к амфибиотическим условиям в мягком влажном климате среднедевонского периода и в условиях мелкого слабосоленого бассейна<sup>5</sup>. Это служит предпосылкой для рассмотрения узкой специализации как одного из возможных путей к ароморфозам — последовательным и качественным новообразованиям в эволюции.

Идея Шмальгаузена о монофилетической дивергенции тетрапод сегодня дополнена концепцией о широком участии параллелизмов в процессах формирования тетраподных групп, начавшемся еще на уровне кистеперых рыб<sup>6</sup>. Именно благодаря этому и встречаются в истории последних стегоцефалоподобные (похожие на древних амфибий) и переходные («мозаичные») формы, обнаруживающие одновременно примитивные (рыбьи) и продвинутые (амфибийные) черты строения. Доказанная в настоящее время сходная направленность формирования структур и органов чувств у кистеперых рыб, амфибий и рептилий указывает на их близкое родство и преемственность<sup>7</sup>.

Сегодня показано, что темпы развития и сохранение личиночных признаков влияют на формирование ряда систем органов, в частности аппарата звукопередачи. Обнаружено, что развитие акустической системы зависит от образа жизни разных видов амфибий. Этот, далеко не полный, перечень достижений по тетраподной проблеме вполне отвечает первоочередным задачам, которые, по мнению Шмальгаузена, должны выполнить палеонтологи совместно с морфологами и экологами в исследованиях процесса эволюции.

## ЭВОЛЮЦИОННАЯ МОРФОЛОГИЯ И ТЕОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ

Шмальгаузен вслед за Северцовым дает морфологии новые установки. В становлении истории организмов он видит,

главным образом, «лишь средство для дальнейших исследований, направленных на установление закономерностей исторического развития организмов, т. е. на изучение закономерностей самого эволюционного процесса. Таким образом, у нас в Союзе филогенетическое направление в морфологии перерастает в эволюционное»<sup>8</sup>.

Шмальгаузен неразрывно связывает судьбу эволюционной морфологии с участием в разработке эволюционной теории. Так, за основу своих общетеоретических построений он берет: учение Дарвина об естественном отборе как сложном взаимодействии внешних и внутренних факторов развития; теории Северцова о способах эволюционных изменений хода индивидуального развития организмов (филэмбриогенеза) и морфологическом прогрессе; концепцию целостности организма в индивидуальном и историческом развитии. В то же время он активно включает морфологию в эволюционный синтез, нацеливая ее при этом не только на выяснение закономерностей, но и на изучение механизмов эволюционного процесса.

Идея эволюционного синтеза принадлежит Северцову, рассматривавшему теорию эволюционной морфологии как первое приближение к теории эволюции. Второе приближение к более полной эволюционной теории он видел в эволюционном синтезе достижений эволюционной морфологии с экологией, генетикой и механикой развития.

Реализуя эту идею, Шмальгаузен внес вместе с тем существенные изменения в методологию эволюционной морфологии, соединив сравнительные и экспериментальные методы и объединив морфологические направления с другими дисциплинами. К числу кардинальных проблем эволюционной морфологии Шмальгаузен относил проблему соотношения онто- и филогенеза, взаимосвязь формы и функций, целостность организма, приспособительные изменения (адапциоморфозы).

Связать историю развития особи с историей ее происхождения и с вытекающими из нее вопросами эмбриональных и личиночных приспособлений, с рекапитуляцией (повторением филогенеза в он-

<sup>5</sup> Воробьева Э. И.— Тр. Палеонтол. ин-та АН СССР, 1977, т. 163, с. 238.

<sup>6</sup> Воробьева Э. И. Параллелизмы и конвергенция в эволюции кистеперых рыб.— В сб.: Морфологические аспекты эволюции. М., 1980, с. 7.

<sup>7</sup> Татаринцев Л. П.— Тр. Палеонтол. ин-та АН СССР, 1976, т. 162, с. 258.

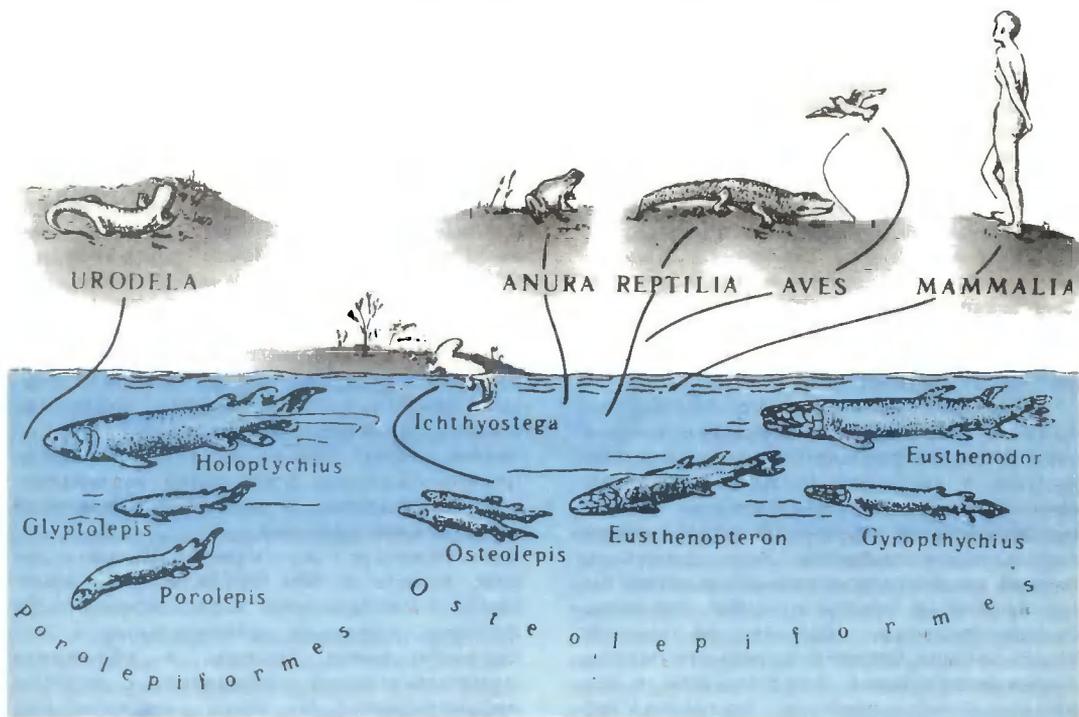
<sup>8</sup> Шмальгаузен И. И. Эволюционная морфология за 20 лет.— В сб.: Математика и естествознание в СССР за 20 лет. М.— Л., 1938, с. 596.

тогенезе) Шмальгаузен считал весьма перспективным как для теории эволюции, так и для практики, в частности для рыбоводства и животноводства. «Исчерпывающее познание развития означает овладение процессами формообразования», — писал он<sup>9</sup>. Проследивая связи между способами индивидуального развития и различиями в эмбриональных взаимодействиях, он существенно дополняет теорию филэмбриогенезов Северцова.

Большое значение Шмальгаузен придавал исследованию формообразователь-

органов к изучению «аппаратов» (например, дыхательного), «конструкций» и организма как целого.

Развивая положение Северцова об онтогенезе — источнике филогенеза, Шмальгаузен выделил две задачи: во-первых, выяснить механизмы формообразования в онтогенезе и, во-вторых, объяснить целостность организма через эволюцию сложных зависимостей его частей (корреляции). Такая постановка, имевшая общезволюционную направленность, была значительным прогрессом для сравни-



Полифилетическое происхождение поролепиформных (Porolepiformes) и остеолепиформных (Osteolepiformes) групп наземных позвоночных: хвостатых амфибий (Urodela), ихтиостег (Ichthyostega), бесхвостых амфибий (Anura), рептилий (Reptilia), птиц (Aves) и млекопитающих (Mammalia) от разных групп кистеперых рыб.

ной роли функций, особенно — выяснению принципов их преобразований при филогенетической смене форм. Наиболее перспективными он считал изучение функциональной зависимости частей организма и переход от изучения отдельных

тельной и экспериментальной эмбриологии. Шмальгаузен высоко ценил экспериментально-эмбриологические исследования, поскольку они приводят к вскрытию тех факторов, которые связывают части развивающегося организма в согласованное целое и тем самым способствуют познанию законов индивидуального формообразования. Вместе с тем он критиковал грубый перенос экспериментальных методов на филогенез, полагая, что никакой эксперимент не может дать нам реального исторического процесса. Экспериментальную эмбриологию Шмальгаузен расценивал как область на стыке мор-

<sup>9</sup> Там же, с. 608.

фологии и физиологии в связи с двойственностью ее задач: изучение законов изменения форм и законов изменения жизненных процессов. Обращая внимание на нежелательный разрыв в работах морфологов и физиологов, Шмальгаузен отмечал, что каждая морфологическая проблема имеет свою физиологическую сущность. Он четко сформулировал взаимосвязанность и взаимообусловленность процессов дифференциации (которыми в основном занимаются морфологи) и интеграции (преимущественно область физиологии) не только в онтогенезе, но и в филогенезе.

Следуя дарвинскому учению о единстве органического мира, Шмальгаузен выдвигает на передний план проблему целостности биоценозов как общебиологическую проблему и целостности организма как общезволюционную проблему. «Задачи материалистической разработки проблемы целостности очень важны и сулят большие перспективы для развития ряда областей биологической науки»<sup>10</sup>. В противоположность идеалистическим (действие некоей организующей силы) и механистическим (сведение биологических процессов исключительно к физико-химическим связям) представлениям о причинах целостности организма, Шмальгаузен подошел к этой проблеме с позиций диалектического материализма, объясняя историческое происхождение целостности как результат тесного взаимодействия внешних и внутренних факторов развития. Он убедительно показал, что прогрессивное усложнение строения организмов в эволюции включает в себя их дифференциацию и интеграцию, обусловленную взаимосвязанностью (корреляциями) органов и их функций. Особое внимание он обращает на недостаточные знания о формировании организма как целого в единстве индивидуального и исторического развития. Именно через целостность развивающегося организма Шмальгаузен видит переход с организменного на популяционный и на биоценотический уровни, объединяя тем самым микро- и макроэволюционные процессы.

С позиций целостности организма Шмальгаузен развивает учение о становлении и смене геномных, морфологических и функциональных корреляций как главном способе эволюции на пути выработки регуляторных механизмов и

защитных систем организма. Он выдвинул ряд программных исследований, которые сохраняют свою актуальность и сегодня. Среди них: вопросы дифференциации и интеграции процессов развития; взаимозависимость эмбриональных зачатков организма как основа и фактор целостности наряду с наследственной структурой; становление и перестройка систем корреляций и координаций — взаимозависимостей в онто- и филогенезе в связи с процессами формообразования, темпами эволюции, специализацией, пластичностью и стойкостью организации и т. д. Большую роль в интеграции развития организмов он отводит стабилизирующему отбору, обеспечивающему более полную автономию онтогенеза. Соединив эволюционную морфологию с генетикой, экспериментальной эмбриологией, зоогеографией и экологией, Шмальгаузен создал стройную теорию адаптационморфозов, куда вошло учение о направлениях эволюционного процесса, теория филэмбриогенеза и учение о корреляциях и координациях.

Рассматривая причины эволюции, Шмальгаузен соединил генетику с эволюционной морфологией через анализ механизмов преобразования генетической информации в процессе индивидуального развития организма, показывая историческую обусловленность такого преобразования. На передний план он ставит теорию онтогенеза в связи с изучением генетических механизмов морфогенеза. Эти вопросы до сих пор дискутируются, в частности вопрос о роли мутационных изменений в онтогенезе и эволюции. Шмальгаузен указывает на возможность использования в эволюционном процессе только малых мутаций, не нарушающих существенно ход морфогенеза. Отстаивая идею исторической стойкости онтогенеза, особенно на ранних стадиях, он фактически впервые связал эту стойкость с действием интегрирующих факторов, т. е. системы корреляций в формообразовании.

«Наследственная стойкость организма объясняется сложностью системы морфогенетических связей, объединяющих все части развивающегося организма в одно целое, а не стойкостью наследственного вещества, т. е. генов»<sup>11</sup>. Только спустя 20 лет известный английский генетик и эмбриолог Ч. Уоддингтон приходит к

<sup>10</sup> Шмальгаузен И. И.—Вопр. философии, 1947, № 2, с. 178.

<sup>11</sup> Шмальгаузен И. И. Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии. М.— Л., 1938, с. 135.

аналогичной мысли, что генотип представляет не мозаику признаков, контролируемых отдельными генами, а продукт сложной системы взаимодействия всего эпигенотипа (т. е. взаимодействия системы «организм — среда»)<sup>12</sup>. Весьма актуальна и мысль Шмальгаузена, что специфика формообразования зависит, в первую очередь, от самого организма, на который действуют те или иные раздражители, т. е. факторы внешней среды. Целостность организма, по Шмальгаузену, трактуется как продукт сложного исторически обусловленного взаимодействия внутренних и внешних факторов развития.

Эволюционно-целостный подход Шмальгаузена к эволюции приобретает все большую значимость при современной постановке теоретических и прикладных задач. Вопросы формообразования и связанная с ними проблема целостности организма по-прежнему остаются одними из главных и нерешенных в биологии. По мере открытия новых структурных особенностей организмов происходит пересмотр фундаментальных биологических понятий (например, гомологий,

метамерии, рекапитуляций и т. д.) и сложившихся представлений о путях, направлениях и закономерностях эволюции.

С углублением исследований в интимные процессы живого проблема целостности приобретает и все больший гносеологический интерес. Совершенно очевидно, что при сведении биологических процессов к поддающимся строгому анализу физико-химическим процессам особенно важно учитывать, что они протекают в целостном живом организме<sup>13</sup>. И, независимо от уровня их протекания (клеточного, молекулярного, субмолекулярного и др.), все эти процессы сохраняют свою биологическую специфичность и объединяются организмом в единую систему.

Отсюда совершенно очевидны непреходящая роль проблемы целостности и неоценимый вклад Шмальгаузена в разработку этой проблемы для эволюционной морфологии, для биологии в целом и для теории эволюции.

<sup>13</sup> Воробьева Э. И., Медведева И. И. Академик И. И. Шмальгаузен и проблема целостности в биологии.— В кн.: Организм как целое. М., 1982.

<sup>12</sup> Waddington C. H. The strategy of the genes. L., 1957.

## Выдающийся биолог-дарвинист

**Ю. И. Полянский,**  
член-корреспондент АН СССР  
Институт цитологии АН СССР  
Ленинград

175 лет назад в Англии родился великий естествоиспытатель и натуралист, творец материалистической теории эволюции органического мира Чарлз Дарвин; 100 лет назад в России родился выдающийся биолог Иван Иванович Шмальгаузен. Сопоставление этих имен не случайно. Создание теории эволюции Дарвином явилось важнейшим этапом в истории наук о природе. Вместе с тем оно имело большое значение и для развития философии диалектического материализма.

Вокруг дарвинизма с первых дней его появления возникла борьба, которая продолжается и до наших дней. В этой борьбе можно различить две стороны. С одной стороны, это несогласие ряда ученых с некоторыми положениями теории

Дарвина. Но борьба с дарвинизмом имеет и другую, чисто идеологическую сторону. Это борьба против материализма в биологии и — шире — в философии, это различные концепции теологии и финализма в эволюционной теории. Иногда эта борьба принимает совершенно уродливые формы, примером чего может служить «научный креационизм» в США, который пытается согласовать библейское учение о сотворении мира с эволюционной теорией.

Учение Дарвина повернуло развитие естествознания в целом, но, разумеется, оно не решило всех проблем исторического развития органического мира. Особенно сложное положение создалось для основных принципиальных положений дар-

винизма в первые два десятилетия XX в., когда блестящие успехи новой науки генетики, казалось, были направлены против основ учения Дарвина. Лишь постепенно эти направления соединились в единую концепцию современного дарвинизма, именуемого нередко синтетической теорией эволюции.

Дарвинизм — активно развивающаяся теория, которая решает все новые и новые задачи, возникающие перед биологией, и позволяет управлять эволюционным процессом.

В этом творческом развитии дарвинизма велика роль Ивана Ивановича Шмальгаузена.

Научная деятельность И. И. Шмальгаузена чрезвычайно многообразна и вместе с тем целенаправленна. Его первая научная статья о развитии легких у ужа появилась в печати в 1905 г., а последние научные труды, посвященные теории эволюции, относятся к 1963 г. 60-летний итог напряженной творческой работы Шмальгаузена — это серия блестящих работ по эволюционной морфологии и эмбриологии позвоночных, оригинальные исследования, посвященные проблеме роста и соотношения роста и дифференцировки, а также проблеме регуляции формообразования в онтогенезе, большая серия фундаментальных работ по теории эволюции, и в том числе разработка учения о стабилизирующем отборе, новаторские работы о кибернетическом аспекте органической эволюции, характерные для завершающего периода его научной деятельности, и многое другое.

К вопросам органической эволюции Шмальгаузен всегда подходил как дарвинист-материалист. Его труды значительно обогатили эволюционную теорию, подняв современный дарвинизм на новую ступень. Наша задача — показать, что сделал Шмальгаузен для развития эволюционной теории.

Важнейшая заслуга Шмальгаузена состоит в разработке им теории естественного отбора и разграничении двух основных форм отбора — движущей и стабилизирующей. Теория стабилизирующего отбора разрешает целый ряд существенных затруднений, которые стояли перед дарвинизмом. Наличие разных темпов эволюции в разных группах, сохранение видов в неизменном состоянии в течение сотен миллионов лет, становление регуляторных механизмов, ответственных за автономность развития, и ряд других явлений, казавшихся трудно объяснимыми

и приводивших некоторых ученых к принятию номогенеза, получили свое дарвинистическое объяснение. По определению Шмальгаузена, «стабилизирующая форма отбора ведет, через элиминацию всех случайных уклонений, к повышению устойчивости существующей уже или устанавливаемой нормы»<sup>1</sup>. Движущая форма отбора, напротив, ведет к изменению нормы, она реализуется на основе селекционного преимущества некоторых вариантов перед средней нормой. Эта форма отбора характерна при изменении условий существования популяции, изменении экологических условий и биоценологических отношений. Шмальгаузен на огромном фактическом материале показывает, что обе формы отбора неразрывно связаны между собою. Он пишет: «... обе формы естественного отбора действуют всегда совместно, так как, с одной стороны, внешняя среда постепенно, но неуклонно меняется, и, следовательно, могут быть обнаружены ведущая роль отбора и наследственное изменение нормы, но, с другой стороны, это — процесс медленный и стабилизирующий отбор всегда и непрерывно ведет к развитию регуляторных механизмов, охраняющих эту медленно меняющуюся норму от нарушающих ее влияний»<sup>2</sup>. Само явление естественного отбора, поддерживающего норму, было известно и до Шмальгаузена. Об этом писал Д. Г. Симпсон, Л. С. Берг и др. Но Шмальгаузен впервые показал творческую роль стабилизирующего отбора в видообразовании.

Большое значение в эволюции придает Шмальгаузен адаптивным модификациям как исторически сложившемуся проявлению нормы реакции в конкретных условиях среды. Стабилизирующий отбор при сохранении условий среды постепенно приводит к замене модификаций на основе подбора мутаций и комбинаций более стойкими наследственно детерминированными формами изменчивости. Таким образом решается с дарвинистических позиций кажущееся «наследование приобретенных признаков».

Очень важное значение для понимания механизма эволюционного процесса имеют представления Шмальгаузена об автономности онтогенеза, его относи-

<sup>1</sup> Шмальгаузен И. И. Факторы эволюции. Теория стабилизирующего отбора. М., 1968, с. 111.

<sup>2</sup> Там же, с. 117.

тельной независимости от условий среды, что также есть непосредственный результат отбора, и в первую очередь его стабилизирующей формы.

Используя данные генетики популяций о насыщенности их мутациями в гетерозиготном состоянии (работы С. С. Четверикова, Н. П. Дубинина, Ф. Г. Добжанского и др.), Шмальгаузен разработал учение о мобилизационном резерве изменчивости. В основе его лежат мелкие мутации, вредность которых в гетерозиготном состоянии незначительна. Таким путем создается внутривидовой генетический полиморфизм, покоящийся на наследственных различиях. Этот гетероморфизм (как его называет Шмальгаузен) — основной источник видообразования при изменении направления отбора.

Шмальгаузен — ученик выдающегося русского зоолога-дарвиниста А. Н. Северцова. Многие стороны учения Шмальгаузена представляют собой дальнейшее развитие идей, высказанных учителем, работы которого он высоко ценил. Это, прежде всего, разработка проблемы целостности организма в процессе индивидуального и исторического развития. Нужно заметить, что именно проблема целостности нередко была орудием антидарвинистических концепций в биологии. Шмальгаузен разрабатывает стройную систему учения о корреляциях различного уровня, которая, строго говоря, впервые дает материалистическую трактовку всей проблемы в целом. Шмальгаузен различает три основных типа корреляций, обеспечивающих целостность организма в онто- и филогенезе. Это, во-первых, **геномные корреляции**, обусловленные непосредственно генами (явления плейотропии), действующими на разные стороны развития фенотипа. Вторая группа — это **морфогенетические корреляции** — взаимовлияния частей развивающегося зародыша. Третья группа — это **оргонические корреляции** — непосредственные функциональные связи между органами, например связь нервных центров, нервов и периферических органов. В процессе эволюции система корреляций непрерывно перестраивается — в значительной мере благодаря стабилизирующему отбору, отметающему неблагоприятные отклонения от нормы. Корреляционные зависимости частей организма в процессе эволюции приобретают характер регуляторных механизмов, что становится важным фактором прогрессивной эволюции. Индивидуальное развитие становится автономным:

внешние факторы развития постепенно заменяются внутренними — гормональными или морфогенетическими. Эта перестройка всего механизма онтогенеза происходит под направляющим действием стабилизирующего отбора, роль которого в эволюции от низших форм к высшим все возрастает.

Много внимания уделяет Шмальгаузен исторической изменчивости популяций; сюда он относит рассмотрение: биогеоценозов — как арены первичных эволюционных преобразований, популяций — как элементарных эволюционирующих единиц, борьбы за существование — во всех ее конкретных и многообразных формах. Он подчеркивает, что организмы всегда живут в определенной среде, к которой они исторически адаптированы.

В названной выше работе, а также в замечательной книге «Проблемы дарвинизма» Шмальгаузен подробно останавливается на борьбе за существование, ее формах и значении как фактора эволюции. Принципиальное значение имеет следующее исходное положение автора: «Понятие "борьба за существование" может иметь смысл и оправдание только в дарвиновском широком "метафорическом" понимании: "включая сюда зависимость одного существа от другого, а также включая (что еще важнее) не только жизнь одной особи, но и успех ее в оставлении после себя потомства"»<sup>3</sup>. Шмальгаузен дает оригинальную классификацию форм борьбы за существование, которая имеет два аспекта: формы соревнования между организмами и формы элиминации в процессе борьбы за существование. В отношении форм соревнования нужно различать две основные категории: внутрigrupповую и межgrupповую. К первой относится индивидуальное соревнование. В активной форме — это конкуренция за средства жизни и за размножение. В своей пассивной форме — это борьба с неблагоприятными физическими факторами среды, с хищниками и паразитами. К внутрigrupповому соревнованию относится также межсемейное соревнование, когда конкуренция осуществляется между семьями. Межgrupповое соревнование происходит между особями как членами различных популяций. Обязательное условие для развития этой формы соревнования — наличие внутри вида отдельных, хотя бы частично изоли-

<sup>3</sup> Там же, с. 68.

рованных, популяций. Примером такой формы соревнования может служить активная конкуренция между популяциями рыб за нерестилища, птиц — за места гнездования и т. п. Возможна здесь и пассивная форма — различная выживаемость разных популяций при неблагоприятном воздействии внешних факторов.

Элиминация выражается в прямом или косвенном истреблении особой или отстранением их от возможности оставить потомство — от размножения. Шмальгаузен различает несколько форм, из которых мы укажем лишь некоторые.

Одна из форм — это **общая элиминация**, когда выживание отдельных особей не определяется их преимуществами перед уничтожаемыми. При такой форме элиминации отбор может иметь только одну направленность — повышение плодовитости. В отличие от общей элиминации, при **индивидуальной элиминации** особи, оставляющие потомство, в среднем отличаются от особей, не оставляющих потомства (истребляемых). К этой категории относится элиминация, вызываемая физическими факторами внешней среды, что ведет к выживанию наиболее защищенных и стойких особей; элиминация биологическими факторами — хищниками, паразитами; элиминация физиологическими факторами (голод, половая конкуренция). Элиминация может носить также семейный или групповой характер.

Важно подчеркнуть, что ведущую роль в эволюции Шмальгаузен отводил внутривидовому соревнованию. В рукописных материалах, которые остались после его кончины и позже были опубликованы Ленинградским отделением Института истории естествознания и техники АН СССР, он писал: «Эволюция в одновидовом биоценозе идет быстрее, чем в смешанном, так как только внутривидовое соревнование ведет к естественному отбору...»<sup>4</sup>.

Чрезвычайно характерно для дарвинистической концепции Шмальгаузена его отношение к направленности эволюционного процесса. Этот вопрос, действительно, один из «пограничных рубежей» между материалистическим (дарвинистическим) пониманием хода эволюционного процесса и различного рода финалистическими (ногогенетическими) взглядами. Согласно последним, эволюция протекает по заранее предустановленным путям в

силу заложенных в организмах закономерностей. Начало этим концепциям было заложено еще Ламарком в его учении о «градациях» в усложнении организации. В качестве аргументов номогенетики часто используют аналогию между онтогенезом, который осуществляется на основе программы, заложенной в генотипе (т. е. в ДНК), и филогенезом (эволюционным развитием организмов), который тоже, дескать, осуществляется по внутренне заложенной программе. Шмальгаузен со всей определенностью подчеркивает неправомочность такого рода аналогии. В «Проблемах дарвинизма» он пишет: «В основе обеих форм развития лежат совершенно различные факторы. Факторы индивидуального развития вскрываются эмбриологией... Факторы эволюции были вскрыты Ч. Дарвином и сводятся к различным формам взаимодействия между организмами и окружающей средой, которые Дарвин назвал борьбой за существование», и далее заключает: «Закономерности обеих форм развития лежат в совершенно разных плоскостях»<sup>5</sup>.

В своих основных работах, посвященных эволюционной теории, Шмальгаузен останавливается на понятиях прогресса и регресса в эволюции, на характеристике основных путей биологического прогресса. Развивая эти проблемы, он исходит из тех фундаментальных представлений о путях и направлениях эволюционного процесса, которые разработаны в трудах Северцова, составляющих «золотой фонд» современных представлений о закономерностях макроэволюции.

Нам представляется необходимым подчеркнуть здесь некоторые мысли Шмальгаузена, которые сыграли и продолжают играть существенную роль в развитии эволюционной теории. Важное значение имеет разработка Шмальгаузенем представления, высказанного Дарвином, что в основе прогрессивной эволюции лежит непрерывное появление новых форм в ответ на изменения условий среды: приобретение новых норм реакции. В процессе прогрессивной эволюции усложняются корреляционные механизмы. «Приспособительные изменения отдельных органов, и в особенности их функциональные адаптации, должны быть согласованы с изменениями других органов и их функций для того, чтобы это приспособление имело ценность для организма в целом

<sup>4</sup> См. сб.: Закономерности прогрессивной эволюции. Л., 1972, с. 11.

<sup>5</sup> Шмальгаузен И. И. Проблемы дарвинизма. Л., 1969, с. 404.

(коадаптация органов)<sup>6</sup>. В этих словах выражена важная идея, что в процессе эволюции организм изменяется и приспосабливается как целое. Не случайно, что одна из основных его работ носит заглавие «Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии».

Много внимания уделяет Шмальгаузен вопросам о темпах эволюции. Скорость эволюции определяется конкретным положением организма во внешней среде, условиями его борьбы за существование. При этом приобретает большое значение активность организма в борьбе за жизнь, за размножение. Вопросы темпов эволюции и основных путей биологического прогресса детально обсуждаются Шмальгаузенем преимущественно на материале позвоночных животных. Рассматриваются ароморфозы, алломорфозы, телеморфозы, катаморфозы как конкретные пути достижения биологического прогресса.

Большое принципиальное значение имеет постановка и разработка Шмальгаузенем проблемы эволюции механизмов эволюции. Этот круг вопросов особенно волновал его начиная с 50-х годов и нашел отражение во многих публикациях. Шмальгаузен подчеркивал, что в процессе эволюции изменяются сами факторы исторического развития организмов. Это касается различных сторон эволюционного процесса. На ранних этапах эволюции ведущее значение имело формирование материальных основ наследственности и изменчивости на пути от протобионтов и прокариотов к эукариотам. Формы естественного отбора здесь сводились к простой элиминации неблагоприятных наследственных изменений и сохранении полезных. Возникновение полового процесса и диплоидности определило качественно новые формы отбора и борьбы за существование. Создается мобилизационный резерв наследственной изменчивости за счет распространяющихся в популяциях в гетерозиготном состоянии мутаций. Изменяется характер действия отбора, формы которого становятся многообразными. Возникает стабилизирующая форма отбора, который совершенствует автономизацию онтогенеза. При этом усложняются формы корреляций на разных этапах индивидуального развития и их роль в механизме микроэволюционных преобразований усиливается.

Существенные изменения, в особенности на высших этапах эволюции, претерпевает борьба за существование. Развитие сложных форм поведения, связанное с прогрессивной эволюцией нервной системы, приводит к активным формам конкуренции. Усложняются взаимоотношения между организмами и окружающей средой. Все это ведет к развитию весьма многообразных форм борьбы за существование. В одной из своих последних работ, озаглавленной «Интеграция биологических систем и их саморегуляция» Шмальгаузен так характеризует этот процесс: «Созданием целой градации регулирующих механизмов — в особях, популяциях и видах, а также в целых биоценозах — взаимоотношения между организмами и средой не только усложняются, но и упорядочиваются. И процесс эволюции, начавшийся со случайных столкновений в хаосе молекулярных явлений, при самых элементарных формах отбора постепенно усложнялся, упорядочивался, совершенствовался и ускорялся. Дифференциация разнообразных единиц жизни всегда дополнялась интеграцией, а последняя получала свое высшее выражение в развитии регуляторных механизмов»<sup>7</sup>.

Вопросы эволюции механизмов эволюции особенно интересовали Шмальгаузена в последние годы его жизни, о чем можно судить из опубликованных Институтом истории естествознания и техники фрагментов работы «Факторы прогрессивной (ароморфной) эволюции», которые представляют собой обширный план исследований в области эволюционной теории, чему, увы, уже не суждено было осуществиться.

Шмальгаузен не ограничивался чисто теоретическим аспектом эволюции органического мира. В его «Проблемах дарвинизма» находим специальный раздел «Управление эволюционным процессом», где он рассматривает особенности эволюционного процесса в условиях деятельности человека. Автор со своих позиций соотношения изменчивости и разных форм отбора оценивает селекционную деятельность человека как в области растениеводства, так и животноводства, подчеркивая, что деятельность человека в биосфере становится важнейшим фактором воздействия на живую природу. Сознательное управление этими процессами

<sup>6</sup> Шмальгаузен И. И. Факторы эволюции, с. 393.

<sup>7</sup> Шмальгаузен И. И. Кибернетические вопросы биологии. Новосибирск, 1968, с. 182.

на основе знаний законов эволюции — необходимое условие охраны природы и ее преобразования на пользу человечеству.

Последнее десятилетие научного творчества Шмальгаузена ознаменовалось крупным событием: установлением контакта между теорией эволюции и кибернетикой. Математико-логические методы Шмальгаузен творчески переносит в учение об эволюции организмов. Не останавливаясь на анализе и оценке этой стороны деятельности Шмальгаузена, хочется подчеркнуть, что этот творческий взлет мысли Шмальгаузена имел место, когда ему было уже далеко за 50 лет. Буквально до последних дней своей жизни он не снижал темпа и накала творческих исканий...

На протяжении всей своей научной деятельности Шмальгаузен выступает как продолжатель идей Дарвина. Характерно, что в книге «Проблемы дарвинизма» каждая глава начинается с эпиграфа из работ самого Дарвина, в котором сформулированы вопросы, составляющие содержание данной главы.

Он критикует антидарвиновские концепции, в особенности автогенетические представления о направленности эволюционного процесса в силу «внутренних причин».

«Отвергая теории направленной эволюции, мы, конечно, не отрицаем фактов существования определенных направлений эволюционного процесса (ортоселекция) и фактов наличия известных закономерностей в смене характерных фаз эволюции отдельных филогенетических ветвей.

Дарвинистская концепция не только отвергает существования таких закономерностей эволюционного процесса, но, наоборот, всячески их подчеркивает как необходимое следствие дарвиновского понимания эволюции<sup>8</sup>. Как далека эта подлинно дарвинистская характеристика вопроса о направленности эволюционного процесса от той легковесной критики дарвинизма, которую нередко приходится слышать и которая утверждает, что, дескать, дарвинизм построен на случайных наследственных уклонениях и не может объяснить закономерностей эволюционного процесса!

Все сказанное выше показывает, что вклад Шмальгаузена в разработку современной эволюционной теории в дарвинистском, материалистическом аспекте

чрезвычайно велик. Он касается основных фундаментальных проблем органической эволюции, в том числе синтеза современной генетики и классического дарвинизма. Все это дает основание считать Шмальгаузена одним из основоположников современного дарвинизма, обычно именуемого синтетической теорией эволюции (СТЭ).

От своих взглядов Шмальгаузен никогда не отказывался. Достаточно прочесть его глубокое, полное достоинства выступление на августовской сессии ВАСХНИЛ 1948 г., чтобы понять его отношение к той волне антидарвинизма, которая в 1948 г. и в последующие годы под флагом «творческого дарвинизма» захлестнула нашу науку и нанесла огромный вред как теории, так и практике.

Одна из важных положительных сторон научного творчества Шмальгаузена — его склонность и умение обобщать развитаемые мысли в крупных монографических работах, безукоризненных как по логике построения, так и по блестящей литературной форме изложения. Его произведения «Факторы эволюции», «Проблемы дарвинизма» и ряд других монографий широко известны биологам нашей страны. Это подлинно золотой фонд, гордость советской биологической науки. В этот юбилейный год, когда отмечается 100-летие со дня рождения Ивана Ивановича, все, кто имел счастье лично знать его (а к числу их принадлежит и автор этих строк), с благодарностью и любовью вспоминают облик его не только как ученого, но и как человека.

Доброжелательное отношение к людям, глубокая научная принципиальность, огромное личное обаяние, скромность, простота в обращении независимо от «ранга» собеседника, подлинная одержимость наукой — все это черты, сочетание которых не часто встречается у одного человека, но которыми в полной мере обладал Шмальгаузен.

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Шмальгаузен И. И. ПРОБЛЕМЫ ДАРВИНИЗМА. Изд. 2-е. Л.: Наука, 1969.

Шмальгаузен И. И. ФАКТОРЫ ЭВОЛЮЦИИ. Теория стабилизирующего отбора. Изд. 2-е. М.: Наука, 1968.

Завадский К. М., Колчинский Э. И. ЭВОЛЮЦИЯ ЭВОЛЮЦИИ. Историко-критические очерки проблемы. Л.: Наука, 1977.

<sup>8</sup> Шмальгаузен И. И. Проблемы дарвинизма, с. 405.

## Будущее науки о городе

А. Э. Гутнов



Алексей Эльбрусевич Гутнов, доктор архитектуры, профессор Московского архитектурного института, заведующий отделом развития и реконструкции городской среды Научно-исследовательского института генерального плана Москвы. Область научных интересов — использование количественных методов в градостроительстве, реконструкция города, общие вопросы теории и методологии градостроительства. Соавтор монографий: Новый элемент расселения. М., 1966; Будущее города. М., 1977; Системный анализ и развитие города. М., 1983.

### ЗАЧЕМ НУЖНА ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ГОРОДСКОГО РАЗВИТИЯ

Город представляет собой едва ли не самый характерный феномен цивилизации — хранилище памяти о прошлом, средоточие острых проблем современности, источник нововведений, формирующих будущее. Он существует очень давно, являясь ровесником достоверной истории человеческого общества. Однако структура современного знания о городе несовершенна. Больше всего удивляет необычная мозаичность, разнородность, несвязанность воедино того, что о нем известно.

Наука о городе получила развитие в связи с потребностью регулировать строительство и потому изначально приобрела конструктивный, инженерно-прикладной характер. Современное градостроительство — это наука, скорее, о том, как строить город, чем о том, как он устроен. Ортодоксальная теория, которая сформировалась к середине нынешнего столетия и определила содержание градостроительных норм и правил, исходит из представления о городе как о системе четко дифференцированных в пространстве территорий, различных по типу функционального использования и составляющих соответственно зону приложения труда, зону жилья и зону отдыха. Такие территории

соединены между собой с помощью пешеходных и транспортных связей. Этот, ставший еще в 30-е годы классическим, принцип функционального зонирования «труд — быт — отдых» хорошо описывает строение небольшого городка или поселка, возникшего при промышленном предприятии: завод — жилая слобода — парк.

Однако с увеличением физических размеров и усложнением внутреннего строения города принципиальная неполноценность классической триады становится все более явной. К примеру, как описать с ее помощью строение такого города, как Москва, где предприятия, учреждения, магазины исчисляются тысячами?

По сути дела, вся современная градостроительная теория сформировалась в результате последовательных попыток ликвидировать это очевидное несоответствие между действительной сложностью конкретного объекта и элементарной формулой его описания. Однако несметное число поправок и дополнений, которыми обросла градостроительная теория, отнюдь не приближает к решению фундаментальных вопросов о том, каково строение города, как он развивается в пространстве и времени. Между тем формирование обобщающих представлений о нем, позволяющих моделировать его развитие, необходимо не только для объективного изучения городских

процессов, но и для разработки эффективных, реалистичных градостроительных проектов.

Такое положение сложилось в градостроительной науке. Наряду с этим еще в XIX в. город вошел в орбиту исследовательского интереса других научных дисциплин, среди которых в первую очередь следует назвать социологию и географию. Работы, выполненные на стыке этих наук, формируют совершенно иное, чуждое градостроительному механицизму представление о городе как о сложном, непрерывно развивающемся объекте, природа которого определяется как естественно-искусственная. Это позволило связать физическое пространство города с его социальными признаками. Анализ социально-пространственной структуры современного города дополняется изучением проблемы городского движения. Исследования по географии размещения положили начало районной планировке, конструктивные методы которой оказывают ощутимое влияние на градостроительную теорию.

Несмотря на несомненные успехи, изучение города методами смежных дисциплин ведется разрозненно и практически вне связи с градостроительством. Мешает отсутствие универсального научного языка, единой теоретико-методологической основы, без которой невозможны взаимное обогащение различных подходов, конструктивный обмен идеями и результатами. Назревший переход к комплексному междисциплинарному исследованию города затруднен еще и в силу организационных причин. Градостроительная наука «проходит» по строительному ведомству, а в системе академической науки городская тематика находится на периферии таких дисциплин, как география, экономика, социология, история, и не имеет пока самостоятельного места. В этих условиях попытки формирования общей теории городского развития повисают в воздухе. И все же, по моему глубокому убеждению, только таким способом можно сдвинуть дело с мертвой точки.

Прежде всего уточним, что имеется в виду под словом «город». Его общепринятое употребление предполагает отдельное, пространственно обособленное поселение («город» — в смысле «огородить», «обособить»). Однако в современных условиях признаки городского образа жизни распространяются не только на автономный компактный город, но часто на целую группу населенных мест — сросшихся между собой городов, поселков, свя-

занных воедино в социально-функциональном и экономическом отношении настолько тесно, что их нельзя рассматривать по отдельности (агломерация, групповая система расселения). Таким образом, современное представление об объекте градостроительного исследования и проектирования не укладывается в рамки строгого употребления термина «город». Приходится ввести для обозначения такого объекта, к сожалению, более громоздкое, но зато более точное понятие — градостроительная система.

Внутренняя целостность градостроительной системы обусловлена устойчивостью социально-функциональных связей, которые осуществляются на ее территории с помощью развитой коммуникационной сети. Размеры и реальные границы градостроительной системы определяются величиной предельно допустимых затрат времени на регулярные (повседневные) внутренние сообщения с трудовыми и культурно-потребительскими целями. В рамках суточного цикла жизнедеятельности эта величина, как правило, составляет не более 1 часа на целевую поездку в одном направлении.

#### СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

Какова же структурно-функциональная организация градостроительной системы? Каковы закономерности ее развития в пространстве и во времени?

Чтобы получить ответы на эти вопросы, целесообразно принять допущение, близкое по смыслу к принципу наименьшего действия в естествознании, и исходить из того, что главное правило городского развития состоит в увеличении числа потенциальных контактов при минимуме связанных с этим затрат. На наиболее выгодных в смысле транспортной доступности участках могут размещаться объекты самого различного функционального назначения, в самых разных сочетаниях. Однако в любом случае такие участки осваиваются наиболее интенсивно.

Взаимное соответствие высокой интенсивности освоения и высокой транспортной доступности городских территорий является фундаментальным фактом для объяснения природы внутригородского расселения. По сути дела, в этом проявляется естественная тенденция, реализующая универсальный принцип пространственно-временной концентрации деятельности, т. е. экономии затрат (средств, уси-

лий, времени) на осуществление жизнедеятельности населения<sup>1</sup>. Высокая интенсивность освоения пространства позволяет осуществлять эту экономию за счет более эффективного использования городской территории, а размещение в зоне удобной транспортной доступности — за счет прямого сокращения затрат времени на передвижение. Следовательно, выделяя районы по этим двум критериям — интенсивности освоения пространства и доступности, — мы выявляем узловые участки, занимающие ведущее положение в структуре городского плана.

Степень такой интенсивности и транспортной доступности может быть охарактеризована интегральным количественным показателем — структурно-функциональным потенциалом. Его показатели рассчитываются на основе обычной для проектной и исследовательской работы в области градостроительства информации. Районы с высоким потенциалом являются средоточием активных городских процессов, связанных с массовыми потоками населения. Распределение значений потенциала на городской территории характеризует специфику жизнедеятельности городского населения, т. е. в наиболее общей форме отражает функционирование города в целом.

В то же время интенсивное освоение выгодно расположенных участков неизбежно связано с размещением на них особо значимых объектов, а следовательно — с вложениями значительных средств. Нередко такие участки приобретают и общекультурную ценность. Таким образом, во времени закрепляется не только определенное распределение деятельности, но и обусловленные им различия в относительной ценности городских территорий. Интенсивно освоенные, выгодно расположенные участки становятся наиболее устойчивыми элементами градостроительной системы. Поэтому можно сказать, что распределение значений потенциала является своего рода мерой инерции, которую обнаруживает

градостроительная система в своем развитии.

Градостроительство и раньше было знакомо с использованием количественных оценок и расчетов, однако они применяются для решения локальных задач, затрагивающих отдельные аспекты функционирования и развития города (нормативные расчеты городской территории, вместимости объектов общественного обслуживания и т. п.). Введение интегрального количественного показателя, каким является структурно-функциональный потен-

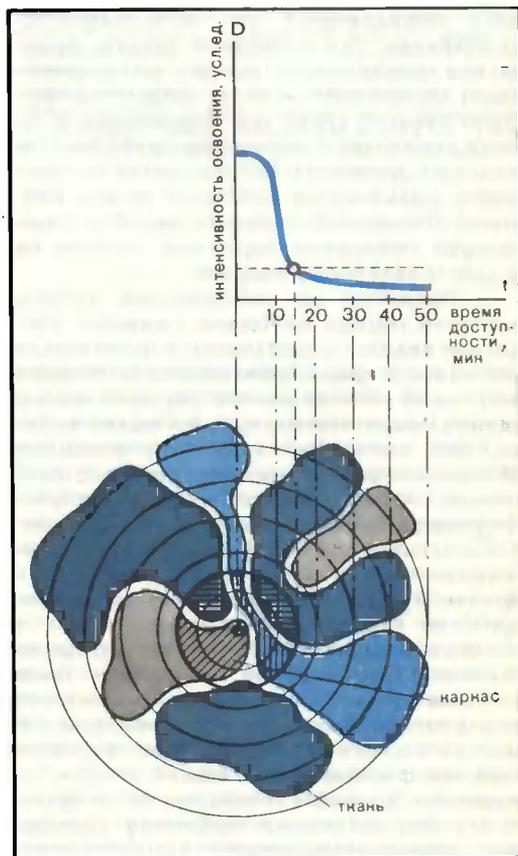


Схема структурно-функциональной организации градостроительной системы. Интенсивность освоения территории (по оси ординат), а значит, и принадлежность конкретного участка к каркасу или ткани, не зависит однозначно от типа функционального использования его территории. Круги обозначают зоны транспортной доступности. На графике (вверху) выше пунктирной линии лежат значения интенсивности освоения территорий, составляющих каркас, ниже пунктирной линии — ткань.

Сферы:

■ труд

■ быта

■ отдыха

<sup>1</sup> См.: Clark C. Population growth and land use. L., 1968; Родоман Б. Б. Узловые районы.— В сб.: Теоретическая география. М., 1971; Гольц Г. А. Влияние транспорта на пространственное развитие городов и агломераций.— В сб.: Проблемы современной урбанизации. М., 1972; Заболотский Г. А. Моделирование функциональных связей и развитие градостроительных объектов.— В сб.: Количественные методы в проведении исследований по градостроительству. Киев, 1973.

циал, дает возможность формализовать обобщенное описание структурно-функциональной организации системы в целом и на этой основе моделировать ее развитие в пространстве и времени. Тем самым открывается путь к созданию универсальной теории города, выходящей за рамки традиционного для современной градостроительной науки феноменологического и нормативного подхода.

Излагаемый в данной статье подход к формированию общей теории городского развития опирается на многолетний опыт изучения Московской градостроительной системы группой специалистов Научно-исследовательского и проектного института генерального плана Москвы под руководством автора. Работа выполнялась совместно со специалистами Всесоюзного института системных исследований АН СССР и Государственного комитета СССР по науке и технике. Основные положения теории нуждаются во всесторонней и тщательной проверке на материале представительного множества городов. Однако полученные на ее основе результаты по Москве уже позволили выявить целый ряд особенностей структурно-функциональной организации, которые недостаточно полно учитываются в практике градостроительного проектирования. А это снижает эффективность управления развитием города.

В основу теории положена модель структурно-функциональной организации градостроительной системы из двух основных компонентов — каркаса и ткани. Термин «каркас» используется для обозначения относительно устойчивой, структурообразующей части системы, которая концентрирует основные процессы жизнедеятельности городского населения, связанные с высокой интенсивностью пространственного освоения. Это узлы общественного транспорта, магистрали и их главные пересечения вместе с плотной застройкой, прилегающей к ним и формирующей самые людные зоны трудового тяготения и общественного обслуживания. Очевидно, что, выявив каркас и управляя его формированием, градостроитель получает возможность эффективно влиять на все остальные компоненты, составляющие ее основной материальный субстрат, или ткань, т. е. рядовую, стереотипную застройку жилых районов и промышленных зон.

Объективное выявление каркаса градостроительной системы на основе значений структурно-функционального потенциала требует совершенствования методов оценки социальных, экономических, инже-

нерно-транспортных характеристик городского пространства. Это ставит вполне конкретные прагматические задачи перед социологией города, экономикой градостроительства и городского хозяйства, исследованиями в области организации городского движения.

## ЦИКЛЫ ГОРОДСКОГО РАЗВИТИЯ

Для любого градостроителя вполне осязаем содержательный смысл каркаса. По собственному опыту он знает, как часто, особенно на ранних, наиболее ответственных стадиях творческих поисков, когда формируется общий замысел проектируемого объекта, возникает необходимость выявления его главной, структурообразующей части. Только определив такую структурную основу, можно оперативно моделировать и сравнивать различные варианты формирования и развития города. Конечно, каждый из компонентов города — и ткань, и каркас — играют свою ответственную и специфическую роль. Поддержание определенных характеристик ткани является необходимым условием полноценной городской жизни. Однако именно каркас является своего рода двигателем, который обеспечивает эффективную и бесперебойную работу «городской машины». Его параметры определяют «коммуникативную» мощность, которую город в состоянии предложить своему жителю как главное определяющее качество городского образа жизни.

Поэтому естественно, что мощность каркаса определяет допустимый размер всей системы. Чем меньше каркас по отношению к системе в целом, т. е. чем ниже относительная мощность каркаса, тем более затруднены социально-функциональные связи в системе. Поскольку время, которым в конечном счете оплачиваются эти издержки, жестко лимитировано рамками суточного цикла человеческой жизни, то существует предел допустимых затрат, который достаточно хорошо ощущается каждым жителем города и который соответствует определенному пороговому соотношению каркаса и ткани. Это соотношение устанавливается для каждой системы эмпирическим путем. При его нарушении система перестает быть эффективной.

Следовательно, всякое увеличение размеров системы должно окупаться соответствующим развитием каркаса, т. е. увеличением числа объектов общегородского значения и улучшением их доступности. В действительности, как правило, развитие каркаса несколько отстает от развития

системы в целом, а устранение этой диспропорции осуществляется скачкообразно. При этом величина возможного «запаздывания» или «рассогласования» каркаса и ткани жестко лимитирует территориальный рост города. Воспроизводство стереотипных элементов ткани может продолжаться до тех пор, пока потенциал каркаса обеспечивает возможность эффективного функционирования всей системы. По мере того как определяемые ими резервы для увеличения физических размеров системы исчерпываются, все больше заметными становятся

Таким образом, развитие города можно уподобить циклическому колебательному процессу, где фаза количественного роста сменяется фазой качественной перестройки. Такая логическая модель достаточно хорошо согласуется с имеющимися эмпирическими данными и теориями городского роста<sup>2</sup>. В то же время она может не только способствовать более точной формулировке исследовательских задач в сфере социологии и географии города, в экономических исследованиях эволюции городских структур, но и служить прием-

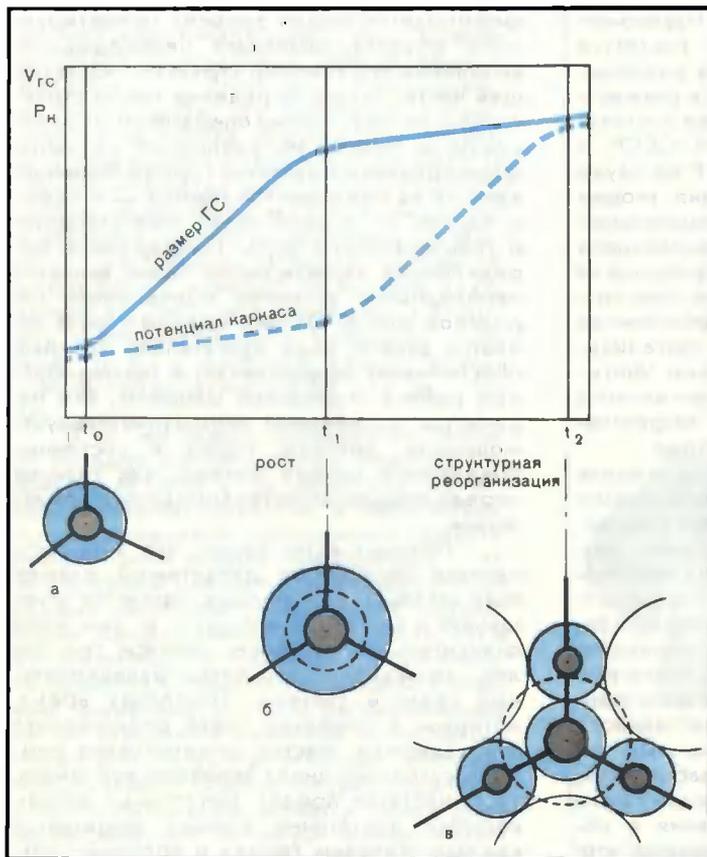


Диаграмма колебательного цикла развития градостроительной системы (ГС) «рост — структурная организация» (вверху). Показаны две фазы одного цикла колебательного изменения, который проходит система в своем развитии. По оси абсцисс — отсчет времени, по оси ординат — размер градостроительной системы ( $V_{ГС}$ ) и величина потенциала каркаса ( $P_н$ ). Единицы измерения условные. На стадии роста градостроительной системы (сплошная линия) ее размер увеличивается быстрее, чем потенциал каркаса (пунктир). Каркас развивается в основном за счет внутренних пространственных резервов. Последовательные этапы развития системы (внизу) на стадии роста (а—б) и структурной реорганизации (б—в). Каркас обозначен серым цветом, ткань — синим.

ся нарушения во взаимодействии различных функциональных подсистем. Темп роста замедляется, начинается процесс структурной реорганизации. В ходе этого процесса происходит активное формирование новых элементов каркаса, устраняются диспропорции, обусловленные предшествующим развитием, общий уровень структурно-функциональной организации значительно повышается. Начинается новый цикл развития системы.

<sup>2</sup> Экономический аспект колебательных циклов развития получил отражение в теории порогов Малиша. См.: Malisz B. La formation des systèmes d'habitat. Théorie des seuils. P., 1972. Колебательный, волнообразный характер процессов городского развития выявляется в исследованиях плотности внутригородского расселения (Г. Блюменфельд, Р. Бюсер, Т. Хагерstrand и др.). См.: Математическое моделирование внутригородского расселения. Франко-советские градостроительные исследования. М., 1974; Хагетт П. География: Синтез современных зданий. М., 1979.

лемой основой для конкретного сопоставления и синтеза результатов, полученных в рамках этих научных дисциплин.

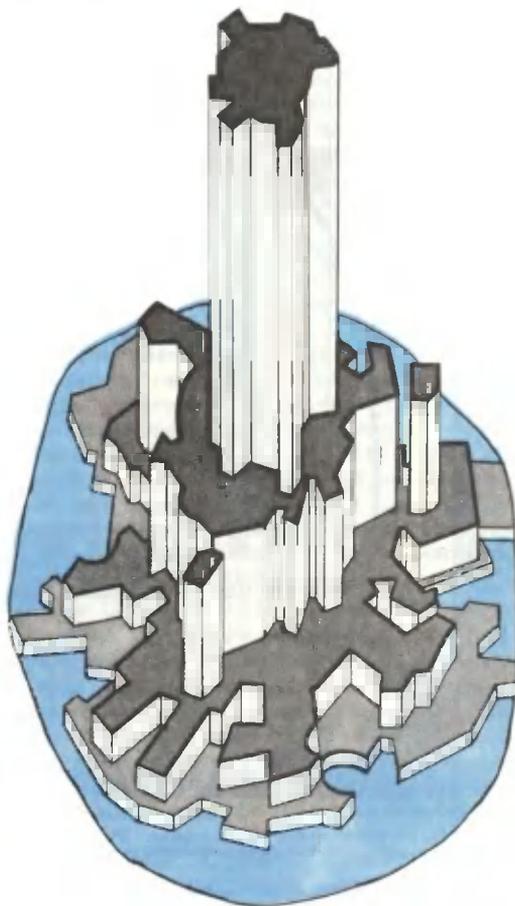
Что же происходит с градостроительной системой в различных фазах ее циклического развития? На стадии роста активно воспроизводятся элементы ткани. Растущая диспропорция между размерами системы и потенциалом ее каркаса до некоторого момента компенсируется наращиванием мощности каркаса в пределах уже занятой им территории (этот процесс можно назвать централизацией каркаса). Она позволяет использовать естественную энергию развития системы для того, чтобы с минимальными затратами поддерживать «разность потенциалов» между каркасом и тканью на уровне, который обеспечивает устойчивую ориентацию всех видов социальной активности и тот особый, насыщенный ритм жизни, который составляет главный признак городского образа жизни. По мере увеличения физических размеров города функциональная и транспортная перегрузка его главных центров создает ощутимые неудобства для реализации насущных потребностей населения. Темпы роста замедляются. Дальнейшее развитие системы требует ее внутренней перестройки. Теперь наиболее эффективными для полноценного функционирования становятся затраты на трансформацию каркаса. При этом режим расходования ресурсов развития системы радикально меняется.

Естественная тенденция приблизить места, где городская деятельность наиболее активна, к районам проживания населения обуславливает пространственное расщепление каркаса. Это проявляется в создании новых центров, обособленных от главного центра системы, и способствует ликвидации диспропорций между размерами города и мощностью его главного «двигателя». Именно в это время закладываются функциональные и пространственные резервы, необходимые для дальнейшего развития системы, создаются объективные предпосылки для радикальной градостроительной реконструкции.

### ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

Рассмотрев динамику изменения градостроительной системы в рамках одного колебательного цикла, т. е. во временном масштабе десятилетий, мы поневоле вынуждены задаться новым вопросом: что можно сказать о ее пульсации в масштабах исторического времени, охватывающего века? Нет оснований считать, что этот

процесс всегда происходит с одной и той же частотой. Едва ли можно допустить, что наиболее эффективное для функционирования системы соотношение каркаса и ткани остается совершенно неизменным на протяжении сотен лет. Ведь это, соотношение тесно связано с распределением структурно-функционального потенциала по территории системы, а порядок его величин определяется характеристиками плотности освоения городской территории и скорости внутригородского передвижения. Поэтому технический прогресс в



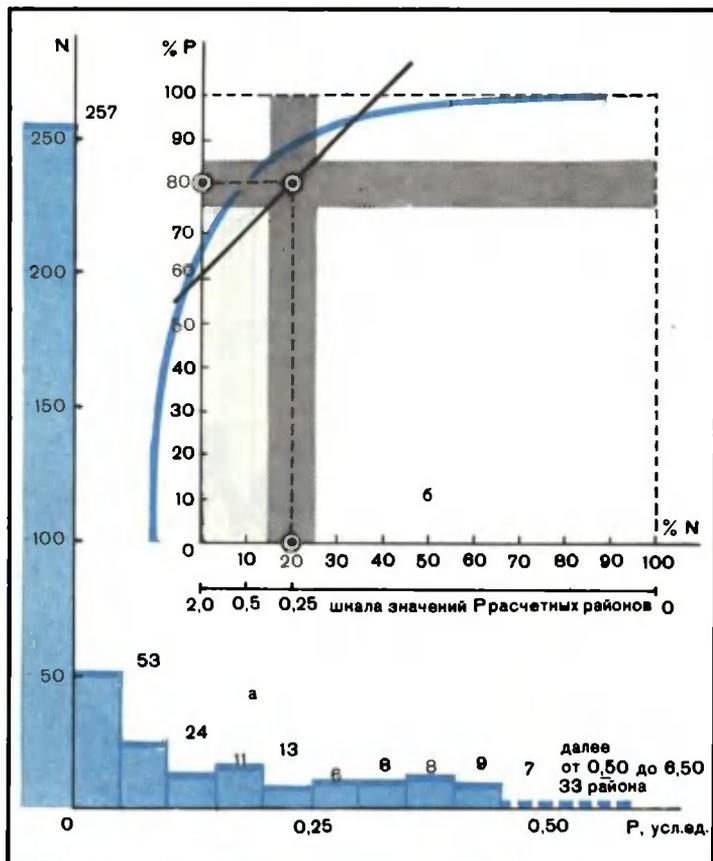
Объемная диаграмма распределения значений структурно-функционального потенциала по зонам транспортной доступности центра (на примере Москвы). Ясно виден выраженный центрический характер каркаса.

сфере городского строительства и транспорта оказывает существенное воздействие на естественный ход эволюции города.

Так называемые исторические города прошли в своем развитии две различные эпохи. Первая, допромышленная, характеризуется отсутствием механического транспорта и многоэтажного строительства. Другая, промышленная, начинается с возникновения железной дороги (а затем и других современных транспортных средств) и развития строительной индустрии. Каждая из этих эпох имеет свои пределы ско-

транспорта слабо сказывается сегодня на средней скорости передвижения населения из-за того, что много времени теряется, чтобы подойти к остановкам, из-за ограниченной пропускной способности улично-дорожной сети. Сводится к минимуму и эффект интенсификации освоения городских территорий за счет высотного многоуровневого строительства и использования подземного транспорта — главным образом из-за безудержного расширения города.

Окидывая взглядом всю панораму эволюции города, мы видим, что ритми-



Распределение значений структурно-функционального потенциала Р (на примере Москвы). Территория города разбита на условные расчетные районы [N] примерно равной площади, тяготеющие к узлам и остановочным пунктам городского транспорта. На графике «а» по оси абсцисс — значения Р (в условных единицах), по оси ординат — число расчетных районов. Видно, что подавляющее число районов характеризуется малыми величинами Р. На графике «б» по оси абсцисс — процент от общего числа расчетных районов [% N], по оси ординат — суммарный потенциал районов, расположенных в порядке убывания Р (в процентах от потенциала всей градостроительной системы). 80% суммарного потенциала создают менее чем 20% общего числа районов. Пороговое значение потенциала каркаса лежит в области «перегиба» кривой.

рости сообщений и интенсивности пространственного освоения, которые определяют качественный уровень организации системы и порядок значений ее структурного потенциала. Причем современное развитие города, по-видимому, вполне укладывается в рамки второй, промышленной эпохи, так как основные величины — скорость и плотность — мало изменились с конца прошлого столетия. Даже значительное повышение скорости городского

транспортная пульсация городского развития на каждом конкретном этапе ограничена определенными параметрами, которые обусловлены исторической эпохой и определяют качественные отличия в уровне структурно-функциональной организации.

По мере того как коммуникации, основанные на использовании механического транспорта, предопределяют второе рождение города, вступающего в новую эпоху своего развития, каркас градострои-

тельной системы расширяет сферу своего влияния за счет этих коммуникаций, охватывающих преимущественно вновь осваиваемые территории. Происходит сложное наложение старых и новых связей, в процессе которого элементы каркаса дифференцируются по характеру выполняемых функций. Одни элементы, восходящие кначальному историческому плану города, специализируются на распределении функциональной активности во внутренней области системы, сформировавшейся в предшествующую эпоху. Другие, по преимуществу связанные с новой сетью, распространяют свое влияние на внешнюю область пространственной экспансии системы. Особую роль приобретают узлы взаимодействия обеих подсистем, которые обеспечивают согласованную работу коммуникаций и центров различных рангов в рамках единого совмещенного каркаса, — они становятся опорными пунктами дальнейшего развития системы. Так, в развитии Москвы все больше усиливается значение срединной зоны города, которая находится у внешних границ исторического ядра, где сосредоточены вокзалы и другие пересадочные узлы городского транспорта<sup>3</sup>.

Такая дифференциация элементов каркаса усугубляется в рамках каждого колебательного цикла развития города, оставляя в его планировке следы, подобные годичным кольцам на срезе дерева. Поэтому всякая эволюционно зрелая высокоорганизованная градостроительная система имеет дифференцированный, совмещенный каркас, который в «свернутой» форме несет информацию о предшествующем развитии системы, т. е. воплощает в себе ее важнейшие историко-генетические особенности. Эта сложно закодированная информация содержит ключ к пониманию природы индивидуального своеобразия конкретного объекта. Таким образом, историческое исследование формирования и развития социально-пространственной структуры города становится необходимым фундаментом для общей теории городского развития.

### О НЕПОЛНОТЕ ТЕОРИИ И НОВОМ ВЗГЛЯДЕ НА ГОРОД

Нет сомнений в том, что на пути построения теории городского развития предстоит сделать еще очень много. Прежде

всего, необходима ее всесторонняя практическая проверка, которая сопряжена со сбором и обработкой значительных объемов информации по конкретным объектам. По-видимому, нельзя обойтись также без критического переосмысления и углубления логических оснований теории, т. е. сути исходного представления о городе как о «машине коммуникаций», где возможности обмена или выбора реализуются в соответствии с единственным и весьма элементарным правилом: чем ближе, тем лучше. Ведь принцип экономии затрат реализуется в идее пространственной концентрации, в представлении об узлах, центрах, главных трассах движения и т. п. Такое упрощение обусловлено не только требованиями формализации — оно отдает дань традиционно урбанистическому видению города. Нагромождение зданий, каменные джунгли, гигантская ярмарка или гигантский вокзал — вот только некоторые из образов, которые обычно возникают в этой связи.

Такое отношение к городу формировалось как противопоставление его застойно-стереотипной сельской жизни и сельских форм расселения. Однако сегодня, когда на значительной части земного шара городское население обгоняет по численности сельское, приходится ставить под сомнение чисто урбанистические идеалы. Все больше обращают на себя внимание такие проявления городской цивилизации, как технизм, загрязнение среды, шум, транспортная опасность, отрыв от природы, наконец, утрата человеческого масштаба.

В преддверии XXI в. настойчиво пробивает себе дорогу экологический подход, который опирается на поиски всестороннего развития города, природы и человека<sup>4</sup>. Перестройка профессионального мышления градостроителя обещает стать подлинной революцией идей: вопросы, которые раньше были второстепенными (природоохранные мероприятия, реконструкция, шумозащита, борьба с загрязнениями, экономия энергии и др.), выдвигаются на первый план. Общечеловеческий, общекультурный пафос этой тенденции, истоки, питающие ее в нашу техническую эру, вполне понятны. Эта тема заслуживает особого разговора, и здесь нет возможности обсуждать ни ее общеполитические, ни специальные архитектурно-технические аспек-

<sup>3</sup> Подробнее см.: Посохин М. В., Полков Ю. С., Гутнов А. Э., Шмульян Б. Л. Системный анализ и развитие города. М., 1983, с. 403—431.

<sup>4</sup> См.: Каганов Г. Э. Урбанистический эпос и развитие городов. — Строительство и архитектура Ленинграда, 1977, № 2; Глазачев В. Л. Социально-экологическая интерпретация городской среды. М., 1984.



Средневековый город (гравюра Х. Л. Бекапа, 1535 г.) и улица в Вильнюсе (1982 г.). Город меняет свое лицо и приобретает новые измерения. Но суть его остается все той же: это — средоточие человеческой деятельности, направляющаяся движение в пространстве и во времени. Отношение к городу как к сложной, динамичной системе естественно-искусственного происхождения, ощущение живого города является отправным пунктом современного градостроительного исследования и проектирования, основой междисциплинарного синтеза различных областей научного знания о городе.

ты. Собственно говоря, дело не в том, какие именно конкретные пространственные формы примет «экогород», но в том, что они в принципе несводимы к факторам пространственной концентрации и размещения (транспортной доступности). Само их возникновение, условие их формирования определяется специфическим экологическим (в самом широком смысле этого слова) качеством среды.

Современное градостроительство не имеет универсального апробированного метода комплексной экологической оценки. Оно умеет оценивать лишь отдельные

факторы — загрязнение атмосферы, уровень шума и пр., но не в состоянии сопоставить их друг с другом или с факторами иного порядка. Именно с этим связана однобокость, принципиальная неполнота изложенного варианта теории городского развития. Тем самым определяется главное направление дальнейшего совершенствования теории.

Любопытно, что это направление, по сути дела, предопределено исходными положениями теории, во всяком случае, «место» для включения его результатов уже «заготовлено». Действительно, для количественного описания градостроительной системы использована лишь одна из двух принципиальных возможностей, обусловленных двоичной моделью «каркас — ткань». Система описывается в терминах каркаса. Однако существует пока не реализованный, но равновесный в логическом отношении путь описания системы через специфические «тканевые» свойства. Для этого можно ввести специальное выражение (назовем его условно экологическим потенциалом), дополняющее уже известную формулу структурно-функционального потенциала. Комплексный учет обоих потенциалов в рамках методологически еди-



ной оценочной процедуры позволит придать необходимую законченность теории.

Особенность предложенного подхода к формированию градостроительной теории, в отличие от распространенного в современной градостроительной науке, заключается в том, что он строится на отказе от буквального воспроизведения тех методических приемов и процедур, которые годами выработывались в практике градостроительного проектирования. Предлагается перейти от последовательного перебора большого числа равноприоритетных факторов, учет которых требует оперирования с непомерно громоздким объемом разнообразной информации, к более обобщенной, но зато и гораздо более оперативной оценке ограниченного количества факторов, имеющих определенное значение для функционирования и развития всей системы. По мере накопления опыта моделирования города растет убежденность в том, что простая автоматизация не может привести к успеху. Чтобы добиться решающего сдвига в прогнозировании городского развития, по-видимому, необходимо найти новый путь, обусловленный специфическими возможностями современных методов научного поз-

нания, которые не имеют аналогов в существующей традиции градостроительного проектирования.

Итак, в любом случае надо искать новый и, следовательно, необычный путь. Путь, ведущий к развитию комплексного междисциплинарного исследования города. Будет ли этот путь таким, каким мы попытались его представить, покажет время. Можно утверждать лишь то, что для решения этой сложной задачи уже недостаточно разрозненных усилий градостроительной науки и смежных научных дисциплин, так же как и энтузиазма отдельных борников нового подхода. Необходима планомерно организованная и хорошо скоординированная работа больших исследовательских коллективов.

## След Эйлера в математике

С. Г. Гиндикин



Семен Григорьевич Гиндикин, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Межфакультетской проблемной научно-исследовательской лаборатории молекулярной биологии и биоорганической химии им. А. Н. Белозерского Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Научные интересы связаны с математической физикой, комплексным анализом, теорией групп Ли. Автор книг: Алгебра логики в задачах. М., 1972; Рассказы о физиках и математиках. М., 1981. В «Природе» опубликовал статьи: Математические и механические задачи в работах Гюйгенса о маятниковых часах (1979, № 12); От принципа Кавальери к томографу (совместно с В. М. Бухштабером; 1983, № 6). Лауреат премии Московского математического общества.

В последний год XIX столетия петербургские ученые загодя думали о праздновании предстоящего в 1907 г. 200-летия со дня рождения Леонарда Эйлера (1707—1783).

6 февраля 1899 г. на Общем собрании Академии обсуждалось предложение отделения физико-математических наук о сооружении по международной подписке памятника Эйлеру в Петербурге. Против этого предложения решительно выступил академик (по математике) Н. Я. Сонин (1849—1915). Он говорил, что труды Эйлера устарели, что его значительно превзошли Лагранж и Гаусс, что «следы деятельности Эйлера практически заметены». В общем, памятники следует ставить великим ученым, а Эйлер является разве что выдающимся, а потому для него вполне достаточно бюста, установленного в конференц-зале Академии вскоре после смерти Эйлера. Вопрос был поставлен на голосование. Голоса разделились поровну, а это, согласно академическому уставу, означало, что в памятнике Эйлеру отказано<sup>1</sup>.

За прошедшие 85 лет за Эйлером, кажется, прочно укрепилась репутация ве-

ликого ученого (хотя памятника ему так и не поставили!), так что рассказанный эпизод очень легко интерпретировать как курьез (каким он, несомненно, и был). Попытаемся понять, какие особенности деятельности Эйлера могли быть основанием для столь поразительного заключения. В чем величие Эйлера? Какой след в математике он оставил? «Заметён» ли этот след?

### ИМЕНИ ЭЙЛЕРА...

По числу объектов, названных его именем, Эйлер, возможно, является рекордсменом: функция Эйлера в арифметике, константа Эйлера, прямая Эйлера в геометрии треугольника, эйлеровские интегралы — гамма- и бета-функции ( $\Gamma(x)$  и  $B(x, y)$ ) и т. д. Есть еще формула Эйлера для многогранника; не менее знаменитая формула, связывающая показательную и тригонометрические функции в комплексной области; уравнения Эйлера — Лагранжа в вариационном исчислении; бесчисленное множество теорем и конструкций, носящих его имя, — всего не перечислить... Можно еще вспомнить, что Эйлер ввел обозначения  $e$  (для числа Непера),  $i = \sqrt{-1}$ , современные обозначения для тригонометрических функций (он же стал рассматривать их в области значений за пределами  $2\pi$ ), обозначение  $f(x)$ .

<sup>1</sup> Письма Шарля Эрмита А. А. Маркову. — Приложение к кн.: Ожегов Е. П. Шарль Эрмит. Л., 1982, с. 243.

Итак, имя Эйлера встречается нередко. Но какие большие теории «записаны» за ним в истории математики, какие трудные, давно стоявшие задачи он решил (задачи, которые так принято ценить среди математиков XX в.)? Здесь дело обстоит не так-то просто. Обстоятельства, по которым за тем или иным открытием закрепляется собственное имя, содержат немало случайного и несправедливого. Нередко бывает, что в истории науки сохраняется имя того ученого, который совершил последний шаг или даже сделал результат понятным непосвященным. В итоге, по терминологии Н. Я. Сониной, «замечается след» того, кто сделал первый, не обязательно решающий, но важный и трудный шаг.

Для Эйлера не было органичным доделывать начатое другими. Тем более знаменательно, что в ряде наиболее популярных своих результатов он сам «заметал следы» своих предшественников. Так, предварительная версия теоремы Эйлера о связи между числом граней  $G$ , ребер  $P$  и вершин  $B$  ( $B+G=P+2$ ) содержится в рукописи Декарта (1596—1650), которая датируется 1639 г. и была скопирована в 1675—1676 гг. Г. В. Лейбницем (1646—1716). Утверждение Декарта было забыто; в 1750 г. Эйлер сообщает формулировку теоремы, носящей его имя, в письме к Хр. Гольдбаху (1690—1764). Вскоре он нашел доказательство теоремы, первоначально проверенной на примерах.

В 1730 г. Эйлер решил задачу о построении функций  $\Gamma(x)$  и  $B(x, y)$ , совпадающих в целых точках соответственно с  $n!$  и числом сочетаний  $C_n^m$ . Эйлер указал для них интегральные представления. При этом он хорошо знал и использовал идеи Дж. Валлиса (1616—1703) об интерполяции числовых последовательностей с помощью интегралов, включающих непрерывный параметр, изложенные в его «Арифметике бесконечных» (1656). Валлис в значительной степени уже владел эйлеровским интегралом первого рода  $B(x, y)$  и знал связь этой задачи с разложением числа  $\pi$  в бесконечное произведение.

Формулу Эйлера  $e^{ix} = \cos x + i \sin x$  Ж. Л. Лагранж (1736—1813) назвал одним из наиболее прекрасных аналитических открытий XVIII в. Формула производит сильное впечатление и сегодня. Ее можно очень естественно получить через ряды или функциональные уравнения, поэтому редко вспоминают, как она появилась в математике XVIII в. Удивительно, что логика ее открытия была достаточно прямолинейной. В начале века И. Бернулли (1667—1748), учитель Эйлера, занимаясь задачей об инте-

грировании рациональных дробей, обратил внимание на соотношение

$$\frac{1}{1+x^2} = \frac{1}{2i} \left( \frac{1}{x-i} - \frac{1}{x+i} \right).$$

Если его формально проинтегрировать, то слева получается арктангенс, а справа — логарифмы, правда, мнимого аргумента. После несложных преобразований получается формула:

$$x = \frac{1}{2i} \ln \frac{1+i \operatorname{tg} x}{1-i \operatorname{tg} x}, \quad (1)$$

которая тривиально преобразуется в формулу Эйлера. Хотя И. Бернулли и не выписал соотношение (1), он безуспешно пытался придать смысл встречающимся здесь вычислениям с мнимыми величинами. На этой почве в 1712—1713 гг. возникла известная дискуссия между И. Бернулли и его учителем Лейбницем о логарифмах отрицательных чисел (чему равен  $\ln(-1)$ ?), а в 1714 г. «формула Эйлера» промелькнула без необходимых обоснований у Р. Коутса (1682—1716), рано умершего сподвижника И. Ньютона. Эйлер, хорошо осведомленный в проблемах, волновавших его учителя, в 1728 г. выводит формулу (1), отталкиваясь от вычислений Бернулли, а к 1739 г. развивает теорию логарифмов в комплексной области, так что все формулы становятся корректными и противоречия исчезают:  $\ln(-1) = (2k+1)\pi i$ . В этом — огромная заслуга Эйлера.

На этих примерах видно, что Эйлер на высочайшем уровне продолжал то, что не смогли завершить его предшественники. В публикациях он безупречно ссылался на них, и все же сегодня эти результаты мы безоговорочно связываем с именем Эйлера, редко вспоминая тех, кто сделал первые шаги.

А как же обстояло дело у Эйлера с решением проблем, за которыми успела укрепиться репутация трудных? Надо сказать, что не всегда в математике таким задачам придавали столь важное значение, как теперь. Разумеется, в античной математике важную роль играли неразрешимые задачи на построение циркулем и линейкой (квadrатура круга, трисекция угла, удвоение куба, построение правильного семиугольника), с которыми удалось разобраться лишь в XIX в. В XVI в. математику возродила к жизни задача о решении кубического уравнения. В XVII в. математики не забывали про то, что все еще неизвестна формула для решения уравнений степени, большей 4, но не эта задача определяла основную линию развития в математике XVII в.

Это был век анализа. Математические поединки, так популярные прежде, выходили из моды, но спортивный элемент сохранялся: математики охотно обменивались задачами. Можно вспомнить про серию задач о циклоиде, сыгравшей важную роль в становлении анализа бесконечно малых. И все же крупнейшие математики были скорее заняты разработкой новых теорий, решением тех задач, которые они увидели сами. Не было задач, которые десятилетиями испытывали честолюбие ученых, задач, требовавших многолетней концентрации внимания, многолетних рассуждений, десятков, а то и сотен страниц текста. Вероятно, Эйлер был первым крупным математиком, который имел реальную возможность посвятить себя решению таких задач. Как же он распорядился этой возможностью?

### ФЕРМА И ЭЙЛЕР

Одним из главных источников трудных проблем в математике является теория чисел. Если отвлечься от ее предистории, связанной с именем Диофанта (III в.), то П. Ферма (1601—1665) был первым, кто обнаружил, что в арифметике имеются не только удивительные факты, касающиеся конкретных чисел, но и общие утверждения — теоремы. Формулировки значительного числа таких теорем Ферма оставил на полях «Арифметики» Диофанта (как нельзя кстати изданной в 1621 г.), в письмах и заметках.

Ферма был одним из крупнейших математиков своего времени, одной из ключевых фигур героической эпопеи создания анализа и аналитической геометрии; он находился в переписке с ведущими математиками. Показательно, что ему не удалось всерьез увлечь арифметическими задачами никого из наиболее серьезных своих корреспондентов. Заинтересованных собеседников он нашел лишь среди математиков калибром ниже: Френикля де Бесси (1605—1675) и Жака де Билли (1602—1679).

По трудно разгадываемым причинам одни научные теории увлекают всех (например, анализ в XVII в.), другие разрабатываются отдельными учеными, тщетно пытающимися привлечь к ним внимание коллег. В 70-е годы XVII столетия заметки Ферма были частично собраны и опубликованы, однако, не будь Эйлера, трудно себе представить судьбу арифметики Ферма.

О работах Ферма Эйлер, по-видимому, узнал вскоре после своего приезда в Петербург, в 1727 г., от Хр. Гольдбаха и сохранил интерес к теории чисел на всю

жизнь. Для математика, выросшего в школе И. Бернулли, устойчивый интерес к арифметике не был органичным. Наиболее выдающиеся коллеги Эйлера относились к его увлечению, по крайней мере, без понимания. Д. Бернулли (1700—1782), который сам был не прочь немного позаниматься арифметическими задачами, писал в 1778 г. Н. И. Фуссу (1755—1826), ученику Эйлера, по поводу арифметических работ его учителя: «...не находите ли Вы, что простым числам оказывают, пожалуй, слишком большую честь, расточая на них столько сил (*tant de richesses*), и не отражает ли это рафинированный вкус нашего века?»<sup>2</sup>

Арифметические проблемы Эйлер обсуждает прежде всего с Гольдбахом, очень оригинальным математиком, но все же не относившимся к крупнейшим современникам Эйлера, таким как Ж. Л. Д'Аламбер (1717—1783) или А. К. Клеро (1713—1765).

Положение стало иным лишь к концу жизни Эйлера, когда, благодаря его работам, отношение к теории чисел стало меняться и он получил возможность обсуждать эти проблемы в переписке с Лагранжем в 1772—1773 гг.

Уже в 1729 г. Эйлер узнал от Гольдбаха об утверждении Ферма, что числа  $F_n = 2^{2^n} + 1$  являются простыми при всех  $n$ . В начале 1730-х годов он обнаружил, что это утверждение неверно, а именно:  $F_5$  делится на 641. Наблюдение Эйлера не было результатом перебора: непосредственно искать делители у  $F_5$  было нереалистично даже для такого поразительного вычислителя, каким был Эйлер. Он вначале обнаруживает, что делители  $F_n$  (если они существуют) имеют очень специальный вид:  $k2^{n+2} + 1$ , после чего обнаружить  $641 = 5 \cdot 2^7 + 1$  нетрудно. Удивительно, что первая попытка Эйлера доказать утверждения Ферма вывела его на единственное ошибочное утверждение. К счастью, это не поколебало его доверия и интереса к арифметике Ферма.

В 1736 г., после нескольких безуспешных попыток, Эйлер находит доказательство теоремы, называемой сейчас малой теоремой Ферма: если  $p$  — простое число и  $a$  не делится на  $p$ , то  $a^{p-1} - 1$  делится на  $p$  (например, при  $a=10$  и  $p \neq 2, 5$ , число из  $(p-1)$  девяток делится на  $p$ ). Позднее Эйлер узнал, что это утверждение уже умел доказывать Лейбниц (но дальше его занятия арифметикой не пошли: Лейбниц не увидел

<sup>2</sup> Цит. по: Юшкевич А. П., Копелевич Ю. Х. Христиан Гольдбах. М., 1983, с. 128.

путей для построения всеобщей арифметики, а частные проблемы были ему не слишком интересны).

В 1770-е годы Эйлер экспериментально обнаружил, что для простых чисел  $p$  можно найти такое  $a$  (Эйлер назвал такие числа первообразными корнями для  $p$ ), что  $a^k - 1$  не будет делиться на  $p$  при  $k < p - 1$  (это эквивалентно тому, что остатки от деления на  $p$  у всех  $a, a^2, \dots, a^{p-1}$  различны). Например, для  $p = 17$  годится  $a = 3$ . Эйлер высказывает гипотезу, что первообразный корень существует для любого простого  $p$ , намечает некоторый вариант доказательства. Полное доказательство гипотезы дал А. М. Лежандр (1752—1833). Другое доказательство вместе с вычислением числа первообразных корней дал К. Ф. Гаусс (1777—1855), для которого манипуляции с первообразными корнями послужили отправной точкой в построении циркулем и линейкой правильного 17-угольника (выполненного им в возрасте 19 лет).

Еще один круг вопросов, унаследованных Эйлером от Ферма, относится к исследованию остатков от деления квадратов. При решении элементарных задач часто бывает полезно помнить, что ни для какого натурального числа  $n$  квадрат  $n^2$  при делении на 3 не может давать остаток, равный  $-1$  (таким способом можно быстро установить, что какое-то очень большое число не есть точный квадрат). Ферма утверждал, что  $-1$  никогда не получается при делении квадратов на простые числа вида  $4k - 1$ , но обязательно встречается при делении на простые числа вида  $4k + 1$ . Доказав гипотезу Ферма (1747), Эйлер пытается выяснить аналогичный вопрос, но при замене  $-1$  числом  $a$ . Появляется удивительная гипотеза. Надо рассмотреть арифметическую прогрессию  $4ak + 1$  ( $k$  и  $a$  — взаимно простые). Тогда либо остаток  $a$  не может получиться при делении квадратов ни на какое из простых чисел прогрессии, либо остаток  $a$  встречается для каждого такого простого числа. Свою гипотезу Эйлер доказал для  $a = 3$ , но не справился со случаем  $a = 2$ . Потом Лагранж разобрал задачу при  $a = 2, 5, 7$ ; еще несколько случаев рассмотрел Лежандр, который предпринял попытку провести общее доказательство. Оно, однако, содержало принципиальные пробелы. Первое полное исключительно трудное доказательство дал Гаусс (через неделю после построения 17-угольника); он назвал гипотезу Эйлера «золотой теоремой» — сейчас ее называют квадратичным законом взаимности.

Ферма утверждал, что всякое про-



Леонард Эйлер. Портрет работы Ж. Дарбеса. 1770-е годы. Музей истории и искусства в Женеве.

стое число вида  $p = 4k + 1$  представимо в виде суммы квадратов  $x^2 + y^2$ , причем единственным образом ( $a$  простое вида  $4k - 1$  не представимо). Доказав это утверждение, Эйлер обнаружил, что если составное число представимо в виде  $x^2 + y^2$ , то это представление обязательно не единственное. Эйлер замечает, что с помощью этого наблюдения можно доказать, является ли некоторое число составным или нет. Потом он выясняет, что аналогичным образом дело обстоит для представления простого числа в виде  $x^2 + 2y^2$ : если число представляется в таком виде единственным образом, то оно обязательно простое. Было proved, что то же утверждение справедливо для представлений  $x^2 + 3y^2, x^2 + 4y^2$ .

Назовем число  $a$  удобным, если в виде  $x^2 + ay^2$  однозначно представляемы лишь простые числа. Удобными оказываются все  $a \leq 10$ , причем проверить каждый такой случай далеко не просто. Но как бывает обманчива неполная индукция! Число  $a = 11$  оказывается неудобным. Однако для Эйлера задача на этом не кончается. Он продолжает экспериментировать и обнаруживает,

что удобными являются числа 12, 13, 15, 16, 18, 21, 22, 24, но постепенно удобные числа встречаются все реже и реже, и в первой тысяче их набирается 62. Вычисления продолжают: во второй тысяче всего три удобных числа — 1320, 1365, 1848. В третьей тысяче удобных чисел вовсе не встречается (их вообще больше не удавалось обнаружить, хотя Эйлер терпеливо продолжал вычисления до  $a=10\,000$ ). На основании проделанных вычислений Эйлер высказывает гипотезу, что имеется точно 65 удобных чисел. Гаусс перепроверяет вычисления Эйлера, но гипотезы не доказывает. Лишь в 30-е годы нашего столетия удалось доказать конечность множества удобных чисел, а к настоящему времени уточнено, что их не более 66. Это сравнительно изолированное, далеко не самое яркое исследование Эйлера, но на этом примере отчетливо виден стиль его работы. Какая целеустремленность, интуиция, наконец, научное мужество необходимы для того, чтобы не прервать вычисления прежде, чем появятся основания для гипотезы о конечности множества удобных чисел! Какую необычайную выдержку нужно иметь, чтобы продолжать вычисления достаточно далеко, чтобы приобрести уверенность в справедливости гипотезы.

В рассмотренных случаях Эйлер выступает как ученик Ферма в самом высоком смысле этого слова. Он включил утверждения Ферма в далеко продуманную картину мультипликативной (связанной с делимостью) теории чисел, безошибочно увидев практически все ее основные теоремы и проблемы. Доказательство некоторых ключевых утверждений осталось на долю последователей Эйлера.

Уже несколько приведенных примеров дают представление об особенностях научного стиля Эйлера. Перед ним было несколько прекрасных задач, на которых можно было сосредоточиться на годы, если не на всю жизнь, но никакая конкретная проблема не имела для Эйлера приоритета перед воссозданием цельной картины, перед неукротимым желанием двигаться вперед. Он постоянно возвращался к неполучившимся задачам, умело дозируя время, уделяемое той или иной проблеме. Трудность возникавших проблем, сознание, что он вынужден отказаться от получения строгого доказательства, привели Эйлера к формированию способов установления математической истины, отличных от доказательства. На первый план выходит числовой эксперимент, причем не только при обдумывании задачи или гипотезы: тщательно

проведенный на большом материале, он для Эйлера иногда равнозначен установлению истины. Эйлер говорит о «познанных, но не доказанных истинах» и стремится к тому, чтобы такого рода аргументация получила гражданство в математике. Получение строгого доказательства для Эйлера остается важнейшей целью, но на некоторой стадии он сознательно отказывается от дальнейшего поиска, тщательно прорабатывая эвристические соображения.

Мы упоминали о нескольких гипотезах Эйлера, про которые обычно говорится, что он не смог их доказать. Есть среди них и такие, доказательство которых принесло впоследствии славу крупнейшим математикам.

Однако среди оставшихся без доказательства гипотез есть утверждения другого «калибра»: сегодня трудно себе представить, чтобы Эйлер не сумел найти для них доказательства, поставь он это себе основной задачей.

## АРИФМЕТИКА И АНАЛИЗ

За пределами арифметики Ферма находится аддитивная теория чисел, задачи которой связаны не с делимостью, а с разбиением чисел на слагаемые. В окружении Эйлера обсуждались задачи этого типа, связанные с простыми числами. Некоторые из них придумал сам Эйлер, кроме того, он принял активное участие в первоначальном обсуждении знаменитых проблем Гольдбаха (четное число представляется в виде двух простых и т. д.). Эти задачи оказались очень трудными, и не было видно путей к их решению.

Аппарат, который через много лет оказался действенным для решения таких задач, Эйлер начал разрабатывать в связи с другой серией проблем. Здесь он стартовал не с глубоких утверждений Ферма, а со сравнительно случайных задач, сообщенных ему в 1740 г. Ф. Ноде младшим (1684—1745), имя которого вряд ли что-нибудь говорит нашему современнику. Это задачи о количествах представлений произвольного натурального числа в виде суммы слагаемых специального вида, и скорее они относятся к комбинаторике. Поразительная идея Эйлера заключалась в том, чтобы применять к решению этих задач бесконечные ряды и произведения. Вот простейший пример. Выписывается тождество

$$(1+x)(1+x^2)(1+x^4)(1+x^8)\dots = 1+x+x^2+x^3+x^4+\dots$$

Чтобы убедиться в его правдоподобности, удобно умножить обе части на  $(1-x)$  и проследить за тем, как при перемножении последовательно исчезают в обеих частях ненулевые степени  $x$ . Если слева формально выполнить перемножение, то коэффициент при  $x^k$  будет равен числу представлений числа  $k$  в виде суммы различных степеней двойки, а из сопоставления с правой частью получается, что такое представление всегда возможно, причем единственным образом. Разумеется, такое рассуждение нельзя назвать строгим, однако Эйлера это не смущало. Он рассмотрел большое число разнообразных примеров, смело прибегая к аналитическим (дифференцирование, интегрирование) и алгебраическим операциям над бесконечными суммами и произведениями. Возможности применять анализ в арифметике удивили самого Эйлера: «И хотя мы здесь рассматриваем природу целых чисел, к которой Исчисление бесконечно Малых кажется неприложимым, тем не менее я пришел к своему заключению при помощи дифференцирования и других уловок»<sup>3</sup>.

Труднейшие арифметические задачи связаны с простыми числами. Например, Эйлера волновал вопрос о распределении простых чисел в натуральном ряду. Он решил, что к этой задаче можно применить анализ — гениальная идея, положившая начало аналитической теории чисел. Именно: рассматривается числовой ряд

$$\zeta(s) = 1 + \frac{1}{2^s} + \frac{1}{3^s} + \frac{1}{4^s} + \dots, \quad (2)$$

относительно которого не позднее 1737 г. Эйлер знал, что его сумма совпадает с бесконечным произведением

$$\zeta(s) = \left(1 - \frac{1}{2^s}\right)^{-1} \left(1 - \frac{1}{3^s}\right)^{-1} \left(1 - \frac{1}{4^s}\right)^{-1} \dots \quad (3)$$

(произведение берется по всем простым числам). Проблема сходимости не обсуждается, а для проведения правдоподобных рассуждений вполне хватает формулы суммы бесконечной геометрической прогрессии. Эйлер предполагает, что оценки для  $\zeta(s)$  можно преобразовать в информацию о простых числах. Однако фантазия увлекла его слишком далеко. Удастся найти лишь новое доказательство теоремы о бес-

конечности множества простых чисел, известной еще Евклиду, связав это с расходимостью гармонического ряда. Эйлер видит теорему, при доказательстве которой метод Евклида уже не может конкурировать с его методом: теорему о бесконечности множества простых чисел в арифметической прогрессии  $an+b$ , где  $a$  и  $b$  — взаимно простые. Сейчас она известна как теорема Дирихле: П. Г. Дирихле (1805—1859) доказал ее с помощью развитой им техники Эйлера.

Переходя к частичным суммам, Эйлер высказывает предположение, что  $\ln \sum_{n < x} \frac{1}{n}$  близок к  $\sum_{p < x} \frac{1}{p}$  ( $p$  — простые). Это уже движение в сторону асимптотического закона распределения простых чисел! Пройдет 100 лет, и великий Б. Риман (1826—1866) продолжит  $\zeta(s)$  в комплексную область, положив во главу угла теории связь между значениями  $\zeta$  в точках  $s$  и  $1-s$  (функциональное уравнение Римана), о которой, по существу, знал Эйлер. Связь с арифметикой станет отчетливой и обособленной. Функция  $\zeta(s)$  стала называться дзета-функцией Римана, а за бесконечным произведением (3) сохранилось название эйлеровского произведения.

## АНАЛИЗ У ЭЙЛЕРА

Мимо Эйлера не прошел ни один раздел современной ему математики, и все же для него, ученика И. Бернулли, научного внука Лейбница, анализ стоял на первом месте.

К началу деятельности Эйлера ситуация в математике сложилась следующим образом. XVII в. почти полностью ушел на создание того, что сейчас мы называем дифференциальным и интегральным исчислениями. Классики анализа строили его в уверенности получить алгоритмические процедуры для решения всех без исключения аналитических задач. Поначалу все предвещало гармоничное завершение: при интегрировании получались либо элементарные функции, либо как нельзя кстати только что вошедшие в употребление логарифмическая, прямые и обратные тригонометрические функции. Но потом появились грозные предзнаменования. «Абердинский отшельник» Дж. Грегори (1638—1675) упорно настаивал, что задача о вычислении длины дуги эллипса или дуги гиперболы приводит к интегралам, которые не вычисляются через элементарные функции (к эллиптическим интегралам!) и даже рассчитывал доказать это с помощью рядов (одно-

<sup>3</sup> Эйлер Л. Открытие наиболее необычного закона чисел, относящегося к суммам их делителей.— В кн.: Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения. М., 1957, с. 121.

временно с трансцендентностью числа  $\pi$ ). Практичного И. Ньютона (1643—1727), который знал и другие примеры неинтегрируемостей (дифференциальный бином при некоторых значениях параметров), это не очень волновало, поскольку он не видел ограничений для решения аналитических задач с помощью рядов (так называемый метод неопределенных коэффициентов).

Напротив, для Лейбница, судя уже по его письму к Ньютоу в 1676 г., проблема замкнутости исчисления представлялась критической. Его программа была однозначной: надо расширить класс элементарных функций высшими трансцендентными функциями так, чтобы все аналитические задачи можно было разрешить. Впрочем, путей для реализации этого плана не было видно. Одно время казалось, что желаемое расширение запаса функций получится при интегрировании рациональных дробей со знаменателями высокой степени, и Лейбниц долго не верит И. Бернулли, что новых трансцендентностей при решении такой задачи не возникает. Очень поучительно проследить за динамикой его оценок ситуации, сложившейся в анализе на рубеже XVII—XVIII вв. Еще в 1692 г. Лейбниц рассчитывает до конца века завершить анализ (и тем самым практически всю математику), с тем чтобы в следующем веке можно было сконцентрироваться на физике (письмо Гюйгенсу)<sup>4</sup>. В 1708 г., в письме к Лопиталю, он констатирует, что «мы не хозева положения» в задаче интегрирования, решении дифференциальных уравнений и что вообще «анализ бесконечно малых делает только первые шаги»<sup>5</sup>.

Попытаемся разобраться, какие возможности были у молодого математика, приступавшего к занятиям анализом в XVIII в. Прежде всего, надо было приводить в порядок то, что было сделано в предыдущем веке, — попросту, писать учебники анализа. Эта работа уже была начата в конце XVII в. И. Бернулли и Лопиталем. Всю свою жизнь Эйлер добросовестно писал многотомный курс анализа. Необходима была не только систематизация аналитических фактов, но и подведение под анализ более надежных оснований, продумывание и уточнение основных понятий. Классики анализа обеспечивали высокую скорость движения вперед за счет очень вольного обращения с актуальной бесконеч-

ностью при манипуляциях с бесконечно малыми. Ясность наступила не раньше чем через 100 лет. Хотя стихией Эйлера были конкретные факты и примеры, он принял посильное участие в процессе прояснения основных понятий. Впрочем, его заслуги в этом направлении, по-видимому, меньше, чем у его современника Д'Аламбера — человека с более гуманитарным складом мышления (кроме того, специфические требования предъявляла необходимость писать популярные статьи по анализу для «Энциклопедии»). Но когда уточнение какого-либо понятия требовалось для решения конкретной задачи, Эйлер был на высоте. Так было в задаче о колебании струны, когда Эйлер решительно заявил, что в начальный момент времени струна может принимать произвольную форму, которую можно изобразить «свободным влечением руки»<sup>6</sup>. Как подчеркивали Лагранж и Риман, это был момент, когда в анализе появились произвольные функции, характеризующие своими графиками (а не аналитическими выражениями). В то же время, Д'Аламбер, который за год до Эйлера решил уравнение струны, столкнулся с непреодолимыми трудностями в попытке совместить аналитичность начальной функции с периодичностью и был вынужден даже запретить изгибание струны в начальный момент по параболе.

Что касается конкретных аналитических задач, то очень нелегко было найти достойные задачи после того, как имеющиеся возможности систематически исследовали гиганты ушедшего XVII в. Действительно, собственно в анализе в XVIII в. было получено немного выдающихся результатов. Все же Эйлер обнаружил некоторые неиспользованные возможности. Одна из них относится к любимому разделу Ньютона — теории рядов.

Эйлер воспринимает ряды как многочлены бесконечной степени, в частности разлагает их в бесконечное произведение линейных множителей по корням (с некоторыми перестройками по сравнению с обычными многочленами, поскольку нужно ориентироваться на младший член, а не на старший, которого нет). Так, для  $\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \dots$  корни  $\alpha_k$  равны  $k\pi$  ( $k=0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ). В результате получаем:

<sup>4</sup> См. в кн.: История математики. М., 1970, т. 2, с. 287.

<sup>5</sup> Цит. по: Погребысский И. Б. Готфрид Вильгельм Лейбниц. М., 1971, с. 257.

<sup>6</sup> Эйлер Л. О познанных и не доказанных истинах. Цит. по: Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения, с. 122.

$$x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \dots = x \left( 1 - \frac{x^2}{\pi^2} \right) \cdot \left[ 1 - \frac{x^2}{4\pi^2} \right] \left( 1 - \frac{x^2}{9\pi^2} \right) \dots \quad (4)$$

Выполняя формально умножения скобок и собирая коэффициент при  $x^2$ , имеем:

$$1 + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + \dots = \frac{\pi^2}{6}. \quad (5)$$

Это есть значение  $\zeta(2)$ . О суммировании ряда (5) мечтал еще Я. Бернулли (1654—1705). Эйлер давно сосчитал 15 знаков у суммы ряда. Понимая нестрогость своих рассуждений, он начинает со сравнения этого результата с правой частью. Отметим, что из (4) легко находятся значения всех  $\zeta(2n)$ . Эйлера очень привлекала задача вычисления  $\zeta$  в нечетных точках. Ради этого он придумал связь между  $\zeta(s)$  и  $\zeta(1-s)$ , но первые результаты об арифметической природе  $\zeta(3)$  появились лишь совсем недавно.

Эйлеру постоянно приходилось выслушивать претензии по поводу нестрогости своих рассуждений, поэтому он неоднократно пытался обосновать разложение  $\sin x$  в бесконечное произведение (в частности, с помощью формулы для  $e^{ix}$ ). Не рассчитывая на полное обоснование, он коллекционирует косвенные подтверждения. Так, он выводит своим методом соотношение

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \dots,$$

которое уже было строго получено Грегори и независимо Гюйгенсом через разложение в ряд  $\arctg x$ . Это совпадение Эйлер расценил очень высоко: «Для нашего метода, который может некоторым показаться недостаточно надежным, здесь обнаруживается великое подтверждение. Поэтому мы вообще не должны сомневаться в других результатах, выведенных тем же методом»<sup>7</sup>.

Часто подчеркивается особенность публикаций Эйлера, в которых содержатся не только результаты, но и неоценимая информация о путях, на которых они были получены. При этом не следует забывать, что сам стиль работы Эйлера, часто не обладавшего доказательств, не оставлял ему других возможностей убедить читателя, кроме как максимально полно сообщить все свои эвристические соображения.



Бюст Эйлера работы Д. Рашетта. 1784 г., мрамор. Здание Президиума Академии наук СССР, Москва.

Чтобы покончить с рядами, заметим, что даже сколь угодно строгая теория сходимости рядов и бесконечных произведений, которая появилась лет через 50, не решила бы всех трудностей Эйлера. В отличие от Ньютона или Д'Аламбера, он настаивал на необходимости работы в анализе не только со сходящимися, но и с расходящимися рядами. Интуиция и здесь не обманула Эйлера, но он заглянул столь далеко вперед, что не хватало не только техники доказательств, но и языка, на котором можно было бы говорить об этом.

#### ВАРИАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ

В конце XVII в., когда анализ был близок к своему завершению, стали появляться и вызывать общий интерес вариаци-

<sup>7</sup> Там же, с. 40.

ционные задачи (нахождение кривых или функций, обладающих теми или иными свойствами экстремума). Эти задачи принадлежали уже другой эпохе в анализе, и, согласно современной традиции, анализ бесконечно малых завершается прямо перед ними, а вариационное исчисление выделяется в отдельную область математики (в ней речь уже идет не о функции от точки, а о функции от кривой, или функционале).

Собственно, разрозненные приемы решения изолированных вариационных задач превратили в исчисление (набор общих приемов решения) Эйлер и шедший вслед за ним Лагранж. С большим тактом отнесся Эйлер к 19-летнему Лагранжу, который сообщил в письме (1755 г.) о существенных усовершенствованиях его исчисления. Он не торопился с публикацией собственных исследований, использующих идеи Лагранжа, с тем чтобы дать молодому ученому опубликовать первым свои результаты.

Первую вариационную задачу Эйлер получил в юности от И. Бернулли и сохранил на всю жизнь верность области, с которой начиналась его научная карьера. Возможно, поэтому такое сильное впечатление произвела на него идея П. Л. Мопертюи (1698—1759) о том, что вариационные принципы носят фундаментальный характер в естествознании и полностью описывают реальные процессы в природе (1744 г.). В частности, реальное механическое движение протекает так, что некоторая величина — он назвал ее действием — принимает наименьшее значение. Мотивировка этого утверждения носила в значительной степени телеологический характер, а минимальность действия воспринималась как следствие «наиболее мудрого употребления могущества творца»<sup>8</sup>. Не отрицая этой логики, Эйлер дополнил расплывчатые мотивировки Мопертюи, совершенно точно сформулировав принцип наименьшего действия в случае центральных сил.

Вокруг утверждений Мопертюи разразился ожесточенный спор, причем общность этих утверждений позволила участвовать в дискуссии людям далеким от физики. «Этот спор о действии, если нам будет позволено сказать, несколько походит на некоторые религиозные споры по горечи, которая была в него вложена, и по количеству людей, принявших в нем уча-

стие, ничего в этом не смысла», — писал об этом Д'Аламбер<sup>9</sup>.

Особенно неистовствовал Вольтер, некогда восхищавшийся Мопертюи: он разразился сатирическим памфлетом «Диатриба доктора Акакии уроженцу Сен-Мало»<sup>10</sup>. В конечном счете Мопертюи был морально раздавлен, но от Вольтера досталось и Эйлеру, последовательному защитнику Мопертюи. Его можно безошибочно узнать в ученом, который пытается снискать себе славу среди европейских математиков тем, что «производит на бумаге максимум вычислений»: считает не менее чем на 60 страницах вместо того, чтобы подумать и потратить не более десяти строк, считает три дня и три ночи, не потратив четверти часа на обдумывание правильного пути. Вот как преломился у Вольтера образ гениального вычислителя. Даже с учетом полемичности ситуации самоуверенные остроты не украшают великого философа и писателя.

Эйлера нередко упрекали и упрекают в том, что он переоценил путаные высказывания Мопертюи, почти демонстративно подчеркивая вторичность своих работ. Намекали даже, что практичный Эйлер стремился угодить всемогущему (до дискуссии) президенту Берлинской академии наук. Но думается, что такое отношение к работе Мопертюи было органично для Эйлера: он умел ценить пионерские работы и понимал, сколь в несовершенном виде предстают порой в них новые идеи. Мопертюи высказал то, что естественно было сделать Эйлеру. Эйлер все время искал для механики более надежное основание, чем законы Ньютона, которые он не был готов принять за первичные. Ему не суждено было догадаться, что необходимый принцип можно было почерпнуть из его любимого вариационного исчисления.

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ

Математики XVIII в. помнили о мечте Лейбница разобраться с высшими трансцендентными функциями. Однако трезвая оценка показывает, что регулярных способов разобраться в этой проблеме тогда не было. Отдельные примеры функций появлялись у разных математиков. Но мы теперь ясно видим, что это была задача

<sup>8</sup> Цит. по: Леонард Эйлер. М., 1958, с. 250.

<sup>9</sup> Там же, с. 252.

<sup>10</sup> См. в кн.: История математики. М., 1972, т. 3, с. 252.



Академики физико-математического класса у жертвенника с изображением Л. Эйлера. Групповой силуэтный портрет работы Ф. Антинга, 1780-е годы [слева направо]: Н. И. Фусс [муж внучки Эйлера], А. И. Лексель, А.-И. Эйлер [сын Л. Эйлера], П. С. Паллас, И. И. Лепехин, И. И. Георги, Л. Ю. Крафт.

для XIX в. и, одновременно, что Эйлер практически без пробелов угадал все специальные функции, которые составят предмет высшего анализа. Мы уже говорили об эйлеровских интегралах и  $\zeta$ -функции. К этому можно прибавить беселевы функции, некоторые виды  $\Theta$ -функций, гипергеометрическую функцию Гаусса, которая при разных значениях параметров дает большое количество специальных функций, встречающихся в математической физике. Наконец, Эйлер сделал важнейшие шаги в теории эллиптических интегралов, включая теорему сложения. Эти результаты служили отправной точкой для Лежандра и Гаусса, Абеля и Якоби.

Вошло в привычку, что если появляется новый естественный класс функций, то

его нужно поискать у Эйлера. В последние годы в самых разных задачах теории чисел, алгебры, топологии, геометрии по непонятым до конца причинам появляется дилогарифм 
$$\text{Li}_2(z) = \sum_{n=1}^{\infty} z^n/n^2.$$
 Оказалось, что Эйлер знал о замечательных свойствах этой функции, в частности о теоремах сложения.

Важнейший технический прием, которого не хватало Эйлеру, — это продолжение специальных функций в комплексную область. Но Эйлер уже делал первые шаги в построении комплексного анализа: наряду с Д'Аламбером (правда, в связи с задачами гидромеханики), он рассмотрел уравнения Коши — Римана, которые задают аналитические функции комплексного переменного; пользовался комплексными подстановками для вычисления вещественных интегралов, а в последние годы жизни вычислял вещественные интегралы через интегралы от комплексных функций, очень близко подойдя к теории Коши контурного интегрирования на комплексной плоскости.

Поиски специальных функций невозможно отделить от выделения важных клас-

сов дифференциальных уравнений. Уже никто не сомневался, что произвольные дифференциальные уравнения явно проинтегрировать нельзя. Эйлер активно участвует в выявлении тех уравнений, которые возникают при решении физических задач. Он рассматривает ряд уравнений в связи с задачами гидромеханики, колебаний струн и мембран, распространения звука: здесь и уравнение Лапласа, и некоторые варианты волнового уравнения, и др. Для Эйлера был характерен аналитический взгляд на физику. Он стремился свести физические задачи к решению тех или иных дифференциальных уравнений. В механике он первым перешел с помощью метода координат от геометрического языка Ньютона к аналитическому (развивавший его идеи Лагранж написал «Аналитическую механику», в которой вовсе не было чертежей).

### НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА

Эйлер был вычислителем божьей милостью; по словам Араго, «он вычислял так, как человек дышит»<sup>11</sup>. В это время не было более естественной области для применения его вычислительных способностей, чем небесная механика, и в первую очередь — согласование закона всемирного тяготения с реальными наблюдениями.

На уровне рассмотрения парных взаимодействий (задача двух тел: Солнце и планета, Земля и Луна) согласование было удивительным. Но оставались совершенно реальные расхождения («неравенства»), которые было естественно объяснить влиянием третьих тел (Солнца на Луну, взаимного притяжения больших планет). Другая возможность, которая реально обсуждалась, это внесение коррективов в закон всемирного тяготения (например, несколько изменить показатель 2 при расстоянии). Несколько «неравенств» в движении Луны объяснил Ньютон на страницах «Начал» с помощью рассмотрения задачи трех тел (Луна — Земля — Солнце), и это воспринималось как одно из важнейших его достижений. Эйлер закладывает основы вычислительных методов в небесной механике; он неутомим в конкретных вычислениях и все же... какие «призы» достались на его долю?

Одной из самых трудных задач была задача объяснения периодического (с периодом 9 лет) движения перигея лун-

ной орбиты. Учет возмущений упорно давал период 18 лет, пока в 1749 г. А. К. Клеро не показал, что учет возмущающих членов второго порядка дает правильный период (в бумагах Ньютона в XIX в. нашли аналогичные вычисления). Эйлер в отзыве на работу Клеро в связи с ее представлением на премию Петербургской академии наук писал: «...в этом вопросе у г. Клеро, пожалуй, не было сильнее противника, чем я... хотя я и был в этом вопросе предшественником г. Клеро, у меня не хватало терпения пуститься в столь пространное вычисление»<sup>12</sup>. У Клеро был еще не менее эффектный результат с предсказанием времени задержки кометы Галлея при очередном возвращении. Были ли у Эйлера столь же яркие результаты, понятные широкой публике? Пожалуй, что нет. Впрочем, можно вспомнить про его теорию Луны, на основе которой И. Т. Майер (1723—1762) составил столь точные лунные таблицы, что была признана возможность использовать их для измерения долготы на борту корабля (это выразилось в присуждении Майеру и Эйлеру части премии английского парламента, 3000 и 300 фунтов стерлингов соответственно).

Мы уже отмечали ранее, что Эйлер предоставлял своим последователям возможность завершать начатое им («заметь следы»). А на примере небесной механики видно, как в некоторых ситуациях его опережали ученые, которым была присуща большая концентрация на избранных проблемах. Но Эйлер был бескомпромиссен в своей научной стратегии, хотя за это и приходилось платить, как мы видели, немалую цену. Ему был присущ неповторимый стиль в занятиях математикой. Эйлер осознанно выбрал свою судьбу, предпочтя поиски новых путей и стремление продвигаться по ним как можно дальше доведению до конца решения конкретных проблем (особенно, если ответ не вызывал у него сомнений).

До сих пор удивляет, как далеко вперед видел Эйлер развитие математики. Оценить его по-настоящему могли те, кто учился по его работам, пользовался его провидческими идеями, выполнял тяжелую работу по «заматанию следов», подтверждая справедливость его гениальных догадок, открывал то, что еще не суждено было увидеть Эйлеру — одному из величайших математиков всех времен.

<sup>11</sup> Цит. по: Леонард Эйлер, с. 248.

<sup>12</sup> Эйлер Л. Письма ученым. М.—Л., 1963, с. 98.



## Атлантический осетр

**Е. А. Цепкин,**  
кандидат биологических наук

Биологический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова

Россия издавна славилась богатством и обилием осетров; промышленно их главным образом в Каспийском, Азовском, Черном морях и впадающих в них реках. Вылов осетровых рыб в России был гораздо больше, чем во всех остальных странах, вместе взятых: только в Европейской части в 1893 г. осетровый промысел составил 2,6 млн пудов (41,6 тыс. т). В осетрах ценится все: вкусное мясо; спинная струна, употребляемая в пищу под названием вязиги; плавательные пузыри, из которых получается высококачественный рыбий клей, и, конечно, икра, всегда бывшая предметом экспорта России.

Икра у осетровых составляет 1/6—1/5 от веса рыбы, а количество икринок доходит

до нескольких миллионов. Несмотря на столь громадную плодовитость, из-за интенсивного промысла численность осетровых рыб значительно снизилась уже в конце XIX в. Сейчас некоторые виды осетровых стали редкими и в нашей стране и как требующие специальных и неотложных мер охраны внесены в списки 2-го издания «Красной книги СССР». В числе этих видов — атлантический, или балтийский осетр (*Acipenser sturio*, известный ранее под названием немецкого) — очень редкий вид, фактически исчезнувший в настоящее время на большей части ареала.

Судя по археологическим материалам и сведениям из разнообразных письменных источников, атлантический осетр был объектом древнейшего рыболовства: в бассейне Балтийского моря его добывали в эпоху неолита, т. е. 4—5 тыс. лет назад. Даже сравнительно недавно, в прошлом столетии, он встречался в промысловом количестве в Балтийском, Северном, Средиземном и Черном морях, а также у Атлантического побережья и в реках Франции и Испании. На нерест он входил в Западную Двину и Неву, в Ладожское озеро, реки Вол-

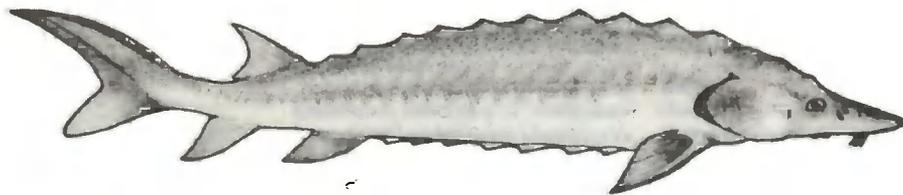
хов, Сясь, Свирь и даже Онежское озеро. Уловы атлантического осетра начали падать в самом начале нашего века, а к середине столетия в реках Европы он был почти полностью истреблен.

Сейчас самая многочисленная популяция осетра осталась лишь в юго-восточной части Черного моря, у западного и северо-западного черноморских побережий попадают только единичные экземпляры. Редко заходит он в низовья Дуная, к побережьям, Румынии и Болгарии; также единичные особи встречаются в западноевропейских реках — По, Гвадалquivире и Жиронде; в реках Эстонии и прилегающих участках Балтийского моря с 1888 г. было добыто всего 29 экземпляров осетра, причем последняя поимка приходилась на 1971 г. Естественные нерестилища сохранились в низовьях р. Рионы.

Причин столь резкого и громадного по масштабам сокращения численности и ареала этой ценной рыбы несколько. Началось падение численности из-за чрезмерного промысла, а в дальнейшем оно усугубилось постройкой плотин на реках и загрязнением водоемов.

Атлантический осетр — гигантская рыба с серовато-бу-

Атлантический осетр.



рой спиной и серебристо-белым брюхом — по размерам превосходит всех остальных сородичей рода осетров: он достигает длины до 3,5 м и массы до 400 кг. От обыкновенного русского осетра (*Acipenser güldenstädti*) он отличается более удлиненным заостренным рылом, наличием на теле между спинным и боковыми рядами жучек многочисленных мелких ромбических, а не звездчатых, костяных пластинок. У атлантического осетра наибольшая среди других рыб приспособленность к изменению солёности воды: размножается он в пресной воде, а большую часть жизни проводит в морях и океане, где солёность достигает 35 ‰.

Атлантический осетр — типично проходная рыба — входит в реки на нерест, а молодь скатывается в море для нагула. За свою жизнь осетр совершает весьма протяжённые миграции (не отличаясь при этом беспроходностью) по континентальному шельфу морей, да и в реках до мест икротелания ему нередко приходится преодолевать более 100 км. Половая зрелость наступает у самцов, достигших 7—9-летнего возраста, а у самок — 8—14-летнего, и с этой поры рыбы малыми стадами устремляются к нерестилищам, придерживаясь глубоких и быстрых мест.

Современных нерестилищ в Риони осетр, двигаясь против течения, достигает лишь через месяц; нерестовый ход длится с конца апреля по июнь. Когда вода в глубоких местах с быстрым течением прогревается до 8—22 °С, самки выметывают от 0,2 до 5,7 млн икринок, а самец одновременно с этим выпускает молоку. Как только спермии проникают в яйца, икринки разбухают, становятся клейкими и, упав на каменисто-галечниковое дно, прикрепляются к нему. В зависимости от температуры воды икра развивается от 3 до 13 суток и появившаяся личинка (9—11 мм длиной) первое время существует за счет желтка, который первоначально находился в икре, а в процессе эмбрионального развития сконцентрировался в стенке кишечника эмбрионов. Запаса такого желтка ли-

чинкам хватает на первые две недели жизни. За это время они подрастают до 16—18 мм и переходят на активное питание, потребляя в основном мелких рачков — дафний.

В конце лета молодь достигает 18—23 см и, не задерживаясь далее в реке, скатывается в море (взрослые рыбы, сильно истощенные из-за отсутствия подходящей пищи в реке, после выметывания икры сразу же возвращаются в море). Здесь молодые осетры поглощают мелких моллюсков, ракообразных и червей и быстро растут. Высокий темп роста — еще одна замечательная особенность атлантического осетра, отличающая его от прочих осетров. На морском шельфе взрослые особи питаются в основном рыбой (преимущественно хамсой), но при недостатке ее поедают, как и молодь, моллюсков и крупных ракообразных.

Сооруженная на р. Риони четыре десятилетия назад гидроэлектростанция находится выше нерестилищ атлантического осетра, поэтому его популяция сохранилась до наших дней. С 1967 г. промысел осетра в самой Риони и прилегающих районах моря запрещен, а с 1969 г. введен запрет на всякое рыболовство и в Риони, и на участке Черного моря между городами Поти и Очамчир (прибрежная полоса шириной 5 миль). Точных данных о количестве атлантического осетра в этой части ареала сейчас нет; до установления запрета на его отлов численность взрослых особей ориентировочно оценивалась не более чем в 1000 экземпляров.

В 1968 г. сотрудники Рыбохозяйственной станции Грузии совместно со специалистами Центрального научно-исследовательского института осетрового хозяйства (Министерство рыбного хозяйства СССР) пытались начать искусственное разведение атлантического осетра, для чего от трех самок была получена созревшая икра (созревание икры стимулировали введением препарата гипофиза), но самцом добыть не удалось, и опыт остановился на самой начальной стадии. К сожалению, в последующие годы работы по искусственному оплодотворе-

нию и инкубации икры продолжены не были.

Сейчас атлантический осетр внесен в списки как «Красной книги СССР», так и двух союзных республик — Грузинской и Эстонской. Однако численность его вряд ли достаточна для естественного восстановления; только запрет на его промысел, очевидно, не спасет этот вид от полного исчезновения. Необходимо проводить работы по искусственному разведению (отлов, выдерживание и созревание производителей, искусственное оплодотворение и инкубация развивающейся икры, подращивание личинок и мальков до жизненной стадии с последующим выпуском молоди в Риони). Для этого и построен Рионский рыболовный завод, но, к сожалению, до сих пор он не введен в эксплуатацию. Думается, что при искусственном разведении атлантического осетра может возникнуть необходимость в отработке только некоторых биотехнических деталей, связанных с биологическими особенностями вида, поскольку осетроводство как таковое в нашей стране имеет богатейший, почти вековой опыт и успешно осуществляется на Куре, Волге, Дону, Кубани и других реках. Целесообразно было бы также организовать морскую заповедник в юго-восточной части Черного моря, включив прибрежную зону от Поти до Очамчир, и р. Риони от ее устья до села Варцике.

## Космические исследования

## Запуски космических аппаратов в СССР (июль — август 1984 г.)

В июле — августе 1984 г. в Советском Союзе было запущено 18 космических аппаратов, в том числе 11 спутников серии «Космос» с научной аппаратурой, предназначенной для продолжения исследований космического пространства.

На спутниках «Космос-1582, -1584, -1590 и -1591» установлена научная аппаратура для продолжения исследований природных ресурсов Земли в интересах различных отраслей народного хозяйства СССР и международного сотрудничества. Информация с этих спутников поступает в Государственный научно-исследовательский и производственный центр «Природа» для обработки и использования.

Транспортный космический корабль «Союз Т-12» доставил на орбитальную научную станцию «Салют-7» экипаж в составе: командир корабля летчик-космонавт СССР В. А. Джанибеков, бортинженер летчик-космонавт СССР С. Е. Савицкая и космонавт-исследователь И. П. Волк. Члены краткосрочной экспедиции вместе с основным экипажем станции «Салют-7» выполнили обширную программу научно-технических исследований и экспериментов<sup>1</sup>.

Грузовой автоматический корабль «Прогресс-23» доставил на станцию «Салют-7» топливо для объединенной двигательной установки станции, оборудование, аппаратуру, материалы для проведения научных исследований и обеспечения

Таблица

| Космический аппарат | Дата запуска | Параметры начальной орбиты |            |                  |                       |
|---------------------|--------------|----------------------------|------------|------------------|-----------------------|
|                     |              | перигей, км                | апогей, км | наклонение, град | период обращения, мин |
| Космос-1581         | 4.VII        | 614                        | 40 165     | 62,8             | 710                   |
| Метеор-2            | 5.VII        | 954                        | 974        | 82,5             | 104                   |
| Союз Т-12           | 17.VII       | 282                        | 309        | 51,6             | 90,2                  |
| Космос-1582         | 19.VII       | 227                        | 308        | 82,4             | 89,5                  |
| Космос-1583         | 24.VII       | 209                        | 388        | 72,9             | 90,1                  |
| Космос-1584         | 27.VII       | 193                        | 268        | 82,4             | 88,8                  |
| Космос-1585         | 31.VII       | 181                        | 324        | 64,8             | 89,3                  |
| Горизонт            | 2.VIII       | 35 785                     | 35 785     | 1,5              | 1 435                 |
| Космос-1586         | 2.VIII       | 614                        | 40 165     | 62,8             | 710                   |
| Космос-1587         | 6.VIII       | 209                        | 394        | 72,9             | 90,2                  |
| Космос-1588         | 8.VIII       | 438                        | 457        | 65               | 93,3                  |
| Космос-1589         | 8.VIII       | 1 500                      | 1 523      | 82,6             | 116                   |
| Молния-1            | 10.VIII      | 479                        | 40 772     | 62,7             | 735                   |
| Прогресс-23         | 14.VIII      | 194                        | 267        | 51,6             | 88,8                  |
| Космос-1590         | 16.VIII      | 221                        | 293        | 82,4             | 89,3                  |
| Молния-1            | 24.VIII      | 467                        | 40 877     | 62,8             | 737                   |
| Экран               | 24.VIII      | 35 580                     | 35 580     | 0,4              | 1 425                 |
| Космос-1591         | 30.VIII      | 220                        | 300        | 82,3             | 89,4                  |

жизнедеятельности экипажа, почту.

На борту очередного метеорологического спутника «Метеор-2» установлены: аппаратура для получения глобальных изображений облачности и поверхности Земли в видимом и инфракрасном диапазонах спектра как в режиме запоминания, так и в режиме непосредственной передачи; радиометрическая аппаратура для непрерывных наблюдений за потоками проникающих излучений в околоземном космическом пространстве и необходимые служебные системы.

Очередные спутники связи «Молния-1» предназначены для обеспечения эксплуатации системы дальней телефонно-телеграфной радиосвязи, а также передачи программ Центрального телевидения СССР на пункты сети «Орбита».

Спутник телевизионного вещания «Экран», выведенный на близкую к стационарной круговую орбиту, оборудован

ретрансляционной аппаратурой, которая обеспечивает в дециметровом диапазоне длин волн передачу программ Центрального телевидения СССР на сеть приемных устройств коллективного пользования. Спутник «Экран» имеет международный регистрационный индекс «Стационар-Т». Очередной спутник связи «Горизонт» запущен в соответствии с программой дальнейшего развития систем связи и телевизионного вещания с использованием ИСЗ.

## Космические исследования

## Экспедиция на «Салют-7»: июль — август 1984 г.

В июле — августе 1984 г. космонавты Л. Д. Кизим, В. А. Соловьев и О. Ю. Атьков — члены

<sup>1</sup> Подробнее о работе шести космонавтов на станции «Салют-7» см.: Природа, 1984, № 11, с. 101.

основной экспедиции на «Салют-7» — продолжали выполнение запланированной программы полета.

8 августа Л. Д. Кизим и В. А. Соловьев совершили шестой, заключительный выход в открытое космическое пространство; он начался в 12 ч 46 мин (здесь и далее время московское) и продолжался 5 ч. Космонавты сняли часть теплозащитного покрытия на торце агрегатного отсека и с помощью специального приспособления перекрыли один из трубопроводов топливной магистрали. Перед возвращением на станцию они демонтировали фрагмент панели солнечной батареи для последующего анализа специалистами на Земле. Впервые в практике пилотируемых полетов космонавты в течение одной экспедиции совершили шесть выходов в открытое космическое пространство общей продолжительностью 22 ч 50 мин, выполнив при этом сложные монтажные работы. Успешному завершению этих многоэтапных работ в открытом космосе предшествовали разработка методов их выполнения, проектирование и изготовление специальных инструментов, тренировка космонавтов в гидробассейне.

В июле космонавты завершили работы с автоматическим грузовым кораблем «Прогресс-22», запущенным 28 мая 1984 г. и состыкованным с пилотируемым комплексом 30 мая. Двигатель «Прогресса-22» трижды использовался для коррекции орбиты пилотируемого комплекса.

15 июля 1984 г. в 17 ч 36 мин корабль «Прогресс-22» был отстыкован от станции «Салют-7». В расчетное время была включена его двигательная установка на торможение, в результате корабль перешел на траекторию спуска, вошел в плотные слои атмосферы и прекратил существование.

В августе экипаж осуществил разгрузочно-погрузочные работы с автоматическим грузовым кораблем «Прогресс-23», который был запущен 14 августа 1984 г., а 16 августа в 12 ч 11 мин совершил стыковку с орбитальным научно-исследовательским

комплексом «Салют-7» — «Союз Т-11». За время совместного полета «Прогресса-23» в составе орбитального пилотируемого комплекса были полностью выполнены все намеченные операции: разгрузка, дозаправка объединенной двигательной установки станции, перекачка питьевой воды, загрузка освободившегося отсека корабля использованным оборудованием. С помощью двигателя «Прогресса-23» проведены две коррекции траектории движения орбитального комплекса. После завершения программы 26 августа 1984 г. в 20 ч 13 мин «Прогресс-23» отделился от пилотируемого комплекса «Салют-7» — «Союз Т-11»; 28 августа в 5 ч 28 мин его двигательная установка была включена на торможение, он перешел на траекторию снижения, вошел в плотные слои атмосферы и прекратил существование.

В июле — августе космонавты продолжили научно-исследовательскую работу на орбите. В период с 19 по 28 июля 1984 г. космонавты Л. Д. Кизим, В. А. Соловьев и О. Ю. Атьков работали вместе с членами краткосрочной экспедиции — космонавтами В. А. Джанибековым, С. Е. Савицкой и И. П. Волком.

Систематически проводились контрольные медицинские обследования экипажа для оценки состояния здоровья космонавтов, их самочувствия и работоспособности в длительном космическом полете. Исследовались сердечно-сосудистые системы членов экипажа, в частности методом ультразвуковой локации с использованием прибора «Эхограф» оценивалась реакция сердечно-сосудистой системы на имитацию гидростатического давления, создаваемого с помощью вакуумного костюма «Чибис»; изучались биологическая активность сердца в условиях покоя и реакция кровообращения на дозированную физическую нагрузку. Космонавты систематически занимались физическими упражнениями.

Продолжался эксперимент по абиогенному синтезу компонентов нуклеиновых кислот в условиях открытого кос-

мического пространства, начатый в период работы на борту станции членов краткосрочной экспедиции. Прибор «Медуза» с исследуемыми образцами был установлен на внешней поверхности станции «Салют-7» во время выхода В. А. Джанибекова и С. Е. Савицкой в открытый космос.

По программе космической биотехнологии на электрофоретической установке «Генон» был выполнен цикл исследований по разделению фрагментов молекул ДНК. Ход экспериментов фотографировался в ультрафиолетовых лучах. Проведен отбор около 700 проб фракций ДНК для последующего анализа в лабораторных условиях.

В соответствии с программой геофизических исследований космонавты по заданиям метеорологов наблюдали процессы, происходящие в атмосфере Земли, оперативно сообщали специалистам о зарождающихся циклонах. Экипаж провел также эксперимент по определению плотности аэрозольных слоев космического происхождения в земной атмосфере; электронным фотометром измерялась яркость звезд при пересечении ими слоев аэрозолей.

Значительное место в научной работе космонавтов в длительном орбитальном полете отводится исследованиям по программе изучения природных ресурсов Земли и окружающей среды в интересах науки и различных отраслей народного хозяйства СССР и международного сотрудничества. С помощью разнообразной фотоаппаратуры и спектрометрических приборов было выполнено несколько серий фотосъемок и визуально-инструментальных наблюдений территории Советского Союза и акватории Мирового океана, в том числе: Прикаспийской низменности, горных массивов республик Средней Азии, Забайкалья, Приморского края, территории, прилегающей к Байкало-Амурской магистрали, Краснодарского края, Крыма. Получено большое количество материалов о минерально-сырьевых ресурсах нашей страны, сезонной из-

менчивости сельскохозяйственных угодий, условиях мореплавания и рыболовства.

В соответствии с программой «Интеркосмос» осуществлены два международных эксперимента: «Черное море» и «Гюнеш». Комплексный эксперимент «Черное море» проводился 28 августа 1984 г. с целью отработки методических задач дистанционного определения характеристик водных поверхностей. Съёмки отдельных районов Черного моря выполнялись одновременно со станции «Салют-7», специализированного океанографического спутника «Космос-1500», самолетов-лабораторий и с борта научно-исследовательских судов «Михаил Ломоносов» и «Профессор Колесников». В подготовке этого эксперимента приняли участие специалисты НРБ, ГДР, ПНР и СССР. Полученные данные позволят оптимизировать работу спутниковых систем наблюдения океана в интересах народного хозяйства стран — участниц программы «Интеркосмос».

Аэрокосмический эксперимент «Гюнеш» выполнялся 29 августа по программе международного космического проекта «Изучение динамики геосистем дистанционными методами». Вместе с советскими учеными в нем принимали участие специалисты НРБ, ВНР, ГДР, Республики Куба, МНР, ПНР и ЧССР. Фотографирование и спектрометрирование земной поверхности со станции «Салют-7» сопровождалось одновременной съёмкой с самолетов-лабораторий и подвижных пунктов наблюдения, которая выполнялась с помощью оптической и радиофизической аппаратуры, разработанной и изготовленной в странах — участницах программы «Интеркосмос». Результаты эксперимента будут использованы при составлении долгосрочных прогнозов в различных отраслях народного хозяйства стран — членов СЭВ, а также найдут применение в развитии новых технических средств дистанционного зондирования Земли.

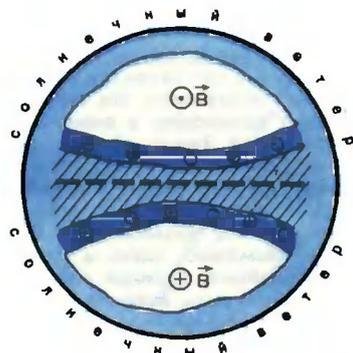
С. А. Никитин  
Москва

### Область на границе плазменного слоя магнитосферы Земли

На американских спутниках «ISEE-1 и -2» получены новые данные относительно области магнитосферы, лежащей на границе плазменного слоя и высокоширотных областей хвоста.

Напомним, что хвост магнитосферы Земли образуется при обтекании земного магнитного поля сверхзвуковым потоком плазмы солнечного ветра. Магнитное поле, вмороженное в поток плазмы, вытягивается в антисолнечном направлении на громадные расстояния, вплоть до 1000 радиусов Земли ( $R_E$ ). Магнитные поля в верхней и нижней половинах хвоста при этом оказываются антипараллельными. В поперечном сечении хвоста (см. рис.) можно выделить пять областей: нейтральный слой, в котором направление магнитного поля меняется на противоположное; плазменный слой толщиной в несколько  $R_E$ , содержащий горячую и разреженную плазму (при этом частицы плазменного слоя переносят ток, который и создает всю «хвостовую конфигурацию» с противоположно направленными магнитными полями); высокоширотные области хвоста, в которых плазма почти отсутствует; магнитопауза — граница между солнечным ветром и хвостом, в которой замыкаются токи, текущие по плазменному слою (под магнитопаузой может существовать область, называемая плазменной мантией, в которой текут потоки солнечной плазмы, попавшие внутрь магнитосферы); пятая область, которая и была открыта спутниками «ISEE», расположена на границе между плазменным слоем и высокоширотными областями хвоста.

Уже высказывались предположения, что эта граница обладает целым рядом особенностей. Теперь, с помощью данных «ISEE», доказано, что плазменный слой имеет хотя и нестационарную, но постоянно



Поперечное сечение хвоста земной магнитосферы (вид с антисолнечной стороны):  $\odot$  — потоки плазмы в пограничной области плазменного слоя, направленные от Земли;  $\oplus$  — направленные к Земле;  $\vec{B}$  — напряженность магнитного поля.

- Нейтральный слой
- Плазменный слой
- Пограничные области
- Высокоширотные области хвоста
- Плазменная мантия
- Магнитопауза

присутствующую границу. Для плотности и температуры плазмы в пограничной области характерны промежуточные значения между плазменным слоем и высокоширотными областями хвоста, но скорости движения плазмы в ней, как правило, заметно выше. Часто наблюдаются встречные потоки частиц и сильные высокочастотные электростатические флуктуации.

Характерно, что на границе плазменного слоя имеются потоки кислородных ионов, «вытянутые» из ионосферы Земли и ускоренные в антисолнечном направлении. Обнаружение потоков ионосферной плазмы в хвосте — один из принципиальных результатов, полученных на спутниках «ISEE»; он заставляет по-новому взглянуть на процесс формирования магнитосферы и роль в нем солнечного и ионосферного источников. Анализ

функций распределения быстрых плазменных потоков, текущих к Земле со скоростью в несколько сот километров в секунду, показывает, что их ускорение произошло в очень удаленных от Земли областях, на расстоянии 100—180  $R_{\oplus}$ . Видимо, в этих областях происходят важные процессы, связанные с образованием хвоста. Возможно, здесь в магнитоспокойные периоды располагается область квазистационарного пересоединения магнитных полей; в возмущенные периоды новые области пересоединения могут спонтанно образовываться и вблизи Земли.

Journal of Geophysical Research, 1984, v. 84, № A3, p. 1553—1572 (США).

#### Астрономия

### Часто ли кометы сталкиваются с Землей?

З. Секанина и Д. Йоменс (Z. Sekaniņa, D. Yeomans; Лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института, США) исследовали статистику близких пролетов и столкновений ядер комет с Землей; они использовали наиболее полный каталог кометных орбит Б. Марсдена (1982 г.), дополненный данными 1983 г. Были отобраны случаи пролета кометных ядер на расстоянии менее 2500 земных радиусов от нашей планеты. Как оказалось, за последние 1600 лет произошло по крайней мере 36 столь близких пролетов. Например, в феврале 1491 г. комета приблизилась к Земле всего на 1,41 млн км, что менее чем в 4 раза превышает расстояние от Земли до Луны. Чаще других за этот период — 4 раза — приближалась к Земле комета Галлея. Когда же за кометами стали следить с помощью телескопов, т. е. в последние 300 лет, близкие пролеты регистрировались регулярно, в среднем 1 раз в 20 лет.

Исследователи вычислили также пространственную плотность кометных ядер и рассчитали частоту их столкновения с Землей. Средний промежуток времени между столкновениями составил 33—64 млн лет. Но

нужно учесть, что речь идет о столкновениях Земли с «активными» ядрами комет, интенсивно испаряющимися по мере приближения к Солнцу и поэтому окутанными легко наблюдаемым газовым гало с хвостом. А ведь кроме них существуют и «молчаливые» кометные ядра, поверхность которых покрыта тугоплавкими элементами, что делает их практически ненаблюдаемыми; если учесть и эти кометы, частота столкновения Земли с кометными ядрами будет еще выше.

Однако значительно чаще, чем с кометами, Земля должна сталкиваться с астероидами, пересекающими ее орбиту; подобные столкновения происходят каждые 300 тыс. лет<sup>1</sup>, т. е. в 110—210 раз чаще, чем с ядрами активных комет. Так был зафиксирован «рекордный» пролет астероида Гермес на расстоянии от Земли, всего вдвое большем радиуса лунной орбиты.

Массы астероидов, с которыми Земля сталкивается наиболее часто, составляют  $10^{15}$ — $10^{16}$  г; реже встречаются более крупные тела. Массы кометных ядер известны очень неточно; так, масса ядра кометы Галлея, по оценкам, заключена в пределах от  $10^{14}$  до  $10^{19}$  г. Таким образом, астероиды, незначительно уступаая кометам по массе, гораздо чаще сталкиваются с Землей.

Насколько разрушительны такие столкновения? Тело массой  $10^{14}$  г, двигаясь относительно Земли со скоростью 45 км/с, обладает при столкновении запасом кинетической энергии  $10^{27}$  эрг, что эквивалентно взрыву миллиона атомных бомб, подобных сброшенной на Хиросиму. Столкновения Земли даже с небольшим астероидом или ядром кометы будут иметь серьезные последствия для биосферы. Если космический гость упадет на сушу, то в результате взрыва в стратосферу будет выброшено огромное количество пыли, которая на многие месяцы закроет Землю от солнечных лучей. Температура земной по-

верхности при этом понизится на несколько десятков градусов, будут нарушены условия фотосинтеза, пострадают многие виды растений и животных. Если космическое тело упадет на воду, это также существенно изменит свойства атмосферы и непременно отразится на биосфере Земли.

Astronomical Journal, 1984, v. 89, № 1, p. 154 (США).

#### Физика

### Открыт t-кварк

Летом 1984 г. на Международном симпозиуме «Нейтрино-84» в Дортмунде (ФРГ) и 22-й Международной конференции по физике высоких энергий в Лейпциге (ГДР) было объявлено об открытии в ЦЕРНе так называемого t-кварка, поиски которого интенсивно проводились на различных ускорителях в течение последних семи лет. Название свое t-кварк получил от английского слова top (верхний) в связи с тем, что теорией ему было отведено место в верхней части столбца, который описывает дублет кварков, участвующих в слабом взаимодействии. Это место соответствует положительному значению проекции слабого изоспина ( $+1/2$ ) и электрическому заряду  $+2/3$  e. Нижнее место в столбце (проекция изоспина  $-1/2$ ) занимает b-кварк, открытый еще в 1977 г. и имеющий электрический заряд  $-1/3$  e.

Самый тяжелый из известных до последнего времени кварков, b-кварк, имеет массу  $\approx 5$  ГэВ/c<sup>2</sup>. Ожидалось, что масса t-кварка не более чем в несколько раз превосходит это значение. До 1984 г. поиски t-кварка не принесли успеха; было лишь установлено ограничение снизу на его массу: 22 ГэВ/c<sup>2</sup>. Делались даже попытки (не слишком, впрочем, удачные) изменить теоретическую схему описания слабого взаимодействия таким образом, чтобы вовсе обойтись без t-кварка. Как сейчас стало ясно, в этом не было необходимости, просто

<sup>1</sup> Shoemaker E. M. et al.— In.: Asteroids. Univ. of Arizona, Tucson, 1979, p. 253.

t-кварк оказался заметно тяжелее, чем предполагалось.

Открытие t-кварка осуществлено в эксперименте UA1 на коллайдере, в котором сталкиваются протоны с антипротонами (с энергией по 270 ГэВ). В этих столкновениях, в частности, рождаются W±-бозоны с массой около 80 ГэВ/c² — переносчики слабых взаимодействий. Один из возможных каналов распада W+-бозона связан с t-кварком:  $W^+ \rightarrow t + \bar{b}$  (при условии, конечно, что масса t-кварка это допускает). На поиски такого канала распада и был нацелен эксперимент. Отбирались случаи, в которых t-кварк после образования распадался с вылетом лептона (электрона или мюона). При большой массе t-кварка лептон обладает большим поперечным импульсом относительно направления полета t-кварка ( $p_T^l > 12$  ГэВ/c,  $p_T^t > 5$  ГэВ/c).

Итак, распад  $W^+ \rightarrow t + \bar{b}$  с последующим распадом  $t \rightarrow b + W^+ \rightarrow b + l + \nu_l$  должен наблюдаться как одиночный лептон с большим поперечным импульсом, сопровождаемый двумя струями — продуктами «адронизации»  $\bar{b}$ -кварка (более узкая струя) и b-кварка (более широкая струя). Нейтрино, естественно, не оставляет следа в аппаратуре.

В результате кропотливого анализа были отобраны 3 случая с электроном и двумя струями и 3 случая с мюоном и двумя струями, топология которых удовлетворила всем необходимым критериям. Во всех случаях инвариантная масса системы (лептон, струя<sub>1</sub>, струя<sub>2</sub>, нейтрино) оказалась близкой к массе W-бозона. Изучение распределения по E<sub>t</sub> более узкой струи (она должна иметь максимум при  $(m_W^2 - m_b^2)/2m_W$ ), а также инвариантной массы системы (лептон, струя<sub>2</sub>, нейтрино), которая должна равняться m<sub>t</sub>, позволило оценить массу t-кварка. С учетом пока еще небольшой статистики она равна  $40 \pm 10$  ГэВ/c².

Значение открытия t-кварка состоит в том, что оно подтвердило схему классификации фундаментальных фермионов (кварков и лептонов) по поко-

лениям, каждое из которых, по современным представлениям, состоит из дублета лептонов и дублета кварков. Итак, t-кварк замкнул третье поколение фермионов, которое теперь уверенно записывается в виде:  $\begin{pmatrix} \nu_t \\ t \end{pmatrix}$  и  $\begin{pmatrix} \bar{t} \\ b \end{pmatrix}$ .

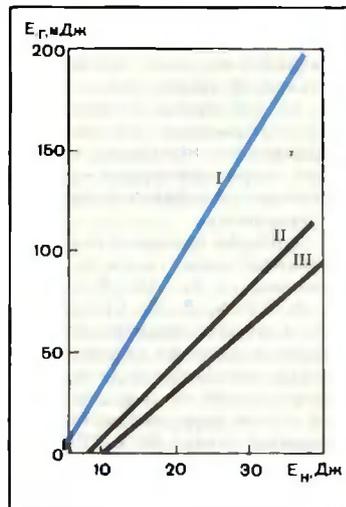
Наличие большой массы у t-кварка должно существенным образом сказаться на описании слабого взаимодействия тяжелых кварков (в частности, на времени жизни b-кварка). Это открытие, кроме того, должно придать новый импульс анализу всей проблемы происхождения массы у кварков.

**А. А. Комар,**  
кандидат  
физико-математических  
наук  
Москва

Физика

**Оксид церия в лазерных осветителях**

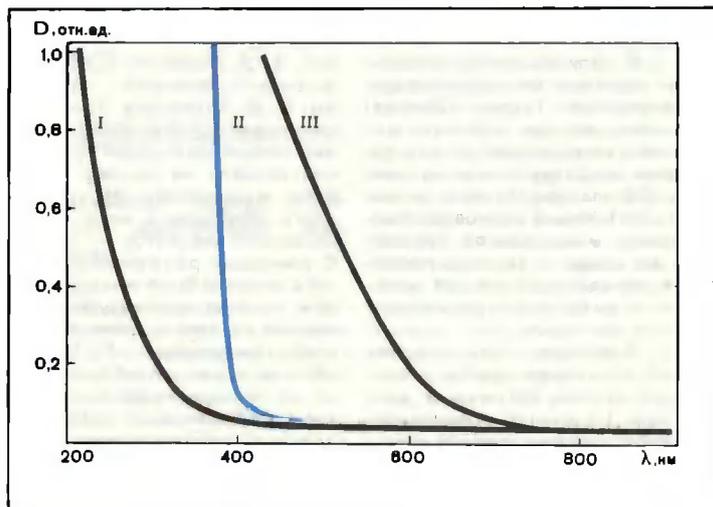
При создании отражателей для ламп накачки лазеров на гранате с неодимом исследователи стремятся повысить их эффективность. Обычно в осветителях используются цилиндрические отражатели, в которых серебряное отражающее покрытие нанесено на внутреннюю поверхность цилиндра, выточенного в моноблоке стекла марки КВ или КЛЖ. Стекла марки КВ не поглощают в спектральных полосах полезной накачки активного кристалла; стекла КЛЖ, хотя и обладают столь удач-



Зависимость энергии генерации  $E_{г}$  от энергии накачки  $E_{н}$  для лазера (на АИГ:  $Nd^{3+}$ ) с отражателем из стекла КВ, легированного оксидом церия (I), КВ (II) и КЛЖ (III).

ные нанесено на внутреннюю поверхность цилиндра, выточенного в моноблоке стекла марки КВ или КЛЖ. Стекла марки КВ не поглощают в спектральных полосах полезной накачки активного кристалла; стекла КЛЖ, хотя и обладают столь удач-

Спектры инфракрасного края полосы поглощения стекол КВ (I), КВ, легированного оксидом церия (II), КЛЖ (III).



ным спектром поглощения, зато почти полностью поглощают ультрафиолетовую компоненту накачки, вредную тем, что под ее воздействием в кристалле алюминитриевого граната, активированного неодимом, возникают короткоживущие центры поглощения основного лазерного излучения.

Чтобы преодолеть указанные недостатки стекол, С. П. Насельский, М. И. Румянцев, А. И. Рябов, Р. И. Стаценко и Г. Н. Торопков предложили применять в качестве подложки лазерных отражателей стекло КВ, легированное окисью церия. Такое стекло удачно сочетает достоинства стекол КВ и КЛЖ: инфракрасная граница его поглощения достаточно сдвинута в коротковолновую сторону, обеспечивая малое поглощение полезного излучения накачки. В то же время заметно увеличивается энергия генерации, что свидетельствует о малых генерационных потерях на короткоживущих центрах поглощения и, следовательно, о сильном поглощении в таком легированном церием стекле ультрафиолетовой части излучения накачки.

Квантовая электроника, 1983, т. 10, № 11, с. 2366—2367.

#### Физика

### Волновод для инфракрасных лазеров

В Научно-исследовательском институте электросвязи при Университете Тохоку (Япония) испытаны первые образцы металлического волновода для передачи инфракрасного излучения  $\text{CO}_2$ -лазера (длина волны 10,6 мкм). Новый волновод обеспечивает минимальное отражение на входе и выходе, позволяет передавать большие мощности и имеет высокую механическую прочность.

Волновод представляет собой никелевую трубку с толщиной стенки 200 мкм и диаметром 1,5 мм; внутренняя поверхность трубки покрыта слоем германия толщиной 0,5 мкм. Потери, измеренные на образцах длиной около 1 м, составляли

0,4 дБ. Для сравнения напомним, что теоретический предел этой величины составляет 0,03 дБ, а потери, измеренные для полых волноводов из тефлона и никеля без внутреннего покрытия, равны 4,4 и 2,8 дБ, соответственно.

Новый волновод обеспечивает также самые низкие потери излучения при изгибах и в дальнейшем найдет широкое применение для передачи энергии лазерного излучения в инфракрасном диапазоне длин волн.

Рэдаз кэкию, 1983, т. 11, № 11, с. 31 (Япония).

#### Физика

### Активированная рекристаллизация тугоплавких металлов

При создании жаропрочных композитов на основе сплавов никеля с упрочнителем из тугоплавких металлов исследователи сталкиваются с рядом трудностей: так, происходит резкое разупрочнение тугоплавких металлов, они становятся очень хрупкими, особенно в присутствии атомов металлов 8-й группы Периодической системы (Ni, Fe, Pd и т. д.). Связано подобное явление с так называемой рекристаллизацией, активированной примесными атомами.

Ю. Р. Колобов, Ю. И. Почивалов, Ю. П. Пинжин, И. Б. Левин, А. Д. Коротяев (Сибирский физико-технический институт им. В. Д. Кузнецова, Томск) исследовали природу активированной рекристаллизации тугоплавких сплавов на основе молибдена и циркония. На поверхность образцов в виде фольги наносился активатор — никель. С помощью рентгеноспектрального анализа было показано, что при наличии никеля уже после отжига сплавов в течение 0,5 ч при температуре 1473 К в объеме зерен молибдена вблизи их исходных границ наблюдается образование первых зародышей рекристаллизации. Рекристаллизация, активируемая направленными диффузионными потоками никеля в глубь зе-

рен молибдена, сопровождалась миграцией границ зерен и накоплением в них никеля в концентрациях, достигающих равновесных значений (для твердых растворов никеля в молибдене). Согласно оценкам, величина химической движущей силы, связанной со сплавообразованием, достаточна для протекания активированной рекристаллизации.

Было обнаружено, что при внутреннем окислении тугоплавких сплавов Mo—Zr с образованием регулярно распределенных по объему областей  $\text{ZrO}_2$  (размер которых составлял 50—100 Å) даже при 100-часовом отжиге активированная рекристаллизация в присутствии никеля не фиксировалась. По мнению исследователей, упрочнение сплавов путем внутреннего окисления может оказаться эффективным способом подавления активированной рекристаллизации.

Доклады АН СССР, 1984, т. 275, № 3, с. 616—620.

#### Химия атмосферы

### Сульфаты в стратосфере

В рамках участия в Международной программе средней атмосферы японские специалисты исследовали нижние слои стратосферы. Зимой 1983/84 г. самолет-лаборатория, на борту которого находилась группа во главе с А. Оно (А. Оно; Институт водных исследований при Нагойском университете, Япония), совершил ряд полетов для отбора проб воздуха на высотах до 10 км. Именно на этой высоте в полосе между 36 и 40° с. ш. в холодное время года расположена нижняя стратосфера.

Характерными являются результаты наблюдений, выполненных 20 февраля 1983 г. в нижней стратосфере над Японским морем (район 36—40° с. ш., 137° в. д.). В условиях с низкой относительной влажностью велся поиск серной кислоты в отдельных субмикронных частицах аэрозолей; для этих целей использовалась тонкая кальциевая пленка.

Электронная микрография стратосферных частиц, собранных на высоте 8,3 км, показала, что почти все они способны протравить кальциевую пленку и образовать в месте травления пятно, где происходит реакция. Полученный результат свидетельствует о том, что в нижней стратосфере частицы аэрозолей содержатся в виде капель жидкости; наиболее вероятно, что такой жидкостью, непосредственно вступающей в реакцию с кальцием, является гидратированная серная кислота.

Изучение морфологии частиц, собранных во время полета на тех же высотах, показало их сходство с каплями серной кислоты. Надо отметить, что электронная микроскопия не всегда позволяет провести морфологическую идентификацию химического состава частиц и необязательно отражает действительную молекулярную форму сульфатных частиц. Однако в данном случае морфология подтверждает выводы, полученные с использованием тонкой кальциевой пленки: все данные говорят в пользу присутствия в стратосфере гидратированной серной кислоты. EOS (Transactions of the American Geophysical Union), 1984, v. 65, № 6, p. 41 (США).

#### Биофизика

### На пути к искусственной фотосинтезу

Исследователи из Франции, США и Великобритании под руководством Т. Мура (Т. Moor; Аризонский университет, США) синтезировали молекулярный комплекс, который с большой точностью имитирует основные процессы природного фотосинтеза.

Как известно, фотосинтез осуществляется за счет световой энергии, поглощаемой хлорофиллом. Кванты света возбуждают электроны, которые покидают молекулу хлорофилла и захватываются органическими соединениями — хинонами. Эти электроны участвуют в образовании молекул с высокой энер-

гией связи, которые и способствуют процессу преобразования двуокиси углерода в углеводы. «Дырки», или положительные заряды, оставшиеся в хлорофилле, пополняются электронами из молекул воды.

В результате индуцированные светом отрицательные и положительные заряды разделяются, а нежелательный обратный процесс — рекомбинация зарядов — сильно заторможен. Эти два условия необходимы для осуществления фотосинтеза.

Им вполне удовлетворяет синтезированный молекулярный комплекс. В него входят: порфирин (по своему составу родственен хлорофиллу), который поглощает свет; хинон, захватывающий возбужденные в порфирине электроны;  $\beta$ -каротин, который пополняет электронами «дырки», образующиеся в порфирине в результате захвата хиноном возбужденных электронов; кроме того,  $\beta$ -каротин расширяет область длин волн, поглощаемых порфиринном, в сторону более коротковолнового диапазона спектра.

В новом молекулярном комплексе отрицательный заряд концентрируется в хиноне, а положительный собирается на  $\beta$ -каротине. Такое состояние с разделенными зарядами обладает относительно долгим сроком жизни — около  $3 \cdot 10^{-6}$  с, по сравнению с  $3 \cdot 10^{-12}$  с для системы порфирин—хинон без  $\beta$ -каротина.

New Scientist, 1984, № 1399, p. 19 (Великобритания).

#### Иммунология

### Онкогенный вирус «обходит» клеточный иммунитет

Выявлен механизм, с помощью которого опухолевые клетки могут защищать себя от действия иммунных клеточных факторов организма.

Как известно, некоторые типы аденовирусов человека могут вызывать опухоли у грызунов. Одни типы этих вирусов высокоонкогенны и вызывают

опухоли с высокой частотой и коротким латентным периодом, другие — низкоонкогенны или почти неонкогенны. Однако все они способны инициировать опухолевые превращения (или трансформацию) клеток грызунов *in vitro*. Введение таких трансформированных *in vitro* клеток крысам, идентичным по генотипу, ведет к образованию прогрессивно растущих опухолей. Причем онкогенность трансформированных клеток зависит от онкогенного потенциала трансформирующего аденовируса (высокого, например, у аденовируса 12-го типа и низкого у аденовируса 5-го типа).

Онкогенная и трансформирующая активность генома аденовируса обусловлена его «краним» участком (E1), составляющим около 12 % длины всей ДНК вируса и локализованным на левом конце генома. Этот участок состоит из двух транскрипционных единиц — E1a и E1b, кодирующих специфические опухолевые белки (Т-антигены).

Чтобы понять причину разной онкогенности двух типов аденовирусов (12-го и 5-го), группа А. ван дер Эба (А. van der Eb; Лейденский университет, Нидерланды) с помощью бактериальных плазмид клонировала по отдельности участки E1a и E1b аденовирусов 12-го и 5-го типов, а затем сконструировала аденовирусы, содержащие гибридные «крание» участки генома: E1a (12) + E1b (5) или E1a (5) + E1b (12). Такими гибридными вирусами воздействовали *in vitro* на крысиние клетки, которые затем вводили идентичным по генотипу крысам. Оказалось, что высокой онкогенностью обладали клетки, трансформированные либо диким штаммом аденовируса 12-го типа, либо гибридным вирусом, содержащим участок E1a (12). Клетки, на которые воздействовали вирусом, содержащим участок E1a (5), были или неонкогенны или проявили свой онкогенный потенциал только при введении их животным с подавленным клеточным иммунитетом, а также не имеющим цитотоксических Т-лимфоцитов.

Как показал анализ, трансформированные клетки, содержащие в своем геноме участок E1a (12), в отличие от клеток с

Ela (5) или нормальных нетрансформированных клеток, переставали синтезировать два белка с молекулярными массами 32 000 и 45 000 дальтон. Последний белок оказался тяжелой цепью антигена основного комплекса гистосовместимости 1-го класса криси.

По мнению авторов, трансформированные клетки, содержащие Ela (5), чувствительны к действию цитотоксических Т-лимфоцитов, в то время как аналогичные клетки, содержащие Ela (12), нечувствительны или в состоянии каким-то образом избежать воздействия Т-клеточного иммунитета. По-видимому, подобная нечувствительность трансформированных клеток связана с невозможностью Т-лимфоцитов взаимодействовать с опухолевыми клетками, не содержащими антигены главного комплекса гистосовместимости.

Nature, 1983, v. 305, p. 771—775, 776—779 (Великобритания).

#### Медицина

### Липосомы для диагностики опухолей

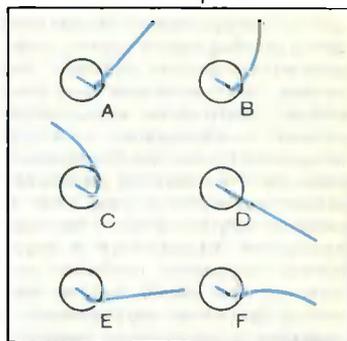
Существует много лекарственных средств, способных убивать опухолевые клетки, растущие в пробирках. Однако их не всегда можно использовать для лечения людей, так как они могут быть токсичны и часто плохо растворимы в биологических жидкостях организма. В последнее время для транспорта таких препаратов в организм стали использовать липосомы (искусственно получаемые сферические частицы диаметром менее 10 мкм, образованные из бимолекулярного слоя липидов), в которые и помещают лекарства.

Слабым местом в подобном использовании липосом является то обстоятельство, что, будучи введены в организм, они быстро вылавливаются клетками ретикулоэндотелиальной системы (РЭС), что значительно снижает эффективность применения липосом для лечения новообразований, не связанных с РЭС.

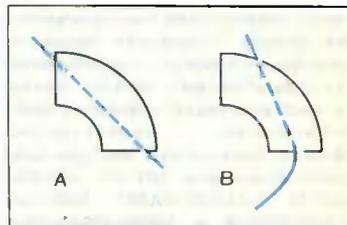
Р. Т. Проффит с коллегами (R. T. Proffitt; Национальный медицинский центр, Калифорния, США) попробовали обойти это препятствие. Они вводили мышам клетки опухолей. Когда через 20—22 дня из введенных клеток выросли опухоли, животным внутривенно ввели липосомы, содержащие в качестве структурного компонента 6-аминоманнозное производное холестерина, блокирующее РЭС. Через час животным ввели пустые липосомы, имевшие радиоактивную метку. Оказалось, что в опухолях животных, у которых РЭС была предварительно блокирована, радиоактивность на 50 % превышала радиоактивность контрольных животных, у которых РЭС не блокировалась. Таким образом было показано, что липосомы дошли до цели.

Полученные результаты можно использовать в диагностике, а возможно, и в лечении новообразований.

Science, 1983, v. 220, № 4596, p. 502—505 (США).



Задача «мяч и веревка». Точка обозначает мяч, движущийся по окружности, радиусом которой является веревка. Требуется определить траекторию полета мяча при обрыве веревки. А — F альтернативные траектории.



Задача «проброс шайбы через сегмент полого кольца». Сплошная линия — путь шайбы при ее ведении рукой; прерывистая линия — свободный путь шайбы в сегменте; А и В — альтернативные траектории полета.

#### Психология

### Устойчивость «наивной физики»

В многочисленных опытах установлено, что немало людей безотчетно убеждены в том, что импульс силы, приложенный к объекту, может вызвать его криволинейное движение. Так, в типичной задаче «мяч и веревка» (см. рис.) примерно четвертая часть всех людей указывает траекторию полета мяча В или С, хотя правильна траектория А. Парадоксальность этого убеждения, названного «принципом криволинейного импульса», — не столько в незнании законов механики (физики, как правило, таких ошибок не делают), сколько в том, что оно противоречит данным повседневного опыта. Согласно гипотезе «точного перцептивного знания»<sup>1</sup>,

люди имеют правильное эмпирическое представление, что тело, движущееся по инерции, движется по прямой. Однако в некоторых ситуациях (достаточно абстрактных и статичных) они не всегда умеют использовать свои конкретные знания — тогда и возникают такие представления «наивной физики», как «принцип криволинейного импульса», заставляющий выбирать траектории В — F.

Стремясь проверить эту гипотезу, психологи М. Макклоуски и Д. Коуль (M. McCloskey, D. Kohl; Университет Дж. Гопкинса, США) предлагали испытуемым ряд аналогичных задач, причем каждая была представлена либо в статической форме (типа рисунков в задаче «мяч и веревка»), либо в динамической (на экране ЭВМ показывалось движение объекта по ок-

<sup>1</sup> Перцепция — в современной психологии то же, что восприятие (от лат. perceptio — представление, восприятие).

ружности, а затем по шести «возможным» траекториям). Ответ не зависел от формы представления задачи: всегда примерно 70 % — правильные ответы, 25 % — отражающих «принцип криволинейного импульса», 5 % — иные ошибочные ответы.

Следующая предложенная экспериментаторами задача была сугубо практической: требовалось «пробросить» шайбу через сегмент (90°) полого кольца, чтобы шайба не задела его стенок (см. рис.). Те, кто руководствовался идеей «криволинейного импульса» (снова 25 % испытуемых), пытались придать шайбе криволинейную траекторию (В), в результате чего шайба пробивает стенку сегмента; еще 8 % испытуемых пытались вращать шайбу вокруг своей оси; остальные нашли правильный ответ (траектория А).

Таким образом, «наивная физика» действует при решении как статических, так и динамических задач, как абстрактных, так и чисто практических. Эти факты опровергают гипотезу «точного перцептивного знания».

Авторы предполагают, что «принцип криволинейного импульса» может сформироваться в результате наблюдения за объектами, вращающимися вокруг собственной оси: их вращение продолжается после удаления движущей силы; в этом случае указанный «принцип» является следствием ошибочного обобщения правильных наблюдений. Интересно, что «принцип криволинейного импульса» был широко распространен в физических представлениях Средних веков.

Journal of Experimental Psychology, 1983, v. 9, № 1, p. 146—156 (США).

#### Биохимия

### Химическая самозащита растения

Многие муравьи и термиты поедают полезные растения. Один из наиболее прожорливых видов — муравей-листорез из

рода *Atta* — снабжен острыми челюстями, напоминающими ножницы, с помощью которых он быстро раскраивает листья на отдельные сегменты. Отрезав часть листа, муравей некоторое время жует его, но не съедает. Свою жавачку он утаскивает в подземную норку, где выращивает на ней особый вид грибка, которым затем и питается. Этот нечасто встречающийся у насекомых способ усваивать не поддающуюся собственным ферментам целлюлозу и позволяет, очевидно, муравью-листорезу прочно занимать свою экологическую нишу во многих районах мира.

Однако недавно мирмекологи заметили, что эти муравьи, при всей своей прожорливости, всегда избегают некоторых растений (например, тропическое дерево *Mutapaea courbaril*, встречающееся в лесах Коста-Рики). Исследовав листья названного растения, С. Хаббел, Д. Ваймар и А. Адеджейр (S. Hubbel, D. Weimar, A. Adejare; Университет штата Айова, Айова-Сити, США) установили, что в них содержится эпиксид карифиллена. Это химическое вещество вызывает у муравьев специфическую реакцию: еще не приблизившись вплотную к капельке этого вещества, они бросаются в бегство и затем долго и лихорадочно чистятся.

Механизм действия эпиксида карифиллена пока неясен. опыты показали, что он губителен и для выращенных муравьями грибков: когда на них наносили это вещество даже в незначительной концентрации, грибки начинали медленно сморщиваться и через двое суток погибали. По-видимому, у муравьев выработалась непереносимость к тем же веществам, что и у их основной пищи. Такая двойная защита и обеспечивает растению безопасность от муравья.

Учитывая, что муравьи относятся к одному из наиболее труднопобедимых отрядов насекомых, обнаружение репеллента против вида-вредителя заслуживает внимания. Теперь химикам предстоит изучить возможность получения такого защитного вещества искусственным путем.

Oecologia, 1984, v. 60, p. 321 (Западный Берлин).

#### Физиология

### Нейроактивность кинуренина

Известно, что биохимические превращения незаменимой для любого организма аминокислоты триптофана могут совершаться различными путями. Один из путей — кинурениновый с образованием в качестве промежуточного продукта кинуренина, содержание которого регулируется в ходе сложных ферментативных процессов. Замечено, что у человека при нервно-психических заболеваниях (сопровождающихся расстройством деятельности центральной нервной системы, изменениями в поведении) обнаруживаются нарушения кинуренинового пути превращения триптофана. Чтобы выявить места «сбоя» и установить причину событий, разыгрывающихся на нейрофизиологическом и поведенческом уровнях, сотрудники лабораторий сравнительной генетики поведения и генетики высшей нервной деятельности под руководством В. В. Пономаренко и Н. Г. Лопатиной (Институт физиологии им. И. П. Павлова, Колтуши) изучали поведение и функции нервной системы медоносной пчелы. В качестве объекта исследования эти насекомые были выбраны потому, что среди них встречаются мутантные особи, у которых из-за снижения активности определенных ферментов блокированы различные этапы метаболизма кинуренина. Это приводит либо к избыточному по сравнению с нормой накоплению кинуренина, либо к его дефициту и даже полному отсутствию в организме мутантных особей (контролем служили пчелы с нормальным генотипом).

Проведенные исследования показали, что насекомые с соответствующими нарушениями в кинурениновой цепи превращения триптофана отличаются по функциям нервной системы и поведению, в том числе по способности вырабатывать условные рефлексы. Это позволило предположить, что кинуренин обладает нейротропной активностью. Было доказано, что кинуренин влияет на пороги воз-

будимости нервной системы, биоэлектрическую активность в нервных ганглиях, причем окazujeает возбуждающее действие как на центральную, так и на периферическую нервную систему (повышая, например, чувствительность центрального отдела к этиловому спирту). Под влиянием кинуренина меняется общая двигательная активность и сигнальное поведение пчел (например, у безкинуруениновых пчел ритм танца замедляется в 1,7 раза по сравнению с ритмом танца у дикой пчелы).

Исходя из экспериментальных данных, исследователи предполагают, что кинуренин воздействует на тормозные системы мозга, и по-видимому, является антагонистом тормозных медиаторов: снимая их тормозящий эффект, кинуренин усиливает функциональную активность нервной системы. Стимулирующее действие кинуренина подтверждено авторами фармакологически: инъекции L-сульфата кинуренина пчелам дикого типа приводили к усилению двигательной активности; их поведение приобретало черты сходства с поведением тех мутантных особей, в организме которых кинуренин содержался в избытке.

Имеются доказательства стимулирующего действия кинуренина на нервную систему не только насекомых, но и млекопитающих.

Открытие нейротропной активности кинуренина принципиально важно и для физиологии, и для фармакологии. Проясняется физиологическая значимость интенсификации кинуренинового пути превращения триптофана при стрессах: вероятно, накопление кинуренина в организме под действием стрессорных факторов направлено на повышение функциональной активности нервной системы до уровня, необходимого для адаптации в экстремальных условиях. Дальнейшие исследования механизма действия кинуренина и других продуктов в цепи его превращения могут привести к разработке новых методов воздействия на нервную систему животных. Вполне реально создание и новых методов лечения тех нервно-психических расстройств у высших

животных и человека, в основе которых лежит нарушение баланса кинурениновых метаболитов триптофана.

Генетика, 1983, т. XIX, № 10, с. 1630; Доклады АН СССР, 1983, т. 250, № 5, с. 1223.

#### Физиология растений

### Клетки-полиплоиды — высокоактивные продуценты

Сотрудники Института молекулярной биологии и генетики АН УССР и Ленинградского химико-фармацевтического института В. А. Кунах, И. Е. Каухова, Л. А. Николаева, Л. К. Алпатов, Е. Г. Алхимова и В. Г. Воллосович, используя метод изолированных клеток в культуре, получили новую полиплоидную клеточную линию раувольфии змеиной, обладающую высокой продуктивностью биосинтеза алкалоидов. Раувольфия змеиная — источник алкалоидов группы индолина, которые входят в состав препаратов (раунатина, резерпина, аймалина), применяемых для лечения сердечно-сосудистых заболеваний.

Исходной формой для получения новой клеточной линии послужила линия А раувольфии змеиной, выделенная в Институте физиологии растений АН СССР, в лаборатории, руководимой Р. Г. Бутенко. Клетки этой линии — полиплоидные; среди них более 50 % — тетраплоиды (т. е. с числом хромосом в геноме, равным четырехкратному основному набору). На простой питательной среде, без добавления фитогормонов, клетки исходной линии выращивались под воздействием парафторфенилаланина — регулятора плоидности клеток — и давали высокий темп роста и достаточно большой выход аймалина (в среднем до 0,5 % от сухой массы).

Полученные три новых линии различались по плоидности и продуктивности. У линий А—1 и А—2 плоидность клеток и продуктивность биосинтеза алкалоидов оказалась ниже, чем у исходной линии. У высокоэффективной линии А—3, состоя-

щей преимущественно из клеток с пентаплоидным набором хромосом, выход алкалоидов достигал 0,8 % от сухой массы (175 % по сравнению с исходной линией). Повышался и выход биомассы. Новые линии стабильно сохраняли присущие им особенности при дальнейшем выращивании на исходной питательной среде на протяжении всего периода испытаний — более года.

Таким образом, на примере раувольфии змеиной продемонстрировано, что полиплоидизация изолированных клеток в культуре может стать одним из путей создания новых высокоэффективных продуцентов биологически активных веществ.

Доклады АН СССР, 1983, т. 270, № 4, с. 979—982.

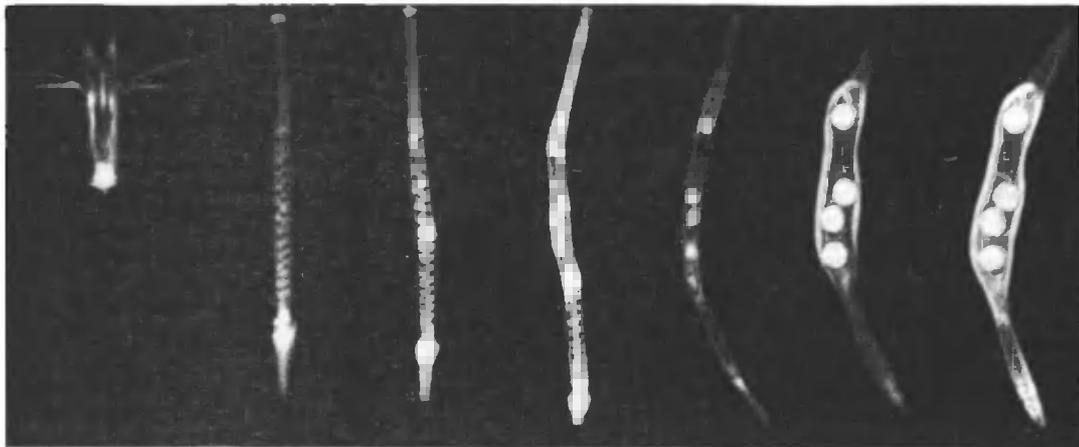
#### Биология

### Рентгенография живых растений

В ботанике рентгенографию до последнего времени использовали в основном лишь для исследования сухих семян. В отделе прикладной биологии Кембриджского университета (Великобритания) впервые была продемонстрирована возможность применения рентгенографии для исследования процессов роста и развития внутренних органов или отдельных структур у живых растений.

В первых экспериментах исследователи (Р. М. Pechan, D. G. Morgan) наблюдали за развитием плодов у рапса. На протяжении месяца сразу после опыления цветков плоды регулярно фотографировали в рентгеновских (мягких) лучах (см. рис.). Продолжительность одноразовой экспозиции растений составляла 10—30 с; расстояние от источника облучения до объекта — 50 см. В последующих экспериментах исследовалось развитие семян у ячменя и фасоли.

На фотографиях хорошо прослеживается развитие плодов, расположение, число, размеры семян. Повреждающего воздействия используемых доз



Последовательные рентгенограммы развивающегося плода у рапса, полученные после опыления (крайняя левая рентгенограмма) соответственно через 2, 4, 6, 8, 16 и 24 дня.

рентгеновского облучения на развитие и урожай семян не обнаружено.

Авторы показали, что рентгенографию можно применять и для исследования патологических изменений внутренних органов и структур растений, в частности при развитии грибковой инфекции.

Planta (An International Journal of Plant Biology), 1983, v. 159, № 5, p. 476—481.

Микробиология

**Симбиотические бактерии корабельных червей**

Корабельные черви из семейства Teredinidae (класс Lamellibrachia или Bivalvia — пластинчатожаберные или двустворчатые моллюски) питаются только древесиной, которая практически лишена азотсодержащих веществ. Каким же образом эти моллюски переваривают целлюлозу и, кроме того, удовлетворяют свою потребность в азоте? Ответ на этот вопрос получили американские исследователи Дж. Уотерберги, К. Бредфорд и Р. Д. Тернер

(J. Waterbury, C. Bradford, R. D. Turner). Им удалось выделить у шести видов корабельных червей (*Teredo navalis*, *T. furcifera*, *T. bartschi*, *Lydorus padicellatus*, *Bankia gouldi*, *Psiloteredo healdi*) неизвестную ранее форму симбиотических бактерий.

Бактерии были обнаружены в железах, связанных с пищеводом (но не в самом пищеварительном тракте). В большинстве случаев они имели овальную форму (длина 3—6, ширина 0,4—0,6 мкм) и один полярно расположенный жгутик. Выращивали изолированных бактерий на питательных средах, в которые добавляли минеральные соли, содержавшие ионы  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ; источником углерода служила целлюлоза или же другие углеводы. Рост культуры был максимальным при 35 °С, а при 39° полностью подавлялся. С помощью специальных микробиологических тестов установлено, что изолированные бактерии способны гидролизовать целлюлозу и фиксировать азот из воздуха.

Новые симбиотические бактерии не похожи ни на одну из уже известных форм. Особенно замечательно то, что они одновременно объединяют два свойства: способность расщеплять целлюлозу и фиксировать свободный азот, которые до настоящего времени безуспешно пытались объединить биологи — специалисты по генной инженерии, чтобы добиться биосинтеза белков из целлюлозы без добавления источников связанного азота.

Прежде чем присвоить новым бактериям название, необходимо дать им полную характеристику: определить морфологические, физиологические и биохимические признаки, установить их таксономическую принадлежность или родство с другими формами микроорганизмов. В настоящее время ведется работа в этом направлении. Science, 1983, v. 221, № 4618, p. 1401—1403 (США).

Зоология

**Венерическое заболевание у кальмаров!**

Английский паразитолог Дж. Ллуэллин (J. Llewellyn; Бирмингемский университет) установил, что венерические (прибрежные) кальмары *Allofeuthis subulata* из вод Южной Англии (район Плимута) сильно заражены паразитами. Это мелкие (четверть миллиметра в длину) моногенетические сосальщики из рода *Isancistrum*<sup>1</sup>. На кальмарах обнаружено два вида сосальщиков. Немногочисленные *I. loliginis* селятся на жабрах и очень редко — на руках и щупальцах. Новый описанный автором вид *I. subulata*

<sup>1</sup> J. Llewellyn. — J. mar. biol. Assoc. U. K., 1984, v. 64, № 2, p. 285.

тае, напротив, встречается главным образом на руках и щупальцах; при сильном заражении (1000 паразитов и более на одном кальмаре) — также на голове и глазах, а при особенно сильном (5000 и более) — еще и на мантии, плавниках и даже в мантийной области, но никогда — на жабрах.

*I. subulatae* найдены у кальмаров всех размеров (длины мантии от 2 до 12 см и более), но молодое заражена слабо: 20—30 % особей и не более 10 паразитов на одном кальмаре, тогда как взрослые заражены на 100 % и каждый кальмар несет на себе сотни паразитов. Резкое увеличение доли зараженных особей в популяции, так и числа паразитов на одном хозяине наблюдается у кальмаров с длиной мантии около 6 см — именно при этом размере кальмары достигают половозрелости.

Каким образом кальмары заражаются сосальщиками? Яйцекладки и личинки кальмаров свободны от паразитов. Сосальщики рода *Isancistrum* — живородящие, свободноплавующей стадии у них нет. Взрослые паразиты совершенно не могут плавать (опав на дно, они вскоре погибают). Обычно паразиты сидят на теле хозяина, прикрепившись 16 серповидными крючками, но могут довольно бодро ползать по телу хозяина, изгибаясь подобно пиявке (при 22 °С их скорость превышает 2 см/мин). Они легко переползают с одного кальмара на другого, но лишь когда экспериментатор прижимал кальмаров друг к другу. В аквариуме кальмары постоянно плавают стайкой, никогда не опускаясь на дно и поддерживая дистанцию между членами стай в 10—20 см. В отличие от многих других неритических кальмаров, *A. subulata* не агрессивны, не дерутся из-за добычи, и если в аквариуме живут кальмары разных размеров, то крупные не нападают на мелких. Таким образом, единственный момент времени, когда кальмары соприкасаются, это спаривание. Оно длится около 20 с, при этом самец и самка сплетаются руками. Чтобы сосальщик переполз с одного кальмара на другого, достаточно 5 с. На

новом хозяине паразиты быстро размножаются: в их матках постоянно находятся эмбрионы, а в матках эмбрионов — эмбрионы второго порядка, «внучатые» (у живущего на жабрах *I. loliginis* бывают и «правнучатые»).

Предположение, что паразиты передаются от одного хозяина к другому только при спаривании, хорошо объясняет, почему молодые кальмары заражены слабо, а взрослые — почти поголовно. В природе молодые кальмары, возможно, вообще свободны от паразитов и заражаются в трале при поимке. Но кальмары размножаются раз в жизни и после нереста гибнут. Как же паразиты переходят от одного поколения к другому? В Северном море и Ла-Манше имеются весенне-нерестующая и осенне-нерестующая группировки *A. subulata*; первая размножается с конца апреля или мая до августа, вторая — в сентябре—октябре<sup>2</sup>. Летом на мелководьях у Плимута тралом ловятся кальмары с длиной мантии от 2 до 15 см, среди них есть и близкие к созреванию особи, родившиеся осенью предыдущего года, и вполне зрелые кальмары, родившиеся летом или в начале осени, и немногочисленные «старички» возрастом немногим более года. Самцы этого вида достигают более крупных размеров, чем самки, но созревают раньше, как обычно у кальмаров, так что самцы могут спариваться с самками и крупнее, и мельче себя. Так может осуществляться перенос паразитов между особями разных поколений и группировок.

Таким образом, изанцистроз — паразитарное заболевание, передаваемое при спаривании, иными словами, венерическое. Впрочем, можно ли назвать его заболеванием, неясно: даже максимально зараженные кальмары не имеют явных признаков плохого самочувствия, хотя, конечно, когда в эпидермис рук и щупалец впиваются 80 тыс. крючков от 5 тыс. паразитов, совсем бес-

следно это пройти не может. Ни на каких других животных, кроме *A. subulata*, паразиты этих видов не встречаются.

К. Н. Несис,  
кандидат биологических наук  
Москва

Геология

## 96-й, заключительный рейс «Гломара Челленджера»

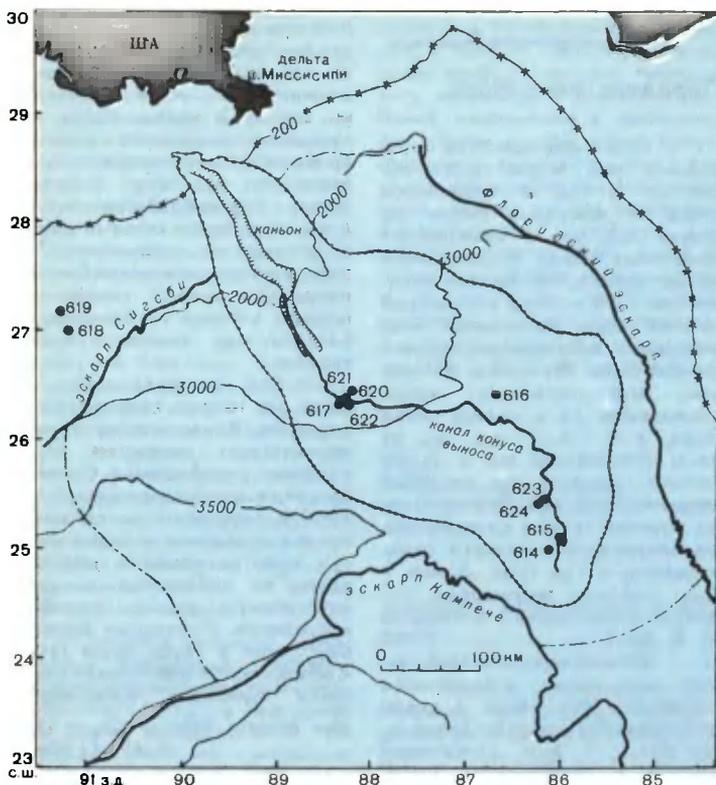
Последний рейс бурового судна «Гломар Челленджер» проходил в Мексиканском заливе. Он начался 29 сентября 1983 г. в Форт-Лодердейле (штат Флорида, США) и завершился 8 ноября заходом в порт Мобил (штат Алабама). Работами руководили А. Бума и Дж. Колеман (A. Bouma, J. Coleman, США).<sup>1</sup>

На дне Мексиканского залива выносы р. Миссисипи образовали огромный подводный конус, геологическую структуру и историю образования которого должны были исследовать участники этой экспедиции. Пробурено было 11 скважин: 9 — непосредственно в пределах конуса выноса (скважины 614—617 и 620—624) и 2 — на континентальном склоне (скважины 618 и 619). Все скважины исключительно мелкие (самая глубокая, 615-я, прошла 523,2 м); связано это с опасением встретить на большей глубине нефтегазоносные резервуары, что могло бы привести к выбросам углеводородов и загрязнению морской среды.

Конус выноса р. Миссисипи прорезан каньоном. В пределах континентального склона он довольно глубок (сотни метров), на ложе Мексиканского залива становится сравнительно узким (до 3 км шириной) и не превышает глубины 50 м. Все скважины 96-го рейса располагались вблизи этой депрессии: 4 скважины — в ее нижней ча-

<sup>2</sup> Зуев Г. В., Несис К. Н. Кальмары (биология и промысел). М., 1971.

<sup>1</sup> JOIDES Journal. 1983, v. 9, No 3, p. 54.



Район работ «Гломара Челленджера» в 96-м рейсе.

-  618 Скважины
-  Край континентального шельфа
-  Граница конуса выноса р. Миссисипи
-  Граница наиболее молодой части конуса выноса

сти и 5 — в средней. Верхняя часть отложений конуса не обследовалась: там уже имеется достаточно большое число скважин, заложенных при промышленном нефтепоисковом бурении.

Сейсмические исследования показали, что конус выноса построен из многочисленных осадочных линз, которые сменяют, надстраивают друг друга в вертикальном и горизонтальном направлениях. Все

эти линзы вытянуты в субмеридиональном направлении: от источника сноса (дельты р. Миссисипи) в сторону ложа Мексиканского залива. Следовательно, делается вывод, осадки поступают на дно залива с мутьевыми потоками по каньону, который ниже по континентальному склону сменяется неглубоким каналом. Когда осадки заполняют канал, взвешенные частицы «выплескиваются» из него и взвесь растекается на большее или меньшее расстояние от русла — так формируется единичная осадочная линза. Новый мутьевой поток сначала прорезает себе канал, а потом заполняет его — так образуется серия осадочных линз, сменяющих друг друга в пространстве.

Поднятые на борт судна керны имеют типично градиционную структуру, характерную для мутьевых потоков. Пробуренные отложения достаточно молодые: их возраст нигде не древнее конца висконсинского гляциала ледниковой эпохи. Скорость аккумуляции осадков в целом высока: 2—7 м

за 1000 лет, причем в нижней части конуса она выше, чем в средней и верхней; это объясняется тем, что именно на ложе откладываются осадки, принесенные мутьевыми потоками.

96-й рейс завершил вторую — международную — фазу Проекта глубоководного бурения. Согласно принятому решению, «Гломар Челленджер» прекращает работы. На смену ему для реализации следующей фазы проекта приходит новое судно, способное вести буровые работы на больших глубинах<sup>2</sup>.

**А. Е. Сузумов,**  
кандидат геолого-минералогических наук  
Москва

<sup>2</sup> Подробнее см.: На смену «Гломару Челленджеру». — Природа, 1984, № 2, с. 117; Курнос в В. Б. Новый проект глубоководного бурения дна океана. — Природа, 1984, № 10, с. 62.

Геохимия

**Серная кислота на термальном источнике**

Ю. Ф. Погребняк, Л. Н. Кондратенко, Н. М. Чашина (Читинский институт природных ресурсов СО АН СССР) объяснили причину обугливания и чрезвычайно быстрого разрушения деревянных построек над Семиозерским термальным источником в Забайкалье.

Воды этого источника (подобно другим из Верхне-Чикойского района Забайкалья) относятся к слабominерализованным, газифицирующим азотом. Это щелочные воды (pH=9,4, T=35 °C) с преобладающим катионом натрия и смешанным хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатным составом. Для них характерно также высокое содержание фтора; спонтанно выделяющиеся газы включают заметное количество сероводорода (0,17 мг/л). Выход Семиозерского источника окружен срубом, над которым возведено деревянное строение, исполь-

## География

## Парадокс реки Инда

зубое местным населением для приема ванн. Это строение неоднократно возобновлялось, но каждая новая постройка необычайно быстро разрушалась — ее деревянные части как бы обугливались. Впервые это было описано еще в 1932 г.<sup>1</sup>

Авторы исследовали состав воды, полученной при таянии сосулек, которые выросли в холодное время на потолке ванного помещения. Оказалось, что обугливание происходит под действием серной кислоты, которая образуется в конденсате, скапливающемся на стенах и потолке построек. В конденсате найдено мало ионов  $\text{Cl}^-$  и  $\text{HCO}_3^-$ , зато содержание ионов  $\text{SO}_4$  достигает 325 мг/л по сравнению с 30,2 мг/л в воде источника. Конденсат отличается также высокой кислотностью ( $\text{pH}=2,5$ ).

Единственным источником серы, необходимой для образования серной кислоты в конденсате, может быть сероводород из газов источника. Известно, что  $\text{H}_2\text{S}$  в экзогенных условиях способен окисляться кислородом воздуха, но этот процесс с заметной скоростью идет лишь до образования свободной серы, дальнейшее окисление происходит в обычных условиях крайне медленно. Авторы доказали, что быстрое окисление серы до серной кислоты в конденсате обусловлено присутствием там фотосинтезирующих и тионовых бактерий, существенно ускоряющих процессы глубокого окисления серы. Наибольшая роль принадлежит двум обнаруженным видам тионовых бактерий, в результате жизнедеятельности которых свободная сера — продукт химического окисления сероводорода или метаболизма фотосинтезирующих бактерий — окисляется до серной кислоты с одновременным снижением  $\text{pH}$  в конденсате до 2—3. Образующаяся серная кислота разрушает (обугливает) древесину.

Доклады АН СССР, 1984, т. 275, № 5, с. 1170—1172.

Сток Инда, одной из крупнейших рек мира, достигает  $200 \text{ км}^3$  в год. В Аравийское море он ежегодно сносит не менее 400 млн т взвешенных осадочных пород. В результате образовался конус выноса мощностью 2500 м; под его массой земная кора испытывает значительное прогибание. Однако трудно было объяснить, почему весь этот гигантский конус расположен не в самом устье Инда, а в 1,5—2 тыс. км от него; ближайшие же к устью районы морского дна почти не покрыты осадками. Эту проблему изучала группа сотрудников Национального института океанографии в Гоа (Гоа, Даман и Диу), союзная территория Индии), возглавляемая Р. Р. Наиром (R. R. Nair).

Установлено, что наибольшее количество взвешенного материала Инд несет в сезон юго-западных муссонов (июнь — сентябрь). В этот дождливый период в Аравийском море, особенно на его северо-западе, возникает под влиянием сильных ветров интенсивное поверхностное течение, движущееся на юго-восток примерно параллельно западному побережью Индостана. Вместе с течением осадочные породы из Инда перемещаются к побережью области Саураштра (штат Гуджарат). Часть осадков вместе с турбулентным течением должна была бы, следуя подводным каньоном Инда, достигать побережья Саураштры, однако этому активно препятствует явление, названное приливным барьером.

Дело в том, что в 100 км к югу от устья Инда находится огромный залив Кач (площадь  $7500 \text{ км}^2$ ). Большая часть его экватории имеет глубину около 20 м, максимальная — 60 м. Залив принадлежит к немногочисленному виду «макроприливных»: перепад уровня воды в нем превышает 4 м (в районе Кандла — 6 м). Такие значительные приливно-отливные движения больших водных масс вызывают интенсивные течения со сменяющимся направлением

и очень высокой скоростью — до 4—5 узлов ( $200\text{—}250 \text{ см/с}$ ). На выходе из залива скорость снижается, но тоже составляет не менее 2 узлов. Когда насыщенный осадочной взвесью прибрежное муссонное течение встречает на пути отливный поток, вырывающийся из залива, оно отклоняется к западу и отходит от побережья. Так возникает динамический барьер, «переадресующий» осадочные породы в более глубоководный бассейн над континентальным склоном.

Это явление имеет огромное значение. Динамический барьер препятствует, например, образованию у побережья Саураштры охранительного подводного вала. В результате не погашенная в достаточной степени энергия волн и течений обрушивается на побережье, вызывая интенсивную эрозию пляжей и постоянное отступание береговой линии в глубь суши (этим и объясняются необычные очертания здешнего побережья).

New Scientist, 1984, v. 101, № 1397, p. 41—42 (США).

## Гляциология

## Новое в истории антарктического оледенения

Группа американских полярников, возглавляемая Дж. Х. Мерсером (J. H. Mercer; Университет штата Огайо, США), в течение ряда лет вела бурение в пределах Трансантарктического хребта на ледниках Риди ( $85^\circ$  ю. ш.,  $134^\circ$  з. д.), Бирдмора ( $84^\circ$  ю. ш.,  $171^\circ$  в. д.) и на горе Фетер ( $78^\circ$  ю. ш.,  $160^\circ$  в. д.), на высотах 2,5 тыс. м над уровнем моря. По определению П. Н. Уэбба (P. N. Webb), в образцах льда, взятых при бурении, встречаются отлично сохранившиеся ископаемые остатки морских микроскопических организмов, среди них — диатомовые водоросли, радиоларии, силикофлагелляты, известный нанопланктон, остракоды, спикулы губок, растительная пыльца. Собранные на леднике Риди представители флоры и

<sup>1</sup> Деньгин Ю. П. — Тр. ВГО, 1932, вып. 184.

фауны кайнозоя (в интервале от 2 млн до 65 млн лет назад) относятся к самым южным из всех известных науке.

Эти находки в верхних частях Трансантарктического хребта заставляют по-новому рассмотреть проблемы колебаний оледенения Восточной Антарктиды. Можно полагать, что в прошлом имели место дегляциации восточноантарктического оледенения, сопровождавшиеся вторжением моря в районы Земли Уилкса и другие ныне подледные бассейны. В периоды наиболее крупномасштабных эпизодов отступления ледников мелководные моря вторгались в глубь Антарктиды вплоть до Южного географического полюса. Самое последнее из таких значительных событий, сопровождавшееся затоплением большой части материка, произошло, по-видимому, около 2—3 млн лет назад.

Остается неясным, каким образом найденные остатки морских организмов оказались на высоте 2,5 тыс. м над уровнем моря. Высказываются три гипотезы; либо эти организмы отложились там, когда часть нынешнего Трансантарктического хребта была ниже уровня моря; либо чрезвычайно мощный слой оледенения захватил с собой более древние морские осадочные породы из бассейна моря Росса и перетолжил их, двигаясь на запад; либо, наконец, мощный ледник в районе Земли Уилкса — Фильхнера-Котса, охватывающий восточную часть Трансантарктического хребта, в свое время перекрыл этот хребет, отложив на его гребне принесенные с собой морские осадочные породы. По мнению Узбба и Мерсера, наиболее предпочтительна последняя гипотеза: в первом варианте область нынешних Трансантарктических гор должна была бы за последние 3 млн лет претерпеть тектонический подъем со скоростью около 1 км за 1 млн лет, что не подтверждается никакими данными; второй вариант требует, чтобы западноантарктический ледниковый покров двигался навстречу восточноантарктическому (перемещавшемуся на восток), что невероятно.

Дальнейшее изучение ис-

копаемых остатков, обнаруженных в районе Трансантарктического хребта, поможет определить масштабы и частоту колебаний оледенения в кайнозое. Во всяком случае, ныне представляется очевидным, что в течение указанного времени морские «языки» не раз пересекали Антарктический континент, соединяя Атлантический, Тихий и Индийский океаны между собой и предоставляя возможность миграции морским организмам. Antarctic Journal of the United States, 1983, v. XVIII, № 4, p. 14 (США).



Охрана природы

## Эверест нуждается в охране

Склоны Эвереста (или Сагарматхи, как называют непальцы эту величайшую горную вершину) ежегодно посещает не менее 5 тыс. альпинистов и туристов. Экологические последствия такого нашествия весьма значительны. Особенно страдают леса, еще 20 лет назад густо покрывавшие склоны горы. Былые сплошные заросли арчи (горного можжевельника) ныне превратились в разрозненные небольшие участки. Обычно средняя туристская группа численностью в 12—15 человек, сопровождаемая примерно 45 носильщиками и проводниками, потребляет за время маршрута не менее 1 т дров. Еще более разрушительные последствия крупных альпинистских экспедиций, которые иной раз нанимают по 700—800 носильщиков. Подсчитано, что лишь три наиболее многочисленных из них сожгли 25—30 т дров, причем уничтожались главным образом деревья верхней зоны лесов, где рост их идет особенно медленно. Да и местные жители — шерпы (около 2,5 тыс.) на отопление жилищ и приготовление пищи традиционно используют дрова или древесный уголь (до 50 кг в сутки). В результате всего этого растительность здесь почти полностью

уничтожена, что привело к сильной эрозии почв и разрушительным весенним паводкам в долинах.

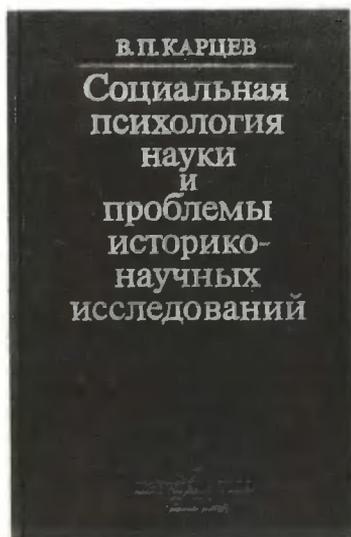
В 1976 г. этот уникальный район Непала был провозглашен Национальным парком Сагарматха. Введено правило, в соответствии с которым туристы и альпинисты обязаны все необходимое им топливо нести с собой. Шерпам, населяющим крупнейший здешний поселок Намчебазар, разрешено брать дрова только в лесу на противоположном берегу р. Шоте-Коси, в одном дне пути туда и обратно. Для охраны хрупкой природы высокогорья созданы специальные бригады лесников. Чтобы окончательно решить проблему сохранности района, ЮНЕСКО предложила свою помощь, благодаря чему в Намчебазаре завершается строительство небольшой гидроэлектростанции, которая использует энергию горного ручья. При строительстве тщательно сохранялся ландшафт: сеть электропередачи заглублена в землю, здание станции возведено из местных материалов. По проекту эта микро-ГЭС будет вырабатывать 132 кВт·ч/год, что почти полностью покрывает потребности Намчебазара в энергии.

В горных хижинах Тьянгбоче (около 4 тыс. м над ур. м.), где ежегодно останавливается более 3200 альпинистов, смонтированы фотоэлектрические панели, преобразующие солнечную энергию в электрическую, которой заряжают комплект батарей для освещения жилых помещений. Такая же панель дает ток радиостанции, поддерживающей связь между дирекцией Национального парка и столицей Катманду. Все эти шаги могут показаться незначительными жителям крупных промышленно развитых стран, но они весьма существенны для жителей Непала, не только зависящих от иностранного туризма, но и остро ощутивших необходимость сберечь уникальную природу «крыши мира».

Ambio, 1983, v. XII, № 3—4, p. 203—205 (Швеция).

## Научная деятельность и личность ученого

**А. А. Пархоменко,**  
кандидат технических наук  
Москва



**В. П. Карцев. СОЦИАЛЬНАЯ ПСИХОЛОГИЯ НАУКИ И ПРОБЛЕМЫ ИСТОРИКО-НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.** Отв. ред. С. Р. Микулинский. М.: Наука, 1984, 308 с.

Книга профессора В. П. Карцева, посвященная глубокому исследованию науковедческих проблем, реально адресована не только ученым, работающим в этой области, ибо круг читателей, интересующихся «человеческими» аспектами научной деятельности, гораздо шире, и они оценят нетрадиционность авторского подхода ко многим вопросам.

Так, современное науковедение акцентирует внимание в основном на коллективных

формах исследований, и это вполне закономерно. Осознание потребности в коллективном творчестве уже в конце прошлого столетия вылилось в организацию первых научно-исследовательских учреждений, а XX век характерен созданием крупнейших научных центров. Однако автор в основном ведет речь не об этой современной коллективности научного творчества, о которой уже много сказано, а об имманентной коллективности любого научного труда, которая так или иначе существовала во все времена.

Каждый труд как всеобщий, отмечал К. Маркс, обуславливается частью использованием труда предшественников, частью же — кооперацией современников. Руководствуясь этим, можно всегда и везде выявить коллективный характер научного труда. В «Диалогах» Платона, «Беседах» Галилея и многих других сочинениях круг взаимодействия ученых проявляется даже в названиях трудов этих авторов — это их ученики, их школы, их явные и неявные собеседники.

Приобретение современной наукой массового характера не ведет к низведению личности до функции легко заменяемого «винтика» грандиозного механизма современной «большой науки». Личность, отмечает автор книги, по-прежнему остается уникальным генератором творческих идей, а радость открытия никогда не исчезает из спектра самых сильных переживаний и современного человека, и человека будущего. Расширение объема социальных контактов усложняет, но вместе с тем и обогащает внутреннюю жизнь научного работника. Придавая все новые стимулы социальной активности, оно ведет при благоприятных условиях к расширению творческих возможностей, к обогащению духовной жизни личности.

В книге анализируются многие важные компоненты

научной деятельности, обуславливающие продуктивность труда ученого. Исследуется научное общение как творческий процесс. Всесторонне рассматривается общение типа «учитель — ученик» и пути передачи неформализованного знания. При этом внимание концентрируется на плодотворности контактов как для «младшей», так и для «старшей» стороны.

Содержание, структура и динамика научного труда предъявляют особые требования к психологическим механизмам и возможностям человека. Если способность к усвоению и применению научных истин есть общечеловеческое свойство, то способность к добыванию этих истин распределена среди людей неравномерно. Научный талант, подчеркивает автор, так же редок, как и художественный, и требует столь же бережного с ним обращения.

Исследуя социальную психологию и социально-психологические феномены в науке, автор останавливается на внутригрупповых отношениях в научных коллективах, на анализе «малых групп» в науке и их лидерах, на энтузиазме как непреходящей характеристике психологического климата, присущего подлинно творческому коллективу. Здесь же рассматриваются такие вопросы, как мотивация научного творчества, проблема авторства и восприятия научного открытия, значение научных школ, династий и плеяд. Справедливо подчеркивается полезность борьбы взглядов, соперничества научных школ.

Автор глубоко прав, отмечая, что изучение исторического опыта развития научных школ и так называемых «незримых колледжей» (неформального объединения ученых), анализ их роли в научном прогрессе, в расширении творческих возможностей отдельных ученых составляет чрезвычайно перспективную область исследований.

Какова роль ученого в научном коллективе, кто способен осуществлять роль «генератора» идей? Кто может быть «эрудитом» и кто «критиком»? Эти вопросы рассматриваются в книге дважды: с точки зрения деятельности «малой» научной группы и в плане изучения конкретной ситуации в истории науки — анализа истоков электродинамики Максвелла и ее влияния на возникновение и развитие электротехники и радиотехники.

Автора интересуют также историко-научные и методологические проблемы изучения научной деятельности. В книге анализируются такие источники информации, как тексты научных трудов, документальные материалы об ученых и их деятельности, биографии и автобиографии ученых. (Кстати, В. П. Карцев известен как автор опубликованных в последние годы научных биографий Дж. К. Максвелла, Г. М. Кржижановского, М. П. Костенко.)

Особое место в науковедческой практике занимают интервью и беседы, проводимые по заранее разработанному плану. В качестве примера автор приводит составленный им план

науковедческого интервью с академиком П. Л. Капицей, цель которого — выявить основные факторы, определившие выбор ученым главных направлений своих исследований.

Анализируя проблему социального заказа и его преобразования в научно-исследовательскую программу, автор в качестве исторического примера рассматривает разработку в нашей стране плана ГОЭЛРО. Он убедительно показывает, каким образом социальные задачи, поставленные руководителем молодого советского государства В. И. Лениным, воплотились в масштабные научно-технические программы, в план электрификации России.

Известно, что социально-психологические механизмы передачи стиля мышления от человека к человеку, от личности к сообществу и от сообщества к личности (убеждение, подражание, воздействие примером, авторитетом, властью и т. д.) в достаточной степени пока не изучены. В процессе конкретных историко-научных исследований можно показать и изучить влияние стиля мышления ученого на руководимое

им научное сообщество. В качестве примера в книге детально исследован процесс возникновения и развития ленинградской научно-технической школы электромашиностроения, созданной академиком М. П. Костенко и развитой в дальнейшем академиком И. А. Глебовым.

Характерная черта книги В. П. Карцева — обилие ярких, образных и, что весьма важно, доказательных историко-научных примеров, сравнений, убедительных аналогий. В своих выводах автор опирается на результаты собственных исследований и многочисленные данные таких видных советских и зарубежных ученых, как Л. Д. Ландау, П. Л. Капица, Б. Н. Юрьев, С. Р. Микулинский, М. Г. Ярошевский, Л. де Бройль, А. Эйнштейн, Дж. Бернал, Д. Максвелл, Г. Селье, К. Бернар и др. Многочисленные библиографические ссылки расширяют кругозор читателя и подсказывают ему, где и что он может найти по волнующему его вопросу.

Книга В. П. Карцева, несомненно, займет достойное место в ряду глубоких и интересных науковедческих исследований последних лет.

## НОВЫЕ КНИГИ

### Физика

С. В. Воксовский. МАГНЕТИЗМ. М.: Наука, сер. «Проблемы науки и техники», 1984, 208 с., ц. 80 к.

Что если бы материальный мир вдруг лишился присутствия ему магнитных свойств? Последствия такого «чуда» были бы катастрофическими: остановился бы практически весь транспорт, прервалась бы связь, была бы полностью парализована энергетика... Магнетизм универсален. Этим объясняется то большое место, которое он занял в естествознании. В новой книге о магнетизме, адресованной преподавателям, студентам, учащимся физико-математических школ, излагаются совре-

менные представления о сущности магнитных явлений, их связи с особенностями атомного строения веществ, приводится феноменологическая классификация различных магнетиков, описываются многообразные практические применения магнетизма (от магнитной звукозаписи до использования электромагнитов в современных электромагнитах в современных электромагнитах). В заключение сообщаются некоторые сведения о магнетизме атомных ядер и элементарных частиц, рассказывается о пока еще гипотетическом монополе Дирака. Книгу завершает небольшой раздел с вопросами и задачами, решение которых, несомненно, должно помочь активному усвоению прочитанного.

### Математика

Сэм Лойд. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОЗАИКА. Пер. с англ. Ю. Н. Сударева. Сост. и ред. М. Гарднер. 2-е изд., стереотип. М.: Мир, 1984, 311 с., ц. 1 р. 20 к.

С. Лойд (1841—1911), один из основоположников занимательной математики в США, классик этого жанра, не был профессиональным математиком. Но «как самые интересные шахматные головоломки принадлежат не чемпионам по шахматам, так и наиболее увлекательные математические головоломки придуманы отнюдь не ведущими математиками. Для создания их требуется особый дар, особый склад ума. Именно им в избытке и обладал

С. Лойд», — говорится в предисловии.

Головоломки Лойда получили известность во всем мире; порой увлечение ими граничило с «массовым психозом», как это было, например, с его знаменитой головоломкой «игра в пятнадцать». В этот сборник вошли лучшие из его математических задач и головоломок, отобранных и отредактированных М. Гарднером.

Книга рассчитана на самые широкие круги читателей, в особенности она привлекательна для любителей занимательной математики и для студентов-математиков.

#### Химия

М. Ногради. СТЕРЕОХИМИЯ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ. Пер. с англ. В. А. Никанорова, М.: Мир, 1984, 392 с., ц. 3 р. 80 к.

«Так уж повелось, — пишет в предисловии автор этой монографии, известный венгерский ученый Михай Ногради, — что реальные объемные молекулы химик привык изображать с помощью всем известных условных символов на плоском листе бумаги... До поры до времени это не вредит делу, потому что многие макроскопические проявления химической индивидуальности того или иного вещества... можно охарактеризовать только скалярными, т. е. не имеющими выраженного направления, параметрами его внутреннего строения. Многие, но отнюдь не все! Ведь остаются еще и векторные, т. е. стереонаправленные, корреляции между химическими свойствами и признаками молекулярных систем. Мы рискуем просто потерять их, если в своем химическом сознании так и не сумеем выйти за пределы плоского двумерного листа бумаги. Вот почему... совершенно необходимо отдельно обсудить все те специальные научные аспекты современной химии, которые связаны с проникновением химического воображения именно в трехмерное пространство».

Автор делит весь материал на 3 главы: в первой обсуждаются различного рода статистические пространственные яв-

ления, или, другими словами, — стереохимия основного состояния нереагирующих молекул (их конфигурация и конформация); во второй рассматриваются различные аспекты динамической стереохимии, в первую очередь связанные с кинетикой конформационных превращений; в третьей анализируются возможности практического применения рассмотренных принципов.

#### Биология

И. И. Шмальгаузен. ПУТИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭВОЛЮЦИОННОГО ПРОЦЕССА. Избранные труды. Отв. ред. и авт. предисл. М. С. Гиляров, М.: Наука, 1983, 360 с., ц. 2 р. 30 к.

Давая информацию о выходе в свет второго тома избранных трудов И. И. Шмальгаузена, изданных Институтом эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР, нет необходимости рассказывать ни об авторе, ни о его работах. Во-первых, потому, что выдающиеся экспериментальные и теоретические исследованиянискали ему славу крупнейшего биолога-эволюциониста и, конечно же, не забыты современными биологами; во-вторых, в этом номере журнала публикуется целая подборка статей, посвященная 100-летию со дня рождения И. И. Шмальгаузена, в которой излагаются его основные идеи и достижения. Поэтому остается лишь познакомить читателя с историей выхода этого тома.

В него включены монография «Пути и закономерности эволюционного процесса» и три статьи. Монография подготовлена к публикации И. И. Шмальгаузенем в 1947 г. как естественное дополнение к более раннему труду «Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии» (1938 г.). По сути, это второе издание «Путей и закономерностей» (первое опубликовано в 1939 г.), в которое внесены значительные уточнения и дополнения.

Очерк «Современные проблемы эволюционной теории», до сих пор не опубликованный, скомпонован И. И. Шмальгаузенем в 1969 г. из до-

полнений ко 2-му изданию «Проблем дарвинизма».

Только в трудах XV Международного зоологического конгресса 1958 г. была опубликована (на английском языке) статья «Стабилизирующий отбор». Не выходила в свет и заключающая этот том статья «К столетию теории естественного отбора Ч. Дарвина».

К сожалению, издание книги не безупречно: в ней нет именного указателя, отсутствуют примечания к тексту, встречаются досадные опечатки.

Л. П. Белянова,  
кандидат химических наук  
Москва

#### Биология

И. И. Шмальгаузен. РОСТ И ДИФФЕРЕНЦИРОВКА. Избранные труды в двух томах. Киев: Наукова думка. Т. 1, 1984, 176 с., ц. 2 р. 80 к.; т. 2, 1984, 168 с., ц. 3 р.

Двухтомное издание избранных трудов И. И. Шмальгаузена подготовлено Институтом зоологии АН УССР, которому в 1981 г. в связи с 50-летием со дня создания присвоено имя его основателя и директора академии АН СССР и АН УССР Ивана Ивановича Шмальгаузена.

В 1982 г. Институт эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР, где долгое время работал И. И. Шмальгаузен, издал собрание его избранных трудов, в которое вошли более поздние работы ученого<sup>1</sup>. В настоящее издание включены его ранние оригинальные работы по проблеме роста позвоночных животных. Это статьи и доклады, опубликованные в 1926—1935 гг. в отечественных и зарубежных периодических изданиях или вышедшие отдельными брошюрами.

Научное редактирование русского перевода работ, опубликованных на немецком и украинском языках, осуществлено

<sup>1</sup> Шмальгаузен И. И. Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии. Избр. тр. М., 1982; Пути и закономерности эволюционного процесса. Избр. тр. М., 1983.

ученицей И. И. Шмальгаузена — Н. П. Бордзиловской. В первый том избранных трудов включен очерк жизни и научной деятельности ученого, написанный В. А. Топачевским и С. Ф. Манзием.

### Биология

**ОСНОВЫ СЕНСОРНОЙ ФИЗИОЛОГИИ.** Под ред. Р. Шмидта. Пер. с англ. Г. И. Рожковой. Ред. перев. и авт. предисл. А. Л. Бызов. М.: Мир, 1984, 287 с., ц. 3 р. 40 к.

Книга, посвященная одному из самых интересных разделов нейрофизиологии, написана коллективом авторов из ФРГ. Каждый из них, будучи специалистом в определенной области, подготовил 1—2 главы. Наряду с конкретными сведениями о морфологии и физиологии различных сенсорных систем (соматовисцеральной, зрительной, слуховой, вкусовой, обонятельной), даются некоторые общие представления о свойствах рецепторов, принципах обработки сенсорных сигналов, соотношении нейрофизиологического и психологического подходов. Включены также сведения о чувствах голода и жажды, обычно выпадающие из поля зрения сенсорной физиологии.

Как подчеркивает редактор перевода, «книга будет полезна не только студентам, которые должны знать «все», но и преподавателям, а также научным работникам, чья узкая специализация оставляет широкие бреши в системе их представлений о сенсорной физиологии».

### Экология

**Б. А. Быков. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ.** Алма-Ата: Наука, КазССР, 1983, 216 с., ц. 75 к.

В словаре сделана попытка охватить весь терминологический арсенал современной экологии в широком ее понимании. Дано толкование более тысячи терминов, относящихся к экологии как науке об отношениях растительных и животных организмов и образуемых ими сообществ между собой и с окружающей средой (в пре-

делах биоценозов определенных экосистем).

Предназначенный для специалистов, занимающихся проблемами использования природных ресурсов, охраны окружающей среды и живой природы, словарь, безусловно, полезен и в плане повышения экологической эрудиции широких масс населения. Он может быть также хорошим подспорьем для студентов биологических вузов и факультетов, для учащихся старших классов общеобразовательных школ.

Если принять во внимание, что тяга советских людей к экологическим знаниям усиливается год от года, тираж (6 000 экз.), которым выпущен словарь, представляется совершенно недостаточным.

**А. Ф. Бантышев**

Киев

### Охрана природы

**ПРИРОДА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕЕ ОХРАНА.** Сост. Т. И. Миронова, Э. И. Слепян. Науч. ред. Э. И. Слепян. Л.: Лениздат, 1983, 277 с., ц. 1 р. 10 к.

Это своеобразная микроэнциклопедия, посвященная природе Ленинградской области. Задача книги — обратить внимание читателей на необходимость активного участия в решении комплекса задач, связанных с рационализацией различных видов природопользования и охраной природы.

В первом разделе «Природные условия» в шести статьях приводятся краткие характеристики климата, рельефа, геологии и гидрологии, почва на территории области. Второй, и основной, раздел «Живая природа» содержит 17 статей. Большинство их посвящено отдельным группам организмов, видам, обитающим на территории области. Имеются также очерки, касающиеся истории растительного и животного мира, сезонной жизни природы, структуры ландшафтов. Третий раздел называется «Народное хозяйство и природа» и состоит из 22 статей, в которых представлены почти все виды природопользования. Жаль, что выпали вопросы, связанные с промышленным загрязнением, урбанизацией тер-

ритории области, гигиеной. Рассмотрены системы земледелия, проблемы селекции и заболоченный культурных растений и животных, рекультивация нарушенных земель, вопросы луговодства, пчеловодства, лесного, охотничьего, рыбного хозяйства, звероводства, зеленого строительства. Читатель найдет массу полезного статистического материала и сможет оценить остроту проблем и перспективы названных отраслей хозяйства. Заключительный раздел «Охрана природы» состоит из 3 статей. В нем дано описание Нижне-Свирского заповедника, заказников и памятников природы, приведены списки видов растений и животных, подлежащих охране на территории Ленинградской области.

В целом эта книга может во многих отношениях послужить примером для составления подобных сводок по другим областям: это хорошее пособие для учителей, краеведов, работников Общества охраны природы. Экологи, биологи, географы, все любители природы, несомненно, будут приветствовать выход в свет содержательной и во всех отношениях полезной книги, изданной ленинградцами.

К сожалению, из-за обилия тем изложение в отдельных статьях слишком лаконично. Досядливости в характеристике географических объектов, допущенные, например, в статье «Заповедник, заказники». Вызывает возражение название главы «Полезные и вредные растения» (имеются в виду растения ядовитые).

Книга хорошо издана. В ней есть великолепные иллюстрации, например фотографии редких животных и растений, сделанные Ю. Б. Пукинским и Н. А. Миняевым, но наряду с ними встречаются рисунки, в которых нет необходимости (цветы и плоды картофеля). Все это, однако, поправимо при переиздании, которых книга, безусловно, заслуживает. Но есть в ней и трудноустраняемый недостаток. Это отсутствие в большинстве материалов общегеографического, экологического подхода к проблеме. В них, как правило, не показана природная специфика основных биологических сообществ и ти-

пов экосистем на территории области, ландшафтных или природно-экономических районов. Хотя в отдельных статьях, например в статье А. Г. Исаченко «Ландшафты», эта линия представлена.

**С. А. Дыренков**  
Ленинград

#### Охрана природы

**БЕРЕГИТЕ: ИХ ОСТАЛОСЬ МАЛО.** Коллектив авторов. Ростов-на-Дону: Ростовское кн. изд-во, 1983, 127 с., ц. 50 к.

Читатель этой книги встречается с описанием редких и исчезающих животных Донского бассейна. Вначале авторы на отдельных примерах раскрывают значение всего многообразия видов животных в природе. Основную часть книги составляет ее раздел «Редкие и исчезающие животные». Начинается он с описания наиболее ярких представителей беспозвоночных (обычно в литературе такого рода этому отряду животных уделяется мало внимания). В разделе перечислены около 60 видов беспозвоночных, которые должны быть взяты под охрану. Кроме того, дана характеристика внешнего строения, биологии и ареалов 22 видов насекомых, 27 видов птиц и 3 видов млекопитающих.

В заключение авторы рассказывают о тех способах охраны животных, в которых может участвовать общественность. Напоминать о них массовому читателю необходимо, так как очень важно постоянно привлекать к этому делу студентов-биологов, школьные лесничества, станции юннатов и т. д. Организуемые в ряде районов страны школьные микрозаказники помогают охранять, например, шмелей, диких пчел — опылителей растений и других полезных и редких насекомых.

В исчезновение многих крупных видов насекомых внесли «вклад» и коллекционеры разного возраста, не без участия которых в последние десятилетия у нас в Татарии почти совсем исчезли красивейшие бабочки махаон и траурница, жук-олень, пчела фиалтовая и др. Это еще раз говорит о том, что идеи

бережного отношения к богатствам природы нужно внушать людям с детства. Такой цели и служит книга «Берегите: их осталось мало», написанная достаточно популярно, чтобы быть вполне понятной любому читателю.

**А. Б. Халидов,**  
кандидат биологических наук  
Москва

#### География

**Умберто Нобиле. КРЫЛЬЯ НАД ПОЛЮСОМ.** История покорения Арктики воздушным путем. Пер. с ит. А. А. Чернова и Э. А. Черновой. Автор предисл. и коммент. А. А. Чернов. М.: Мысль, 1984, 222 с., ц. 1 р. 70 к.

Это последняя книга Нобиле, изданная на его родине, в Италии, незадолго перед его кончиной. Конструктор и навигатор дирижаблей, участник и руководитель ряда экспедиций к Северному полюсу, он посвятил свою книгу истории изучения и освоения Арктики с помощью летательных аппаратов. В ней немало захватывающих и трагических эпизодов. Особое внимание уделяется полетам дирижаблей, в том числе драматической истории экспедиции на дирижаible «Италия», потерпевшем катастрофу в 1928 г. Автором показана гуманная миссия советского ледекола «Красин», спасшего оставшихся в живых участников этого полета.

#### История науки

**А. Н. Боголюбов. РОБЕРТ ГУК (1635—1703).** Отв. ред. С. Н. Кожеников. М.: Наука, 1984, 239 с., ц. 80 к.

В истории науки, как известно, есть ученые, которым «не повезло»: их научные результаты зачастую связывают с другими, более громкими именами. «По характеру ума», — пишет автор, — Гук был универсалом и энциклопедистом, рождал множество глубоких мыслей и идей, оставляя их на полдороге и очень обижался, когда другие присваивали себе его мысли».

Одного из основателей Лондонского королевского общества, — Роберта Гука прекрасного знали во второй половине XVII в.; его основательно забыли в XVIII в., о нем начали вспоминать в XIX в., и лишь в середине XX в. он занял заслуженное место на арене мировой науки.

Учеба каждого инженера во всех странах мира начинается с закона Гука и модуля Гука, но Гук был не только ученым. Он был «талантливым изобретателем, выдающимся архитектором и градостроителем, отличным организатором, профессором и лектором и поистине гениальным экспериментатором».

#### История науки

**Ф. Сабадвари, А. Робинсон. ИСТОРИЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ.** Пер. с англ. Н. А. Васьиной. Под. ред. А. Н. Шамина. М.: Мир, 1984, 304 с., ц. 85 к.

В этой книге, написанной венгерским историком науки Ф. Сабадвари и английским химиком-аналитиком А. Робинсоном, история важнейших направлений и методов качественного и количественного анализа рассматривается на фоне развития общих теоретических представлений химии. Авторы избрали наиболее прямой и в данном случае, по-видимому, наиболее эффективный способ подачи материала — хронологическое описание достижений различных ученых, от Роберта Бойля до Вильгельма Оствальда. Однако это не делает повествование простым набором разрозненных эпизодов из богатой событиями истории аналитической химии. Прослеживается четкая логическая связь между предшествовавшими разработками и новыми результатами.

Емкая по содержанию, написанная высокопрофессионально и в то же время увлекательно, снабженная обширным библиографическим указателем (711 наименований), эта книга предназначена для широкого круга химиков всех специальностей. Ее можно использовать как исторический справочник.

## Диалог с читателем

В № 11 за 1983 г. редакция журнала «Природа» опубликовала анкету с целью изучения своих читателей, их запросов и оценки издания. Получено 784 ответа. Мы благодарим всех, кто принял участие в этом важном для журнала диалоге.

Редакция самым тщательным образом изучила замечания и пожелания, высказанные в анкетах. Для создания более полной и объективной картины обработка анкет производилась также на факультете журналистики МГУ доктором филологических наук Э. А. Лазаревич и А. Ф. Генкиной.

Ниже мы публикуем краткое сообщение по итогам нашей анкеты.

Большинство читателей «Природы» одобряет широту охвата журналом естественнонаучных проблем и его стремление быть всегда на переднем крае науки. Читатели ценят в «Природе» достоверность, надежность информации. Убедившись в высоком научном уровне публикаций, близких их профессиональным интересам, в высокой компетентности авторов, они с полным доверием относятся и ко всем другим материалам.

Высокую оценку содержанию журнала как информации из первоисточника дают и зарубежные читатели (из Болгарии, ГДР, Монголии, Польши, Югославии, Англии, Франции, Швеции). Бывший учитель N. Roger (Франция) пишет: «Да здравствует «Природа» — журнал очень удачный, всегда удачный!»

Читатели с удовлетворением отмечают увеличение количества статей по общим вопросам науки, биографических материалов, публикаций об окружающей среде.

Все без исключения считают лучшим в журнале раздел «Новости науки». Многие советуют расширить его, помещая больше сведений о достижениях советских ученых.

Преобладающее большинство читателей просит увеличить количество статей обзорного характера, особенно посвященных фундаментальным исследованиям.

Некоторые отмечают как недостаток отсутствие дискуссионных материалов (ст. н. сотр. Г. К. Коваль, Краснодарский край; инженер Ш. Х. Хайретдинов, Свердловск), а также постоянной рубрики «Гипотезы» (ст. н. сотр. И. Я. Петров, Кемерово).

В анкетах высказаны и взаимоисключающие пожелания. Но их немного. Ст. н. сотр. Т. П. Жолудь (Харьков) считает, что рубрика «В конце номера» оживляет журнал, дает «заряд бодрости и толчок мысли»; по мнению другого читателя, она не нужна.

Высказываются пожелания видеть больше статей гуманитарного характера и прямо противоположное требование — вовсе исключить их из журнала.

Отвечая на просьбу редакции выделить наиболее удачные публикации в № 11 за 1983 г. почти все назвали «Воспоминания о А. Е. Ферсмана. История одного доклада» Б. М. Кедрова, большинство — «Галактический пояс жизни» Л. С. Марочкина

и Л. М. Мухина, многие — «Язык как средство реконструкции истории» В. В. Иванова, «Компьютеры в теоретических исследованиях» К. Вильсона, «Охрана рыб и «Красная книга СССР» Д. С. Павлова и другие.

К статье «О феномене псевдонауки» М. В. Волькенштейна отношение неоднозначное. Одни читатели — таких большинство — называют эту публикацию среди лучших (ст. н. сотр. Б. А. Афанасьев из Юрмалы предлагает эту тему продолжить), другие считают, что некоторые положения статьи слабо аргументированы (канд. наук М. М. Немирович-Данченко, Ленинград; инженер П. А. Иванов, Ленинградская область), третьи — их сравнительно немного — дают ей резко отрицательную оценку (например, канд. наук Н. А. Волконский из Краснодара, зам. гл. инженера А. А. Редькина из Ростова-на-Дону).

Присланные анкеты показывают состав читательской аудитории журнала. Значительная ее часть — научные работники. Но журнал читают не только ученые. Его постоянные подписчики — учителя физики, химии, биологии, природоведения. Учитель биологии А. П. Конев (Ле-

нинград) пишет, что «Природа» была его консультантом при переходе на новую программу. Учитель английского, немецкого и испанского языков Н. К. Бусел (Гомельская область) называет каждый номер журнала «природой мысли». Следующая крупная группа подписчиков — сотрудники музеев, отделений Общества охраны природы. Журнал читают также врачи и геологи.

Своим считает журнал инженерно-техническая интеллигенция (управляющий трестом, сотрудники министерств, руководители предприятий). Источники самообразования видят в «Природе» рабочие высокой квалификации, технический персонал научно-исследовательских учреждений.

Читают «Природу» и школьники. Среди тех, кто откликнулся на анкету, десятилетняя Вера Кирякова (Свердловск), одиннадцатилетний Юрий Коблачев (Чапаевск), двенадцатилетние Марина Шевченко (Куйбышев) и Татьяна Ильина (Сахалинская область), много тринадцати-шестнадцатилетних. Следует отметить, что большинство из них читает — и очень внимательно — почти все публикации, причем их оценки статей, как правило, не расходятся с оценками взрослых.

Разумеется, школьники — не массовая группа читателей «Природы», но, возможно, перспективная. Читатель «Природы» с довоенных лет профессор, физик-теоретик Н. В. Мицкевич (Москва) пишет, что именно «Природа» в значительной мере определила для него выбор профессии.

Многие читатели просматривают, кроме «Природы», еще два-три популярных издания (некоторые — до восьми), но значительная часть аудитории журнала считает, что ей вполне хватит сведений, получаемых из «Природы», если журнал будет помещать обзоры достижений в разных областях знания.

На вопрос «Как изменилось содержание журнала за последние годы?» редакция предложила четыре варианта ответа: «Улучшилось», «Осталось на том же уровне (достаточно высоко)», «Осталось на том же уровне (недостаточно высоко)

ком)» и «Ухудшилось». 61 % читателей считает, что содержание журнала осталось на том же достаточно высоком уровне. Многие по причине недавнего знакомства с «Природой» вообще не решились дать однозначный ответ на этот вопрос. Недовольных содержанием журнала, выбравших два последних варианта ответа, оказалось, соответственно, 5 и 4 %.

Читатели «Природы» одобряют четкую, строгую, без украшательства и сенсаций подачу материала, но подавляющее большинство, в том числе научные работники и учителя, считают публикации по физике, геологии и биологии слишком перегруженными деталями и узкоспециальными терминами, что делает их труднодоступными для специалистов смежного профиля. Канд. физ.-мат. наук В. Е. Рокотян (Москва) пишет, что стремление сохранить высокий научный уровень не должно приводить в противоречие с доступностью материала. Об этом говорят также научный сотрудник Крымской обсерватории П. П. Добронравов, начальник сектора ВЭИ им. В. И. Ленина А. С. Поранян (Москва), доценты Ю. А. и Б. П. Шаховы (Каз. ССР), доцент химического факультета Ленинградского государственного университета А. П. Чаросков, инженер-гидролог А. И. Головлева и мл. н. сотр. М. А. Гаазе-Рапопорт из Москвы, читатель «Природы» с 1966 г., военнослужащий Ю. А. Казаков из Владивостока. Излишнюю условность стили и графиков отмечает строитель Н. Е. Бондарев (Воронежская область), читатель «Природы» с двадцатилетним стажем, назвавший шестьдесят наиболее удачных, по его мнению, публикаций журнала.

Оформление «Природы» подверглось критике многих читателей. Признавая, что иллюстративного материала в последнее время стало больше, читатели находят, что цветные фотографии часто мелкие, невысокого качества и плохо отпечатаны. Не единичны жалобы и на плохую черно-белую печать, на слабый переплет, из которого выпадают листы. Некоторые чита-

тели недовольны мелким шрифтом.

Отмечены и положительные перемены, касающиеся оформления журнала: публикация в оглавлении номера кратких аннотаций статей; появление в конце каждого номера программы следующего.

Редакцию интересовало, как читатели получили номер журнала. Громадное большинство (77 %) ответивших на вопросы анкеты сообщили, что получили его по подписке, 21 % — приобрели в киосках «Союзпечати».

На вопрос, были ли затруднения с подпиской на «Природу», почти все ответили отрицательно, а один читатель выразился так: «Нет и не могло быть». Но, оказывается, могло и было с двадцатью пятью читателями. В разные годы были отказы на подписку в Чимкентской, Кемеровской, Ровенской областях, в городах Минске, Семипалатинске, Кривом Роге. До сих пор отвечают на почте, что подписка на «Природу» лимитирована, в Томске, Кременчуге, Шахтах, Суходольске, Архангельске, Полтаве, Благоевщенске, Коччетаве, в Одесской области, в Рапласском районе Эстонской ССР, в Тосненском районе Ленинградской области, в самом Ленинграде (индексы 119106, 197110, 195268) и даже в Москве (индексы 117296, 140080). И хотя, согласно большинству ответов, журнал всегда можно купить в киосках «Союзпечати», а в Тимашевске Краснодарского края его даже списывают, в Одессе он редко в тех же киосках, а в Ашхабаде поступает в продажу с опозданием.

Многие признаются, что стали читать журнал совсем недавно, так как раньше не знали о его существовании, и считают необходимым, чтобы редакция чаще выступала с рассказом о программе и содержании «Природы» в научных и научно-популярных периодических изданиях, по радио и телевидению.

Итак, сделаны новые шаги к установлению более тесных контактов между читателем и редакцией, что, несомненно, должно принести свои результаты.

## Тематический указатель журнала «Природа» 1984 года

ФИЛОСОФИЯ И ИСТОРИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ.  
ОРГАНИЗАЦИЯ НАУКИ

|   |    |     |
|---|----|-----|
| Будущее науки о городе. Гутнов А. Э.  | 12 | 74  |
| Великий химик-диалектик. (К 150-летию со дня рождения Д. И. Менделеева.) Кедров Б. М.   | 2  | 28  |
| Выдающийся биолог-дарвинист. (К 100-летию со дня рождения И. И. Шмальгаузена.) Полянский Ю. И.  | 12 | 68  |
| Где произошло Мамоево побоище? Флоренский К. П.   | 8  | 41  |
| Диалог с читателем  | 12 | 117 |
| Естествознание и теория познания. К 75-летию выхода в свет книги В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм». Сачков Ю. В.                | 5  | 3   |
| Загадка Куликова поля.  | 8  | 40  |
| Золотые медали им. М. В. Ломоносова за 1983 г. Андрей Львович Курсанов и наука о жизни растений. Бутенко Р. Г.                              | 6  | 98  |
| Золотые медали им. М. В. Ломоносова за 1983 г. Симметрия и объединенное описание взаимодействий элементарных частиц. Кемар А. А.            | 6  | 100 |
| История Куликова поля в документах XVI—XVII вв. Долгова С. Р.   | 8  | 54  |
| Карл Маркс и социальная роль науки. Жданов Ю. А.  | 1  | 3   |
| Козволюция человека и биосферы: кибернетические аспекты. Мойсеев Н. Н.  | 1  | 60  |
| К. Ф. Вольф — основоположник современной эмбриологии. Гайсинович А. Е.  | 5  | 44  |
| Математика в творчестве Карла Маркса. Кузичева З. А.  | 5  | 10  |
| Музей Д. И. Менделеева при Ленинградском университете. (К 150-летию со дня рождения Д. И. Менделеева.) Добротин Р. Б.                       | 2  | 33  |
| Мы с ним работали. (К 90-летию со дня рождения П. Л. Капицы.) Рубинин П. Е., Песков В. Д., Митрофанов А. В., Манеников А. Б., Зацепин В. Г. | 6  | 34  |
| Научные теории, модели и реальность. Седов Л. И.  | 11 | 3   |
| Н. Е. Жуковский и эхо-импульсная дефектоскопия. Исакович М. А.  | 1  | 81  |
| О месте Куликовской битвы. Кучкин В. А.   | 8  | 47  |
| О природе научного открытия. Ярошевский М. Г.   | 3  | 17  |
| «Периодическому закону — будущее не грозит разрушением...» (К 150-летию со дня рождения Д. И. Менделеева.)                                  | 2  | 26  |

|   |    |    |
|---|----|----|
| Петр Леонидович Капица. (К 90-летию со дня рождения.) Харитон Ю. Б.   | 6  | 28 |
| План физического исследования поверхности Луны 1873 года. Шкуратов Ю. Г., Мелкумова Л. Я.                               | 3  | 88 |
| Природа и человек в искусстве Возрождения. Соколов М. Н.  | 11 | 57 |
| «Происхождение видов». Загадки первого перевода. Чайковский Ю. В.   | 7  | 88 |
| Развитие голографии как нового научного направления. Денисюк Ю. Н., Гуриков В. А.                                       | 5  | 54 |
| «Сила биофизики... в цементировании воедино других биологических дисциплин». (К 80-летию со дня рождения Г. М. Франка.) | 4  | 72 |
| След Эйлера в математике. Гиндикин С. Г.  | 12 | 84 |
| Сорок ячменных зерен урожая 1735 г. (из истории освоения Дальнего Востока). Гольденберг Л. А.                           | 11 | 82 |
| У истоков эволюционной морфологии. (К 100-летию со дня рождения И. И. Шмальгаузена.) Соколов В. Е., Воробьева Э. И.     | 12 | 61 |
| Черты научного руководителя. (К 80-летию со дня рождения Г. М. Франка.) Иваницкий Г. Р.                                 | 4  | 80 |
| Эволюционист-теоретик и морфолог-экспериментатор. (К 100-летию со дня рождения И. И. Шмальгаузена.) Гиляров М. С.       | 12 | 58 |
| Эрнст Геккель и судьбы учения Дарвина. Воронцов Н. Н.   | 8  | 75 |

АСТРОНОМИЯ. АСТРОФИЗИКА.  
КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

|  |    |     |
|--|----|-----|
| Азотный океан на Тритоне*  | 5  | 107 |
| Астрономические открытия инфракрасного спутника «ИРАС»*            | 7  | 103 |
| Атомы межзвездной среды в Солнечной системе. Курт В. Г.            | 10 | 50  |
| Биоспутник «Космос-1514»*. Никитин С. А.                           | 3  | 97  |
| Во Вселенной обнаружено водородное облако*                         | 3  | 99  |
| В поисках внеземных цивилизаций*                                   | 2  | 71  |
| «Вертикаль-11»*. Римша М. А.                                       | 1  | 103 |
| Вращающееся протоскопление*  | 3  | 99  |
| Вторая экспедиция на «Салют-7» завершена*. Никитин С. А.           | 3  | 96  |
| Гамма-источник Геминга — квазар*                                   | 3  | 98  |
| Гигантские грозы на Сатурне*                                       | 1  | 104 |
| Гравитационное излучение от двойной звездной системы подтверждено* | 11 | 102 |
| Горы земного типа на Венере*                                       | 7  | 103 |
| Движение газа в центре Галактики*                                  | 6  | 107 |

\* Опубликовано в разделе «Новости науки».

|  |    |     |   |    |     |
|--|----|-----|---|----|-----|
| Еще одна солнечная система*  | 4  | 105 | Спутник «Лэндсат-5»*  | 10 | 105 |
| За пределы Солнечной системы*  | 6  | 105 | Спутник открывает кометы*   | 2  | 105 |
| Запуски космических аппаратов в СССР (сентябрь—октябрь 1983 г.)*   | 2  | 103 | Странное поведение Гипериона*   | 10 | 106 |
| Запуски космических аппаратов в СССР (ноябрь—декабрь 1983 г.)*   | 4  | 103 | SS 433 — черная дыра?*  | 9  | 102 |
| Запуски космических аппаратов в СССР (январь—февраль 1984 г.)*   | 6  | 103 | Третья основная экспедиция на «Салюте-7» (февраль—март 1984 г.)*. Никитин С. А.                           | 6  | 103 |
| Запуски космических аппаратов в СССР (март—апрель 1984 г.)*  | 8  | 102 | Третья солнечная система?*  | 7  | 102 |
| Запуски космических аппаратов в СССР (май—июнь 1984 г.)*   | 10 | 104 | Часто ли кометы сталкиваются с Землей?*   | 12 | 100 |
| Запуски космических аппаратов в СССР (июль—август 1984 г.)*  | 12 | 76  | Четвертая гравитационная линза*   | 5  | 106 |
| Запущены два японских спутника*  | 9  | 102 | Экспедиция на «Салюте-7»: март—апрель 1984 г.* Никитин С. А.  | 8  | 102 |
| Звезда «взвешивает» Галактику*   | 1  | 104 | Экспедиция на «Салюте-7»: май—июнь 1984 г.* Никитин С. А.   | 10 | 104 |
| Звездные дуги на периферии эллиптических галактик. Кемберг Б. В.   | 8  | 103 | Экспедиция на «Салюте-7»: июль — август 1984 г.* Никитин С. А.  | 12 | 97  |
| Звезды, поглощающие друг друга*  | 2  | 106 | Эксперимент «Реликт»*   | 6  | 105 |
| Изменение состояния рентгеновского пульсара Her X-1*   | 4  | 105 | Эффект Сюняева — Зельдовича подтвержден экспериментально. Любарский Ю. Э.                                 | 11 | 76  |
| «ИРАС» наблюдает галактики и квазары. Гурвиц Л. И.   | 10 | 58  |   |    |     |
| Как образовались гигантские планеты*   | 10 | 106 |   |    |     |
| Квазары с большим красным смещением*   | 7  | 101 |   |    |     |
| К какому типу относится наша Галактика?  | 6  | 106 |   |    |     |
| Комета Галлея «мигает»   | 11 | 103 |   |    |     |
| Космический зонд уходит к комете*  | 6  | 104 |   |    |     |
| Космический полет советско-индийского экипажа. Никитин С. А.   | 7  | 66  |   |    |     |
| Кто открыл новую комету?*  | 1  | 105 |   |    |     |
| Лауреаты Нобелевской премии 1983 г. по физике — С. Чандрасекар и У. А. Фаулер. Блиниников С. И., Надежин Д. К. | 1  | 94  |   |    |     |
| Ледяные фонтаны на спутнике Урана?*  | 3  | 93  |   |    |     |
| Магнитные жгуты в ионосфере Венеры*. Зеленый Л. М.   | 2  | 104 |   |    |     |
| Можно ли наблюдать радиолинии тяжелых элементов?*  | 11 | 102 |   |    |     |
| Необычный метеорит*  | 11 | 103 |   |    |     |
| Необычный хвост кометы*  | 5  | 106 |   |    |     |
| Новые данные о кольцах Юпитера и Сатурна*  | 11 | 101 |   |    |     |
| Новые спутники Венеры*. Никитин С. А.  | 1  | 102 |   |    |     |
| Область на границе плазменного слоя магнитосферы Земли*  | 12 | 99  |   |    |     |
| Одинокая молодая звезда*   | 7  | 102 |   |    |     |
| Открыт второй миллисекундный пульсар*. Истомин Я. Н.   | 3  | 97  |   |    |     |
| Осмий подтверждает космическую катастрофу*   | 11 | 104 |   |    |     |
| Первые результаты астрофизической станции «Астрон»*  | 7  | 101 |   |    |     |
| «Пионер» покидает Солнечную систему*   | 2  | 104 |   |    |     |
| Почему расширяется Вселенная. Зельдович Я. Б.  | 2  | 66  |   |    |     |
| Прекратил излучать рентгеновский источник в созвездии Лебедя*  | 7  | 102 |   |    |     |
| Продолжение экспедиции на «Салюте-7»*  | 1  | 102 |   |    |     |
| Проект «Джотто» в опасности*   | 2  | 104 |   |    |     |
| Проект искусственного космического лазера*   | 9  | 103 |   |    |     |
| Радионебо. Вилебинский Р.  | 5  | 74  |   |    |     |
| Рекордсмены магнитных полей. Липунов В. М.   | 8  | 22  |   |    |     |
| Скопления галактик скучены сильнее, чем отдельные галактики*   | 4  | 103 |   |    |     |
| Солнечный ветер. Ефимов А. И., Яковлев О. И.   | 1  | 11  |   |    |     |
| «Союз Т-12»*. Никитин С. А.  | 11 | 100 |   |    |     |
| «Спиральность» нейтрино и магнитные поля нейтронных звезд*   | 8  | 30  |   |    |     |
|  |    |     | Физика. Техника   |    |     |
|  |    |     | Активированная рекристаллизация тугоплавких металлов*   | 12 | 102 |
|  |    |     | Астрозоли — новый объект физических и астрономических исследований. Петрянов-Соколов И. В., Сутугин А. Г. | 11 | 11  |
|  |    |     | Атом не солдат, атом — рабочий. (Интервью с А. М. Петросьянцем.)  | 8  | 56  |
|  |    |     | Взаимодействие плазмы с жидким металлом. Габович М. Д.  | 12 | 26  |
|  |    |     | Волновод для инфракрасных лазеров*  | 12 | 102 |
|  |    |     | Все ближе к рентгеновскому диапазону*   | 6  | 108 |
|  |    |     | Голограммы регистрируются на оконном стекле*  | 11 | 105 |
|  |    |     | Долго ли живет b-кварк?*  | 5  | 108 |
|  |    |     | Дробный квантовый эффект Холла. Семенчикский С. Г.  | 3  | 34  |
|  |    |     | Жидкий гелий в науке и технике. Фрадков А. Б.   | 9  | 22  |
|  |    |     | Из истории открытия излучения Вавилова — Черенкова. Франк И. М.   | 10 | 81  |
|  |    |     | Излучение быстрых частиц в преломляющей среде. Болотовский Б. М.  | 10 | 87  |
|  |    |     | Измерено число циклов мюонного катализа*  | 1  | 105 |
|  |    |     | Интерференция во взаимодействиях мюонов. Савин И. А.  | 4  | 61  |
|  |    |     | Инфракрасный лазерный спектрометр контролирует загрязнение стратосферы*                                   | 8  | 106 |
|  |    |     | Исследование Земли с помощью пучка нейтрино*  | 5  | 107 |
|  |    |     | Кандидат в глоболы*   | 4  | 106 |
|  |    |     | Кристаллический полупроводник превращается в аморфный*  | 4  | 107 |
|  |    |     | Лазер на свободных электронах. Лебедев А. Н.  | 9  | 28  |
|  |    |     | Лазерное возбуждение поверхностных волн в твердом теле*   | 7  | 107 |
|  |    |     | Линии электропередач влияют на ионосферу и магнитосферу Земли*  | 7  | 106 |
|  |    |     | Лозоскательство без мистики. Иориш Ю. И., Турбов Б. В.  | 11 | 86  |
|  |    |     | Магнитные сверхпроводники. Булаевский Л. Н.   | 9  | 12  |

|  |    |     |
|--|----|-----|
| Малогобаритный СО-лазер*   | 3  | 102 |
| Мочевина в лазере на красителе*  | 10 | 108 |
| Мощная излучающая плазма. Розанов В. Б., Рухадзе А. А.                     | 5  | 30  |
| Мощность лазера двенадцать тераватт*                                       | 4  | 108 |
| Мощный нагрев термоядерной плазмы*   | 10 | 107 |
| Некоторые проблемы современной теории гравитации. Марков М. А.             | 4  | 3   |
| Новое агрегатное состояние*  | 8  | 105 |
| Новое определение метра*   | 6  | 110 |
| Новое поколение токамаков вступает в строй*                                | 3  | 101 |
| Обнаружение микротрещин под поверхностью кристаллов*                       | 1  | 106 |
| Объединенные калибровочные теории и нестабильный протон. Березинский В. С. | 11 | 24  |
| Окись церия в лазерных осветителях*  | 12 | 101 |
| Оптоэлектроника и кристаллоинженерия. Елисеев П. Г., Мильвидский М. Г.     | 9  | 4   |
| Открыт новый вид естественной радиоактивности*                             | 9  | 104 |
| Открыт t-кварк*. Комар А. А.   | 12 | 100 |
| От люминесценции к новому свечению. (Интервью с П. А. Черенковым.)         | 10 | 75  |
| Партоны и струи. Азимов Я. И., Докшицер Ю. Л., Хозе В. А.                  | 6  | 64  |
| Первые наблюдения двухпротонной активности ядер*                           | 3  | 100 |
| Пироэлектрические свойства полидиметилсилоксана*                           | 11 | 106 |
| Полупроводники со сверхрешетками. Басс Ф. Г.                               | 7  | 80  |
| Полупроводниковые сверхрешетки*  | 1  | 106 |
| Получение сверхострых электродов*  | 8  | 106 |
| Поможет ли физика понять, как возникла жизнь? Морозов Л. П.                | 12 | 35  |
| По синезеленым определяют температуру океана*                              | 9  | 106 |
| Радиодетектирование нейтрино и мюонов*                                     | 4  | 107 |
| Разноименные дефекты рекомбинируют в твердых растворах*                    | 6  | 109 |
| Расход ядерного горючего измерен по нейтринному излучению*                 | 9  | 105 |
| Редкий распад нейтрального пиона*  | 7  | 105 |
| Ренормгруппа! Это очень просто. Боголюбов Н. Н., Ширков Д. В.              | 8  | 3   |
| Сварка с помощью ионного пучка*  | 7  | 107 |
| Сверхтекучесть в природе. Цакадзе Д. С.                                    | 2  | 3   |
| Сверхускоритель в пустыне*   | 3  | 101 |
| Силикагель в лазере*   | 4  | 108 |
| Солнечные элементы повышенной эффективности*                               | 5  | 109 |
| Спектроскопия $\gamma$ -мезонов. Данилов М. В., Зайцев Ю. М.               | 5  | 26  |
| Термоядерный реактор-токамак. Кадомцев Б. Б., Пистуневич В. И.             | 3  | 35  |
| Томограф для деревьев*   | 11 | 105 |
| Тонкопленочные поляризаторы для мощных лазеров*                            | 3  | 103 |
| Физические критерии возникновения жизни*                                   | 9  | 105 |
| Флагман советской физики   | 9  | 3   |
| Фокусаторы*  | 5  | 108 |
| Фонокинетический аналог фотоэлектрического эффекта?*                       | 7  | 108 |
| Цветовая регистрация оптических сигналов*                                  | 3  | 102 |
| Численные эксперименты в теории сильного взаимодействия. Макеевко Ю. М.    | 3  | 3   |
| Эксперименты по обратному $\beta$ -распаду протона*                        | 2  | 106 |

## МАТЕМАТИКА. МЕХАНИКА

|   |    |     |
|---|----|-----|
| Автоматизированные системы научных исследований и аппаратура КАМАК. Маталин-Слущкий Л. А., Колпаков И. Ф. | 2  | 79  |
| Доказана гипотеза Морделла*. Зархин Ю. Г.   | 6  | 107 |
| Первый советский компьютерный томограф. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я., Рубашов И. Б., Тимонов А. А.        | 4  | 11  |
| Полет и механические колебания. Борин А. А.   | 7  | 69  |
| След Эйлера в математике. Гиндикин С. Г.  | 12 | 84  |

## ХИМИЯ

|  |    |     |
|--|----|-----|
| Аскорбиновая кислота — антиканцероген*                                     | 1  | 109 |
| Внедрение металла в графит*  | 7  | 108 |
| Графит из углеводородов*   | 9  | 106 |
| Загрязнение воздуха Арктики*   | 3  | 112 |
| Исследуется синтетический малахит*   | 2  | 108 |
| Класпол — новый металлополимер*  | 11 | 106 |
| Коллоидные системы генерируют ток*   | 1  | 107 |
| Лауреаты Нобелевской премии 1983 г. по химии — Г. Таубе, Шиллов А. Е.      | 1  | 100 |
| Мицеллярная энзимология. Мартинек К.                                       | 7  | 3   |
| Молекулярная масса полимера при замораживании увеличивается*               | 10 | 109 |
| Небиологическая матрица «узнает» мономер*                                  | 11 | 107 |
| Плазмохимический способ разложения CO <sub>2</sub> * <sup>2</sup>          | 8  | 107 |
| Противоопухолевая эффективность бисдiazокетонов*                           | 11 | 107 |
| Роль эффекта спиллвера водорода в катализе*                                | 1  | 107 |
| Серная кислота на термальном источнике*                                    | 12 | 109 |
| Слоистая структура алмаза. Мельниченко В. М., Никулин Ю. Н., Сладков А. М. | 7  | 22  |
| Сульфаты в стратосфере*  | 12 | 103 |
| Экологическая химия водной среды. Пурмаль А. П., Скурлатов Ю. И.           | 10 | 94  |

## БИОЛОГИЯ. МЕДИЦИНА

|  |    |     |
|--|----|-----|
| Адаптация клеток к металлам*                               | 9  | 108 |
| Антигены вируса бешенства — для приговления вакцины*       | 2  | 108 |
| Антигены и диабет*   | 2  | 110 |
| Археобактерии — новое царство живых организмов. Дуда В. И. | 2  | 13  |
| Бактерии защищают от обледенения*                          | 11 | 109 |
| Бессознательная жестикуляция*                              | 9  | 110 |
| Биоакустика в разведении птиц. Фокин С. Ю.                 | 9  | 44  |
| Биохимическая регуляция агрессивности мышей*               | 2  | 112 |
| Борьба со стафилококковой инфекцией*                       | 7  | 111 |
| Борьба с фараоновым муравьем*                              | 8  | 112 |
| Бражники в прямом смысле слова*                            | 8  | 111 |

|  |    |     |  |    |     |
|--|----|-----|--|----|-----|
| Бразильский опоссум — новое лабораторное животное*                               | 9  | 112 | Компьютер расшифровывает механизм действия фермента*                           | 5  | 110 |
| В Англии найден новый динозавр*  | 6  | 117 | Кому принадлежали конодонты?*  | 2  | 114 |
| Венерическое заболевание у кальмаров*. Несис К. Н.                               | 12 | 107 | Конструирование вакцин методом генной инженерии*                               | 11 | 108 |
| Вес мозга и экстраполяционные способности*                                       | 1  | 110 | Кооперация у пауков и клопов. Карцев В. М.*                                    | 10 | 113 |
| Вес мозга у хрящевых рыб*. Мягков Н. А.  | 5  | 113 | Короед сторжс в Великобритании*  | 10 | 112 |
| Вестиментиферы. Несис К. Н.  | 4  | 87  | Кровь, облученная ультрафиолетовым светом*                                     | 2  | 108 |
| Взаимовыгодный симбиоз у насекомых*. Кипятков В. Е.                              | 3  | 106 | Кроме бинокляра — электрофорез*  | 3  | 106 |
| Взаимопомощь у мангуст*  | 8  | 112 | Л. А. Зильбер — мыслитель и экспериментатор. Блохин Н. Н.                      | 3  | 70  |
| Вирус стимулирует рост растений*   | 6  | 111 | Лауреаты Нобелевской премии 1983 г. по медицине — Б. Макклиток. Корочкин Л. И. | 1  | 98  |
| Вирусы, онкогены и рак. Киселев Л. Л.  | 3  | 72  | Левое ухо слышит лучше*  | 1  | 110 |
| Витамин С и вирусы*  | 10 | 109 | Лечение диабета введением инсулина через рот*                                  | 9  | 108 |
| Гармония или адаптивность? Карцев В. М.  | 7  | 98  | Лечение ран лучом лазера*  | 2  | 110 |
| Ген ДНК-лигазы бактериофага T4*  | 11 | 111 | Липосомы для диагностики опухолей*   | 12 | 104 |
| Гены, не знающие своего места. Евгеньев М. Б.                                    | 2  | 72  | Мембраны в эволюции живого. Островский Д. Н.                                   | 8  | 14  |
| Гигантский равноногий рак. Кусакин О. Г.   | 10 | 41  | Метиллирование подавляет активность генов*                                     | 1  | 108 |
| Гипофизный гормон, стимулирующий секрецию инсулина*                              | 10 | 111 | Метод гибридом и его возможности. Мечетнер Е. Б., Червоцкий А. В.              | 9  | 80  |
| Гормон, регулирующий содержание кальция в крови*                                 | 3  | 104 | Механизм действия онкогенов*   | 7  | 109 |
| Деревья умеют защищаться*  | 4  | 112 | Механизм образования токсинов у бактерий*                                      | 5  | 111 |
| Дефекты биологических жидких кристаллов. Миц Р. И., Кононенко Е. В.              | 6  | 56  | Механизм развития болезни Шагаса*  | 4  | 110 |
| Дефекты ДНК при наследственных заболеваниях*                                     | 11 | 110 | Мигание при умственной деятельности*   | 4  | 110 |
| Дешевая вакцина против гепатита В*   | 2  | 109 | Микроклимат пчелиного гнезда. Еськов Е. К.                                     | 11 | 69  |
| «Диалекты» тюленего языка*   | 11 | 115 | Мирная акула-большерот*  | 5  | 113 |
| Динозавры из провинции Сычуань*  | 11 | 120 | Могут ли насекомые узнавать своих родичей?*                                    | 10 | 112 |
| Дофамин и шизофрения*  | 10 | 110 | Модель спорообразования у микробов*  | 11 | 112 |
| Древнейший осьминог*   | 1  | 119 | Может ли пчела поступать разумно?*   | 1  | 113 |
| Если паразит голоден*. Карцев В. М.  | 2  | 112 | Карцев В. М.   | 1  | 113 |
| Еще один нейроспецифический белок из мозга человека                              | 11 | 112 | Мозаичная структура генов архебактерий*  | 6  | 110 |
| Живой лед. Мельников И. А.   | 1  | 68  | На пути к искусственному фотосинтезу*  | 12 | 103 |
| Жизнь подо льдом. Ривер И. К.  | 1  | 77  | Научение человека при отсутствии коры головного мозга*                         | 11 | 114 |
| Зачем антилопе рога?*  | 5  | 114 | Нейраминидаза возбудителя чумы*  | 9  | 109 |
| Зачем человеку нужны бактерии?*  | 10 | 111 | Нейроактивность кинуренина*  | 12 | 105 |
| Игуанодон с необычным жевательным аппаратом*                                     | 3  | 114 | Некоторые задачи и перспективы развития биофизики. Франк Г. М.                 | 4  | 74  |
| Избирательная фрагментация ДНК с помощью лазера*                                 | 8  | 108 | Нервные пути полового возбуждения у рыб*                                       | 6  | 111 |
| Изотопная хронология жизни на Земле*   | 11 | 119 | Необычные случаи приспособления*   | 3  | 107 |
| Иммобилизованные микроорганизмы синтезируют проинсулин*                          | 11 | 109 | Новая функция митохондрий*   | 7  | 111 |
| Индукторы интерферона усиливают эффективность вакцинации*                        | 7  | 110 | Новые данные о псораленах*   | 5  | 112 |
| Интерферон без интерферона*  | 2  | 78  | Новый корм для животных*   | 1  | 110 |
| Как дети различают эмоции*   | 8  | 110 | Обеззараживание картофеля*   | 8  | 111 |
| Как предки китов начали завоевывать море. Несис К. Н.                            | 7  | 97  | Обнаружен новый микотоксин*  | 8  | 110 |
| Как ребенок рисует человека*   | 7  | 112 | Одиночные электроны и мюоны вызывают зрительные ощущения*                      | 3  | 104 |
| Какой палец точнее?*   | 5  | 111 | Одомашивание животных продолжается. Сегаль А. Н.                               | 10 | 30  |
| Кальций и накопление алкалоидов в растениях*                                     | 6  | 113 | Озон снижает урожай*   | 3  | 105 |
| Кенгуру сменяет календарь*   | 9  | 112 | Онкогенный вирус «обходит» клеточный иммунитет*                                | 12 | 103 |
| Китоглав в водах Антарктики*   | 2  | 113 | Особенности социальной организации насекомых*. Карцев В. М.                    | 9  | 111 |
| «Клетки-няньки» для лимфоцитов. Белотиников И. А., Олейник Е. К.                 | 5  | 42  | От искусственных антигенов к искусственным вакцинам. Петров Р. В.              | 10 | 3   |
| Клетки-полиплоиды — высокоактивные продуценты*                                   | 12 | 106 | Открыты новые термофильные микроорганизмы*                                     | 3  | 107 |
| К лечению болезни Леша—Нихема*   | 8  | 108 | «Память» почвы. Пономаренко Е. В., Пономаренко С. В.                           | 11 | 98  |
| Клонирован ген уриноказы человека*   | 4  | 108 | Парадокс иммунитета: «чужие» в «своем». Шевелов А. С.                          | 1  | 30  |
| Кодирование информации зависит от особенностей задачи*                           | 5  | 111 | «Пептид сна» из яда морской улитки*  | 7  | 111 |
| Коллаген, возраст и сердце*  | 11 | 111 |  |    |     |
| Комплексное исследование человека: место психологии. (Интервью с Б. Ф. Ломовым.) | 10 | 13  |  |    |     |

|  |    |     |
|--|----|-----|
| Пептид сна против стресса*   | 9  | 107 |
| Первое зверообразное Австралии*  | 2  | 115 |
| Первый ископаемый гребневик*. Несис К. Н.  | 5  | 115 |
| Первый химический синтез природной РНК*  | 10 | 109 |
| Переносчики генов для растений*  | 11 | 108 |
| Перфторуглероды помогают при больших потерях крови*  | 3  | 104 |
| Пикопланктон*. Мельников И. А.   | 6  | 112 |
| Плод в плоде*  | 2  | 111 |
| Поведение контролируется сложными белками*   | 7  | 109 |
| Под микроскопом — клеточные структуры палеозойских растений. Кизильштейн Л. Я., Шницглус А. Л. | 6  | 77  |
| Популяционная генетика и первоначальное заселение Америки. Суверник Р. И., Кроуфорд М.         | 4  | 90  |
| Почему лиса не замужем?*   | 10 | 114 |
| Предрасположенность к ишемии миокарда: тип поведения и наследственность*                       | 8  | 110 |
| Предупреждение бешенства*  | 9  | 109 |
| Простагландины — регуляторы сна?*  | 10 | 110 |
| Психические нарушения при болезни Паркинсона*  | 5  | 112 |
| Перспективы лечения эмфиземы легких*   | 11 | 109 |
| Растение-паразит против растения-паразита*   | 10 | 114 |
| Расшифрована первичная структура препроглобулина*  | 8  | 107 |
| Рентгенография живых растений*   | 12 | 00  |
| Рецепторы Т-лимфоцитов*  | 7  | 110 |
| Роль формы напечатанного слова при чтении*   | 10 | 111 |
| Рыба роет нору для икры*. Несис К. Н.  | 3  | 108 |
| Самцы, собирающие цветочные запахи*. Карцев В. М.  | 4  | 112 |
| Свиной интерферон для лечения людей*   | 8  | 109 |
| Симбиотические бактерии корабельных червей*  | 12 | 107 |
| Синтез поверхностного антигена вируса гепатита В*  | 7  | 109 |
| Синтезирован ген проинсулина человека*   | 4  | 109 |
| Синтезирован еще один пептидный гормон*  | 2  | 112 |
| Сколько в сигаретах кадмия*  | 6  | 111 |
| Слушая Л. А. Зильбера. Васильев Ю. М.  | 3  | 79  |
| Соединение гуанина с платиной — антиканцероген*  | 8  | 108 |
| Сон у морских котиков*   | 7  | 112 |
| Способ лечения многих болезней* Белынова Л. П.   | 4  | 109 |
| Способность муравьев охлаждать гнездо* Кипятков В. Е.  | 1  | 112 |
| Средство против вирусных болезней* «Строительные блоки» жизни — из космоса?*                   | 11 | 112 |
| Студенты (из воспоминаний). Зильбер Л. А.  | 3  | 82  |
| Субъективность восприятия и ее объективный индикатор*. Кочубей Б. И.                           | 4  | 110 |
| Температура определяет пол*  | 1  | 112 |
| Терморегуляция у ламантина*  | 8  | 111 |
| Традиции оси-помпила*  | 2  | 113 |
| Тучность и канцерогены*  | 8  | 109 |
| Узнавание ребенка по запаху*   | 3  | 105 |
| Устойчивость диких видов картофеля к вредителям-насекомым*                                     | 3  | 105 |
| Устойчивость «наивной физики»*   | 12 | 104 |
| Фталаты — регуляторы дифференциации пола у растений*   | 1  | 114 |

|  |    |     |
|--|----|-----|
| Химическая самозащита растения*  | 12 | 105 |
| Химическая тайна кофе*   | 2  | 111 |
| Химические корни привычки к алкоголю*  | 1  | 108 |
| Хлеб с добавкой отрубей*   | 9  | 107 |
| Хронофармакология антибиотиков*  | 11 | 111 |
| 16-я Конференция Федерации европейских биохимических обществ. (Интервью с Ю. А. Овчинниковым.) | 11 | 48  |
| Электрофорез и систематика*  | 11 | 110 |
| Эндогенные опиаты и внимание*  | 9  | 110 |
| Юный мозг и личность. Урываев Ю. В., Рылов А. Л.   | 6  | 18  |

## ЭКОЛОГИЯ. ОХРАНА ПРИРОДЫ

|   |    |     |
|---|----|-----|
| Аисты в Тамбовской области. Скопцов В. Г.                                 | 11 | 99  |
| Ассимиляционная емкость Мирового океана*                                  | 10 | 115 |
| Атлантический осетр. Цепкин Е. А.   | 12 | 95  |
| Британские леса*  | 10 | 114 |
| В Приморье необходим национальный природный парк. Урусов В. М.            | 7  | 57  |
| Врожденные пороки развития и пестициды*. Кумлан Н. Б.                     | 2  | 110 |
| Вулканический пепел и здоровье*   | 1  | 111 |
| Вырубка лесов и климат*   | 2  | 118 |
| Гибель яванского тигра*   | 2  | 115 |
| Дикое опылители в «Красной книге СССР». Кочетов Н. И.                     | 3  | 25  |
| Живые организмы — рекордсмены-концентраторы*. Алексанин Р. М.             | 6  | 113 |
| Загрязнение воздуха в ФРГ*  | 9  | 116 |
| «Затерянный мирок» карстового провала в пустыне. Зархидзе В. А.           | 6  | 52  |
| Зеленые водоросли и нефть*  | 10 | 103 |
| Индийский океан должен быть чистым*                                       | 7  | 115 |
| Кавказская гадюка. Божанский А. Т.  | 6  | 53  |
| Как помочь азиатскому слону*  | 9  | 116 |
| Качество воды контролирует рыба*  | 3  | 109 |
| Китайский аллигатор. Чегодаев А. Е.                                       | 7  | 78  |
| Климатические последствия ядерной войны*. Лукьянов Н. К.                  | 6  | 114 |
| Кораллы и моллюски в опасности*   | 2  | 115 |
| Кофе и мед*   | 3  | 108 |
| Малая белая цапля в Центральном Предкавказье. Бичеров А. П., Хохлов А. Н. | 2  | 51  |
| Массовая гибель рифообразующих кораллов. Гиларов М. С.                    | 11 | 97  |
| Международная программа «Региональные моря»*                              | 7  | 114 |
| Микроорганизмы — очистители воды от нефти*                                | 1  | 109 |
| Морской слон будет жить*  | 5  | 116 |
| Насекомые в наших домах. Низзова М. В.                                    | 10 | 65  |
| Необычная экосистема*   | 4  | 113 |
| Островная тропическая флора нуждается в охране. Гогина Е. Е.              | 5  | 66  |
| Охрана редких и исчезающих видов растений США. Элайс Т. С.                | 8  | 88  |
| Памятники природы Башкирии. Кучеров Е. В.                                 | 12 | 19  |
| Перспективы командорского калана. Зорин А. В.                             | 9  | 37  |
| Перспективы существования тупиков*  | 5  | 116 |
| Пингвинов выводят в инкубаторе*   | 3  | 109 |
| Полихлортерфенилы загрязняют среду*                                       | 8  | 113 |
| Природа Тасмании взята под охрану*  | 6  | 115 |
| Природный британский ландшафт исчезает*                                   | 6  | 115 |

|  |    |     |  |    |     |
|--|----|-----|--|----|-----|
| Птицы покидают остров*   | 4  | 112 | 89-й рейс «Гломара Челленджера»*. Сузюмов А. Е.  | 3  | 110 |
| Рак у рыб из загрязненных водоемов США*  | 5  | 116 | Все ли понятно в феномене Оклой?   |    |     |
| Реорганизована охрана природы Аляски*  | 6  | 115 | Шуколюков Ю. А.  | 7  | 14  |
| Санитарная оценка питьевых вод в Шри-Ланке*  | 9  | 112 | Вулканизм Земли. Маракушев А. А. Гейзеры. Штейнберг Г. С., Штейнберг А. С., Мержанов А. Г. | 9  | 64  |
| Сера в окружающей среде. Уждавини Э. Р., Мурзакаев Ф. Г.   | 2  | 96  | Геологическая история Калифорнии*  | 4  | 32  |
| Симбиоз рыб и кораллов*  | 11 | 115 | Геологическая карта. Милановский Е. Е.   | 2  | 40  |
| Стратегия охраны природы Севера. Крючков В. В.   | 1  | 38  | Геолого-геофизические исследования в Баренцевом море*                                      | 10 | 116 |
| Структура химических веществ и их генетическая опасность*  | 1  | 111 | Гидротермальный процесс глазами физикохимика. Малинин С. Д.                                | 10 | 21  |
| Судьба нефти «Амоко Кадис»*  | 7  | 113 | Глубинный диапиризм — альтернатива новой глобальной тектоники? Кучай В. К.                 | 4  | 52  |
| Температура воды меняет параметры токсичности ее загрязнителей*  | 1  | 114 | 90-й рейс «Гломара Челленджера»*. Сузюмов А. Е.  | 4  | 115 |
| Турач. Рустапов А. К.  | 5  | 63  | 91-й рейс «Гломара Челленджера»*. Сузюмов А. Е.  | 6  | 116 |
| Фламинго залетают в Ставрополье. Хохлов А. Н., Герасимов С. Н.   | 11 | 98  | 92-й рейс «Гломара Челленджера»*. Сузюмов А. Е.  | 8  | 114 |
| Фламинго на Мангышлаке*  | 9  | 117 | 93-й и 95-й рейсы «Гломара Челленджера». Сузюмов А. Е.                                     | 9  | 62  |
| Хентаунская круглоголовка. Бондаренко Д. А.  | 4  | 48  | 94-й рейс «Гломара Челленджера»*. Сузюмов А. Е.  | 10 | 117 |
| Хищники, копытные, человек: где гармония, а где трагедия? Животченко В. И                                      | 6  | 45  | 96-й, заключительный рейс «Гломара Челленджера»*. Сузюмов А. Е.                            | 12 | 108 |
| Что больше загрязняет море?*   | 5  | 117 | Декоративный кальцит из Гаурдака. Сребродольский Б. И.                                     | 3  | 94  |
| Эверест нуждается в охране*  | 12 | 111 | Доставка айсбергов неэкономична*   | 6  | 116 |
| Экологическое значение селена*   | 4  | 113 | Древнейшие породы Земли*   | 1  | 118 |
| Экологическое мышление и Байкал. Трасс Х. Х.   | 10 | 43  | Древнейшие процессы дифференциации на Земле*. Бибикова Е. В.                               | 4  | 114 |
| Ястреб-тювик. Белик В. П.  | 11 | 54  | Европейский геотраверс*  | 3  | 111 |
|  |    |     | Железный колчедан. Вахрушев В. А.  | 11 | 52  |
|  |    |     | Железомарганцевые конкреции в океане и биос. Батурич Г. Н.                                 | 11 | 19  |
|  |    |     | Живой камень памятников. Флоренский П. В.  | 5  | 85  |
|  |    |     | Забывтый камень литографии. Голубов В. Н., Берг Р. Г.                                      | 8  | 31  |
|  |    |     | Землетрясения и тектоника окраин Тихого океана. Балакина Л. М.                             | 3  | 27  |
|  |    |     | Земля изменяет свою форму*   | 9  | 114 |
|  |    |     | Иридий в выбросах вулкана Килауэа*   | 9  | 115 |
|  |    |     | Как образуются глубокие впадины на континентах? Артюшков Е. В.                             | 9  | 89  |
|  |    |     | Камерные пегматиты. Осипов М. А.   | 8  | 96  |
|  |    |     | Карст в мерзлых грунтах. Пармузин Ю. П.  | 10 | 34  |
|  |    |     | Карта палеомагнитных аномалий Мирового океана. Карасик А. М., Сочеванова Н. А.             | 11 | 84  |
|  |    |     | Карта плитовой тектоники Тихого океана*  | 1  | 116 |
|  |    |     | Картирование осадков по акустическим свойствам*  | 3  | 112 |
|  |    |     | Коралловые острова в море... и на суше. Леонов М. Г.                                       | 5  | 16  |
|  |    |     | Краски Дионисия и древний ледник. Голубов В. Н., Галдобина Л. П.                           | 1  | 51  |
|  |    |     | Крупнейшие карстовые полости мира и СССР*  | 10 | 119 |
|  |    |     | Метеориты с Марса*. Майорова Л. Д.   | 7  | 104 |
|  |    |     | Микропорывы ветра*   | 8  | 117 |
|  |    |     | Минералы Кугитангских пещер. Моршкин В. В.   | 3  | 46  |
|  |    |     | Минеральные ресурсы на пороге XXI в. Мирли Г. А.   | 7  | 44  |
|  |    |     | Моделируется эволюция земной атмосферы*  | 10 | 108 |
|  |    |     | Над ледниками Памира — по пути экспедиции В. И. Липского. Десников Л. В.                   | 2  | 53  |
|  |    |     | На смену «Гломару Челленджеру»*  | 2  | 117 |
| <b>ГЕОЛОГИЯ. ГЕОГРАФИЯ.</b>  |    |     |  |    |     |
| <b>ГЕОФИЗИКА</b>   |    |     |  |    |     |
|  |    |     |  |    |     |
| Активен ли вулкан Эльбрус?*  | 8  | 115 |  |    |     |
| Арктические ураганы*   | 11 | 118 |  |    |     |
| Большое Солёное озеро выходит из берегов*  | 8  | 116 |  |    |     |
| Будущее геологической науки. Ближайшие задачи и отдаленные перспективы геологии. Соколов Б. С.                 | 1  | 19  |  |    |     |
| Будущее геологической науки. Возрастет роль глобальной петрологии... Добрецов Н. Л.                            | 1  | 24  |  |    |     |
| Будущее геологической науки. Геотектонические модели следует строить на реальной основе. Леонов М. Г.          | 1  | 27  |  |    |     |
| Будущее геологической науки. Нужна теоретическая геология как некоторая консолидирующая концепция. Мейен С. В. | 1  | 25  |  |    |     |
| Будущее геологической науки. Перспективы геологии — в изучении планет. Барсуков В. Л.                          | 1  | 22  |  |    |     |
| Будущее геологической науки. Предстоит большая работа по геологии океанов. Пуцаровский Ю. М.                   | 1  | 21  |  |    |     |
| Будущее геологической науки. Теоретическая геология в перспективе ближайшего десятилетия. Хани В. Е.           | 1  | 28  |  |    |     |
| Вековой ход магнитного поля Земли*. Карасик А. М.  | 7  | 116 |  |    |     |
| Великая «оспина» Земли*  | 5  | 117 |  |    |     |
| Вендский период в истории Земли. Соколов Б. С.   | 12 | 3   |  |    |     |
| Влияние Луны на земные осадки*   | 11 | 118 |  |    |     |
| Воздушный буфер Антарктиды. Цигельницкий И. И.   | 11 | 78  |  |    |     |
| 87-й и 88-й рейсы «Гломара Челленджера» Сузюмов А. Е.  | 1  | 115 |  |    |     |

|   |    |     |
|---|----|-----|
| Необычная активность Эребуса*   | 1  | 118 |
| Нефть у берегов Ирландии*   | 8  | 113 |
| Новая газоносная провинция в Арктике.<br>Клитин К. А.                   | 4  | 100 |
| Новое в истории антарктического оледенения*                             | 12 | 110 |
| Новый железорудный регион на западе СССР. Корнилов Н. А.                | 3  | 62  |
| Новый проект глубоководного бурения дна океана. Курносое В. Б.          | 10 | 62  |
| Обнаружена аномалия <sup>146</sup> Nd в метеоритах*                     | 8  | 104 |
| Обнаружена пропавшая арктическая станция*. Виноградов В. Н.             | 9  | 115 |
| Одна из хибинских проблем. Красносельский Э. Б.                         | 9  | 56  |
| О некоторых тенденциях в современных науках о Земле. Белоусов В. В.     | 6  | 3   |
| О «непоглощаемости» железомарганцевых конкреций*                        | 3  | 112 |
| Осадочные отложения в Мозамбикском проливе*                             | 2  | 116 |
| Особенности накопления осадков в Северном Ледовитом океане*             | 8  | 116 |
| Открыт древний разлом*  | 1  | 118 |
| От мобилизма Вегенера к неомобилизму. Хани В. Е.                        | 7  | 31  |
| Парадокс реки Инда*   | 12 | 110 |
| Первое геологическое описание о-вов Диего—Рамирес*                      | 11 | 117 |
| Первый кругосветный полет монгольфера*                                  | 10 | 118 |
| Переоценка мировых запасов нефти*                                       | 10 | 116 |
| Погода в Азии связана с температурой воды в Тихом океане*               | 9  | 114 |
| Породы дна изучаются на суше*   | 2  | 117 |
| Последствия лесных пожаров в горах нижнего Приамурья. Голубчиков Ю. Н.  | 3  | 95  |
| Предсказанное землетрясение*. Никонов А. А.                             | 7  | 117 |
| Проблемы освоения океанских сульфидных руд*. Базилевская Е. С.          | 11 | 115 |
| Прогноз находок алмазов*  | 5  | 119 |
| Радиогеохимический поиск руды. Портнов А. М.                            | 5  | 99  |
| Радиоинтроскопия горных пород*  | 8  | 104 |
| Рифтовые структуры в Западной Африке*                                   | 4  | 116 |
| Сейсмическая станция под океаническим дном*                             | 3  | 113 |
| Сейсмический риск для Британских островов*                              | 5  | 118 |
| Советский научный проект МАССА*   | 11 | 117 |
| Советско-финский эксперимент с МГД-генератором*                         | 1  | 117 |
| Станет ли Байкал океаном? Мирлин Е. Г.                                  | 11 | 39  |
| Столетие международного сотрудничества в изучении Земли. Белоусов В. В. | 12 | 90  |
| Уроки Аkitского землетрясения*  | 1  | 118 |
| Халцедоны Алазейского плоскогорья. Мерзляков В. М.                      | 4  | 50  |
| Чарлстонское землетрясение 1886 г.*                                     | 3  | 114 |
| Человечество устремляется к морям.<br>Брук С. И., Покшишевский В. В.    | 4  | 22  |
| «Черные курильщики» на Кипре*   | 9  | 113 |

## ОКЕАНОЛОГИЯ

|  |   |     |
|--|---|-----|
| Биологические последствия Эль-Ниньо*               | 8 | 115 |
| Гидротермы на океаническом дне*. Базилевская Е. С. | 2 | 118 |

|  |    |     |
|--|----|-----|
| Глубоководные исследования рифтовых зон*           | 4  | 117 |
| Наклон земной оси и жизнь в океане*                | 11 | 119 |
| Новый метеоролого-океанологический проект*         | 10 | 119 |
| Необычно высокая геотермальная активность*         | 5  | 118 |
| Олово в воде и атмосфере Северной Атлантики*       | 4  | 117 |
| Осадки в Мировом океане, обогащенные кобальтом*    | 4  | 116 |
| Прогноз уровня Мирового океана*                    | 11 | 117 |
| Этот капризный младенец — Эль-Ниньо! Федоров К. Н. | 8  | 65  |

## АРХЕОЛОГИЯ. ЭТНОГРАФИЯ

|   |    |     |
|---|----|-----|
| В поисках древних культур Чукотки. Членов М. А., Крупник И. И.            | 6  | 86  |
| Достоверны ли свидетельства «современных предков»? Першиц А. И.           | 2  | 90  |
| Древнейшие тасманийцы*  | 5  | 119 |
| Древнейшее цинкоплавильное производство*                                  | 9  | 117 |
| Жилище из костей мамонта на берегу Судости. Абрамова З. А.                | 5  | 52  |
| Заселение Восточной Европы в палеолите. Амисюткин Н. К.                   | 5  | 62  |
| Изображение спирали в неолите Приокотья*. Лебединцев А. И.                | 10 | 120 |
| Кладу — 12 тысяч лет*. Васильев С. А.                                     | 3  | 115 |
| Новая датировка петроглифов Калифорнии*                                   | 2  | 119 |
| Первоначальное заселение Средней Азии. Любин В. П.                        | 1  | 90  |
| Петроглифы Горного Алтая*. Мартынов А. И.                                 | 6  | 118 |
| Почему угадла мегалитическая культура острова Пасхи?*                     | 11 | 120 |
| Рыболовное сооружение каменного века*                                     | 8  | 117 |
| Сель-Унгур — древнейшая пещерная стоянка Ферганской долины. Исламов У. И. | 3  | 61  |
| Серебро в древнем Средиземноморье*  | 7  | 117 |
| Символика огня в истории культуры. Токарев С. А.                          | 9  | 75  |
| У истоков религии. Кабо В. Р.   | 3  | 51  |
| Утерянный остров Плиния. Черняков И. Т.                                   | 9  | 50  |

## РЕЦЕНЗИИ

|   |   |     |
|---|---|-----|
| В лучших традициях нашей орнитологии. (На кн.: А. С. Мальчевский, Ю. Б. Лукинский, Птицы Ленинградской области и сопредельных территорий: история, биология, охрана.) Ильичев В. Д. | 8 | 119 |
| Гипноз и психоанализ. (На кн.: Л. Шерток. Непознанное в психике человека.) Файвишевский В. А.   | 9 | 119 |
| Глазами японца. (На кн.: Синтаро Накамура. Японцы и русские. Из истории контактов.) Цверева Г. К.   | 8 | 120 |

|  |    |     |
|--|----|-----|
| Дерматоглифика и история. (На кн.: Г. Л. Хить. Дерматоглифика народов СССР.) Козинцев А. Г.  | 4  | 118 |
| Изучение китов и дельфинов методами фенетики. (На кн.: В. Эванс, А. В. Яблоков. Изменчивость окраски китообразных. Новый подход к изучению окраски млекопитающих.) Гершензон С. М. | 1  | 121 |
| Как родились галактики? (На кн.: Л. Э. Гуревич, А. Д. Чернин. Происхождение галактик и звезд.) Ефремов Ю. Н., Сурдин В. Г.   | 5  | 121 |
| К завершению издания сочинений М. В. Ломоносова. (На кн.: М. В. Ломоносов. Полное собрание сочинений. Т. XI.) Цверева Г. К.  | 5  | 120 |
| К изданию трудов основоположника эволюционной генетики. (На кн.: С. С. Четвериков. Проблемы общей биологии и генетики (воспоминания, статьи, лекции).) Малиновский А. А.           | 1  | 120 |
| Мутации в природе и лаборатории. (На кн.: П. М. Бородин. Этюды о мутантах.) Яблоков А. В.  | 6  | 121 |
| На пути к всеобщей теории иммунитета. (На кн.: С. Н. Румянцева. Конституциональный иммунитет и его молекулярно-экологические основы.) Созинов А. А.                                | 11 | 121 |
| Настоящая книга физика-экспериментатора. (На кн.: А. П. Сенченков. Техника физического эксперимента.) Никогосян Д. Н.  | 7  | 118 |
| Научная деятельность и личность ученого. (На кн.: В. П. Карцев. Социальная психология науки и проблемы историко-научных исследований.) Пархоменко А. А.                            | 12 | 112 |
| Наша столица как объект географии. (На кн.: Ю. Г. Саушкин, В. Г. Глушкова. Москва среди городов мира.) Поляни П. М., Трейвиш А. И.   | 3  | 118 |
| Новое направление в исследованиях по охране природы. (На кн.: Биология охраны природы.) Старостин Б. А.  | 3  | 116 |
| Об эволюции культуры камня. (На кн.: А. М. Викторова, Л. А. Викторова. Природный камень в архитектуре.) Флоренский П. В.   | 11 | 123 |
| О роли науки в победном завершении войны. (На кн.: Б. В. Левшин. Советская наука в годы Великой Отечественной войны.) Федоров А. С.  | 6  | 119 |
| От классической генетики к генетике «подвижной». (На кн.: Р. Б. Хесин. Непостоянство генома.) Киселев Л. Л.  | 10 | 121 |
| Популярно о биоакустике. (На кн.: Владимир Морозов. Занимательная биоакустика.) Силаева О. Л.  | 7  | 120 |
| Популярно о современных биологических концепциях. (На кн.: П. Медавер, Дж. Медавер. Наука о живом.) Антонов А. С.  | 4  | 119 |
| Практическая польза науки о снеге. (На кн.: А. К. Дюнин. В царстве снега.) Котляков В. М.  | 9  | 118 |
| *Устойчивое неравновесие» живого. (На кн.: Э. С. Бауэр. Теоретическая биология.) Винберг Г. Г.   | 2  | 120 |
| Трехмерно ли пространство? (На кн.: Г. Е. Горелик. Почему пространство трехмерно?) Смородинский Я. А.  | 2  | 122 |
| Химики всех времен. (На кн.: В. А. Волков, Е. В. Вонский, Г. И. Кузнецова. Химики. Биографический справочник.) Кнузянц Л. Л.   | 10 | 123 |

## НОВЫЕ КНИГИ

1 123; 2 124; 3 119; 4 121; 5 123; 6 122; 7 122; 8 55; 122; 9 122; 10 124; 11 10, 124; 12 113

## В КОНЦЕ НОМЕРА

|   |    |                   |
|---|----|-------------------|
| Вариации на тему «Уральских напевов» Зарипов Р. Х.  | 7  | 125; 8 125; 9 124 |
| Маленький комментарий к очерку Б. Гржимека. Баскин Л. М.  | 6  | 127               |
| Маугли. Правда или миф? Гржимек Б. Мой папа «майонез». Сочинение ученика 7 <sup>А</sup> класса В. Сергеева на тему «Кем я хочу стать?» Рылов А. | 6  | 125               |
| Наполеон Бонапарт и... сахарная свекла. Гельман Э. Е.   | 10 | 127               |
| Нарушая покой Вселенной. Дэйсон Ф.  | 1  | 126               |
| Невероятная история; открытие вечного движения. Редже Т.  | 3  | 123;              |
| Сигареты и вулканы. Бондарев Л. Г.  | 4  | 123               |
| Сохранятся ли наши фамилии? Путвинский С. В.  | 5  | 125               |
|   | 11 | 127               |
|   | 2  | 127               |

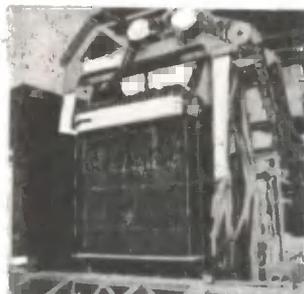
## НЕКРОЛОГ

Владимир Александрович Энгельгардт 9 100

## Авторский указатель журнала «Природа» 1984 года

|                                     |    |        |  |    |         |                                       |                |     |     |
|-------------------------------------|----|--------|--|----|---------|---------------------------------------|----------------|-----|-----|
| <b>А</b> зимов Я. И.                | 6  | 64     | <b>Д</b> айсон Ф.                          | 3  | 123; 4  | 123                                   | Котляков В. М. | 9   | 118 |
| Алексахин Р. М.                     | 6  | 113    | Данилов М. В.                              | 5  | 26      | Кочетова Н. И.                        | 3              | 25  |     |
| Анисиюткин Н. К.                    | 5  | 62     | Данисюк Ю. Н.                              | 5  | 54      | Кочубей Б. И.                         | 4              | 110 |     |
| Артюшков Е. В.                      | 9  | 89     | Десинов Л. В.                              | 2  | 53      | Красносельский Э. Б.                  | 9              | 56  |     |
| <b>Б</b> алакина Л. М.              | 3  | 27     | Добрецов Н. Л.                             | 1  | 24      | Кроуфорд М. (см. Сукерник Р. И.)      |                |     |     |
| Базилевская Е. С.                   | 11 | 115    | Добротин Р. Б.                             | 2  | 33      | Крупник И. И. (см. Членов М. А.)      |                |     |     |
| Барсуков В. Л.                      | 1  | 22     | Докшицер Ю. Л. (см. Азимов Я. И.)          |    |         | Крючков В. В.                         | 1              | 38  |     |
| Басс Ф. Г.                          | 7  | 80     | Дуда В. И.                                 | 2  | 13      | Кузичева З. А.                        | 5              | 10  |     |
| Баскин Л. М.                        | 4  | 127    | <b>Е</b> вгеньев М. Б.                     | 2  | 72      | Кумпан Н. Б.                          | 2              | 110 |     |
| Батурин Г. Н.                       | 11 | 19     | Елисеев П. Г.                              | 9  | 4       | Курносос В. Б.                        | 10             | 62  |     |
| Белик В. П.                         | 11 | 54     | Еськов Е. К.                               | 11 | 69      | Курт В. Г.                            | 10             | 50  |     |
| Белоусов В. В.                      | 6  | 3; 12  | Ефимов А. И.                               | 1  | 11      | Кусакин О. Г.                         | 10             | 41  |     |
| Белянова Л. П.                      | 4  | 109    | Ефремов Ю. Н.                              | 5  | 121     | Кучай В. К.                           | 4              | 52  |     |
| Берг Р. Г. (см. Голубов В. Н.)      |    |        |  |    |         | Кучеров Е. В.                         | 12             | 19  |     |
| Березинский В. С.                   | 11 | 24     |  |    |         | Кучкин В. А.                          | 8              | 47  |     |
| Бибикова Е. В.                      | 4  | 114    | <b>Ж</b> данов Ю. О.                       | 1  | 3       | <b>Л</b> ебедев А. Н.                 | 9              | 28  |     |
| Бичеров А. П.                       | 2  | 51     | Животченко В. И.                           | 6  | 45      | Лебединцев А. И.                      | 10             | 120 |     |
| Блинников С. И.                     | 1  | 94     |  |    |         | Леонов М. Г.                          | 1              | 27  |     |
| Блохин Н. Н.                        | 3  | 70     | <b>З</b> айцев Ю. М. (см. Данилов М. В.)   |    |         | Липунов В. М.                         | 8              | 22  |     |
| Боголюбов Н. Н.                     | 8  | 3      | Зарипов Р. X.7 125; 8 125; 9 124           |    |         | Ломов Б. Ф.                           | 10             | 13  |     |
| Божанский А. Т.                     | 6  | 53     | Зархидзе В. А.                             | 6  | 52      | (интервью с ним)                      |                |     |     |
| Болотников И. А.                    | 5  | 42     | Зархин Ю. Г.                               | 6  | 107     | Лукьянов Н. К.                        | 6              | 114 |     |
| Болотовский Б. М.                   | 10 | 87     | Зацепин В. Г.                              | 6  | 42      | Любарский Ю. Э.                       | 11             | 76  |     |
| Бондарев Л. Г.                      | 11 | 127    | Зеленый Л. М.                              | 2  | 104     | Любин В. П.                           | 1              | 90  |     |
| Бондаренко Д. А.                    | 4  | 48     | Зельдович Я. Б.                            | 2  | 66      |                                       |                |     |     |
| Борин А. А.                         | 7  | 69     | Зильбер Л. А.                              | 3  | 82      | <b>М</b> айорова Л. Д.                | 7              | 104 |     |
| Брук С. И.                          | 4  | 22     | Зорин А. В.                                | 9  | 37      | Макеевко Ю. М.                        | 3              | 3   |     |
| Булаевский Л. Н.                    | 9  | 12     |  |    |         | Малинин С. Д.                         | 10             | 21  |     |
| Бутенко Р. Г.                       | 6  | 98     | <b>И</b> ваницкий Г. Р.                    | 4  | 80      | Малиновский А. А.                     | 1              | 120 |     |
| <b>В</b> асильев С. А.              | 3  | 115    | Ильичев В. Д.                              | 8  | 119     | Мәннєков А. Б.                        | 6              | 41  |     |
| Васильев Ю. М.                      | 3  | 79     | Иорриш Ю. И.                               | 11 | 9       | Маракушев А. А.                       | 9              | 64  |     |
| Вахрушев В. А.                      | 11 | 52     | Исаквич М. А.                              | 1  | 81      | Марков М. А.                          | 4              | 3   |     |
| Вилебинский Р.                      | 5  | 74     | Исламов У. И.                              | 3  | 61      | Мартинек К.                           | 7              | 3   |     |
| Винберг Г. Г.                       | 2  | 120    | Истомин Я. Н.                              | 3  | 97      | Мартынов А. И.                        | 6              | 118 |     |
| Виноградов В. Н.                    | 9  | 115    |  |    |         | Маталин-Слуцкий Л. А.                 | 2              | 79  |     |
| Воробьева Э. И.                     | 12 | 61     | <b>К</b> або В. Р.                         | 3  | 51      | Мейен С. В.                           | 1              | 25  |     |
| Воронцов Н. Н.                      | 8  | 75     | Кадомацев Б. Б.                            | 3  | 35      | Мелькумова Л. Я. (см. Шкуратов Ю. Г.) |                |     |     |
| <b>Г</b> абович М. Д.               | 12 | 26     | Карасик А. М.                              | 7  | 116; 11 | Мельников И. А. 1                     | 68; 6          | 112 |     |
| Гайсинович А. Е.                    | 5  | 44     | Карцев В. М. 1 113; 4 112; 7 98;           |    |         | Мельниченко В. М.                     | 7              | 22  |     |
| Галдобина Л. П. (см. Голубов В. Н.) |    |        | 9 111; 10 113;                             |    |         | Мержанов А. Г.                        | 4              | 32  |     |
| Гельман Э. Е.                       | 1  | 126    | Кедров Б. М.                               | 2  | 28      | Мерзляков В. М.                       | 4              | 50  |     |
| Герасимов С. Н. (см. Хохлов А. Н.)  |    |        | Кизильштейн Л. Я.                          | 6  | 77      | Мечетнер Е. Б.                        | 9              | 80  |     |
| Гершензон С. М.                     | 1  | 121    | Кипятков В. Е.                             | 1  | 112; 3  | Миляновский Е. Е.                     | 2              | 40  |     |
| Гилларов М. С.                      | 11 | 97; 12 | Киселев Л. Л.                              | 3  | 72; 10  | Мильвидский М. Г. (см. Елисеев П. Г.) |                |     |     |
| Гиндикин С. Г.                      | 12 | 84     | Клитин К. А.                               | 4  | 100     | Миц Р. И.                             | 6              | 56  |     |
| Гогина Е. Е.                        | 5  | 66     | Кнунянц И. Л.                              | 10 | 123     | Мирлин Г. А.                          | 7              | 44  |     |
| Голубов В. Н.                       | 1  | 51; 8  | Козинцев А. Г.                             | 4  | 118     | Мирлин Е. Г.                          | 11             | 39  |     |
| Голубчиков Ю. Н.                    | 3  | 95     | Колпаков И. Ф. (см. Маталин-Слуцкий Л. А.) |    |         | Митрофанов А. В.                      | 6              | 39  |     |
| Гольдандский В. И.                  | 12 | 35     | Комер А. А.                                | 6  | 100     | Мирошев Н. Н.                         | 1              | 60  |     |
| Гольденберг Л. А.                   | 11 | 82     | Кононенко Е. В. (см. Миц Р. И.)            |    |         | Морозов Л. Л.                         | 12             | 35  |     |
| Гржимек Б.                          | 6  | 125    | Корнилов Н. А.                             | 3  | 62      | Морошкин В. В.                        | 3              | 46  |     |
| Гурвич Л. И.                        | 10 | 58     | Корочкин Л. И.                             | 1  | 98      | Мурзакеев Ф. Г. (см. Уждавини Э. Р.)  |                |     |     |
| Гуриков В. А.                       | 5  | 54     |  |    |         | Мягков Н. А.                          | 5              | 113 |     |
| Гутов А. Э.                         | 12 | 74     |  |    |         |                                       |                |     |     |





## В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ

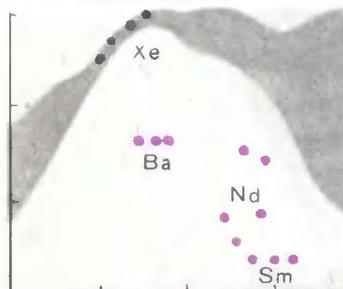
Квантовая хромодинамика — теория сил, действующих между кварками, — создана на основе единого подхода к описанию всех фундаментальных взаимодействий природы. Одно из ее удивительных качественных предсказаний — возможность существования глобулов, массивных частиц, состоящих из квантов полей, «склеивающих» кварки в адронах.

Герштейн С. С., Логунов А. А. Единство фундаментальных сил природы и поиски глюбонов — частиц из «ядерного клея».



«Я думаю, что эти годы были, может быть, самые трудные и испытующие в моей жизни. Я был брошен в воздух и летел на своих собственных крыльях. Полет был смел, пожалуй, но, мне кажется, сейчас можно определенно сказать, что я не свалился и не разбился. А это было нетрудно...»

Испытующие годы. Из писем П. Л. Капицы к матери 1921—1923 гг.



Все попытки обнаружить следы деления сверхтяжелых элементов в метеоритах привели к отрицательному результату. Но в ходе поисков в руках исследователей оказалась «звездная пыль» — вещество, рожденное еще до образования Солнечной системы.

Шуклюков Ю. А. Сверхтяжелые элементы в метеоритах: надежды и разочарования.



Научиться управлять поведением птиц — это значит решить целый ряд экологических и хозяйственных проблем. С развитием научно-технического прогресса такая задача становится все более актуальной.

Ильичев В. Д. Птицы в экологии современного человека.



Главное в решении этой проблемы — не строительство дорогостоящих и недолговечных гидротехнических сооружений, а восстановление тех условий, в которых морские волны сами строят пляжи, предохраняющие берега от размыва.

Каплин П. А., Никифоров Н. Г. Защита берегов от размыва.

Цена 80 коп.  
Индекс 70707

