

ISSN 0032-874X

# ПРИРОДА

8 '91



# ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ  
ПОПУЛЯРНЫЙ  
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
АКАДЕМИИ НАУК СССР

Издается с января 1912 года

Главный редактор  
академик Л. Д. ФАДДЕЕВ  
Заместитель главного редактора  
Ю. Н. ЕЛДЫШЕВ

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Академик В. П. АЛЕКСЕЕВ (археология, антропология), академик В. Л. БАРСУКОВ (геохимия, планетология), академик АМН СССР А. И. ВОРОБЬЕВ (медицина), доктор биологических наук Н. Н. ВОРОНЦОВ (биология, охрана природы), доктор геолого-минералогических наук Г. А. ГАБРИЭЛЯНЦ (геология), академик Г. П. ГЕОРГИЕВ (молекулярная биология), член-корреспондент АН СССР С. С. ГЕРШТЕЙН (физика), академик Г. С. ГОЛИЦЫН (физика атмосферы), академик И. С. ГРАМБЕРГ (океанология), академик В. А. ЖАРИКОВ (геология), член-корреспондент АН СССР Г. А. ЗАВАРЗИН (микробиология, экология), член-корреспондент АН СССР В. П. ЗИНЧЕНКО (психология), академик В. Т. ИВАНОВ (биоорганическая химия), академик В. А. КАБАНОВ (общая и техническая химия), доктор физико-математических наук С. П. КАПИЦА (физика), член-корреспондент АН СССР Н. С. КАРДАШЕВ (астрофизика, космические исследования), академик Н. П. ЛАВЕРОВ (геология), член-корреспондент АН СССР В. А. СИДОРЕНКО (энергетика), академик В. Е. СОКОЛОВ (зоология), член-корреспондент АН СССР В. С. СТЕПИН (философия естествознания), член-корреспондент АН СССР В. Н. СТРАХОВ (геофизика), член-корреспондент АН СССР Л. П. ФЕОКТИСТОВ (физика).

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

И. Н. АРУТЮНЯН (редактор отдела физико-математических наук), О. О. АСТАХОВА (редактор отдела биологии и медицины), кандидат химических наук Л. П. БЕЛЯНОВА (редактор отдела экологии и химии), член-корреспондент АН СССР Н. А. БОГДАНОВ (геология), член-корреспондент АН СССР В. Б. БРАГИНСКИЙ (физика), член-корреспондент АН СССР А. Л. БЫЗОВ (физиология), доктор географических наук А. А. ВЕЛИЧКО (палеогеография), доктор физико-математических наук Л. П. ВИННИК (геофизика), доктор географических наук Н. Ф. ГЛАЗОВСКИЙ (география), доктор физико-математических наук А. А. ГУРШТЕЙН (астрономия, история науки), член-корреспондент АН СССР Г. В. ДОБРОВОЛЬСКИЙ (почвоведение), доктор геолого-минералогических наук Л. П. ЗОНЕНШАЙН (геотектоника), М. Ю. ЗУБРЕВА (редактор отдела географии и океанологии), член-корреспондент АН СССР С. Г. ИНГЕ—ВЕЧТОМОВ (генетика), доктор физико-математических наук М. И. КАГАНОВ (физика), доктор физико-математических наук Н. П. КАЛАШНИКОВ (физика), доктор физико-математических наук А. А. КОМАР (физика), Л. Д. МАЙОРОВА (редактор отдела геологии, геофизики и геохимии), доктор биологических наук Б. М. МЕДНИКОВ (биология), Н. Д. МОРОЗОВА (редактор отдела научной информации), доктор технических наук Д. А. ПОСПЕЛОВ (информатика), член-корреспондент АН СССР И. Д. РЯБЧИКОВ (геология), доктор философских наук Ю. В. САЧКОВ (философия естествознания), доктор биологических наук А. Н. СКВОРЦОВ (ботаника), Н. В. УСПЕНСКАЯ (редактор отдела философии, истории естествознания и публицистики), доктор биологических наук М. А. ФЕДОНКИН (палеонтология), доктор физико-математических наук А. М. ЧЕРЕПАЩУК (астрономия, астрофизика), член-корреспондент АН СССР В. Д. ШАФРАНОВ (физика), доктор биологических наук С. Э. ШНОЛЬ (биология, биофизика), доктор геолого-минералогических наук А. А. ЯРОШЕВСКИЙ (геохимия).

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Говорящий серый попугай Лора. См. в номере: Ильичев В. Д., Силвава О. Л. Говорящие птицы и их «говорящие» названия.

Фото В. Д. Ильичева

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Каменные березы в кальдере вулкана Узон. См. в номере: Скокова Н. Н. Эхо «новгородского веча».

Фото В. Ф. Семенова



— символ межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (The Man and the Biosphere). Им обозначены материалы, которые «Природа» публикует, участвуя в этой программе.



© Издательство «Наука»  
журнал «Природа» 1991

## В НОМЕРЕ

### 3 Котляков В. М. ГЕОГРАФИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ

В последние годы возникает множество острых проблем взаимодействия природы и общества — от влияния возможных изменений климата на будущую жизнь человечества до национально-территориальных конфликтов, которыми занимаются географы.

### 10 Фролов В. П. ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ, «КРотовые норы» И «МАШИНА ВРЕМЕНИ»

Возможное существование «кротовых нор» — пространства с необычной трехмерной топологией — позволяет реализовать мечту фантастов и осуществить путешествие сквозь пространство со скоростью, сколь угодно превышающей скорость света.

### 17 Николаевский В. Н. ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ ЗЕМЛИ

Миграцию очагов землетрясений вызывают медленно перемещающиеся по твердой оболочке Земли фронты деформации горных массивов — тектонические волны.

### 24 Зуев В. Е. ЛАЗЕРНЫЙ МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРЫ

Чтобы уменьшить влияние вредных промышленных выбросов, необходимо детально представлять процессы, происходящие в атмосфере, особенности миграции загрязнений. И здесь у методов лазерного дистанционного зондирования нет достойных конкурентов.

### 34 Сейфер Б. Т. ИНФРАКРАСНАЯ ВСЕЛЕННАЯ «ИРАС»

Астрономический спутник «ИРАС», созданный специалистами США, Нидерландов и Великобритании, позволил в новом диапазоне электромагнитного спектра увидеть множество небесных объектов — от галактик и звезд до межзвездной пыли и газа.

### 41 Ильичев В. Д., Силаева О. Л. ГОВОРЯЩИЕ ПТИЦЫ И ИХ «ГОВОРЯЩИЕ» НАЗВАНИЯ

Способность птиц имитировать речь человека стала предметом изучения нового научного направления — биолингвистики.

### 49 Скокова Н. Н. ЭХО «НОВГОРОДСКОГО ВЕЧА»

Из-за политической и экономической нестабильности в стране, примитивного понимания собственности на природные богатства отечественная природа может лишиться своих последних убежищ — заповедников.

### 56 Питутько В. В. НА КРАЮ ОЙКУМЕНИ КАМЕННОГО ВЕКА

### 60 Геодакян В. А. ЭВОЛЮЦИОННАЯ ТЕОРИЯ ПОЛА

Для чего почти весь мир живых существ разделен на мужскую и женскую половинки? Исходя из эволюционной теории пола, предназначение женского пола — сохранить накопленную в историческом развитии генетическую информацию, мужского — обеспечить связь со средой.

### 70 Монина Ю. И. ГЕОГРАФИЯ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКЕАНА

Загрязнение Мирового океана нефтью, которое уже давно приобрело глобальный характер, имеет и выраженные региональные особенности: самая высокая его концентрация в Индийском океане, самая низкая — в Тихом.

### 74 Зубрева М. Ю. МОДЕЛЬ «АВАРИЙНЫЙ РАЗЛИВ НЕФТИ»

Компьютерная система, созданная в Государственном океанографическом институте, рассчитывает сценарий растекания нефтяного пятна, что позволяет оперативно снабжать информацией службы борьбы с аварийными разливами.

#### ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

### 77 Елисеев Г. А., Рютов В. Д. НУЖНА ЛИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВУ ТЕРМОЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА?

В следующем столетии для человечества главной будет проблема сохранения среды обитания. Поскольку энергетика чрезвычайно инерционна, настало время для обсуждения роли различных энергетических технологий будущего.

### 80 Комар А. А. НЕЙТРИНО С МАССОЙ 17 кэВ?

#### ВЕСТИ ИЗ ЭКСПЕДИЦИИ

### 83 Романкевич Е. А. ИССЛЕДУЕТСЯ ПОГРАНИЧНЫЙ СЛОЙ МЕЖДУ ЛИТОСФЕРОЙ И ГИДРОСФЕРОЙ

#### ЗАМЕТКИ И НАБЛЮДЕНИЯ

### 86 Лазарев А. И. ПОЧЕМУ ИЗ КОСМОСА ЛУЧШЕ ВИДНО

### 88 ИЗ РЕДАКЦИОННОЙ ПОЧТЫ

### 90 Хейенорт Ж. ван Ф. ЭНГЕЛЬС И МАТЕМАТИКА

Детальный анализ философских трудов Ф. Энгельса, посвященных математике, — трудов, составивших основу многих воззрений диалектического материализма, показывает, что содержащиеся в них выводы, как правило, порождены недостаточным знакомством с предметом исследований.

### 106 НОВОСТИ НАУКИ

### 121 КОРОТКО

### 122 РЕЦЕНЗИИ

### 123 НОВЫЕ КНИГИ (23, 76)

#### РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ (9, 48)

#### ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

### 125 Вернадский В. И. «МЫ ДОЛЖНЫ СМОТРЕТЬ В БУДУЩЕЕ»

# CONTENTS

Kotlyakov V. M.

## GEOGRAPHY AND THE PRESENT

The interaction between nature and human society has been growing more and more difficult—its impact may change the life of those who will come after us and is seen in ethnic conflicts.

Frolov V. P.

## BLACK HOLES, MOLE BURROWS AND THE TIME MACHINE

A possibility of moare burrows (where space has three-dimensional topology) will probably allow to realize the dream of all science fiction writers to travel through space with a velocity greater than the velocity of light.

Nikolaevsky V. N.

## THE ELTH'S TECTONIC WAVES

Migration of the earthquakes causes tectonic waves, that is, deformations of mountain-masses that are slowly travelling across the Earth's mantle.

Zuev V. E.

## LASER MONITORING OF THE ATMOSPHERE

Laser distance atmospheric sounding is beyond competition if we want to reduce industrial atmospheric pollution. To do this we should know in detail the processes and migration of pollutants.

Soifer B. T.

## INFRARED UNIVERSE—IRAS

The astronomical satellite IRAS made jointly by the United States, the Netherlands and Great Britain allowed to see many celestial bodies (from Galaxies to interstellar dust and gas) in a new range of the electromagnetic spectra.

Ilyichev V. D., Silaeva O. L.

## TALKING BIRDS AND THEIR ELOQUENT NAMES

Biolinguistics, a new scientific discipline, studies the ability of some birds to imitate human speech.

Skokova N. N.

## THE ECHO OF THE "NOVGORODIAN VECHE"

The current political and economic instability in the country and the primitive approach to the right of property on natural reserves, the last resorts of nature.

Pitulko V. V.

## AT THE FRINGES OF THE STONE AGE OECUMENE

Geodakyan V. A.

## THE EVOLUTIONARY THEORY OF SEXES

Why is the entire living world divided into two sexes—the male and the female? The evolutionary theory of sexes says that the female sex should preserve the genetic information that has been accumulated throughout ages while the male sex should ensure the ties with the environment.

Monina Y. I.

## GEOGRAPHY OF THE OCEAN'S OIL POLLUTION

Oil pollution has acquired a world-wide scale: the Indian ocean is the most polluted of its parts, while the Pacific is the least polluted with oil.

Zubreva M. Yu.

## OIL SPILLS

The computer system that has recently been set up at the Institute of Oceanography can predict how oil spills will behave, and this helps fight them.

Eliseyev G. A., Ryufov V. D.

## DO PEOPLE NEED THERMONUCLEAR POWER ENGINEERING?

Environmental protection will emerge as the key problem in the next century. Today we should discuss power engineering technologies of the future since this branch is not very mobile.

Komar A. A.

## NEITRINO WITH THE MASS OF 17 KEV?

Romankevich E. A.

## STUDIES OF THE LAYER THAT SEPARATES THE LITOSPHERE AND THE HYDROSPHERE

Lazarev A. I.

## WHY WE CAN SEE BETTER FROM SPACE?

Heijenoort J. van

## ENGELS AND MATHEMATICS

A detailed analysis of Engels' philosophical works on mathematics that laid the foundation of dialectical materialism shows that the conclusions were mostly wrong and were prompted by his inadequate knowledge of mathematics.

(23, 76)

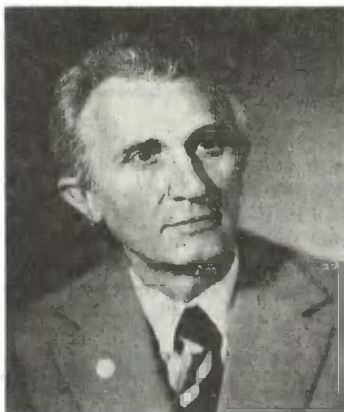
(9, 48)

Vernadsky V. I.

## "WE SHOULD LOOK INTO THE FUTURE"

# География и современность

В. М. Котляков



Владимир Михайлович Котляков, член-корреспондент АН СССР, директор Института географии АН СССР. Географ и гляциолог, занимается проблемами взаимоотношения общества и природы, вопросами современного и будущего состояния снежного покрова и ледников в условиях изменяющегося климата. Участник многочисленных экспедиций. Автор ряда научных монографий и научно-популярных книг. Неоднократно печатался в «Природе». Народный депутат СССР.

В этом году В. М. Котлякову исполняется 60 лет. Редакция и редколлегия журнала поздравляют Владимира Михайловича с юбилеем и желают ему доброго здоровья и новых успехов в научной деятельности и пропаганде достижений науки.

**К** КОНЦУ XX в. человечество стало осознавать, что необратимая деградация окружающей среды ведет к его собственному вырождению. Ход исторического развития поставил общество и каждого человека на Земле перед необходимостью выработать мышление, охватывающее проблемы планеты в целом. Принципиально новые задачи были поставлены и перед географической наукой.

Десять лет назад мы говорили лишь о назревании экологического кризиса на планете, опираясь на такие его симптомы, как сокращение занятых растительностью площадей, меняющееся взаимодействие поверхности Земли с потоком солнечной энергии и газовый обмен; иссушение и эрозия почв; истощение запасов полезных ископаемых и традиционных источников энергии; загрязнение окружающей среды; изменение состояния природных льдов.

Сегодня уже нет сомнений, что такой кризис назрел,— это выражается в резком ухудшении условий жизни в отдельных районах и на всей Земле. Возникают сложные эколого-географические проблемы, разрешение которых требует рассмотрения природы Земли и человеческого общества как единой системы, обладающей особым свойством — пространственной организованностью, изучаемой именно географической наукой.

Сила географии заключается в равноправном существовании, взаимовлиянии и даже взаимопереплетении двух ее основных ветвей: физической (естественной) и социально-экономической (общественной). Такая особенность позволяет именно географической науке изучать во всей полноте сложнейшие экологические проблемы.

Сейчас происходит резкая «гуманизация» географии в нашей стране, выдвигание на первый план человека, его взаимоотношений с природой и обществом, его пространственного поведения. Гуманистическим задачам подчиняются не только общественно-географические, но и естественно-географические исследования. Все больше разрабатываемых географических проблем приобретают общественное звучание. Именно о таких проблемах и пойдет речь в этой статье.

## ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ ПРИ ГЛОБАЛЬНОМ ПОТЕПЛЕНИИ

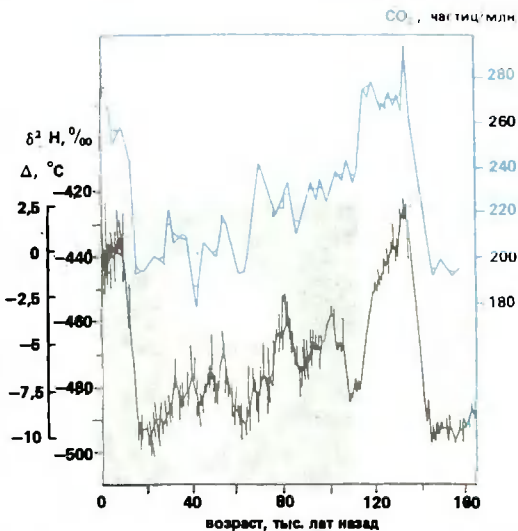
Обратимся сначала к новейшим разработкам в области эволюционной географии, изучающей последние этапы развития природной среды, человеческого общества и их взаимоотношений.

Палеогеографические исследования показывают, что естественный ход изменений климата во внутривековом цикле может привести в XXI в. к похолоданию, в какой-то степени сопоставимому с похолоданием малого ледникового периода. Но такое развитие событий кажется маловероятным из-за быстрого антропогенного изменения газового состава атмосферы, с которым может быть связано грядущее глобальное потепление.

В 80-х годах важные результаты дали совместные советско-французские исследования ледяного ядра из скважины на станции «Восток» в Антарктиде, достигшей глубины 2200 м. Ядро позволяет судить об изменении среды примерно за последние 160 тыс. лет. Палеотемпературы восстанавливаются по содержанию дейтерия в ледяной толще, а состав атмосферы — по содержанию газовых включений. Важнейший вывод такого анализа — явная корреляция температуры и концентрации двуокиси углерода в древней атмосфере. Выделяются основные уровни содержания  $\text{CO}_2$ : 190—200 и 260—280 частей на миллион. Первый соответствует эпохе оледенения, в которой заметны три температурных минимума, второй — теплым периодам: микулинскому межледниковью и голоцену (120—130 и 10 тыс. лет назад).

Налицо также четкая корреляция между содержанием метана в атмосфере и климатом. Концентрация метана на 60—80 % больше в межледниковые эпохи, чем в ледниковые. Это говорит о том, что содержание парниковых газов и других химических элементов в атмосфере тесно связано с климатом на протяжении всего ледниково-межледникового цикла. Однако до конца не ясен механизм взаимосвязи содержания двуокиси углерода и метана со средней температурой на поверхности Земли. Еще предстоит разобраться, что здесь причина, а что следствие. Думается, следует проявлять осторожность, предполагая подобную «связь» и в грядущем столетии.

Стратегия адаптации человечества к возможным изменениям климата должна учитывать значительную региональную дифференциацию последствий и высокие скорости изменений климатических условий, которые раньше в природе не наблюдались.



$\text{CO}_2$  в древней атмосфере и температура, рассчитанная по содержанию дейтерия  $\delta^2\text{H}$  в ледяном ядре со станции «Восток».

Это накладывает некоторые ограничения на метод прогноза состояния природной среды по аналогам прошлого, но не исключает его применения.

Ныне за рубежом, главным образом в США, для палеоклиматических реконструкций активно используются модели общей циркуляции атмосферы, позволяющие, в частности, охарактеризовать климат при удвоении содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере, что соответствует повышению средней глобальной температуры на 3—4 °C. Но, очевидно, более актуальна реконструкция природных условий при глобальном потеплении на 1—2 °C, которое, по некоторым прогнозам, ожидается в первой четверти XXI в.

Отклик ландшафтов на такое потепление с учетом региональных различий можно исследовать с помощью палеогеографических реконструкций, так как подобные условия на Земле складывались по геологическим масштабам сравнительно недавно: средняя температура была выше нынешней на 1 °C в оптимуме голоцена (5—6 тыс. лет назад) и на 2 °C — в оптимуме последнего (микулинского, или земского) межледниковья (125 тыс. лет назад).

Очевидно, что палеоландшафтные реконструкции не могут считаться непосредственными сценариями будущих изменений, так как ландшафтные системы пришли в равновесное состояние с новым температурным режимом за сотни лет (равновесные модели), а ожидаемые изменения

климата могут происходить на порядок быстрее. В этих условиях палеогеографы во главе с А. А. Величко применили для оценки реакции геосистем в реальные сроки так называемые неравновесные модели, учитывающие быстрые по сравнению с естественным ходом изменения климата<sup>1</sup>.

Ожидаемое потепление сильнее всего затронет высокие широты. Здесь при глобальном потеплении на 1 °С средние температуры наиболее холодного месяца возрастут на 3—5 °С, а при потеплении на 2 °С на севере Сибири, например, они повысятся на 10—12 °С.

Если ориентироваться на изменения геосистем по равновесным моделям, то при потеплении на 1 °С северная граница лесной зоны должна сместиться на 300—400 км, а при потеплении на 2 °С — на 500—600 км; при этом тундра практически исчезает. Расчеты показывают, что потенциальные запасы фитомассы в Северном полушарии при этом возрастают на 20—25 и на 50 %.

В неравновесных же моделях эти сдвиги в начале XXI в. не превысят 1—2 км, а к 2025—2030 гг. — 8—10 км.

Каковы же будут изменения многолетней мерзлоты? В оптимуме голоцена ее граница отступала к северу на 200—300 км, а в оптимуме микулинского межледникового — примерно на 500 км. Расчеты по неравновесным моделям показывают, что к началу XXI в. положение южной границы мерзлоты мало изменится, а к 2025—2030 гг. она сдвинется к северу примерно на 100 км. При этом глубина деятельного слоя, т. е. слоя грунта, в котором происходит сезонное оттаивание, на севере возрастет на 0,2—0,4 м, а на юге — на 1—1,5 м. Возрастет и количество атмосферных осадков. Все это приведет к увеличению площади болот, ухудшению в ряде районов состояния лесных массивов, усилению процессов течения грунта, термокарста, разрушения побережий в Сибири и Канаде.

Следует особо сказать о существенной роли мерзлоты в балансе парниковых газов. Об этом, кстати, говорят и выполненные в прошлом году в МГУ расчеты поступления в атмосферу метана и двуокиси углерода при вытаивании подземных льдов.

## ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Основная причина экологического кризиса в стране — ресурсоемкая экономика

и экстенсивное природопользование. Сложилась парадоксальная ситуация: при самых больших в мире природных богатствах мы имеем дефицит всех видов ресурсов и удовлетворения.

Есть основания полагать, что и на первых этапах перехода к рынку наши республики, области, предприятия, получив больше самостоятельности и право распоряжаться «своими» землями, недрами, лесами, попытаются на счет усиления их эксплуатации решать наиболее болезненные экономические и социальные проблемы. Примеры этому уже есть.

Поэтому государственное регулирование пользования ресурсами, несомненно, должно быть усилено и поставлено на правовую основу, ориентирующую экономику на «природосберегающее» развитие. В этом отношении географическая наука имеет несколько направлений поиска.

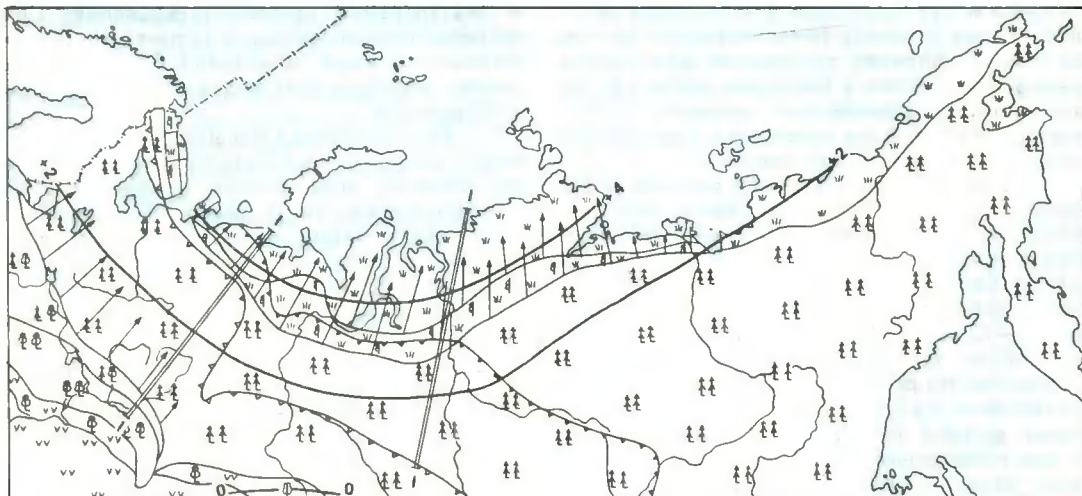
Это прежде всего выявление реальной экологической ситуации, определение наиболее «острых» территорий и причин их возникновения. Несколько лет назад начались работы над экологической картой СССР<sup>2</sup>. Первый вариант такой карты в масштабе 1:8 000 000 уже составлен. На карте зафиксированы загрязнение атмосферы, истощение и загрязнение вод суши, загрязнение морей, истощение рыбных ресурсов, деградация лесных массивов, ухудшение естественных кормовых угодий, ускоренная эрозия почв, интенсивное образование оврагов, химическое загрязнение и вторичное засоление почв, изменение мерзлотного режима почв и грунтов, разрушение земель при горных разработках, утрата продуктивных земель, снижение природно-рекреационных качеств ландшафта, нарушение режима особо охраняемых территорий.









Остроту экологических проблем, выявленных на карте, определяют три группы показателей: санитарно-гигиеническая обстановка и уровень заболеваемости населения; истощение и утрата естественных ресурсов; нарушение генетической целостности ландшафтов. Все эти показатели на территории СССР имеют выраженные региональные различия.

Всего в стране около 300 ареалов со сложной экологической ситуацией (около 16 % территории). С учетом деградировавших тундровых, степных и полупустынных пастбищ эта величина возрастает до 20 %, что превышает площадь особо охраняемых природных территорий в 15—20 раз. В целом 20 % всего населения и 39 % город-




<sup>1</sup> Величко А. А., Климанов В. А., Беляев А. В. Каспий и Волга 5,5 и 125 тыс. лет назад // Природа, 1987. № 3. С. 58—65.

<sup>2</sup> Кочуров Б. И. На пути к созданию экологической карты СССР // Природа. 1989. № 8. С. 10—17.



-  Тундра
-  Лесотундра
-  Таежные леса
-  Смешанные хвойно-широколиственные леса
-  Широколиственные леса
-  Лесостепь
-  Степь
-  Смещение зон

**Граница многолетней мерзлоты:**

-  прогнозируемая
-  современная
-  Изотермы

Возможное изменение растительности при повышении средней температуры Северного полушария на  $1^{\circ}$  С. Фрагмент карты, составленной в лаборатории эволюционной географии Института географии АН СССР. I—I— меридиональные профили, по которым прослеживаются потенциальные и реально возможные сдвиги границ ареалов лесообразующих пород и зональных растительных сообществ.

ского населения СССР живут в неблагоприятной экологической обстановке.

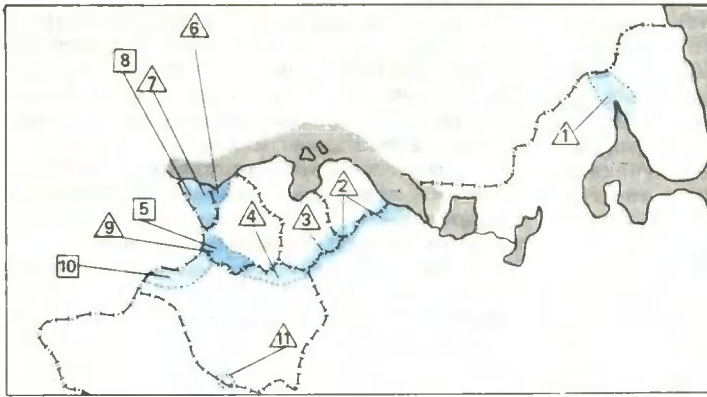
Разрабатываются и более детальные карты. В Институте географии АН СССР составлена серия карт Европейской части страны, отражающих состояние природопользования, его виды и интенсивность, структуру землепользования и другие характеристики. Определены региональные распределения антропогенных нагрузок, выделены регионы со слабой природоохранной деятельностью, нарушением норм природопользования, выявлены резервы повышения продуктивности земель. Карты ясно показывают снижение интенсивности природопользования с запада на восток, нарастающие остроты экологической ситуации вокруг крупнейших промышленных центров и городских агломераций.

На базе подобного анализа с учетом «устойчивости» природных систем к разным видам антропогенной нагрузки выявляются резервы, возможности и опасности в размещении производства в ближайшем и отде-



ленном будущем. Например, составлена карта природных комплексов Европейской части СССР, сильно страдающих от выбросов тепловых электростанций. Готовятся карты устойчивости рельефа к техногенным воздействиям — распашке, строительству, нарушению растительного покрова и т. д.

Особая задача заключается в определении социальных и экологических возможностей и ограничений развития производства и пользования ресурсами. Вступая на путь рыночной экономики, многие районы идут по пути выбора стратегии развития, более выгодной для себя. Между тем при сохранении общего экономического пространства необходимо существование «грязных» производств в одних районах для обеспечения потребностей других. В этих условиях требуется определить допустимые масштабы развития таких производств не только по природным, но и по социальным критериям. Составляются карты, на которых отражается уровень заболеваемости по экологическим причинам и определяются








Требования связаны:

-  с изменением границ политико-административной единицы
-  с их созданием или восстановлением

Степень актуализации претензий:

-  упоминания в прессе
-  включение в программы общественно-политических движений
-  заявление на государственном уровне

Фрагмент карты «Основные территориально-этнические притязания и конфликты в СССР» (по состоянию на 1 января 1991 г.). Составлена в лаборатории социальной географии Института географии АН СССР. Цифрами обозначены притязания на присоединение: части Мурманской обл. к Карельской АССР (1); пограничных территорий Псковской и Ленинградской обл. к Эстонии (2); пограничных территорий Псковской обл. к Латвии (3); пограничных районов Витебской, Минской и Гродненской обл. Белоруссии к Литве (4); части Калининградской обл. к Литве (7); южных районов Литвы к Белоруссии (9); пограничных территорий на севере Житомирской обл. Украины к Белоруссии (11); изъятие г. Клайпеды с окружением из Литвы (6); создание политико-административных единиц: польских в Литве (5); немецкой в Калининградской обл. (8); польской на западе Белоруссии (10). В основе большинства отмеченных на карте притязаний лежат изменения границ, происходившие в советское время, а также расселение соответствующих этнических групп в прошлом и настоящем.

тензий и конфликтов в СССР, на которой показаны 70 очагов конфликтов разной природы.

Основные причины таких конфликтов — изменения территориально-государственного устройства, особенно интенсивные в 30—50-е годы, и пестрота этнического состава населения. Изменения расселения этнических групп в прошлом и настоящем служат причиной 70 % всех конфликтов, изменения границ — еще около 18 %. Хозяйственные отношения и экономическое единство территории — причина двух конфликтов в Средней Азии (по поводу горных пастбищ) и одна из причин — в 30 % территориальных споров.

центры, где дальнейшее развитие «грязных» производств недопустимо. Кроме того, необходимо, чтобы потребители продукции выплачивали «экологическую ренту» тем районам, где вынуждены сохранять такие производства.

### АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЛИТИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ

В прошлом году началось активное сотрудничество географов с Верховным Советом РСФСР. В связи с подготовкой новой Конституции Российской Федерации, с учетом мирового опыта разработаны принципы федеративного устройства России, районирования и ведомственного управления. Проведен анализ результатов союзного и российского референдумов.

Важная проблема политической географии — дать рекомендации по обновлению национально-территориального устройства страны, наметить пути выхода из кризиса последних лет. С этой целью издается карта основных территориально-этнических пре-

### О ПУТЯХ РАЗРЕШЕНИЯ АРАЛЬСКОГО КРИЗИСА

На сессии Верховного Совета СССР 1 марта 1991 г. в связи с обсуждением аральской проблемы автор поставил вопрос о критериях выделения регионов экологического бедствия. Сейчас многие местные Советы принимают решения о придании той или иной территории подобного статуса. Но под такими решениями пока нет никакой правовой основы и вытекающих из нее экономических, правовых и социальных гарантий.

Проблема критических экологических зон — важная географическая проблема, над которой мы сейчас работаем совместно с американскими учеными, а также в рамках одного из проектов ЮНЕП. (ЮНЕП — Программа ООН по окружающей среде.) Изучены взаимосвязи между районами зарождения глобально-региональных процессов и районами проявления их наиболее ощутимых последствий по широкому кругу параметров — от природных до политических.

К наиболее острым относятся три типа экологических ситуаций: критическая, кризисная и катастрофическая. При критической экологической ситуации возникают значительные и слабо компенсируемые изменения ландшафтов, быстро нарастает угроза истощения или утраты природных ресурсов, и в том числе генофонда, уникальных природных объектов, значительно ухудшаются условия жизни населения. Антропогенные нагрузки, как правило, превышают установленные нормы. При уменьшении антропогенных воздействий и проведении природоохранных мероприятий возможны нормализация экологической обстановки, улучшение условий жизни, повышение качества отдельных природных ресурсов и частичное восстановление ландшафтов.

Кризисная экологическая ситуация является переходной к катастрофической и, если не приняты срочных мер, может быстро перейти в нее.

Катастрофическая ситуация характеризуется глубокими и необратимыми изменениями природы, утратой природных ресурсов и резким ухудшением жизни людей, вызванным главным образом многократным превышением допустимых антропогенных нагрузок на ландшафты региона. Ее признаками служат ощутимое ухудшение здоровья людей, а также утрата генофонда биоты и уникальных природных объектов.

Комплексные исследования и экологическое картографирование показывают, что к числу ареалов с наиболее острыми ситуациями относятся Арал и Приаралье, зона чернобыльской катастрофы, Донбасс, Днепропровско-Криворожский промышленный район, Молдавия, рекреационные территории на побережьях Черного и Аральского морей, Северный Прикаспий, Калмыкия, Среднее Поволжье, Кольский п-ов, промышленная зона Урала, Восточный Казахстан, Кузбасс и ряд городов страны.

Перечисленные районы характеризуются сложным комплексом экологических проблем, обусловленных в основном загрязнением влиянием крупных промышленных центров, а также чрезмерным использованием естественных ресурсов (сельскохозяйственное производство, горные разработки, рекреация), неблагоприятные воздействия которых усугубляются высокой плотностью населения. Именно в пределах названных территорий прежде всего придется выделять регионы экологического бедствия.

По нашим ориентировочным оценкам, за последние 20 лет площадь регионов с острыми экологическими ситуациями возросла в СССР почти на 2 млн. км<sup>2</sup>. В северных районах главная причина бедствия — горно-

добывающая промышленность и транспорт, в южных аридных — гидротехническое и мелиоративное строительство. Для экологического образования и воспитания, грамотной хозяйственной деятельности необходимо в ближайшие годы создать комплексный экологический атлас СССР.

Экологической проблемой мирового значения предстает ситуация с Аралом и Приаральем. По поручению Государственной комиссии по чрезвычайным ситуациям Кабинета Министров СССР мы разрабатывали концепцию сохранения и восстановления Аральского моря, нормализации экологической, медико-биологической и социально-экономической ситуации в Приаралье.

О причинах Аральского кризиса сказано и написано много<sup>3</sup>. Но при этом редко затрагиваются глубинные истоки случившегося, а истоки эти — в ошибочной стратегии развития экономики региона и в неспособности административно-командной системы сохранить и приумножить его богатства. Сложившиеся производственные отношения, монополистические структуры вроде бывшего Минводхоза, низкие цены на производимую продукцию, ее дотационная основа, бесплатные природные ресурсы — все это ведет к низкой производительности труда, господству затратной экономики.

Сравним пары стран с близкими природными условиями. Затраты воды на производство единицы валового национального продукта в бывшей Народной Демократической Республике Йемен в 6,5 раза больше, чем в Йеменской Арабской Республике, в Северной Корее — в восемь раз больше, чем в Южной. В СССР затрачивается в четыре-пять раз больше воды на единицу ВВП, чем в США.

Значит, причина — в способе хозяйствования, в характере экономики и отношениях собственности. Эти аспекты косвенно присутствуют в предлагаемой концепции, но главное ее содержание в том, что решение проблемы Арала видится прежде всего в изменении стратегии развития производительных сил и инфраструктуры хозяйства, в том числе частичной замене посевов хлопка, ликвидации потерь сельскохозяйственной продукции, изменении экспортной политики, развитии здесь перерабатывающих и ряда других отраслей сельского хозяйства. Предлагается снижать площади под рисом и выводить непродуктивные орошаемые земли из оборота. Этот вывод должно опережать создание компенсирующих

<sup>3</sup> Глазовский Н. Ф. Аральский кризис // Природа. 1990. № 10. С. 10—20; № 11. С. 91—98.

рабочих мест и соответствующей социальной инфраструктуры.

Необходима коренная реконструкция оросительных систем, обезвреживание коллекторно-дренажного стока, большее использование подземных вод, внедрение новых водосберегающих технологий в сельском хозяйстве, выведение новых, более продуктивных сортов растений.

Если все это удастся осуществить, мы сумеем стабилизировать уровень Аральского моря на отметке 38 м, а затем и повысить его примерно до 40—41 м и создать единый продуктивный водоем. Расчеты показывают, что имеющиеся в бассейне Арала резервы воды составляют 40—45 км<sup>3</sup> в год и способны кардинально улучшить экологическую ситуацию. Но по ориентировочным подсчетам, придется затратить около 60 млрд. руб. в ценах 1990 г., т. е. фактически гораздо больше.

Но деньгами дело не ограничивается. Чтобы реализовать предлагаемую концепцию, необходимо ее политическое и правовое решение. В частности, нужны законодательный акт по охране ресурсов этого бассейна, срочное введение платежей за использование водой и штрафов за ее загрязнение, создание системы мониторинга и комплексной геоинформационной системы «Арал».

Концепция выхода из Аральского кризиса, которую мы развиваем, не предусматривает переброску воды из других бассейнов для спасения Арала (о чем сейчас все больше говорят в Средней Азии и Казахстане). В любом случае заимствование стока должно предшествовать упорядочению использования внутренних водных ресурсов.

Концепция не затрагивает и сложную демографическую проблему Средней Азии, но на основе мирового опыта мы полагаем, что единственный путь ее решения — это повышение жизненного уровня населения. Именно это положено в основу концепции: изменить структуру и модернизировать способы ведения хозяйства, создать новые рабочие места, оздоровить природную среду и улучшить условия жизни населения, максимально учитывая местные исторические и национальные особенности.

Дальнейший прогресс нашего общества невозможен без коренного изменения экологической политики, а это, в свою очередь, немислимо без радикальных политической и экономической реформ, открывающих новые горизонты и для географии.

## РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

### Вниманию деловых людей!

«Природа» публикует рекламу советской и зарубежной промышленной продукции и различных видов услуг, которые могут быть полезны научным и учебным учреждениям, а также любителям природы.

Рекламный текст направляется в редакцию журнала с гарантийным письмом и указаниями почтового адреса, телекса, телефона и банковского счета рекламодателя

по адресу:

117810, ГСП-1, Москва, Марононский пер., 26, «Природа». Международный телекс 411612  
IZAN. Тел. 238-24-56.

# Черные дыры, «кротовые норы» и «машина времени»

В. П. Фролов



Валерий Павлович Фролов, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР. Основной круг интересов — классическая и квантовая гравитация и физика черных дыр. Монография: Физика черных дыр (совместно с И. Д. Новиковым). М., 1986.

**П**УТЕШЕСТВИЯ «сквозь» пространство и во времени — темы, столь интенсивно обсуждавшиеся фантастами, — в последние два-три года неожиданно привлекли серьезное внимание теоретиков. Проблема, как оказалось, допускает вполне четкую физическую формулировку, а при ее анализе приходится сталкиваться с глубокими вопросами современной теоретической физики.

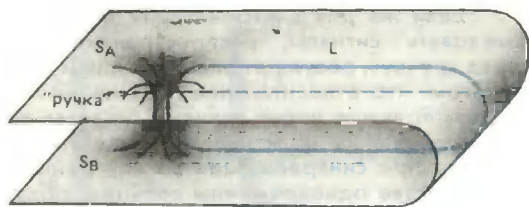
## ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ И «КРОВОТЫЕ НОРЫ»

Одно из наиболее интригующих предсказаний общей теории относительности Эйнштейна — возможность существования пространства — времени с нетривиальной топологической и(или) причинной структурой. Согласно этой теории, гравитационное поле, создаваемое материей, проявляется в искривлении пространства—времени. Отказ от представлений о том, что локальная геометрия пространства—времени обязательно плоская, неизбежно ведет к тому, что и в целом его геометрические и то-

пологические свойства могут отличаться от свойств плоского пространства. Яркий пример пространств с нетривиальной трехмерной топологией — так называемая «кротовая нора».

Представим себе обычное трехмерное пространство, в котором «вырезаны» два шара одинакового радиуса  $R$ , расположенные на большом (по сравнению с  $R$ ) расстоянии друг от друга. отождествим границы этих шаров (сфер) друг с другом, так что в построенном таким образом пространстве любая частица, достигающая одной из границ и входящая в нее, практически сразу вновь появляется в нашем пространстве, выходя наружу через вторую сферу. Более наглядное представление об этой не совсем обычной геометрии дано на первом рисунке, где изображено двумерное сечение такого пространства. Окружности  $S_A$  и  $S_B$  изображают граничные сферы. Чтобы избежать скачков, мы рассматриваем ситуацию, когда «склейка» сфер осуществляется гладко с помощью короткой «ручки», изображенной на рисунке. Подобная геометрия и получила название «кротовой норы». Этот термин — слегка «облагороженный» перевод английского названия wormhole (червячная дыра, или червоточина), предложенного известным американским физиком Дж. А. Уилером в 1957 г.

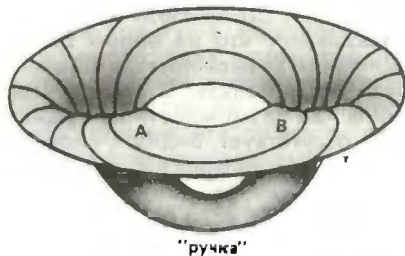
Рассмотрим геометрию «кротовой норы» подробнее. Для наглядности будем обращаться к рисунку, подразумевая при этом, что движения всех тел и пробных частиц изображаются на нем перемещением вдоль двумерной поверхности, а трехмерное пространство, в которое вложена поверхность, играет чисто вспомогательную роль. Представим себе двух наблюдателей  $A$  и  $B$ , покоящихся вблизи сфер  $S_A$  и  $S_B$  соответственно (их принято называть устьями). Любой сигнал, посылаемый наблюдателем  $A$  в  $B$  и распространяющийся во внешнем пространстве, требует для своего распространения времени, большего, чем  $L/c$  ( $L$  — расстояние между наблюдателями,  $c$  — скорость света). Однако в рассматриваемом пространстве ввиду его нетривиальной топологической структуры имеется другая воз-



Геометрия двумерного пространственного сечения «кротовой норы».  $S_A$  и  $S_B$  — «устья»,  $L$  — расстояние между наблюдателями А и В (слева). Более наглядное изображение двумерного сечения той же «кротовой норы». Ее топология сохранена, следует только

возможность: наблюдатель А может использовать для посылки сигнала в В «кротовую нору». При этом, если длина ее ручки много меньше  $L$  (именно такую ситуацию мы и будем рассматривать), сигнал достигнет В намного быстрее, чем за время  $L/c$ . Иными словами, «кротовые норы», если только они существуют, позволяют реализовать мечту фантастов и осуществлять путешествия «сквозь» пространство со скоростью, формально сколь угодно превышающей скорость света.

Отнюдь не тривиален вопрос, может ли геометрия «кротовой норы» отвечать какой-либо действительной физической ситуации и описывать геометрию реального пространства—времени. Как оказалось, геометрические свойства «кротовых нор» таковы, что они могут существовать достаточно длительное время только при условии, что внутри «ручки» находится вещество с довольно необычными свойствами: его полная плотность и (или) давление должны быть отрицательными. Про такое вещество говорят, что оно нарушает условия энергодоминантности. Подобный вывод носит общий характер и связан со следующим обстоятельством. Рассмотрим пучок фотонов, движущихся по радиусу «устья» и проходящих сквозь «кротовую нору». Очевидно, такой первоначально сходящийся пучок после выхода из «кротовой норы» начинает расходиться, и площадь его сечения растет со временем. С другой стороны, используя уравнения распространения света, можно доказать, что гравитационное поле, порождаемое любым распределением вещества с положительной плотностью массы и давлением, обладает фокусирующим свойством, т. е. действует на свет как фокусирующая линза, возможно, обладающая также некоторым астигматизмом. В классической теории трудно ожидать нарушения условий энергодоминантности. Но без их нарушения «ручка» «кро-



помнить, что в действительности расстояние между точками А и В во внешнем пространстве по-прежнему много больше расстояния между ними вдоль «ручки» (справа).

товой норы» неизбежно начинает сжиматься, причем так быстро, что даже свет не успевает пройти через нее. Сжатие приводит к развитию сингулярностей, а сама «кротовая нора», по сути дела, превращается в пару черных дыр. Видимо, именно по этой причине интерес к «кротовым норам», которые обсуждались Уилером еще в 50-х годах, заметно ослаб.

Качественно изменить ситуацию может учет квантовых эффектов. Для примера приведем известный эффект Казимира. Пусть в вакууме имеются две параллельные идеально проводящие металлические пластины. Поскольку переменное электромагнитное поле не проникает в проводник, состояние вакуумных нулевых колебаний при наличии проводников меняется, меняя энергию системы. Это изменение зависит от расстояния между пластинами, поэтому между ними действует сила притяжения, которую можно определить в эксперименте. Измерения, выполненные Н. В. Д. Казимиром в 1948 г., подтвердили правильность сделанного вывода. Притяжение пластин прямо соответствует тому, что эффективное давление нулевых колебаний электромагнитного поля между ними (как и плотность энергии) отрицательно.

Итак, локальное нарушение условия энергодоминантности может быть результатом квантовых эффектов. Более подробный анализ показывает, что подобных локальных нарушений недостаточно для равновесия «кротовых дыр». Нарушения должны быть интегральными, причем вдоль произвольного светового луча, проходящего через «кротовую нору». Принципиальная возможность подобных явлений в плоском пространстве вдоль специально выбранных световых лучей, проходящих вблизи неплоской металлической поверхности, была продемонстрирована совсем недавно в работах группы К. Торна (Калифорнийский технологи-

ческий институт, США). Полученные результаты показывают, что из общих соображений исключить возможность долгоживущих «кротовых нор» нельзя. С другой стороны, доказательство возможности их существования также отсутствует. Видимо, спор о «кротовых норах» продолжался бы еще какое-то время, не выходя за рамки узких теоретических дискуссий, если бы не одно обстоятельство. В 1988 г. группа Торна показала, что существование долгоживущих «кротовых нор» тесно связано с возможностью их превращения в «машину времени».

### «КРотовые норы» И «МАШИНА ВРЕМЕНИ»

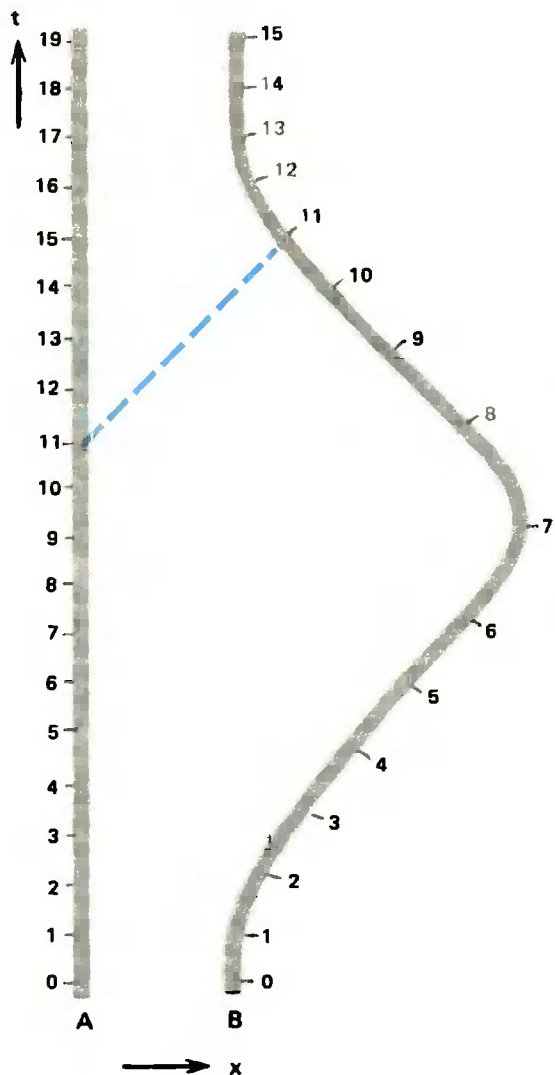
Сама по себе возможность путешествия «сквозь» пространство, при котором формальная скорость, получаемая делением расстояния между «устьями» во внешнем пространстве на время пролета сквозь «ручку», превосходит скорость света, еще вовсе не означает каких-либо нарушений причинно-следственных связей. Легко убедиться, что любая частица или сигнал, возвращающиеся в исходную точку после путешествия через «кротовую нору», попадут туда обязательно позднее, чем вышли. Оказалось, однако, что эта модель чересчур упрощена, и в более реалистичных условиях «кротовая нора» может превратиться в «машину времени».

Каждое из «устьев» «кротовой норы» можно внешним воздействием заставить совершать произвольное движение. В результате взаимное расстояние между ними во внешнем пространстве меняется, в то время как внутренняя геометрия «ручки», соединяющей «устья», остается неизменной. Рассмотрим конкретный пример такого движения. «Устье» А остается неподвижным, а «устье» В сначала удаляется от А, двигаясь ускоренно, а затем приближается, двигаясь с тем же ускорением, пока не достигнет исходной точки. Рассмотрим процесс синхронизации часов в такой системе. Для этого предположим, что наблюдатели, покоящиеся около «устьев» А и В, имеют часы. Такие часы регистрируют собственное время в точке наблюдения, и их показания (в условных единицах) изображены на втором рисунке. До начала движения одновременно во внешнем пространстве события, отвечающие равным значениям показаний часов. После начала движения ускоренные часы идут медленнее покоящихся (парадокс «близнецов»), так что, например, после окончания движения часы А показывают значение 18, а часы В — 14.

Если же для синхронизации часов использовать сигналы, распространяющиеся через «ручку», результат окажется иным. Дело в том, что относительное положение часов, измеряемое через «ручку», остается во время движения практически неизменным. Поэтому при синхронизации во внутреннем пространстве одновременны события, обладающие одинаковыми значениями собственного времени. При синхронизации же часов вдоль замкнутого контура, проходящего от А к В во внешнем пространстве, а затем через «ручку» от В к А во внутреннем, сигналы возвращаются в исходную точку А в момент времени (по часам А), предшествующий исходному. Разница начального и конечного времени («зазор в синхронизации») зависит от характера движения «устья» В и в принципе может быть сколь угодно большой. «Машина времени» возникает при таком движении «устья», в результате которого «зазор в синхронизации»  $\uparrow$  становится больше, чем  $L/c$ . В этом случае световой сигнал, испущенный из А в В, прошедший затем сквозь «кротовую нору» и вернувшийся в исходную точку, попадает туда в момент времени, предшествующий испусканию этого сигнала. Более полной и точной характеристикой подобных систем является то, что в таком пространстве—времени имеются области, где существуют замкнутые времениподобные линии. Граница этих областей называется горизонтом Коши. Про такое пространство—время говорят, что в нем имеется «машина времени». Именно это свойство рассматриваемой системы, приводящее, на первый взгляд, к разного рода парадоксам, и привлекло к ней внимание.

К парадоксам мы вернемся позже, а пока сделаем еще несколько общих замечаний о связи «кротовых нор» и «машин времени». Для появления «зазора в синхронизации» можно использовать и другие виды относительного движения «устьев». Так, И. Д. Новиков показал, что подобный эффект возникает и при круговом движении одного из «устьев» вокруг другого<sup>1</sup>. Более того, оказалось, что практически любой вид относительного движения «устьев» при некоторых ограничениях может привести к аналогичному эффекту. А в конце 1989 г. И. Д. Новиковым и автором статьи было установлено, что в классической теории гравитации «кротовая нора» внутренне неустойчива относительно процессов, превращающих ее в «машину времени». При этом не обязательно даже движение «устьев», эф-

<sup>1</sup> Подробнее об этом см.: Горячие точки космологии // Природа. 1989. № 7. С. 15—16.



Возникновение замкнутых времениподобных линий при ускоренном движении одного из «устьев» (B) относительно другого.

Факт «машины времени» возникает просто в результате гравитационного взаимодействия «кротовой норы» с окружающим веществом.

Причина неустойчивости непосредственно связана с топологией «кротовой норы». В пространстве—времени с «кротовой норой» имеются такие замкнутые пути, которые нельзя непрерывной деформацией стянуть в точку. Каждый такой путь обязательно проходит через «кротовую нору» и однозначно характеризуется целым

числом, указывающим, сколько раз он проходит через «ручку» в заданном направлении. Для любых двух точек, соединенных таким путем в статическом гравитационном поле, можно ввести понятие разности потенциалов, причем эта разность не меняется, если непрерывно деформировать такой путь. Отсюда сразу следует, что разность гравитационных потенциалов вдоль любого замкнутого пути, который начинается и кончается в одной точке, равна нулю, если только этот путь можно непрерывным преобразованием сжать в точку. В более общем случае — для замкнутых путей, не сжимаемых в точку, это уже не так. Именно с такой ситуацией мы сталкиваемся, рассматривая «кротовую нору». Гравитационное поле в пространстве с «кротовой норой» в общем случае непотенциально. В частности, это означает, что работа, выполненная при обходе по замкнутому контуру, проходящему через «ручку», не равна нулю. Более того, оказывается, что даже если по каким-либо причинам «кротовая нора» первоначально обладает потенциальным гравитационным полем, это состояние отвечает максимуму энергии и потому неустойчиво. Любая частица, проходящая через «кротовую нору», приобретает дополнительную энергию, а гравитационное поле «кротовой норы» становится при этом все более непотенциальным.

Чтобы пояснить, как связана непотенциальность гравитационного поля «кротовой норы» с превращением ее в «машину времени», рассмотрим некоторые свойства процедуры синхронизации часов в статическом гравитационном поле. Для простоты будем считать это поле слабым. Пусть наблюдатели а и b, снабженные часами, покоятся в статическом гравитационном поле. В стандартной процедуре синхронизации в момент времени  $t_0$  (т. е. по часам а) от а к b' посылается световой сигнал (событие а'), который после отражения в b (событие b') возвращается обратно в а в момент  $t'_0$ . Событие в точке а, происходящее в момент  $(t_0 + t'_0)/2$ , по определению, синхронно событию b' в точке b. Используя синхронизацию часов, можно в окрестности наблюдателя а ввести «универсальное» время  $t$ , полагая, что любое событие в этой окрестности, синхронное с моментом, когда часы а показывают время  $t$ , характеризуется тем же значением «универсального» времени  $t$ . При этом оказывается, что если в точке b гравитационный потенциал меньше, чем в а, на величину  $U$ , то собственное время  $T_b$ , измеренное по часам b, течет медленнее, чем «универсальное»:  $\Delta T_b = \Delta t / (1 + U/c^2)$ . В прост-

ранстве с непотенциальным гравитационным полем уже нельзя ввести «универсальное» время и «зазор в синхронизации» часов при обходе по замкнутому контуру, проходящему через «кротовую нору», уже не есть величина постоянная. Этот «зазор» линейно растёт с собственным временем в этой точке, причём скорость роста тем больше, чем сильнее поле отличается от потенциального. Так что непотенциальность гравитационного поля «кротовой норы» автоматически создаёт условия для её превращения в «машину времени». Как мы увидим, вопрос о возникновении «машины времени» на самом деле оказывается гораздо сложнее из-за того, что определяющую роль в этом процессе начинают играть квантовые эффекты, которыми мы до сих пор пренебрегали. Мы ещё к этому вернёмся, а пока кратко обсудим, обязательно ли возможное существование «машины времени» приводит к неразрешимым парадоксам и противоречиям.

#### «МАШИНА ВРЕМЕНИ» И ПРИНЦИП САМОСОГЛАСОВАНИЯ

Обычный парадокс в пространстве—времени с замкнутыми времениподобными линиями можно описать так. Представим, что по такой мировой линии движется объект, который, возвратясь в ту же пространство-временную точку, взаимодействует сам с собой. Подобная ситуация противоречива, поскольку взаимодействие может или разрушить объект, или будет не в состоянии воспрепятствовать его движению.

Подобные парадоксы характерны для ситуаций, в которых следствие может влиять на породившую его причину и возникают замкнутые циклы причинно-следственной связи. Решения уравнений Эйнштейна, описывающих появление замкнутых времениподобных линий, известны давно. Пожалуй, наиболее знаменитое из них получено в 1949 г. К. Гедделем — оно описывает вращающуюся Вселенную. В том же году, анализируя проблему замкнутых времениподобных линий, Эйнштейн писал: «В этом случае различие между «раньше» и «позже» для мировых точек, удалённых друг от друга на космические расстояния, исчезает и возникают те парадоксы, связанные с направлением причинной связи, о которых говорил Геддель. Геддель нашёл такие космологические решения уравнений гравитации (с отличной от нуля  $\Lambda$ ). Было бы интересно выяснить, не следует ли такие решения исключать из рассмотрения на основе физических соображений»<sup>2</sup>.

Проблема причинности интенсивно об-

суждалась в конце 60-х годов в связи с гипотезой о тахионах (частицах, движущихся со скоростью выше скорости света в вакууме). Передавая сигналы с помощью таких частиц (если бы они существовали), можно было бы реализовать замкнутые причинные циклы<sup>3</sup>.

Мы не станем сколько-нибудь глубоко анализировать эту, по сути философскую, проблему в целом, поскольку она выходит за рамки не только данной статьи, но, видимо, и той или иной конкретной физической теории<sup>4</sup>. Отметим лишь, что проблема причинности тесно связана с проблемой «свободы воли». При наличии замкнутых линий времени парадоксов, связанных с причинностью, видимо, нельзя избежать, если только допустить, что система, движущаяся по такой траектории, обладает возможностью по своей воле или по воле случая, полностью не зависящего от предыстории, менять характеристики этого движения. Наша цель скромнее — познакомиться с результатами физических исследований «кротовых нор» последних двух-трех лет.

Трудности, связанные с наличием замкнутых линий времени, могут возникнуть лишь тогда, когда рассматриваемая система обладает самодействием или отдельные ее части взаимодействуют между собой, т. е. уравнения, описывающие систему, нелинейны. То, что линейная теория в пространстве—времени с замкнутыми времениподобными линиями, видимо, не приводит ни к каким противоречиям, подтвержден американскими теоретиками Дж. Фридманом и М. Моррисом, проанализировавшими рассеяние свободных электромагнитных волн на «кротовой норе» после превращения ее в «машину времени». Они, в частности, показали, что падение электромагнитного излучения на такую «кротовую нору» не приводит к каким-либо особенностям, а рассеянное излучение определяется однозначно.

Простейшей задачей, в которой учитывается самодействие, остается так называемая модель бильiardных шаров. Предположим, что в результате движения одного из «устьев» или по другой причине «кротовая нора» превратилась в «машину времени». Рассмотрим простейшую реализацию

<sup>2</sup> Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. 14. М., 1967. С. 314.

<sup>3</sup> Подробнее об этом см.: Эйнштейновский сборник. 1973. М., 1974 (в особенности статьи Д. А. Киржице, В. Н. Сазонова и П. Л. Чонка).

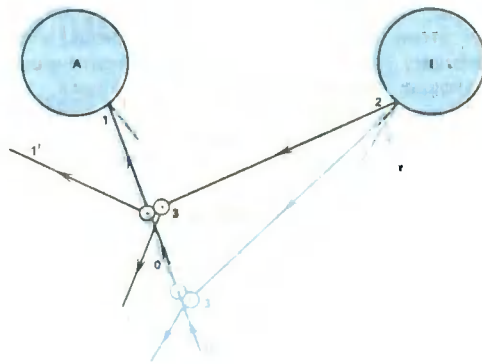
<sup>4</sup> Проблема «замкнутого времени» освещена в кн.: Грюнбаум А. Философские проблемы пространства и времени. М., 1969.



парадокса, описанного в начале раздела. Шар радиуса, много меньшего радиуса «устья», влетает в «устье» А (событие 1) и вылетает из «устья» В (событие 2) раньше (по часам внешнего пространства), чем влетел в А. Поэтому, двигаясь дальше, шар успевает настигнуть и ударить себя еще до попадания в А (событие 3). Параметры движения можно выбрать так, что после удара шар уже не сможет попасть в «устье» А. Поэтому кажется, что выбранному начальному условию не отвечает вообще никакое непротиворечивое продолжение движения.

Анализ Торна с сотрудниками показал, однако, что это не так. При тех же начальных условиях возможен другой характер движения шара, уже не приводящий к противоречию. Оно снимается тем, что параметры удара в событии 3 выбираются немного другими. Как показали расчеты, практически для всех начальных условий существуют самосогласованные решения (правда, не всегда единственные).

Обобщая результат, Новиков и Торн предложили использовать принцип самосогласования в качестве общего для отбора решения в задачах с «машиной времени»<sup>5</sup>. По сути, речь идет о том, что при наличии «машины времени» хорошо определены понятия четырехмерного пространства—времени и четырехмерной самосогласованной эволюции, а попытки описать эту эволюцию как развитие системы во времени сталкиваются с трудностями из-за присутствия замкнутых времениподобных линий и отсутствия универсального времени. Построить физическую теорию подобных пространств без принципа самосогласования, видимо, невозможно. Однако при его выполнении часть из тех свойств, которые фантасты обычно приписывают «машине времени», пропадают. Объект, прошедший через «машину» и вернувшийся в прошлое, уже не может, не нарушая физических законов, вести себя произвольно. Философское осмысление этой ситуации, в особенности в связи с проблемой «свободы воли», представляется крайне интересной задачей. Что касается физики,



Решение «парадокса» в задаче о бильярдных шарах в пространстве с «машиной времени». Если проследить за движением шара при заданных начальных условиях (точка 0), считая его свободным, можно прийти к выводу, что этот шар влетает в устье А (событие 1), а затем, вылетая из устья В (событие 2), успевает ударить себя в момент, предшествующий влету в А (событие 3) и изменить характер своего движения так, чтобы исключить попадание шара в А (1'), ситуация показана черными цветом. Описанная (очевидно, противоречивая) ситуация не удовлетворяет принципу самосогласования. При том же выборе начальных условий существует, однако, и самосогласованное решение, изображенное цветом. Самосогласование проявляется в том, что столкновение шара «с самим собой» происходит в другой момент времени и в другом месте (событие 3), при этом параметры удара таковы, что выполнены условия самосогласования.

то определенную трудность при использовании принципа самосогласования таят в себе отсутствие или множественность решений при фиксированных начальных условиях в ряде случаев. Непонятно, возможна ли достаточно «богатая физика» (т. е. разнообразие решений) в рамках принципа самосогласования для систем со значительной нелинейностью, в частности для таких, которые в обычных условиях обладают эргодичностью или приводят к развитию хаоса.

Для рассматриваемого конкретного варианта «машины времени» в последнее время выяснилось одно важное обстоятельство, заставляющее по-новому взглянуть на эту проблему. Дело в том, что квантовые эффекты, как оказалось, могут играть определяющую роль при возникновении «машины времени», в частности, предотвратить ее образование.

## РОЛЬ КВАНТОВЫХ ЭФФЕКТОВ

Уже отмечалось, что без учета квантовых эффектов, способных нарушить условия энергодоминантности, «кротовые норы»,

<sup>5</sup> Ранее, обсуждая решения с замкнутыми линиями времени, Я. Б. Зельдович и И. Д. Новиков в книге «Строение и эволюция Вселенной» (М., 1975. С. 679) отметили, что «соотношения между замкнутостью линий времени и принципом причинности отнюдь не столь тривиальны. По-видимому, из замкнутости линий времени вовсе не однозначно следует нарушение принципа причинности, ибо события на замкнутой линии времени уже «самосогласованы». Они все влияют друг на друга по замкнутому циклу, но это еще, по-видимому, не означает нарушения законов природы. Во всяком случае, вопрос требует более тщательного изучения».

видимо, не могут долго существовать. При этом неявно подразумевалось, что, поскольку речь идет о макроскопических «кротовых норах», размеры «ручки», где эти условия нарушаются, также макроскопические, а плотность энергии и давление квантового вещества малы. (Если размер «ручки»  $L$ , радиус кривизны пространства — времени  $1/L^2$ , а создающая эту кривизну плотность энергии — импульса  $c^4/GL^2$ , где  $c$  — скорость света,  $G$  — гравитационная постоянная. Для  $L \approx 10^6$  км — порядка радиуса Солнца — эта плотность равна  $10^6$  г/см<sup>3</sup>).

Оказалось, однако, что избежать появления сверхвысоких плотностей и значений кривизны в «кротовых норах», видимо, невозможно. Недавно С.-В. Ким и К. Торн, а также независимо автор статьи показали, что роль квантовых эффектов в процессе превращения «кротовой норы» в «машину времени» неизбежно растет, и еще до того, как возникает «машину времени», внутри «кротовой норы» резко увеличиваются плотность энергии и давление. Это может принципиально изменить всю картину (и, похоже, действительно меняет) так, что «машину времени» вообще не образуется.

Чтобы понять это, напомним, что физический вакуум — довольно сложное образование. Даже без внешнего поля (т. е. когда его наблюдаемые квантовые средние значения равны нулю) имеются квантовые нулевые флуктуации. В обычных условиях (плоское пространство—время, отсутствие вещества и внешних полей) нулевые флуктуации себя не проявляют. Но стоит изменить условия (внесть вещество или искривить пространство), характер этих нулевых колебаний меняется и возникает вполне наблюдаемая поляризация вакуума (эффект Казимира, упомянутый выше, — один из таких примеров).

В условиях, когда «кротовая нора» превращается в «машину времени», всегда найдутся как такие нулевые колебания, которые, проходя через «кротовую нору», увлекают из нее энергию, так и те, которые ее теряют. При усреднении по всем нулевым колебаниям полной компенсации этих двух типов не происходит и возникает отличный от нуля поток энергии — импульса, обусловленный поляризацией вакуума. При приближении к горизонту Коши дают вклад все больше типов колебаний, в результате эффект усиливается, а поток неограниченно растет. В этих условиях поляризация вакуума начинает играть определяющую роль, меняя геометрию.

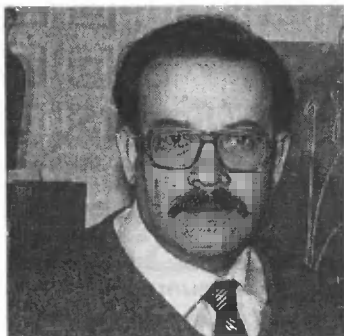
К сожалению, полное решение такой задачи весьма затруднительно. Дело в том,

что расходимость на горизонте Коши перенормированной (т. е. физически наблюдаемой) плотности энергии возникает при учете всех типов нулевых колебаний, в том числе и с энергиями, превышающими планковскую  $E_{Pl} = (\hbar c^5/G)^{1/2}$ . Но таким энергиям отвечают пространственно-временные области размером  $L_{Pl} = (\hbar G/c^3)^{1/2} \approx 10^{-33}$  см, в которых флуктуации самого гравитационного поля уже нельзя считать малыми. Учет же этих флуктуаций и вообще свойств физических полей при таких сверхвысоких энергиях невозможен вне Единой теории, объединяющей гравитационное взаимодействие со всеми остальными. В настоящее время мы можем лишь делать основанные на некоторых допущениях о свойствах этой пока не построенной Единой теории предположения о конечной судьбе «кротовой норы». В принципе, возможны два различных варианта, в зависимости от знака плотности энергии вакуума. Если она отрицательна, «кротовая нора» не разрушается, но «машину времени» не образуется, ибо меняются характер движения «устьев» и гравитационное поле. При положительной плотности «машину времени» также не образуется, но по другой причине (неустойчивость «кротовой норы» и превращение ее «устьев» в черные дыры). Решение задачи о конечном состоянии «кротовой норы» возможно лишь в квантовой теории гравитации, так что эта задача находится в одном ряду с такими нерешенными фундаментальными проблемами современной теоретической физики, как происхождение Вселенной и конечное состояние черных дыр.

При обсуждении проблемы «машины времени» мы ограничились рамками весьма специальной модели — «кротовой норы». Именно с этой моделью были связаны определенные надежды, к ней был привлечен интерес в последние два-три года, и именно для нее были получены упомянутые выше достаточно глубокие результаты. Безусловно, сама проблема несоизмеримо шире. Лишь будущие исследования помогут выяснить, являются ли квантовые эффекты общим механизмом, препятствующим возникновению замкнутых линий времени. Это означало бы, что запрет если не парадоксальных, то по крайней мере весьма необычных, с точки зрения физики, ситуаций был бы универсальным и связанным со свойствами наиболее фундаментального ее объекта — физического вакуума.

# Тектонические волны Земли

В. Н. Николаевский



Виктор Николаевич Николаевский, доктор технических наук, главный научный сотрудник Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР. Занимается механикой сплошных сред, геомеханикой и динамикой литосферы.

**У** КАЖДОГО, кто изучал географию землетрясений и их распределение во времени, возникало ощущение, что существует миграция сейсмической активности. Проще всего заметить последовательность «включений» очагов землетрясений вдоль гигантских разломов литосферы. Так, на одном из них — Северо-Анатолийском (ответвления которого проникают в Армению вплоть до Спитака и Кировакана, а возможно, даже в Иран и Пакистан) — с 1939 г. прослеживается цепочка разрушительных событий. Вычисленная по ним американцем К. Алленом в 1968 г. скорость миграции землетрясений оказалась равной 80 км/год.

Миграция сейсмичности изучалась и во многих других регионах Земли — Южной Америке и Китае, зонах субдукции под тихоокеанскими грядями островов, на Кавказе и Апеннинском п-ове. Разброс оценок скорости миграции от 10 до 300, а иногда и 1000 км/год, что можно объяснять отсутствием данных о землетрясениях или сейсмичностью крупных территорий.

Так или иначе напрашивался вывод о существовании непрерывной миграционной волны сейсмичности. Еще в 60-х годах советские геофизики В. И. Кейлис-Борок и Ш. А. Губерман, обобщив статистические данные для всего земного шара, рассчитали скорость глобальных волн, которые они назвали волнами опасности или D-волнами (от англ. danger — опасность). По их представлениям, эти волны распространяются вдоль меридианов со скоростью 16 км/год, а отражаясь от полюсов и встречаясь друг с другом, вызывают землетрясения наибольшей (для определенного региона) силы.

Какова же природа волн миграции землетрясений? Почему они в миллионы раз медленнее сейсмических, передающих ударное действие взрыва и самого землетрясения? Кстати сказать, чтобы как-то пояснить «медлительность», эти волны называли еще и волнами крипа (ползучести) литосферы или пластическими волнами.

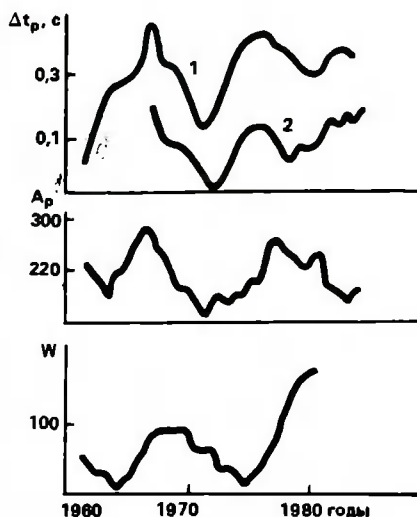
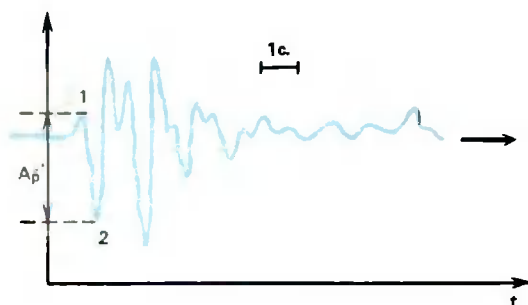
Однако для построения их математической модели использования медленно развивающихся неупругих процессов — вязкой ползучести или пластичности — оказа-

лось недостаточно, поскольку эти волны обладают свойствами уединенных волн (похожих на цунами). Действительно, они как бы проникают друг через друга и могут распространяться на огромные расстояния, почти не затухая. Поэтому американский ученый В. Ньюман (1983 г.) и его японские коллеги Т. Оучи, С. Горики, К. Ито (1985 г.) пошли по пути формального подбора нелинейных уравнений. Однако адекватные этим уравнениям физико-математические процессы так и не были подобраны. Такую задачу поставил перед собой автор предлагаемой статьи.

### ВОЛНЫ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Напряжения в литосфере принято называть тектоническими. Действительно, они приводят в действие тектонические процессы — медленные (подобные вязким течениям горных масс) и самускоряющиеся (подобные землетрясениям). Поэтому будем считать, что тектонические волны — это медленно перемещающиеся по твердой оболочке Земли фронты деформаций горных массивов, принципиально отличающиеся от мгновенных разрывов коры при сейсмических событиях. Строго говоря, к тектоническим волнам следует относить и обычные приливные волны с суточными и месячными периодами в твердой земной коре, детально изученные геодезическими и астрономическими методами. Их мы здесь касаться не будем.

Впрочем искать медленные тектонические волны придется с помощью быстрых сейсмических. При этом время наших поисков, естественно, будет ограничено длительностью наблюдений за сейсмической активностью. Дело в том, что по записям таких волн (сейсмограммам) можно судить не только о мощности и природе удара, вызванного землетрясением или взрывом, но и о состоянии горных масс, через которые пробежала сейсмическая волна. Для этого достаточно сравнить между собой волны разных типов, пришедших в точку наблюдений от одного и того же источника. Комбинируя их параметры, удастся исключить энергию удара и свойства вмещающегося массива, и в то же время изучать изменения волн вдоль их траекторий<sup>1</sup>.



Сейсмограмма продольной Р-волны от ядерного взрыва на Невадском полигоне (США), записанная в Казахстане как зависимость смещения почвы от времени  $t$  [вверх]. Времена первого вступления  $t_p$  определяемые по точкам 1 или 2 для всех взрывов, составляют графики отклонений  $\Delta t_p$  от среднего значения по годам. Как и графики амплитуд  $A_p$ , он коррелирует с числами Вольфа  $W$  — солнечной активности в те же годы (по данным В. А. Ана, Е. И. Люкз, 1985).

Горные массивы содержат множество разломов и трещин. При их деформировании (сжатии или растяжении) под действием тектонических напряжений скорость сейсмических волн сильно меняется. Также чувствительны к напряжениям сейсмические скорости в зонах частичного плавления пород. Именно поэтому непрерывное сейсмическое прослушивание, или сейсмический мониторинг, позволяет судить об изменениях свойств горных массивов во времени.

На земном шаре действует сеть сейсмических станций непрерывного наблюдения за землетрясениями и мощными взрывами. Эта сеть и может быть использована как своеобразный дефектоскоп Земли. Но

<sup>1</sup> Гамбурцева Н. Г., Люкз Е. И. Николаевский В. Н. и др. // Докл. АН СССР. 1982. Т. 266. № 6. С. 1349—1353.

поскольку очаги землетрясений пока непредсказуемо меняют координаты и глубины, приходится пользоваться данными мониторинга за ядерными взрывами — советскими и американскими. Они проводятся на одних и тех же известных всему миру полигонах при относительно малых изменениях глубин заложения зарядов и известных свойствах горных массивов вблизи заряда.

### ЦИКЛЫ ИЗМЕНЕНИЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ СКОРОСТЕЙ

При анализе данных за 24 года выявлено, что сейсмическая волна покрывает в разные годы расстояние между Семипалатинским полигоном и сейсмостанцией в Обнинске за разное время. Хотя максимальное расхождение достигает всего 2 с, оно свидетельствует о заметных изменениях свойств горных массивов.

В самом деле, если скорость сейсмических волн примерно равна 4,5 км/с, задержка в 2 с означает, что волна пробежала на 9 км больше. Если сам путь составляет 600 км, то его деформация составила 1,5 %, а это для твердых тел весьма существенная величина. Действительно при упругом модуле горного массива (произведение плотности на сейсмическую скорость), составляющем около 600 тыс. атм, указанные 1,5 % соответствуют напряжению примерно в 9 тыс. атм, или в 1000 МПа.

Кроме того, обнаруживаются циклы времени прихода сейсмических волн, а следовательно, и циклы тектонических напряжений. Они равны 3, 6 и даже 12 годам при общем периоде наблюдений в 24 года.

Если бы на всей Земле скорость пробега сейсмических волн на разных траекториях возрастала бы одинаково, можно было бы говорить о синфазности тектонических напряжений, т. е. о пульсациях Земли в целом в соответствии с известной гипотезой П. Н. Кропоткина. Однако ситуация оказалась более сложной. Времена пробега (вступления волн) от разных слоев Земли сдвинуты друг относительно друга. Кроме того, изменение времени пробега сейсмического сигнала оказалось практически «нечувствительным» к расстояниям. Те же 2 с заметны и на удалениях в 500 км, и в 2 тыс. км, и даже в 10 тыс. км. Другими словами, величина  $\Delta t$  не может накапливаться на расстояниях, больших, чем 500 км. Таким образом, можно думать, что половина длины тектонической волны составляет как раз 500 км. Тогда на следующих 500 км сжатие литосферы сме-

нится растяжением и величина  $\Delta t$  начнет убывать.

Цикличность отмечается и у относительных амплитуд сейсмических сигналов. Впрочем, их абсолютные значения затухают с расстоянием, что, естественно, отражает ослабление сейсмических волн по мере их распространения. Только «подготовка» будущего крупного землетрясения по пути сейсмического сигнала способна «нарушать» тектонические циклы.

Для Тянь-Шаньского региона была замечена общая корреляция между тектонической цикличностью, среднегодовым числом землетрясений и временными вариациями гравитационных и геодезических полей. Физически это вполне понятно. При сжатии трещины закрываются, диссипация сейсмических волн уменьшается, увеличивается плотность, меняются гравитационные поля, условия для роста трещин, собственно, и приводящего к землетрясениям, а геодезические приборы даже фиксируют сопутствующие деформации на поверхности и в горных выработках. Впоследствии М. В. Невский обнаружил аналогичные циклы, анализируя данные Калифорнийской геодезической сети.

Конечно, чувствительность сейсмических скоростей к лунно-солнечным приливам приводит к объективному разбросу данных. Однако статистические методы обработки наблюдений позволили избежать ошибок.

Сопоставив времена прихода сейсмических волн с ядерных полигонов на все сейсмические станции Северного полушария, Е. И. Люкэ, В. А. Ан и И. П. Пасечник (1988 г.) пришли к выводу, что их максимумы соответствуют фазе максимального сжатия при шестилетнем тектоническом цикле. Волна с плоским фронтом движется в северо-западном направлении. Компонента скорости в северном направлении получилась равной 300 км/год<sup>2</sup>. Поскольку данных для Южного полушария нет, пока нельзя утверждать, что этот результат справедлив для всего земного шара.

Французский исследователь К. Бло (1976 г.) отмечал, что сейсмические удары и извержения вулканов в зонах субдукции (погружения) литосферных плит могут быть выстроены в общую цепочку событий, скорость «включения» которых составляет также 300 км/год. Такую же корреляцию для грязевых вулканов и землетрясений получил С. М. Сапрыгин для о. Сахалина, а А. В. Викулин — для землетрясений вдоль гигантского сейсмического кольца, охватывающего Тихий океан.

## МЕХАНИЗМ ПЕРЕДАЧИ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Чтобы объяснить, как происходит медленное деформирование литосферы в форме тектонических волн, надо воспользоваться основными геофизическими представлениями о строении Земли.

Известно, что твердые литосферные плиты плавают на вязком астеносферном слое, ослабленном за счет частичного плавления. Под астеносферой находится мезосфера, наибольшая по объему часть земного шара из еще более жесткого материала, чем литосфера. Согласно теории дрейфа континентов, литосферные плиты вместе с астеносферой движутся относительно мезосферы. При этом вязкий материал астеносферы будет течь так, чтобы скорости на ее верхней границе совпадали со скоростями плит. Любое возмущение, рассогласованность в течении вязкого слоя приводит к избыточному давлению и на литосферную кровлю, и на мезосферную подошву астеносферы. В результате литосферные плиты должны изгибаться.

Изгиб литосферы приводит к возникновению таких волн, которые могут распространяться по всему земному шару, как бы не затухая (на самом деле, их диссипация из-за вязкости астеносферы компенсируется энергией дрейфа континентов)<sup>2</sup>.

Скорость незатухающих тектонических волн  $c = \alpha HV / \eta$  определяется скоростью смещения литосферных плит относительно мезосферы  $V$  ( $\sim 10$  см/год), прогибом литосферы  $\eta$  ( $\sim 10$  см) и ее толщиной  $H$  ( $\sim 100$  км). Значение  $c$  примерно равно 100 км/год (при значении численного коэффициента  $\alpha \sim 1$ ), так что налицо неплохое соответствие с данными, полученными при сопоставлении времени прихода сейсмических волн.

Длину тектонической волны  $\lambda$  можно оценить по формуле

$$\lambda = c\mu / E = \frac{\alpha H}{\eta} V\mu / E,$$

где  $\mu$  — вязкость астеносферы,  $E$  — модуль упругости литосферы. Отношение  $\mu/E$  определяет время релаксации (затухания колебаний литосферных плит на астеносфере), составляющее примерно три года. При  $c \sim 100$  км/год длина волны  $\lambda \sim 100$  км и пропорциональна толщине литосферы.

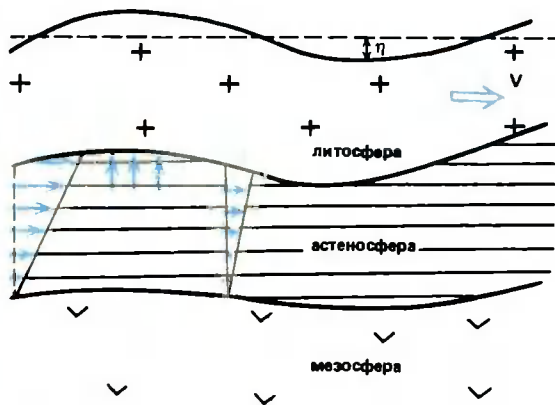


Схема передачи волн тектонических напряжений за счет изгиба  $\eta$  и смещения  $V$  литосферы относительно мезосферы по вязкой, частично расплавленной астеносфере. Изгиб возникает из-за выдавливания астеносферного материала при неравных горизонтальных скоростях.

В этой связи обратимся к данным американского спутника «Сисэт», измерявшего строение гравитационного поля Земли на обширных пространствах юго-западной части Тихого океана. «Сняв» гравитацию рельефа дна океана, американские геофизики В. Хаксби и Дж. Вессел обнаружили глубинные полосчатые гравитационные структуры, нормаль к которым ориентирована в северо-западном направлении. Их ширина 100—500 км, что соответствует теоретической оценке длин волны. Более того, отмечалась пропорциональность ширины полос геологическому возрасту литосферы. (Согласно теории дрейфа континентов, это одновременно означает пропорциональность толщине литосферы.) Отсюда следует вывод: полосчатые гравитационные аномалии на дне Тихого океана и запаздывания сейсмических волн ядерных взрывов в Северном полушарии — это следы одних и тех же волн тектонических напряжений.

С ростом жесткости литосферных плит их прогиб уменьшается, а скорость тектонической волны растет. Литосферные напряжения как бы рассасываются. Такой диффузионный механизм еще в 1969 г. использовал американский исследователь В. Эльзассер при линейном математическом моделировании развития полей афтершоков — множества слабых ударов, следующих за главным землетрясением.

Как и основной удар, они происходят в момент самоускоряющегося роста трещин или подвижек бортов разлома в зем-

<sup>2</sup> Николаевский В. Н., Рамазанов Т. К. // Прикл. математика и механика. 1985. Т. 49. Вып. 3. С. 462—469.

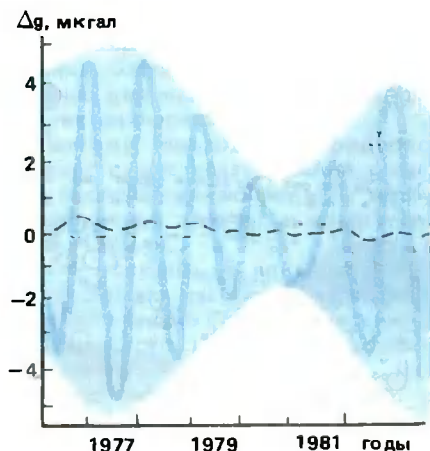
ной коре. Крупномасштабная тектоническая волна «подстраивается» к сети разломов литосферы, а ее энергия «дробится» на более мелкие движения. В этом и состоит главная трудность прогноза землетрясений — нужно выявить «ручейки» миграции сейсмичности.

## СОЛНЕЧНЫЕ РИТМЫ НЕДР ЗЕМЛИ

Итак, тектонические волны имеют периоды 3, 6, 12 лет. Чтобы объяснить возникновение именно этих чисел, как и природу источника возмущений тектонических напряжений, обратимся вновь к инструментальным измерениям геофизических полей.

Прежде всего, шестилетняя модуляция выделяется во временных измерениях гравитационного поля, проведенных немецким геофизиком Дж. Варром. Оно объясняется так называемым чандлеровым блужданием оси вращения Земли относительно географических полюсов — через каждые шесть лет ось возвращается в одну и ту же точку. Расчеты на ЭВМ показали, что блуждание оси вызвано именно землетрясениями, приводящими к смещению горных массивов и изменению момента инерции Земли. Поэтому можно полагать, что жесткая литосферная оболочка Земли, к которой относятся географические координаты, смещается относительно мезосферы, с которой связана основная масса Земли, а следовательно, и ось ее вращения. Рассогласованность в движениях полюсов и оси происходит из-за существования астеносферного слоя. Поскольку реальные литосфера и мезосфера все же упруги, их относительные смещения и приводят к конечной скорости перераспределения тектонических напряжений. Именно поэтому шестилетние циклы в чандлеровом блуждании генерируют тектонические волны той же продолжительности. Внутреннее ядро Земли также может двигаться несколько иначе, чем мезосфера, поскольку и они разделены жидким внешним ядром. В нем генерируется внутреннее магнитное поле Земли, которое также имеет циклы продолжительностью 6 и 12 лет.

Позволим себе задать вопрос обратный: могут ли тектонические волны, связанные с колебаниями оси, сами вызвать землетрясения? Чтобы ответить на него, обратимся к распределению гипоцентров (фокусов) землетрясений в регионе с наибольшей плотностью сейсмических ударов на территории нашей страны<sup>3</sup>. Это горы Гиндукуш, (37° с. ш. и 72° в. д.), в недрах которых в раз-



Шестилетняя модуляция гравитационных аномалий  $\Delta g$ , порожденных блужданием полюса (цветная линия). Пунктир — эффект возмущений океана (по данным Дж. Варра, 1985).

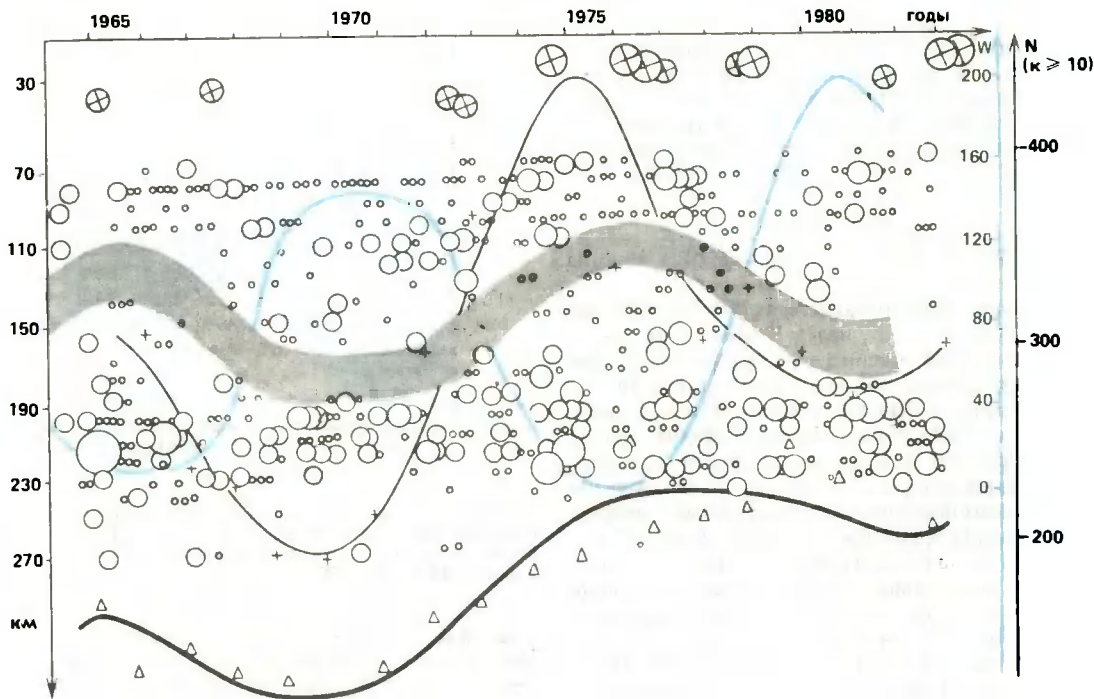
ное время происходили многочисленные сейсмические толчки разной силы и на разной глубине. В этом распределении на глубине около 100 км отчетливо просматривается асейсмичная полоса шириной около 30 км, «извивающаяся» вокруг 100-километровой отметки.

Существование этого «окна», видимо, обусловлено фазовым переходом в минералах и возникновением сопутствующей пластичности, препятствующей мгновенному разрушению пород, а значит, и землетрясениям.

Пластичность возникает в узком диапазоне давления и температуры. Поскольку значительная теплопроводность горных пород обеспечивает постоянство температуры в течение промежутка времени порядка 10 лет, только давление (напряженное состояние) может отвечать за изменения глубины сейсмического «окна». И наоборот, его глубина свидетельствует о динамике тектонических напряжений.

Тектонические усилия «затягивают» плиту в мантию. «Рыскание» окна показывает, что тектоническое поле имеет периодическую составляющую. При максимуме усилия окно занимает самое близкое к поверхности положение, при минимуме — пластичность возникает на большей глубине — добавка собственного веса массива

<sup>3</sup> Маламуд А. С., Николаевский В. Н. Циклы землетрясений и тектонические волны. Душанбе, 1989.



Гипоцентры землетрясений:

глубинных

коровых

Асейсмичная полоса

Число землетрясений класса  $\geq 10$  в год:

глубинных

коровых

Сейсмическая активность (диаметр кружков пропорционален классу землетрясений) под Гиндукушем и ее корреляция с солнечной активностью (числами Вольфа W).

компенсирует нехватку тектонического усилия. В результате по максимальной разности глубин окна можно оценить амплитуду тектонической волны. Оказалось, что она меняется в пределах от 100 до 1000 МПа. Полученные значения хорошо соответствуют данным по рекристаллизации минералов в разломах коры, напряжениям в очагах землетрясений (с учетом коэффициента полезного действия очага применительно к излучению сейсмических волн) и приведенным оценкам деформаций по запаздыванию сейсмических сигналов при ядерных взрывах.

Самое же поразительное в изменениях глубины асейсмичного окна — это их цикличность с периодом 10—12 лет. Общее число сейсмических ударов в этом регионе согласуется с такой периодичностью. Из

приведенного распределения видно, что циклическое изменение тектонических напряжений происходит в противофазе с циклами солнечной активности.

Анализ распределения гипоцентров по глубине был выполнен также для южного окончания Индийской литосферной плиты — архипелага Кермадек, расположенного к северу от Новой Зеландии, под которым в мантию погружается океаническая плита. Здесь асейсмичное пятно соответствует фазовому переходу «коливин — шпинель» на глубине 400—500 км, а его перемещения синфазны изменениям солнечной активности. Думается, что это отличие от Гиндукушского пятна связано с географическими координатами архипелага Кермадек (37° ю. ш., 183° в. д.).



Имеются дополнительные свидетельства цикличности геодинамических процессов и в других регионах Земли. Так, геодизические наблюдения за субдукцией литосферной Тихоокеанской плиты под о. Шумагин (Алеутские о-ва) показали, что внутри 10—12-летнего цикла происходили подвижки, соответствующие обычному погружению океанической литосферной плиты, но затем началось ее «всплытие». В ходе исследований разломов Исландского рифта выявлен 12-летний цикл, включающий раздвижение, а затем сближение его бортов. Наконец, ровно через 22 года повторяются землетрясения в Паркфилде (Калифорния, США). Вряд ли все это чисто случайные совпадения.

Похоже, что на Земле протекают вполне детерминированные циклические геофизические процессы. Но гораздо больше примеров, когда 6-, 12- и 22-летние периоды удается выявить при статистическом анализе внешне случайных процессов. Так, в специальной литературе неоднократно отмечалась корреляция общих чисел или энергии землетрясений с солнечной активностью.

Следовательно, можно говорить об убедительных подтверждениях предположения о глобальных циклических процессах, «объединяющих» Землю и Солнце. Эти процессы не синфазны для Земли в целом, а передаются из региона в регион в форме волн тектонических напряжений.

Вместе с тем они не могут быть порождены самой солнечной активностью прежде всего из-за относительно небольшой массы атмосферы Земли — приемника солнечной энергии. Даже таких «усилителей» ее механического воздействия, как муссонные дожди (с циклами в 11 и 22 го-

да), меняющие за счет влажности прочностные характеристики литосферных плит или изменения массы льда в Антарктиде, недостаточно для возбуждения глобальной системы тектонических волн.

Поэтому приходится предположить, что может существовать общий ритм Солнечной системы, влияющий и на турбулентность солнечной плазмы, и на внутреннюю динамику Земли.

Если говорить о влиянии солнечного цикла на Землю, то нельзя обойти молчанием классические биофизические ритмы А. Л. Чижевского. Они вполне могут усиливаться тектоническими волнами. Действительно, сжатие литосферы вызывает уменьшение объема трещин и пор внутри разломов. При этом вода из разломов выжимается на поверхность Земли. Наоборот, при растяжении избыток воды уходит в трещины литосферы. Только существованием неизвестных пока подземных резервуаров земной коры, меняющих объемы с солнечным ритмом, можно просто объяснить такое необычное явление, как периодические изменения уровня воды во многих водоемах (например, в оз. Чаны в Новосибирской обл.).

Любопытно, что тектонические циклы иногда коррелируют с 12-летним циклом древнего восточного календаря. Однако этот и многие другие аспекты затронутой проблемы требуют дальнейшей проработки, сбора исторических данных, более полного привлечения астрономических и геомагнитных исследований, а самое главное, накопления достоверных результатов геофизических наблюдений.

## НОВЫЕ КНИГИ

### Океанология

В. В. Федоров. ГИДРОНАВТЫ В ГЛУБИНАХ ОКЕАНА. М.: Мысль, 1991. 189 с. Ц. 2 р. 80 к.

Это рассказ об увлекательной работе гидронавтов-исследователей на первых советских обитаемых аппаратах «Тин-

ро-2» и «Север-2», погружавшихся в глубины океана даже в районе загадочного Бермудского треугольника. Читатели «побывают» в разных экспедициях (на подводных горах, на шельфе, в прибрежной зоне), узнают о трех главных направлениях исследований в них: по-

иске новых промысловых районов, изучении запасов традиционных объектов промысла, искусственном разведении морских организмов. Книга хорошо иллюстрирована цветными фотографиями.

# Лазерный мониторинг атмосферы

В. Е. Зуев



Владимир Евсеевич Зуев, академик, организатор и председатель Томского научного центра СО АН СССР, генеральный директор научно-технического комплекса «Институт оптики атмосферы» СО АН СССР. В круге научных интересов проблемы распространения электромагнитных волн оптического диапазона в атмосфере, лазерная спектроскопия высокого и сверхвысокого разрешения, лазерное зондирование атмосферы. Герой Социалистического Труда. Лауреат Государственной премии СССР.

**И**НДУСТРИАЛЬНАЯ деятельность человека стремительно наступает на природу, охватывает все возрастающее число людей планеты. Одновременно с этим во всех странах мира растет внимание ученых к экологическим проблемам, среди которых особое место занимает экологический мониторинг окружающей среды, и в особенности среды обитания человека — атмосферы.

Среди известных в настоящее время методов дистанционного зондирования атмосферы бесспорное преимущество за лазерным. Особо велики возможности лазерного мониторинга компонентов, загрязняю-

щих атмосферу. Вряд ли можно рассчитывать на то, что в ближайшие годы ученые смогут создать надежные, экономичные, безотходные технологии для всех видов крупнотоннажного производства. Наивно также рассчитывать на то, что можно повернуть вспять индустриальное развитие. Значит, уже сейчас нужно думать над тем, как максимально уменьшить ущерб от вредных выбросов в атмосферу.

Для этого необходимо в деталях знать происходящие в ней реальные процессы, характер и особенности миграций загрязнений. А для решения таких задач у методов лазерного дистанционного зондирования атмосферных параметров с земли, кораблей, самолетов и в особенности из космоса нет достойных конкурентов.

## КАК ЭТО ДЕЛАЕТСЯ

Лазерное излучение, распространяясь в атмосфере, испытывает многообразные превращения. Энергия излучения может поглощаться атмосферными газами и частицами аэрозолей, рассеиваться на случайных неоднородностях плотности воздуха и тех же аэрозолях. Турбулентность атмосферы вызывает случайные изменения амплитуды и фазы лазерного луча. Комбинационное рассеяние света в атмосфере приводит к появлению в спектре рассеянного излучения комбинационных частот, принадлежащих различным газам.

Не останавливаясь на сложной совокупности других явлений взаимодействия лазерного излучения с атмосферой, отметим общую для них характерную черту, имеющую принципиальное значение для разработки метода в целом. Речь идет о том, что результат любого взаимодействия может быть зарегистрирован соответствующей аппаратурой и в принципе расшифрован.

Таким образом, для получения информации об атмосферных параметрах и их распределении во времени и в пространстве необходимо создать соответствующую аппаратуру и уметь расшифровывать эхосигналы взаимодействия зондирующего лазерного излучения с атмосферой. При этом для

\* Статьи В. Е. Зуева и Б. Т. Сойфера полностью публикуются в международном ежегоднике «Наука и человечество». 1991. Подробнее см.: Природа, 1991, № 6. С. 3.

расшифровки эхосигналов необходимо знать решения задач, связанных с влиянием атмосферы на лазерный луч, или, как их принято называть, прямых задач лазерного зондирования атмосферы.

Второе важнейшее условие успеха расшифровки эхосигналов связано с решением соответствующих обратных задач, при которых по зарегистрированному влиянию атмосферы на зондирующий ее импульс получают информацию об атмосферных параметрах. Успех методов определяется высокоточным решением прямых задач оптики атмосферы, однозначностью решения обратных задач и соответствующей локационной аппаратурой (лазерные локаторы, или лидары).

По всем трем направлениям за последние два с половиной десятилетия достигнут значительный прогресс. В настоящее время в мире работают сотни научных коллективов и групп, занимающихся различными задачами лазерного зондирования атмосферы. Проведено 14 международных симпозиумов и 10 всесоюзных. В июле 1990 г. Институт оптики атмосферы СО АН СССР (Томск) впервые в СССР организовал 15-й международный симпозиум.

Широкий фронт соответствующих исследований и разработок осуществлен в Институте оптики атмосферы и Специальном конструкторском бюро научного приборостроения «Оптика» СО АН СССР, ныне объединенных в Научно-технический комплекс — «Институт оптики атмосферы». Расскажем кратко о полученных здесь результатах.

## ЛИДАРЫ

Лидары — сложные технические устройства, включающие блоки механики и оптики, лазерной техники, электроники и автоматики. Основные компоненты любого лидара — лазер, передающая антенна, приемная антенна, узкополосный оптический фильтр, приемник, усилитель, система автоматизированной обработки эхосигналов.

Ясно, что чем больше энергия зондирующего импульса, площадь приемного зеркала (антенны), чувствительность приемного тракта, тем выше потенциал лидара при определенном взаимодействии излучения с атмосферой (характеризуемой вероятностью взаимодействия). С другой стороны, чем больше вероятность, которая может меняться в широких пределах, тем больше дальность действия лидара.

Энергия и длительность излучения зондирующих лазерных импульсов обычно ко-

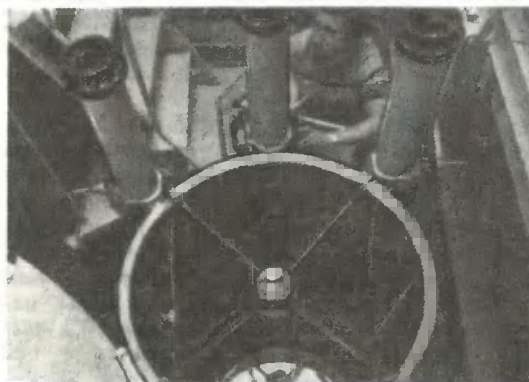
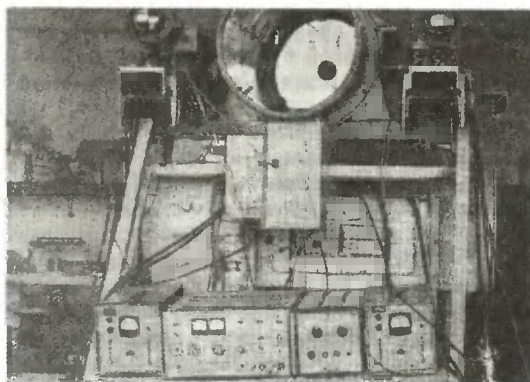
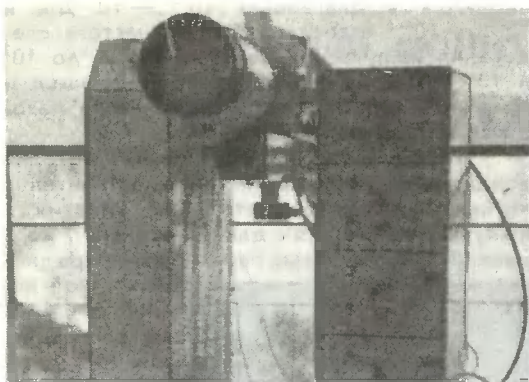
леблются в диапазонах  $10^{-2}$ — $10$  Дж и  $10^{-9}$ — $10^{-6}$  с соответственно (частота следования импульсов — от одиночных до  $10^3$  и  $10^4$  Гц). Диаметр зеркал передающей и приемной антенн лидара чаще всего находится в пределах 200—600 мм.

Приведем конкретный пример потолка зондирования лидара, приемная антенна которого имеет диаметр 1 м, энергия в импульсе излучения с длиной волны 0,7 мкм равна 1 Дж, остальные параметры — среднестатистические. Если использовать такой лидар для регистрации эхосигналов от аэрозолей и за счет молекулярного рассеяния, то в безоблачном небе можно получить профиль эхосигналов от каждого импульса до высот 20—30 км. При суммировании эхосигналов от совокупности зондирующих импульсов потолок зондирования может достичь 100 км.

В НТК «Институт оптики атмосферы» разработаны различные типы полностью автоматизированных лидаров, предназначенных для получения оперативной информации о состоянии атмосферы, а также мобильный лидар, не имеющий аналогов в мире. Это так называемый спектрохимический лидар, использующий импульсы излучения  $\text{CO}_2$ -лазера с длиной волны 10,6 мкм и энергией 200—300 Дж, которая с помощью оптической системы может фокусироваться на заданном расстоянии до 300 м и образовывать лазерную искру. С его помощью удается дистанционно определять концентрацию атомов и ионов, возникающих в лазерной искре вследствие испарения частиц аэрозолей, диссоциации образованных молекул на атомы, частичную их ионизацию и, наконец, возбуждение и атомов, и ионов. В эти же процессы вовлечены молекулы газов, содержащихся в объеме воздуха, взятом лазерной искрой. Кроме того, образованные от лазерной искры акустические волны позволяют определить концентрацию водяного пара, температуру, скорость ветра и другие параметры.

Учитывая, что лазерная искра может быть создана при фокусировке энергии зондирующего импульса на поверхность воды и твердого тела (минералы, почвы и т. п.), спектрохимический лидар можно использовать также для дистанционного зондирования и конденсированных сред, в частности экологического мониторинга поверхности Земли или поиска полезных ископаемых.

В нашем институте создан и многоканальный флуоресцентный лазер для корабельного мониторинга водной поверхности, с помощью которого получены соответ-



Лидары для лазерного мониторинга атмосферы, созданные в ИТК «Институт оптики атмосферы» СО АН СССР.

вующие данные для акваторий Атлантического океана, Балтийского, Северного и Японского морей.

#### ПРЯМЫЕ ЗАДАЧИ ОПТИКИ АТМОСФЕРЫ

Распространение лазерного излучения в атмосфере сопровождается многообраз-

ными явлениями, ни одно из которых не происходит в отдельности. По качественным признакам их можно разделить на следующие основные группы: рефракция лучей лазерного пучка; поглощение его энергии атмосферными газами; рассеяние ее частицами аэрозолей, на флуктуациях плотности воздуха и т. д.; флуктуации параметров лазерных пучков, обусловленные атмосферной турбулентностью.

Каждое из таких взаимодействий лазерного излучения с атмосферой имеет специфические особенности, которые должны учитываться при соответствующих теоретических и экспериментальных исследованиях.

Лазерное излучение высокомонохроматичное и пространственно ограниченное, позволяет получать большие мощности, энергии и короткие импульсы. Отсюда жесткие требования к постановке теоретических и экспериментальных исследований по проблеме распространения лазерного излучения в атмосфере. Оказалось, что накопленная за многие годы информация о распространении оптических волн в атмосфере в большинстве случаев не годится для соответ-

вующих количественных оценок применительно к лазерам.

Широко развернувшиеся исследования по комплексной программе распространения лазерного излучения в атмосфере стимулировали появление новых направлений в науке и технике, среди них — дистанционное зондирование атмосферы и лазерная спектроскопия сверхвысокого разрешения. К новым направлениям науки с полным правом можно отнести и сформировавшуюся за последние 15—20 лет нелинейную оптику атмосферы.

Для осуществления этого штурма потребовалось создать новые теории и экспериментальные методы исследований вместе с соответствующим оборудованием, использование которых в конце концов обеспечило успех в решении многочисленных прямых задач оптики атмосферы. Так, например, появление сверхчувствительной лазерной спектроскопии высокого и сверхвысокого разрешения дало возможность разработать методы лазерного же анализа малых газовых примесей, которые невозможно было обнаружить классическими методами абсорбционной спектроскопии.

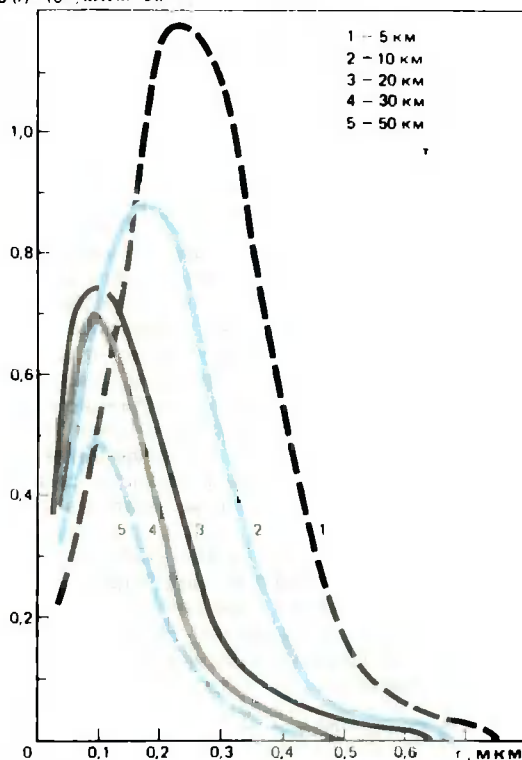
Новые методы оказались принципиально важными и для самой молекулярной спектроскопии, они позволили впервые зарегистрировать в спектрах огромное количество неизвестных ранее линий и даже целые колебательно-вращательные полосы поглощения различных атмосферных газов, в том числе и загрязняющих компонентов.

Для исследований спектров поглощения различных молекулярных и атомных газов создана целая серия лазерных спектрометров высокого разрешения, обладающих сверхвысокой чувствительностью, на три—пять порядков величины превышающей чувствительность классических спектрометров. Особо следует отметить внутрирезонаторные и оптико-акустические спектрометры с различными лазерами, а также флуоресцентный спектрометр.

Вся эта техника сейчас может быть эффективно использована для получения спектроскопических данных (положение центров линий поглощения, их интенсивность и полуширина) по многочисленным газовым загрязнителям атмосферы, спектры которых пока отсутствуют в научной литературе.

Как уже отмечалось, под прямыми мы понимаем задачи, связанные с изучением влияния атмосферы на распространяющееся в ней излучение. Обусловлено это влияние поглощением лазерного излучения атмосферными газами, его ослабле-

$S(r) \cdot 10^{-3}, \text{ мкм} \cdot \text{см}^{-3}$



Распределения частиц  $S(r)$  прибрежной дымки по размерам  $r$  при различных значениях метеорологической дальности видимости, полученные по результатам многолетних исследований.

нием аэрозольными системами (облаками, туманами, дымками, дымами, пылью), воздействием турбулентной атмосферы на случайные изменения параметров лазерных пучков.

Во всех указанных направлениях нами получены надежные результаты, обеспечивающие соответствующие количественные оценки рассматриваемых явлений для любых параметров лазерных источников, а также любых реалистических моделей атмосферы, включающих и компоненты антропогенного происхождения.

В разработанных нами лазерных спектрометрах разрешение достигает тысячных и десятитысячных долей  $\text{см}^{-1}$ , что позволило получить полностью свободные от искажений спектры поглощения большого числа атмосферных газов, в том числе антропогенного происхождения, и впервые одновременно зарегистрировать многие тысячи линий поглощения.

## ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ ОПТИКИ АТМОСФЕРЫ

Большинство обратных задач при лазерном зондировании относится к классу некорректных. Они имеют множество решений, из которых нужно выбрать правильное. Математические основы решения такого класса задач блестяще разработаны А. Н. Тихоновым и его школой. Однако для каждого типа конкретных задач нужен специфический алгоритм решения. Эту работу сделали в Институте оптики атмосферы.

Наибольшее развитие и широкое практическое применение получил метод многочастотного лазерного зондирования, обеспечивающий возможность дистанционного определения таких микрофизических параметров аэрозолей, как распределение по размерам и концентрации частиц с размерами порядка 1 мкм и меньше на различных высотах.

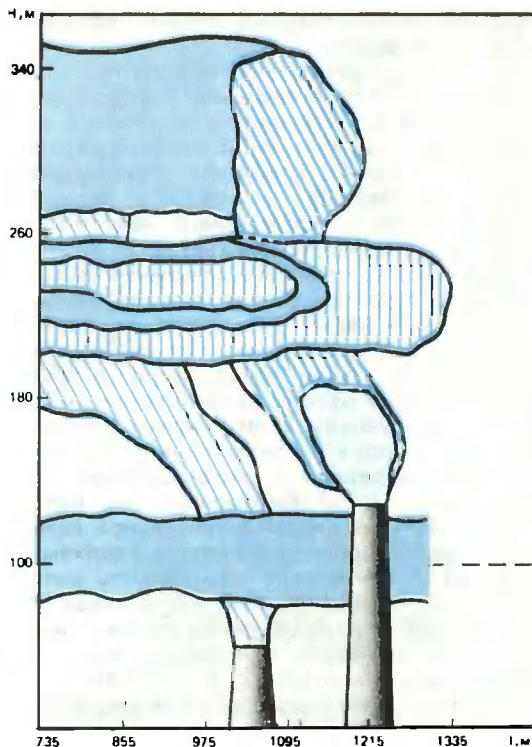
Конкретные результаты лазерного зондирования атмосферных параметров, основанные на решении прямых и обратных задач оптики атмосферы и полученные с помощью соответствующих лидаров, мы опишем ниже.

## АЭРОЗОЛИ

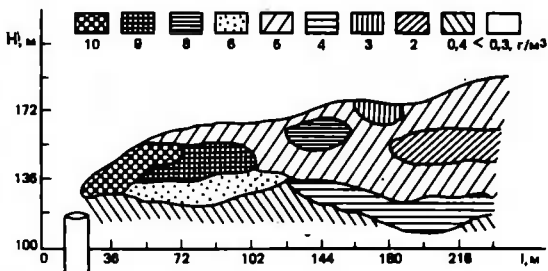
Аэрозоли играют огромную роль в формировании погоды и радиационного поля атмосферы в различных физико-химических превращениях, в том числе связанных с загрязнением атмосферы продуктами индустриальной деятельности человека. Аэрозоли в значительной степени определяют альbedo атмосферы, т. е. ее способность к отражению солнечной радиации.

Лазерное зондирование позволяет надежно обнаруживать слои с температурной инверсией, которые представляют собой барьер для проникновения загрязнений вверх. Поэтому в систему мониторинга загрязнений необходимо обязательно включать зондирование температурных инверсий.

Принципиальное значение имеет исследование динамики распространения вулканических аэрозольных облаков в атмосфере. Блестящим примером такого рода следует считать эксперимент, в котором целая серия станций лазерного зондирования, расположенных на различных широтах и долготах в Северном и Южном полушариях, впервые в глобальном масштабе получила реальную модель, описавшую поведение динамики облака, образовавшегося при извержении вулкана Эль Чичон (Мексика, 1982 г.). Сегодня нет других методов,



Высотный разрез аэрозольных загрязнений от локализованных источников: пунктир — уровень расположения лидара; | — расстояние от лидара. Источники загрязнений — выбросы из труб высотой 120 м [ТЭЦ] и 60 м [содорагенерационного котла]. На высотах 100, 220 и 300 м отчетливо видны скопления аэрозолей, обусловленные температурной инверсией, или обратной зависимостью температуры от высоты на соответствующих высотах. Как известно, среднестатистический профиль температуры свидетельствует о ее монотонном уменьшении в нижних слоях атмосферы. Густота штриховки соответствует степени концентрации аэрозолей.



Вертикальный разрез массовой концентрации аэрозолей [ $\text{г}/\text{м}^3$ ] в дымовом шлейфе одной из ТЭЦ Москвы, полученный лидаром ЛОЗА-3 во время Московской Олимпиады. Заштрихованы различные значения массовой концентрации аэрозолей в дымовом шлейфе ТЭЦ, изменяющиеся на расстоянии от ее трубы примерно 220 м в десятки раз [H — высота, l — расстояние].

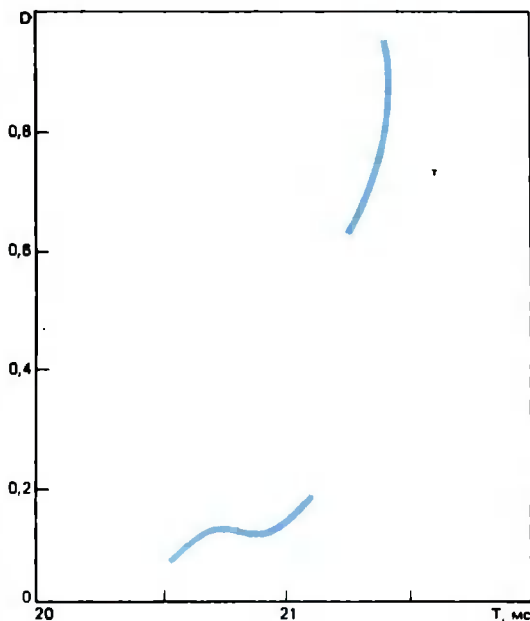
позволяющих решить подобную задачу. С помощью этой модели разработана трехмерная модель климатического воздействия извержения и получены надежные данные о выброшенной в стратосферу общей массе аэрозолей.

## ВЛАЖНОСТЬ

Все протекающие в атмосфере процессы, включая динамику аэрозольного заполнения, образования облаков, загрязнения атмосферы и др., существеннейшим образом зависят прежде всего от поля влажности. Поэтому так много внимания уделяется разработке методов определения влажности. Под полем влажности, как и любого другого компонента атмосферы, мы понимаем распределение концентрации молекул водяного пара в пространстве. Для получения поля влажности необходимо иметь набор профилей, которые характеризуют ее распределение по линии прямолинейно распространяющегося зондирующего лазерного импульса. Если направления зондирования изменять в пространстве, мы получим набор профилей, из которых нетрудно построить поле влажности.

Среди методов лазерного зондирования влажности на первое место следует поставить метод дифференциального поглощения. Один из его вариантов реализован в Институте оптики атмосферы; он обеспечивает данные о профилях влажности до высот порядка 10 км со среднеквадратичными отклонениями в несколько десятков процентов. Идея метода известна давно, и суть его в следующем. Если в атмосфере направлять два зондирующих импульса, частота одного из которых совпадает с линией поглощения водяного пара, а частота второго оказывается в соседнем микроокне прозрачности атмосферы, тогда, записав два уравнения лазерного зондирования и взяв их отношение, нетрудно получить весьма простое выражение для профиля влажности. Отличительная особенность нашей методики связана с комплексным подходом.

Прежде всего специально для решения этой задачи был создан высокомономодовый лазер на рубине с шириной линии излучения не больше  $0,01 \text{ см}^{-1}$ . Для точной настройки одного из зондирующих импульсов на центр линии поглощения водяного пара, ширина которой в приземном слое атмосферы примерно равна  $0,06 \text{ см}^{-1}$ , применен разработанный в институте лазерный спектрофон, обладающий очень высокой чувствительностью к коэффициенту погло-



Измеренные значения степени деполаризации  $D$  эхосигналов зондирующего импульса лазера на рубине от дымовых шлейфов двух ТЭЦ, одна из которых топится газом (н и ж и я к р и в а я), вторая — углем. Видно, что выбросы аэрозолей из труб ТЭЦ, питающейся углем, дают существенно большую степень деполаризации  $D$  отраженного лазерного импульса. Данные получены в одной из совместных советско-болгарских экспедиций в Софии. Они свидетельствуют о возможности использования измеренной степени деполаризации эхосигнала зондирующего импульса для идентификации источников загрязнения атмосферы. Для получения данных о величине  $D$  к лидару добавляется недорогая поляризационная приставка.

Кроме того, был использован алгоритм, обеспечивающий однозначные данные соответствующей обратной задачи. Входящие в рабочую формулу значения коэффициентов поглощения водяного пара для двух длин волн были получены также в нашем институте в итоге тщательных лабораторных измерений, проведенных при соответствующих контролируемых условиях.

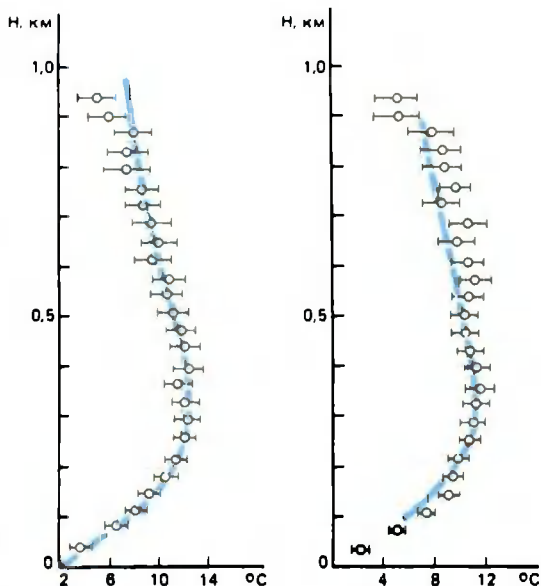
Описанный комплексный подход обеспечил существенное повышение чувствительности дифференциального поглощения и точности восстановления профилей влажности. Были определены профили влажности до высот 10 км со среднеквадратичными отклонениями порядка нескольких десятков процента. При этом необходимо иметь в виду, что на высоте около 10 км концентрация молекул водяного пара составляет, по порядку величины, миллионные доли от концентрации молекул воздуха.

## ТЕМПЕРАТУРА

Температура связана аналитическими зависимостями с двумя другими физическими параметрами атмосферы — давлением и плотностью. Таким образом, определение температуры по результатам зондирования автоматически позволяет получать данные о давлении и плотности. При этом давление и плотность несущественно изменяются со временем на определенной высоте, в то время как температура — весьма изменчивая характеристика, в особенности в пограничном слое атмосферы. На высотах порядка нескольких десятков и сотен метров часто встречаются слои с температурной инверсией, создающие, как мы уже говорили, барьеры для переноса масс вверх и обуславливающие аккумуляцию загрязнений. В связи с этим особенно актуально зондирование профилей температуры в нижнем километровом слое атмосферы, тем более что знание профилей и в особенности полей температуры в этом слое важно для многочисленных приложений.

Наиболее перспективным оказался метод, предложенный в свое время в США Дж. Куни. Известно, что интенсивности линий двух ветвей чисто вращательных спектров спонтанного комбинационного рассеяния (СКР) основных газов атмосферы, молекулярных азота и кислорода, концентрация которых в воздухе 99 %, имеют обратную зависимость от температуры. Таким образом, если проводить измерения экосигналов СКР в указанных ветвях  $N_2$  и  $O_2$ , то в принципе можно извлечь информацию о температуре. Для этого в нашем институте создана надежная аппаратура, прежде всего СКР-лидар. При этом потребовалось решить ряд технически трудных задач. Надо было разработать специальный двойной монохроматор, чтобы защитить экосигналы от мощных помех. Кроме того, для получения надежных данных нужен был, с одной стороны, достаточно мощный лазер, а с другой — режим накопления экосигналов с высоким быстродействием. В качестве зондирующего источника использовался созданный в нашем институте лазер на парах меди со средней мощностью 8—10 Вт. У нас же был разработан и соответствующий приемный тракт.

В ближайшие несколько лет при использовании СКР-лидаров с большим потенциалом можно будет увеличить потолок зондирования нижних слоев атмосферы до 3—5 км. Интервал же высот примерно до 30 км с точки зрения лазерного зондирования тем-



Вертикальные профили температуры, полученные одновременно в одном и том же месте с помощью СКР-лидара на основе лазера на парах меди и с помощью радиозонда (сплошная и пунктирная). Горизонтальные отрезки на профилях характеризуют среднеквадратичные ошибки. Сравнение тех и других профилей указывает на их достаточно хорошее согласие.

пературы сейчас еще можно считать целой.

Лазерное зондирование температуры на высотах больше 30 км базируется на предположении о пренебрежимо малом вкладе аэрозольного рассеяния в экосигналы импульсов. Тогда в зависимости от потенциала лидаров можно будет зондировать профили температуры на высотах от 30 до 50—100 км.

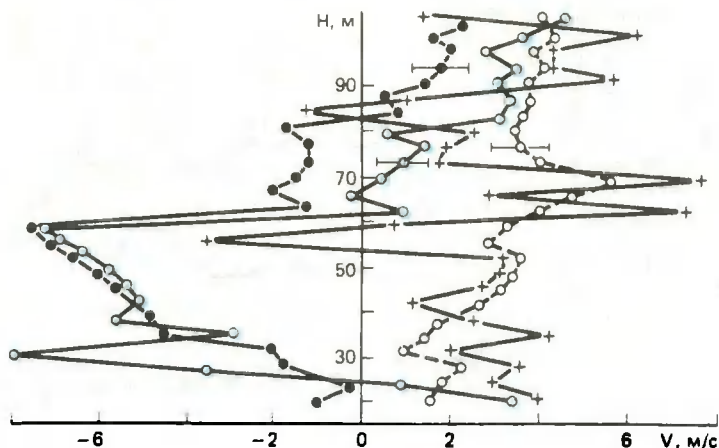
## СКОРОСТЬ ВЕТРА

Знание полей скорости ветра имеет исключительное значение для прогнозов развития атмосферных процессов, прежде всего погоды и диффузии загрязнений. Когда мы говорим о полях скорости ветра, то имеем в виду и динамику их изменений, т. е. зависимость от времени.

Решение этой проблемы сегодня немислимо без использования дистанционных методов зондирования атмосферы, в том числе с применением лидаров, притом в самых различных масштабах — от локальных до глобальных.

Методы лазерного зондирования скорости ветра развиваются в двух основных направлениях: доплеровские и корреляционные. Первые основаны на ис-





Вертикальные профили скорости ветра при наличии арктического фронта для интервала высот 25—100 м, полученные с помощью корреляционного метода с пространственным разрешением 3 м соответственно в 11 час. 18 мин. (черные точки), 11 час. 48 мин. (цветные точки), 12 час. 18 мин. (плюсы) и 12 час. 48 мин. (белые точки) местного времени 14 апреля 1987 г. в Томске, т. е. через интервал времени в полчаса. Видно существенное изменение величины и направления скорости ветра во всем интервале зондируемых слоев (справа углы 0—180°, слева 180—360°).

пользовании известного эффекта Доплера (зависимости частоты принимаемого эхосигнала от скорости движения зондируемых объемов атмосферы). Идея корреляционных методов связана со статистическим анализом эхосигналов от различных объемов, через которые эти сигналы переносятся ветром.

Уникальные результаты по зондированию скорости ветра доплеровскими методами получены в лаборатории распространения волн Национальной администрации по исследованию атмосферы и океана США (г. Боулдер, штат Колорадо) группой М. Хардэсти. Созданный ими не имеющий аналогов доплеровский когерентный лидар с гетеродинным приемом дает возможность зондировать скорость ветра до высот в 20 км.

По применению корреляционных методов наилучшие результаты достигнуты в нашем институте, особенно для пограничного слоя атмосферы, который в значительной степени определяет диффузию ее загрязнений.

С одной стороны, полученные нами данные о профилях скорости ветра подробно описывают ее изменение с высотой; с другой стороны, они показывают существенную разницу в изменении скорости ветра с высотой в антициклональной ситуации и при наличии арктического фронта. Говоря о пространственном разрешении полученных данных, отметим, что для исследованных интервалов высот традиционные измерения с помощью радиозондов дали бы лишь одну точку, характеризующую некоторую среднюю скорость ветра.

## ГАЗЫ АТМОСФЕРЫ

Для измерения концентрации любого атмосферного газа необходимо, чтобы используемый для этих целей лазер излучал частоты в районе линии поглощения этого газа. В связи с этим становится ясной перспективность использования для газового анализа перестраиваемых по частоте лазеров или лазеров с большим числом линий излучения на разных частотах.

Среди наиболее распространенных лазеров наилучшим образом указанным требованиям удовлетворяют CO<sub>2</sub>-лазеры, излучающие десятки линий в спектральном диапазоне 9—11 мкм.

В течение ряда лет в Институте оптики атмосферы ведутся разработки лидаров с CO<sub>2</sub>-лазерами для газового анализа атмосферы по методу длинных трасс, представляющему собой одну из модификаций описанного выше метода дифференциального поглощения. Сущность этой модификации в следующем. Если измерять прозрачность определенного слоя атмосферы на двух близких длинах волн, одна из которых попадает в линию поглощения зондируемого газа, а вторая — в ближайшее микроокна прозрачности атмосферы, тогда, записав два выражения известного из школьных программ закона Бугера<sup>1</sup>, нетрудно, решая эти уравнения совместно, получить значение средней концентрации

<sup>1</sup> По этому закону, интенсивность света с длиной волны  $\lambda$ , прошедшего через поглощающий слой толщиной  $L$ , пропорциональна его интенсивности при падении света на слой и величине основания натурального алгоритма в степени, которая равна произведению коэффициента поглощения на величину  $L$ .

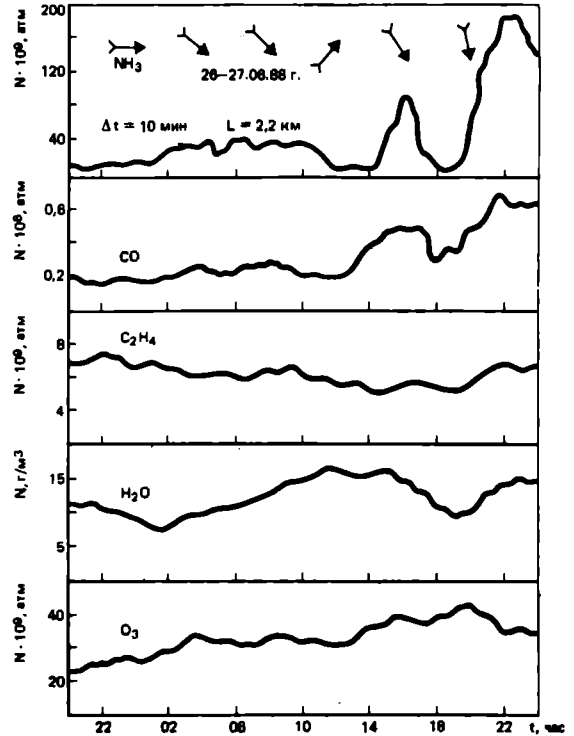
газа на исследуемой трассе. Оговоримся, что заранее должны быть известны коэффициенты поглощения двух длин волн.

Концентрационная чувствительность описываемого метода тем выше, чем больше разность коэффициентов поглощения. Ясно, что наилучшие условия реализуются, когда одна из линий излучения лазера попадает в центр линии поглощения зондируемого газа, а для второй линии коэффициент поглощения близок к нулю. Далее, чем больше разность коэффициентов поглощения, тем при меньшей длине трассы можно получить требуемую надежность результатов измерений.

Анализ имеющихся в научной литературе данных о спектрах поглощения газов, загрязняющих атмосферу, показал, что наиболее богат линиями поглощения различных газов диапазон от 4,5 до 5,5 мкм, охватываемый второй гармоникой  $\text{CO}_2$ -лазера. В связи с этим нами совместно с Сибирским физико-техническим институтом при Томском университете были предприняты попытки создать соответствующий нелинейный кристалл для получения второй и других гармоник основной частоты излучения лазера на  $\text{CO}_2$ .

В результате был разработана технология роста соответствующих кристаллов и с их помощью получена вторая гармоника  $\text{CO}_2$ -лазера с высокой эффективностью, линейно зависящей от интенсивности преобразуемого излучения и длины нелинейного кристалла. Этот результат вместе с возможностью создания более высоких гармоник, чем вторая, а также сложения преобразованных частот со стабилизированной частотой другого лазера сегодня открывает принципиально новый путь не только для метода длинных трасс, но и для многих других методов лазерного зондирования атмосферы, в том числе и из космоса.

В 1986 г. получен рекордный результат по преобразованию с помощью кристаллов  $\text{ZnGeP}_2$  основной частоты излучения  $\text{CO}_2$ -лазера с мощностью излучения 1 ГВт и длительностью  $2 \cdot 10^{-9}$  с во вторую гармонику с эффективностью 83,3%. На основе нового подхода к лазерному газовому анализу в Институте оптики атмосферы создан трассовый измеритель ТРАЛ, в составе которого использованы два лазера на  $\text{CO}_2$ , один лазер на СО, кристалл  $\text{ZnGeP}_2$ , все другие компоненты, включая полную автоматизацию процесса обработки измере-



Временной ход концентрации аммиака  $\text{NH}_3$ , угарного газа СО, этилена  $\text{C}_2\text{H}_4$ , водяного пара  $\text{H}_2\text{O}$  и озона  $\text{O}_3$ , полученный на установке «ТРАЛ» в Кемерове. Анализ полученных данных, проведенный с учетом направления ветра (указаны стрелки), а также местонахождения объектов, загрязняющих атмосферу, позволяет однозначно связать изменение концентрации газов с изменением скорости ветра.

ний в реальном масштабе времени.

Еще более впечатляющие перспективы применений описываемой методики связаны с использованием импульсных  $\text{CO}_2$ -лазеров, поскольку в этом случае в реальном масштабе времени можно будет получать данные не только о средних концентрациях того или иного газа, загрязняющего атмосферу, но и о его распределении в пространстве. При этом зондирование может проводиться и с Земли, и с кораблей, и с самолетов, и, наконец, из космоса.

В заключение остановимся еще на одном методе лазерного газового анализа, разработанном также в нашем институте. Речь идет о локальном газовом анализе с использованием лазерных спектрофонов. Этот метод, во-первых, не требует двух длин волн излучения для определения концентрации того или иного газа, во-вторых, он позволяет надежно определять концентра-

ции газов в весьма ограниченных объемах (порядка нескольких кубических сантиметров), что во многих случаях имеет принципиальное значение. Этим методом определяют очень низкие концентрации анализируемых газов.

Разработанный нами лазерный спектрофон обладает очень высокой чувствительностью по отношению к коэффициенту поглощения. Она составляет величину  $10^{-9} \text{ см}^{-1}/\text{Вт}$  или  $10^{-9} \text{ см}^{-1}/\text{Дж}$  в зависимости от того, работаем мы с непрерывным модулируемым или импульсным лазерным излучением. При столь высокой чувствительности метод позволяет измерять фоновые концентрации различных газов атмосферы, в том числе и загрязняющих компонентов.

### ЛП-ЛИДАРЫ

Еще один уникальный и высокочувствительный метод лазерного дистанционного газового анализа, разработанный в нашем институте, основан на функциональном совмещении блоков передатчика и приемника лида, когда отраженный эхосигнал принимается лазером, который играет и роль фильтра, и роль усилителя (ЛП-лидар, или лидар с приемом на лазер).

Всего было разработано и создано четыре образца ЛП-лидаров с использованием твердотельных лазеров на рубине и стекле с неодимом и газовых на углекислом газе и аргоне. ЛП-лидар с лазером на рубине предназначен для зондирования  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CN}$ . Он обеспечивает рекордную чувствительность на трассе длиной 100 м в  $1,5 \cdot 10^{-8} \text{ см}^{-1}$  по коэффициенту поглощения. Такая чувствительность дает возможность определять концентрацию насыщенных водяных паров при температуре воздуха  $50^\circ\text{C}$ . Лидар удостоен Золотой медали Лейпцигской ярмарки в 1986 г.

В когерентном ЛП-лидаре на  $\text{CO}_2$  достигнута чувствительность приема эхосигналов, в 10 раз превышающая чувствительность охлаждаемых ИК-приемников. Использование 60 переходов  $\text{CO}_2$ -лазера в диапазоне 9—11 мкм обеспечивает зондирование  $\text{N}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и ряда других газов с рекордной концентрационной чувствительностью.

В заключение подчеркнем несомненное преимущество ЛП-лидара перед другими лидарами, использующими интерференционные фильтры, состоящее в том, что ширина фильтра в этом случае совпадает с шириной линии зондирующего лазерного импульса. Следовательно, тем самым достигаются наилучшие значения отношения сигнал/шум. Последнее обстоятельство имеет прин-

ципальное значение для лазерного газового анализа атмосферы в дневное время.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, успехи лазерного зондирования атмосферы с поверхности Земли налицо. Следующий шаг, который мог бы существенно расширить наши возможности, — вывод лидаров в космос для получения данных о динамике заполнения атмосферы продуктами индустриальной деятельности человека, а также компонентами естественного происхождения, например от извержения вулканов.

Основные технические трудности практической реализации методов лазерного космического зондирования атмосферы связаны прежде всего с необыкновенно жесткими требованиями, предъявляемыми к лидарной технике, которые усугубляются дополнительно недостатком энергии на космических объектах и соответствующими ограничениями на вес и габариты бортовых систем.

Поэтому, несмотря на то, что космические лидары разрабатываются в США уже более 10 лет, до сих пор еще не один не побывал в космосе, хотя еще в 1979 г. на IX Международном симпозиуме по лазерному зондированию атмосферы (Мюнхен) одна из сессий была посвящена результатам уже проведенной детальной проработки вариантов космических лидаров для зондирования различных параметров атмосферы.

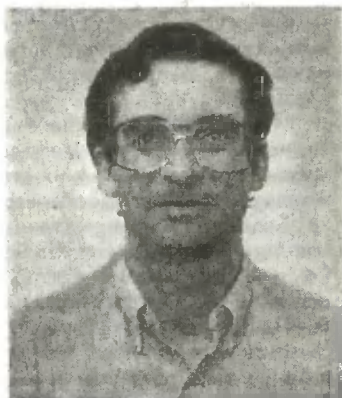
В то же время результаты проведенного нами численного моделирования говорят о высоких потенциальных возможностях лазерного зондирования и профилей, и полей влажности тропосферы и стратосферы с использованием  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ -лазеров в области 3 мкм.

Аналогичные результаты следует ожидать и для случаев лазерного зондирования других газовых компонентов атмосферы, в том числе и его загрязнителей.

Подводя итоги сказанному, подчеркнем, что в ближайшие годы следует ожидать запуска первых космических лидаров, рутинное использование которых в конце концов призвано сделать революцию в исследовании атмосферы в глобальном масштабе. Эта революция, в свою очередь, должна внести существенный вклад в решение таких крупнейших проблем, как проблемы надежных прогнозов погоды, оперативной диагностики загрязнений атмосферы в глобальном масштабе, включая их трансграничные переносы, а также многих других важных проблем, для которых существенно необходимо надежное знание протекающих в атмосфере разнообразных процессов.

# Инфракрасная Вселенная «ИРАС»

Б. Т. Сойфер



Берух Томас Сойфер (B. T. Soifer), американский астроном, профессор физики и руководитель Центра обработки и анализа инфракрасных данных Калифорнийского технологического института (Пасадена).

С самого начала (1975 г.) участвует в проекте «ИРАС». Занимается изучением галактик, открытых при обзорах неба спутником «ИРАС», в частности сверхмощных инфракрасных галактик, выясняем их связи с квазарами, проводит наземные наблюдения на 5-метровом телескопе Маунт-Паломарской обсерватории. Участвует в создании инфракрасной камеры для 10-метрового телескопа, сооружаемого на Гавайях, и проектировании спектрографа для космического инфракрасного телескопа НАСА, который должен быть запущен в 1998 г.

**М**ОЖНО лишь сожалеть, что человеческий глаз способен воспринимать только видимый свет и не способен хотя бы изредка переключаться на другие области спектра. К счастью, мы располагаем теперь такой техникой, как спутник «ИРАС», который открыл нам удивительный мир ненаблюдаемых с поверхности Земли инфракрасных структур. Это те «клубы» и «ясли», где проводят свои «младенческие» годы разнообразные объекты, заполняющие космическое пространство.

За 10 мес. работы «ИРАС» «осмотрел» все небо, и теперь мы располагаем первыми высококачественными изображениями в инфракрасном (тепловом) диапазоне от 10 до 100 мкм.

Инфракрасный астрономический спутник «ИРАС», созданный совместно США, Нидерландами и Великобританией, позволил нам увидеть множество небесных объектов — от галактик и звезд до межзвездной пыли и газа. Космический аппарат был запущен Национальным управлением по аэронавтике и исследованию космического пространства США (НАСА) 25 января 1983 г. с авиаракетной базы Ванденберг в Калифорнии ракетой «Торад-Дельта». Находясь на 900-километровой полярной орбите, он регистрировал инфракрасное излучение телескопом с зеркалом диаметром 57 см. Чтобы уменьшить влияние тепла, выделяющегося при работе приборов спутника, инструмент охлаждался жидким гелием, температура которого составляла 2,4 К. Спутник перестал функционировать 21 ноября 1983 г., когда запасы гелия исчерпались. Полученная им информация сведена в карты неба и каталог, включающий более 200 тыс. инфракрасных объектов. Работа проделана Лабораторией реактивного движения и Центром обработки и анализа инфракрасных данных Калифорнийского технологического института.

Пожалуй, стоит сразу же совсем кратко сказать о некоторых особо интересных результатах наблюдений. Безусловно, среди главных заслуг спутника — открытие целого класса источников, сравнимых по светимости с квазарами, но излучающих 90 %



Распределение точечных инфракрасных источников по небесной сфере.



Одна из комет, зарегистрированная спутником «ИРАС» (IRAS — Araki — Alcock).

энергии в инфракрасном диапазоне. Новые объекты (их больше, чем квазаров), очевидно, представляют собой сталкивающиеся галактики, чрезвычайно богатые межзвездным газом. Полученные «ИРАСом» данные свидетельствуют о том, что в действи-

тельности это квазары, закрытые от нас поглощающими облаками.

Напомним, что чрезвычайно загадочные объекты Вселенной — квазары — были открыты радиоастрономами в 60-х годах и позднее отождествлены с наиболее удаленными и мощными источниками излучения. М. Шмидт из Калифорнийского технологического института был первым, кто отождествил один из радиоисточников с очень далеким слабым оптическим объектом. По мощности излучения квазары в сотни раз превосходят даже целые галактики, имея размеры, ненамного большие, чем у Солнечной системы. С момента обнаружения квазары интенсивно изучаются, но мы все еще весьма смутно представляем себе, откуда они черпают огромную энергию.

Есть предположение, что сталкивающиеся галактики, сверхмощные инфракрасные галактики, возникающие как будто бы на стадии формирования квазаров, и сами квазары могут быть объединены в общую эволюционную последовательность. Но подробнее об этом мы поговорим дальше.

В Солнечной системе «ИРАС» обнаружил пояса межпланетной пыли, расположенные выше и ниже плоскости эклиптики (плоскости, в которой движутся вокруг Солнца планеты). Полагают, что они возникли из мельчайших осколков, образовавшихся при недавнем столкновении двух крупных астероидов. Существование зодиакальных

пылевых поясов, вероятно, указывает на то, что соударения малых планет — основной источник межпланетной пыли.

Спутник оказался наиболее удачливым охотником за астероидами за всю историю астрономии. За последние шесть месяцев своего существования он открыл шесть планетных тел. Есть в «улове» и кометы. Выяснилось, что у комет гораздо больше пыли, чем думали ранее. Кроме того, аппарат обнаружил у многих комет хвосты из частиц. Это вещество выброшено ядрами комет с очень малыми скоростями.

Газопылевые облака, из которых образуются звезды, эффективно поглощают их видимое излучение, а затем переизлучают его в инфракрасном диапазоне спектра. «ИРАС» увидел множество подобных объектов — чуть ли не все галактические молекулярные облака, где сейчас рождаются звезды. Среди формирующихся звезд, или протозвезд, найденных спутником, есть и такие, что представляют системы солнечного типа на наиболее ранней стадии развития. Изучая их, астрономы могут проследить, как 4,5 млрд. лет назад возникла Солнечная система.

Один из самых замечательных результатов — обнаружение облаков пыли, окружающих нормальные с виду звезды и аналогичных тем, что есть вокруг Солнца. Вероятно, внутри спрятаны и планеты. Согласно данным «ИРАС», такие облака имеются у трети ближайших звезд солнечного типа. На оптическом изображении одного из подобных объектов —  $\beta$  Живописца — видно рассеянное пылевым облаком свечение, зарегистрированное со спутника. Этот остаток планетного диска простирается на расстоянии более 400 а. е. (наиболее удаленные планеты Солнечной системы расположены в 30 а. е. от Солнца). Можно заключить, что условия, благоприятные для образования планет, не такая уж и редкость.

## ОБЗОРЫ «ИРАСа»

Сам по себе успех миссии «ИРАСа», пожалуй, не должен вызывать особого удивления. Исследование Вселенной в новом диапазоне электромагнитного спектра всегда приводило астрономов к важным открытиям. Квазары и нейтронные звезды — только два примера того, что дали радио- и рентгеновские наблюдения неба, проводившиеся в 50—70-х годах.

До «ИРАСа» наши сведения об инфракрасной Вселенной ограничивались тем, что принесли обзоры на длинах волн 2,2 и 4—30 мкм. Тем не менее прежние ин-

фракрасные наблюдения значительно дополнили наши знания о Галактике и ее составляющих, но недостаточная чувствительность, в общем, не позволяла выйти за ее пределы. В поле зрения во время первого из упомянутых обзоров попала лишь одна «внешняя» галактика (M31), во время второго — горстка внегалактических объектов.

Чувствительность «ИРАСа» была на три порядка лучше и гораздо шире диапазон, потому он и смог зарегистрировать множество галактик (в среднем полгалактики на каждом квадратном градусе) только по их инфракрасному излучению. Представшая перед нами картина ближней Вселенной в инфракрасных лучах резко изменила наши представления о внегалактических источниках.

Полные обзоры неба, проводившиеся на длинах волн 12, 25, 60 и 100 мкм, были главной целью проекта «ИРАС», и на нее отводилось 60 % всего наблюдательного времени. Чтобы с максимальной надежностью отобрать истинные постоянные источники и избавиться от локальных помех, создаваемых при взаимодействии космических лучей с детекторами или при попадании в поле зрения телескопа пылинок, астероидов и комет, «осмотр» всего неба за время полета был выполнен шесть раз. Повторные наблюдения помогли отделить стационарные объекты от движущихся, исключить из анализа кратковременные события, происходящие вблизи телескопа. Каталог точечных источников «ИРАС» покрывает 96 % небесной сферы. На высоких галактических широтах он включает в себя все источники, потоки от которых превышают на четырех названных длинах волн соответственно 0,4, 0,5, 0,6 и 1,5 Ян, при уровне достоверности свыше 99,8 %. В результате обработки тех же данных для этих широт был подготовлен Каталог слабых источников «ИРАС», где чувствительность повышена примерно в 2,5 раза за счет потери достоверности (менее 98 %).

Телескоп «ИРАС» имеет довольно скромную чувствительность по сравнению с оптическими инструментами. В пересчете по потоку она дала бы возможность увидеть в оптической области объект 15-й звездной величины, но оптические телескопы наблюдают в  $10^4$  раз более слабые источники. Другими словами, «ИРАС» изучал ближнюю Вселенную и регистрировал сравнительно недалеко внегалактические объекты. Источник, который светит в инфракрасном диапазоне, как наша Галактика, мог быть замечен вплоть до красного смещения  $Z=0,03$ , в случае же такой инфракрасной светимости, как полная светимость квазара,

Z увеличивалось до 0,3. Подавляющее большинство из примерно 20 тыс. внегалактических объектов Каталога точечных источников обнаружено на длине волны 60 мкм, где комбинация чувствительности и величины потока излучения оказалась оптимальной.

Наблюдения выполнялись на длинах волн, существенно превышающих те, на которых эффективно излучают обычные звезды. Ясно, что механизмы излучения обнаруженных инфракрасных источников должны сильно отличаться от тех, что встречаются у объектов оптического диапазона. В случае галактик преобладающий механизм — тепловое излучение пыли, которая поглощает и переизлучает энергию, испущенную первоначально на более коротких волнах. В ярких инфракрасных галактиках пыли очень много, потому в оптическом диапазоне они или не видны совсем, или выглядят довольно скромно.

Верно оценить значение инфракрасных галактик можно, лишь поняв, как они соотносятся с другими классами внегалактических объектов. Имеет смысл, например, сравнить распределения по светимостям источников разных типов. Выясняется, в частности, что инфракрасные галактики — важный, но не основной «поставщик» светимости в ближней Вселенной. В области малых светимостей (меньших, чем полная у нашей Галактики) пространственная плотность инфракрасных галактик примерно в четыре раза меньше, чем у обычных. С ростом светимости плотность обычных галактик падает быстрее, чем у инфракрасных, и потому относительная доля последних увеличивается. При светимостях, превышающих десять светимостей Галактики, они становятся доминирующим населением ближней Вселенной (причем не исключаются и квазары). Всего в инфракрасном диапазоне галактики излучают примерно 25 % энергии, выделяющейся в звездах; 60—80 % ее приходится на молодые массивные звезды.

### СВЕРХМОЩНЫЕ ИНФРАКРАСНЫЕ ГАЛАКТИКИ

Мы изучили около 300 ярчайших (на длине волн 60 мкм) внегалактических источников из области неба, занимающей 14 500 квадратных градусов и лежащей на высоких галактических широтах. Именно эту выборку целесообразно было исследовать на других длинах волн, поскольку в нее попали самые яркие из инфракрасных галактик. Десять из них по своей полной

светимости сравнимы с квазарами. Детальный анализ выявил удивительные свойства этой десятки.

Четыре ее представителя были известны по другим обзорам. Так, объекты Mrk 231 и Mrk 273, обнаруженные Б. Е. Маркаряном (СССР) среди галактик с избыточным ультрафиолетовым излучением, издавна считались пекулярными (необычными). На редкость мощное инфракрасное излучение первой из них было зарегистрировано еще два десятилетия назад. Галактика Aгр 220 также относится к числу пекулярных. Все сверхмощные инфракрасные галактики в оптическом диапазоне светят очень слабо: их инфракрасная светимость в 50—100 раз превосходит оптическую, тогда как у обычных спиральных галактик это отношение равно 0,3, а у «типичных» инфракрасных — 1—5.

Угловое разрешение телескопа «ИРАС» (примерно 1') слишком мало, чтобы построить изображения интересующих нас объектов. Но это удается сделать в оптическом диапазоне. Оказалось, что все члены десятки — сталкивающиеся галактики.

Оптическая спектроскопия показывает, что у всех у них сильные эмиссионные линии. У трех линии столь же широки, как у квазаров. Анализ оптических спектров приводит к выводу, что в ядрах по крайней мере девяти из десяти объектов должны быть мощные источники излучения незвездной природы.

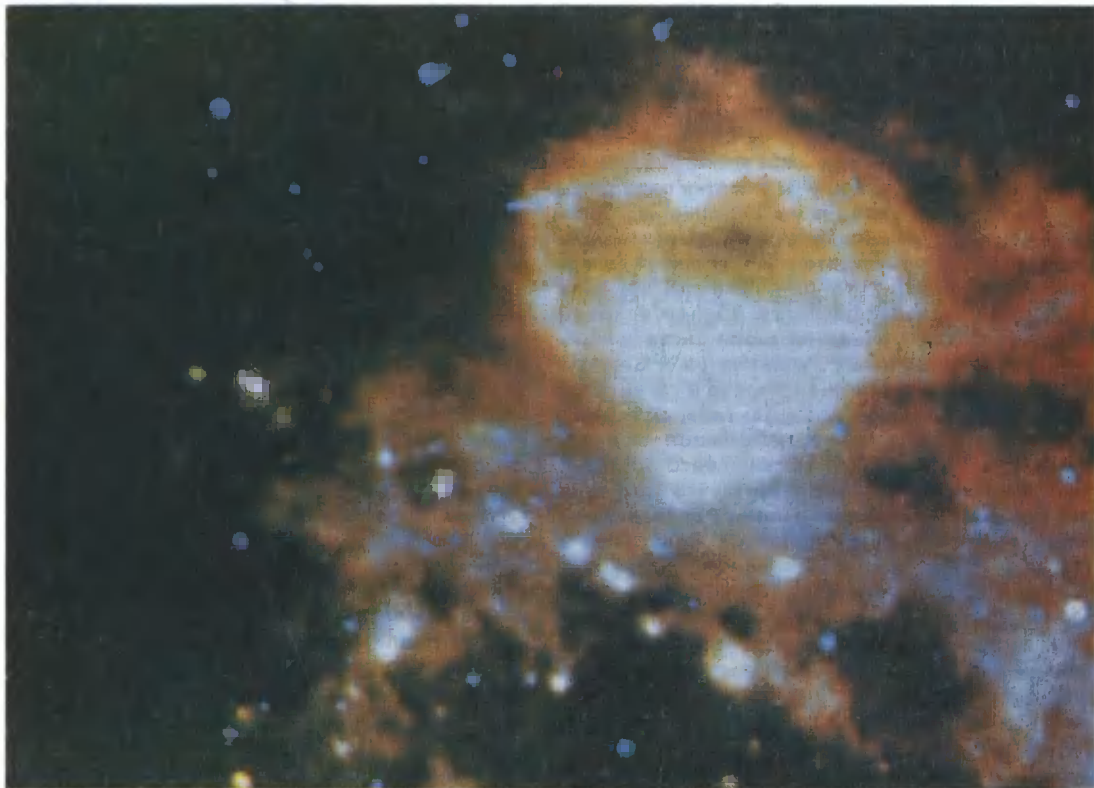
Если учесть, что излучение сверхмощных инфракрасных галактик, очевидно, испускается нагретой пылью, их гигантская светимость свидетельствует о присутствии там в огромных количествах межзвездного газа. Ведь чтобы обеспечить наблюдаемую светимость, масса пыли должна превосходить  $10^8$  масс Солнца, а газа, в котором содержится эта пыль, должно быть еще в 100 раз больше. Поразительно, что основная часть газа находится в молекулярной форме. Не меньше удивляет и то, что значительная его доля (70—80 %) сосредоточена в центре галактик, в области радиусом всего несколько тысяч световых лет.

### КВАЗАРЫ РОЖДАЮТСЯ В СТОЛКНОВЕНИЯХ ГАЛАКТИК?

Результаты наблюдений сверхмощных инфракрасных галактик дают основание предположить, что они представляют собой квазары, окруженные толстым слоем пыли. Светимость объектов, эмиссионные линии, спектры в ближней инфракрасной области, отношение светимости к массе газа — все указывает на это. Мы считаем, что источни-







Туманность Андромеды: оптическое изображение (в в е р х у) получено в Маунт-Паломарской обсерватории, инфракрасное (в н и з у) — со спутника «ИРАС».

Область звездообразования в созвездии Ориона. Овальное (почти круглое) яркое облако — пыль, окружающая звезду  $\lambda$  Ориона. Наиболее ярким выглядит комплекс молекулярных облаков в туманности Ориона.



Область звездообразования Шарплесс 171 в Млечном Пути.

ком гигантской лучистой энергии служит квазар, который совершенно закрыт пылью, иначе, зная полную светимость объекта, можно было бы догадаться о его существовании. Есть и другая точка зрения: мы имеем дело с системами, в которых происходит грандиозная вспышка звездообразования.

Поскольку все члены десятки оказались сливающимися звездными системами, богатыми газом, можно допустить, что квазары рождаются в результате столкновения галактик. Мы думаем, что при прямом «ударе» галактики быстро сливаются, причем угловой момент и гравитационное поле системы меняются так, что газ устремляется к центру. В подобной ситуации неизбежна и гигантская вспышка звездообразования: газа, собирающегося в сравнительно небольшой области радиусом несколько тысяч световых лет, скапливается настолько много, что под воздействием собственного поля тяготения он будет сжиматься и дальше. Если же в центре галактики расположена массивная черная дыра (о чем свидетельствуют недавние наблюдения), то направленные туда высокоскоростные потоки межзвездного газа как раз и станут причиной возникновения квазара, который будет излучать за счет энергии, высвобождаемой при падении вещества на черную дыру.

Мы думаем, что образование квазара внутри гигантского газопылевого облака в центральной области системы должно повлечь за собой существенную структурную перестройку, в итоге которой он в конце концов станет видимым. Инфракрасное излучение доминирует на стадии, когда в сливающемся ядре рождается квазар, окутанный газом и пылью. По мере того, как мощное излучение квазара будет разрушать пыль и ионизовать газ, наблюдатель начнет обнаруживать все больше свойств, присущих «обычным» объектам данного типа: сильное непрерывное излучение оптического, ультрафиолетового и ближнего инфракрасного диапазонов, очень широкие эмиссионные линии и т. д. Согласно нашему эволюционному сценарию, в конце концов наступит полное просветление окружающей среды и, как из кокона, появится квазар с избыточным ультрафиолетовым излучением. Оставшиеся пыль и газ продолжат вносить свой «инфракрасный» вклад в общую светимость, но он уже не будет определяющим.

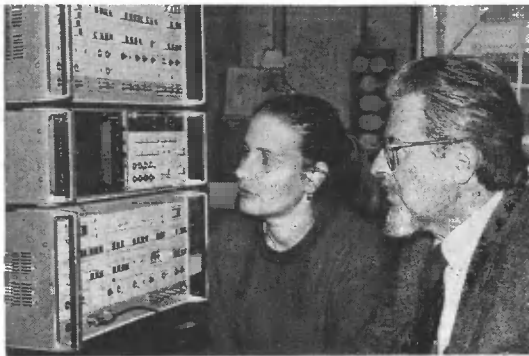
Гипотеза об образовании квазаров, которой мы придерживаемся, не нова, просто новые данные подкрепляют старые представления. Плодотворная идея о том, что активные ядра вообще возникают в результате взаимодействия галактик, была высказана работающими в США астрофизиками-теоретиками А. и Ю. Тоомре еще в 1972 г. На мысль о его фундаментальной роли в физике квазаров навели исследования таких объектов вместе с их ближайшим окружением с помощью современных средств спектроскопии и построения динамичных изображений в широком диапазоне. «ИРАС» же предоставил нам случай познакомиться с квазарами на стадии формирования, когда газ и пыль, эффективно перерабатывающие излучение центрального источника, действуют наподобие фильтра, который позволяет детально рассматривать структуру окружения, не опасаясь засветки. Выполненный недавно теоретический анализ подтверждает правдоподобность описанного здесь сценария с двумя сталкивающимися богатыми газом галактиками.

Привлекательна такая модель еще и потому, что связывает возникновение квазаров — самых мощных, беспокойных и нечасто встречающихся объектов Вселенной — со столь редким событием, как слияние двух богатых газом спиральных галактик. Заодно получает простое физическое объяснение и вызывавший удивление факт строгого распределения квазаров: их количество по мере увеличения красного смещения быстро растет, а затем резко падает. Восходящая ветвь зависимости, очевидно, связана с тем, что в прошлом галактики сталкивались чаще, поскольку были ближе друг к другу (еще несильно «разбежались»), да и газа в них было больше. А отсутствуют квазары при больших красных смещениях из-за того, что на образование галактик уходит много времени.

Итак, открыв еще одно окно прозрачности в атмосфере Земли, спутник «ИРАС» обнаружил во Вселенной неизвестный класс объектов — сверхмощные инфракрасные галактики. Мы убеждены, что подобным образом проявляют себя квазары, образующиеся при слиянии галактик. Другими словами, рождение квазара — это грандиозная, хотя и редкая, катастрофа в жизни семейства галактик.

# Говорящие птицы и их «говорящие» названия

В. Д. Ильичев, О. Л. Силаева



Валерий Дмитриевич Ильичев, доктор биологических наук, заведующий лабораторией экологии и управления поведением птиц Института эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР, профессор Московского государственного педагогического университета им. В. И. Ленина. Научные интересы — акустическое поведение птиц и экологические основы управления их поведением, а также экологическая педагогика. Почетный член Американского орнитологического союза и Немецкого орнитологического общества. Автор более 20 монографий и учебников по орнитологии, биоакустике и биолингвистике.

Ольга Леонидовна Силаева, кандидат биологических наук, научный сотрудник той же лаборатории, ученый секретарь секции гуманитарной орнитологии Всесоюзного орнитологического общества. Занимается биолингвистикой и говорением птиц. Монография: *Говорящие птицы*. М., 1990.

**XX** ВЕК приучил нас к тому, что на стыке наук, казалось бы далеких друг от друга, возникают общие интересы и проблемы, которые не решаются в одиночку. При этом нередко бывает так, что эти смежные области получают официальное признание уже после того, как они реально возникли. Так, первый международный симпозиум по биолингвистике состоялся в 1976 г., хотя взаимное переплетение интересов экологов, лингвистов и биоакустиков началось 20 годами раньше. А некоторые феномены, привлечшие внимание и тех, и других, были известны уже несколько столетий назад. К ним относятся, в частности, «говорение» птиц, т. е. способность имитировать человеческую речь, и «говорящие» названия птиц, возникшие из подражания голосам птиц. Оба эти феномена, основанные на языково-речевом подобии человека и птицы и их экологической общности, сегодня составляют одно из направлений биолингвистики.

## ГОВОРЕНИЕ ПТИЦ

Известно, что некоторые пернатые в естественных условиях могут имитировать сигналы других видов птиц. Подражание человеческой речи требует наиболее тесного общения между человеком и птицей, которое реализуется, если птица живет в неволе и человек для нее — единственный источник информации. При этом кроме инфор-

мационных контактов возникает и непосредственная зависимость, которую можно назвать экологической (пища, освещение, вода) и этологической (ласка, свободный вылет из клетки). Еще в раннем возрасте у птицы запечатлевается облик и голос человека, что способствует дальнейшему укреплению связей между человеком и птицей и создает основы для обучения ее человеческой речи.

Для содержащейся в неволе птицы говорение — это формирующаяся в своеобразных условиях сигнализация, с помощью которой птица общается с наиболее важным для нее партнером — человеком.

Различается несколько форм усвоения человеческой речи птицами. Самая распространенная среди любителей и, видимо, методически наиболее простая — бесситуативная форма, когда птица копирует слова и фразы человека вне связи с ситуацией и предметом. В этом случае ее лексический запас может быть максимальным — 500—600 слов. С течением времени некоторые слова забываются, но вместо них заучиваются иные.

Другая форма усвоения, требующая соответствующего обучения, предполагает некоторую связь между словом (высказыванием) и ситуацией; тогда часть усвоенного материала воспроизводится ситуативно.

И, наконец, наиболее эффективная форма усвоения — ассоциативно-понятий-



Говорящий волнистый попугай Бэмби (хозяйка — В. В. Грачева, Москва).



Сине-желтый ара (хозяйка — семья Вильмеринг, ФРГ).

Здесь и далее фото В. Д. Ильичева



Молодая серая ворона, взятая для обучения говорению.

ная. Она характерна для крупных попугаев, которых учат по специальной методике «треугольника», основанной на конкурентном диалоге между человеком и попугаем или между двумя людьми в присутствии попугая с демонстрацией называемых предметов. В мире известно пока только несколько случаев такого обучения. Так, серый попугай по кличке Алекс, воспитанный зоопсихологом И. Пепперберг из США, узнает более 80 предметов, определяет форму и цвет; называя предмет, просит именно то, что хочет, и сердится, если на просьбу «дай яблоко» ему упорно предлагают апельсин. Алекс самостоятельно научился произносить слово «нет» в тех ситуа-

циях, когда, например, его гладили против желания или настаивали на чем-то, чего он не хотел делать. Другими словами, он может провести параллель между своим негативным поведением и человеческим отрицанием, выраженным словом «нет».

Говорение птиц — удивительное и еще не разгаданное явление. До сих пор непонятно, как крупные попугаи, вороны и майны могут очень точно копировать речь своего хозяина. Ведь голосовой аппарат птиц, расположенный не в верхней, а в нижней части гортани, устроен совсем не так, как у млекопитающих. В то же время серый попугай настолько точно воспроизводит интонационно-ритмические характеристики речи своего хозяина, что даже домочадцы не всегда определяют, кто же говорит.

Говорение птиц возникло на основе звукоподражания, иначе говоря, на основе их способности к обучению. Подражание чужим видам, расширявшее коммуникативные возможности особи, стало выгодным для имитирующего и поэтому закрепилось в ходе естественного отбора. Птица-имитатор, усвоив чужой язык, может общаться с представителями других видов, а значит, лучше приспособливаться к среде. Лучшими имитаторами человеческой речи являются птицы, природная акустическая сигнализация которых частично наследуется, но закрепляется только в процессе обучения.

Таким образом, говорение птиц можно объяснить с помощью сигнально-адаптивной гипотезы и сделать вывод, что имитация речи человека птицами — биоэкологическое явление: комната как фрагмент



Молодые красные ара в питомнике Кюне (ФРГ).



Говорящие попугаи д-ра Кребба (Великобритания).

своеобразного биоценоза, человек — партнер по говорению.

#### ИСТОРИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГОВОРЯЩИХ ПТИЦАХ

По описанию Плиния Старшего, в богатых домах патрициев держали говорящих попугаев, привезенных из Индии, и учили их произносить имя римского императора — Цезарь. В Европу первые попугаи тоже попали из Индии во времена Александра Македонского. Африканские попугаи появились здесь позже.

Вплоть до наших дней не угасает интерес к содержанию, разведению, обучению и дрессировке попугаев, хотя такое внимание отрицательно сказывается на их численности. Многие виды попугаев относятся к редким и исчезающим, а 27 занесены в международную Красную книгу. В то же время разведение в неволе редких видов попугаев помогает спасать их от вымирания.

Наглядный пример — волнистый попугайчик, ставший массовой комнатной и вольерной птицей. Его завезли в Европу из Австралии в середине XIX в., а к 1860 г. многие зоопарки уже имели собственные популяции волнистых попугайчиков. В Германии в конце прошлого века в неволе было выращено 10—25 тыс. птиц, а первый говорящий попугайчик появился там же в 70-х годах прошлого века (его словарный запас насчитывал около 10 слов).

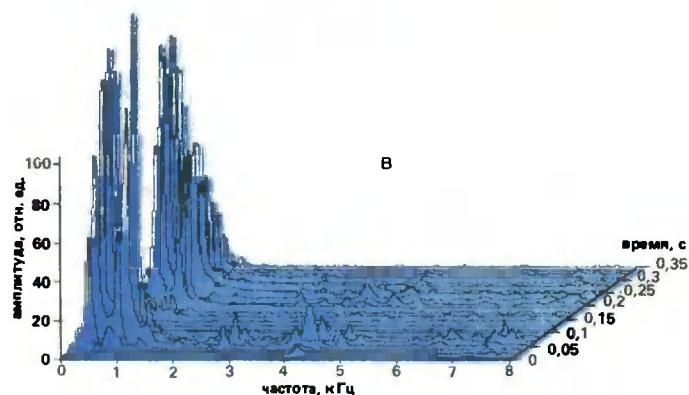
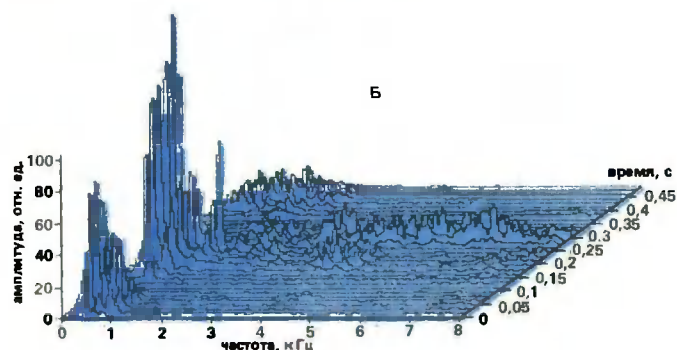
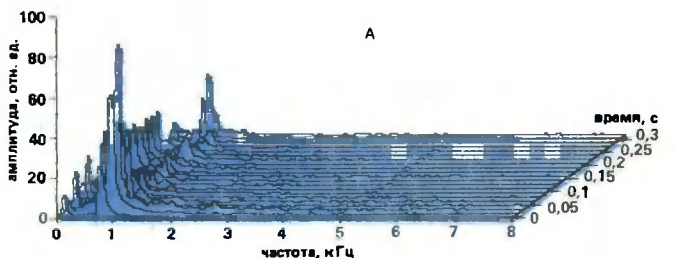
На Руси издавна держали воронов и скворцов и учили их говорить (тогда еще не знали попугаев). Первые волнистые по-

пугайчики появились у нас в конце XIX в., а первая говорящая птица — только в 1958 г. Любитель птиц Б. А. Симонов выкормил слабого самца волнистого попугайчика и научил его произносить 60 слов. Сейчас у нас, особенно в городских квартирах, содержится огромное количество говорящих волнистых попугайчиков.

Но говорить могут не только попугаи, а и птицы из подотряда певчих воробьиных: сойки, вороны, галки, сороки, майны. Искусственно вскормленный домовый воробей, живя в одной комнате с говорящим попугайчиком, научился (правда, нечетко) произносить два слова. Известны случаи, когда стали «говорить» серая мухоловка и канарейка.

#### КАК ВОЗНИКЛИ «ГОВОРЯЩИЕ» НАЗВАНИЯ ПТИЦ

Человек живет с птицами с давних времен. Вероятно даже, что он научился подражать их голосам еще до появления речи. Хорошо развитый слух позволял ему ориентироваться в окружающем мире звуков; от этого зависели и его безопасность, и удача на охоте, которой, видимо, помогало подражание голосам птиц. Возможно, сыграл свою роль и счастливый случай, а затем эта находка «запомнилась», и появились прообразы современных вокативов («ку-ку», «тега-тега», «цып-цып»), указывающих на соответствующую птицу или «расказывающих» о ней другим. Если мы проанализируем список видов птиц, имеющих звукоподражательные названия, то увидим,



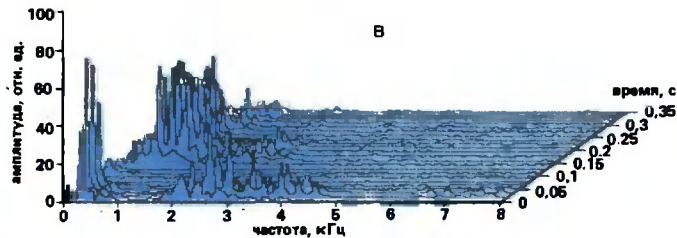
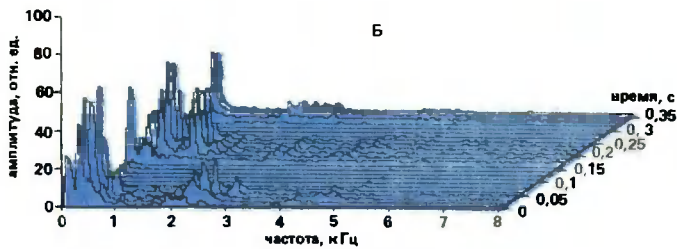
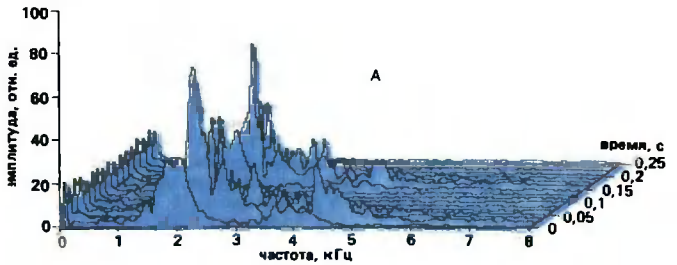
Сонограммы контактного сигнала самца кукушки — общеизвестное «ку-ку» (А), слова «кукушка» (Б) и вокатива «ку-ку» (В), произнесенных женщиной. Два энергетических пика всех сонограмм расположены почти на одних и тех же частотах (1 кГц и 2,5 кГц), в одинаковых частотных пределах (от 0,5 до 3 кГц), однако энергетически человеческие сигналы гораздо более насыщены. Сигнал птицы и вокатив «ку-ку» совпадают по длительности. Слово «кукушка», имеющее три слога, естественно, имеет большую длительность.

что в основном это виды, так или иначе представляющие интерес для человека, т. е. хозяйственно важные объекты, охотничьи виды: кряква (крякуша), чирок, гусь, дергач (дергун), зуек, турухтан (курухтан), чибис, свиязь, гагара, дрофа (дудак, тудак), журавль, кречетка, перепел, витютень, горлица, кукушка, грач. Акустический анализ показывает, что наши предки уловили наиболее информативные компоненты голоса птицы, которые и вошли в ее название.

Таким образом, название-имитация — не что иное, как законченный образ голоса птицы, которому предшествовало полное голосовое подражание. Сохранившиеся от него базовые информационные элементы объясняют живучесть и стабильность слов-звукотражений. По-видимому, подража-

ние голосам животных — это лишь часть широкого имитационного процесса, в котором проигрывались варианты становления языка. Во всяком случае, неоспорим тот факт, что звукотражательная лексика — наиболее древняя.

Формирование звукотражательного названия на основе слов-имитаций представляется следующим рядом: сугубо голосовая имитация — имитация с помощью манка — вокатив «ку-ку» — название «кукушка». Видно, что сугубо голосовые имитации превращаются в звукотражательные вокативы (еще не слова, но уже и не крики). В свою очередь, вокативы служат основой звукотражательного «говорящего» названия и затем превращаются в слова. На базе вокативов и звукотражательных слов



Сонограммы голоса перепела (А), башкирского названия [bytbyldag] этого вида (Б) и русского звукоподражания («пить-полоть») голосу птицы (В), произнесенных женщиной. Во всех сонограммах более или менее четко выражены два энергетических пика: в сигнале птицы на частотах от 2 до 4 кГц, а в голосе человека — от 0,5 до 2,6 кГц. Все три сигнала разделены на две части, и их энергетические пики достигают примерно тех же амплитудных пределов (80 единиц).

возникают и дифференцируются разнообразные статические (существительные) или динамические (глаголы) звукоподражания. Вокативы сохранились и в современной речи: детских стихах, считалках и вообще в фольклоре; встречаются они и в научных определителях голосов птиц.

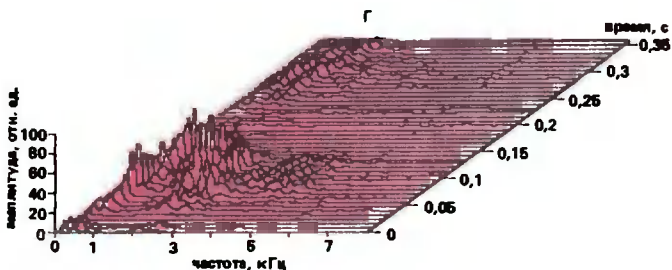
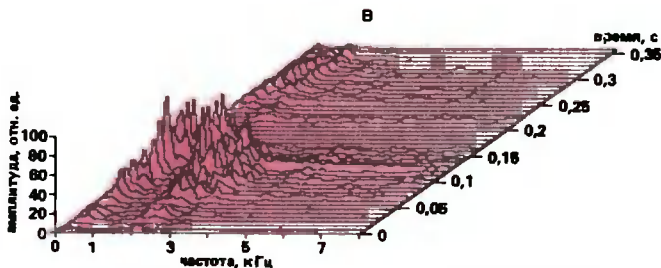
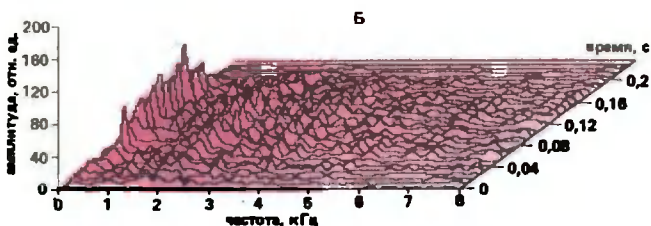
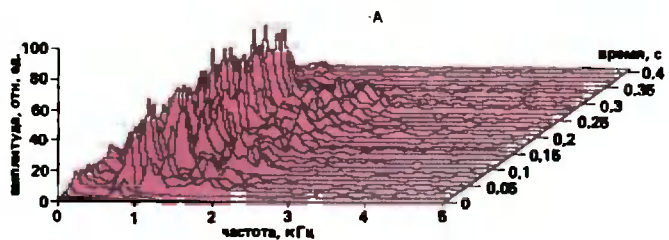
Интересна дивергенция имитационного процесса, обусловленная одомашниванием одних видов птиц и одичанием других. С делением птиц на диких и домашних разделились и вокативы. У домашних видов от поколения к поколению развивалась ориентация на голос и слово человека. Для них, как и для говорящих птиц, человек становился источником экологического и этологического комфорта. Охота, напротив, увеличивала дистанцию между дикими птицами и человеком; птицы «умнели», становились недоверчивыми и пугливыми. Кроме того, с развитием речи человек терял способность к точному воспроизведению голоса птиц.

Видимо, именно в это время появились первые манки. По мере их совершенствования накапливался опыт и мастерство искусственного приманивания. Современ-

ные манки применяют не только для охоты, но и для учета или фотографирования птиц. Древние манки — это прообраз современных акустических средств управления поведением птиц. Сейчас охотники и биоакустики применяют не только манки, свистки, трещотки, но также магнитофоны и электронные синтезаторы звука. Используя информативные компоненты природных сигналов бедствия птиц, они создают искусственные голоса, весьма эффективно отпугивающие птиц от аэродромов и других объектов, где их присутствие крайне нежелательно.

## МЕЖЪЯЗЫКОВЫЕ ПАРАЛЛЕЛИЗМЫ

Все эти имитации составляют единую имитационно-акустическую систему, на основе которой и появились звукоподражательные «говорящие» названия, похожие друг на друга, несмотря на то, что принадлежат к разным языкам. Впервые сходство звукоподражательных названий многих видов птиц на разных языках подметил отечественный орнитолог Г. П. Дементьев. Затем в ходе исследований были построены



Сонограммы голоса криквы [А], манка на крикву [Б] и звукоподражательного названия «криквы», произнесенного мужским [В] и женским [Г] голосами. Основной энергетический пик в голосе птицы и в сигнале манка расположен на частоте от 1 до 2 кГц. В сигналах человека два энергетических пика, характеризующих два слога в названии, находятся в тех же частотных пределах.

цепочки звукоподражательных названий для родственных и неродственных языков. Вот, например, как они выглядят для кукушки и вороны:

кукушка (рус.) — кукувица (болг.) — кукувица (церк.-слав.) — kululka (польск.) — kukačka (чеш.) — coucou (франц.) — cuculo (итал.) — cuculus (лат.) — cuc (рум.) — cico (порт.) — ciscoo (англ.) — Kuckuck (нем.) — kakuk (венг.) — kăki (фин.) — kăgu (эст.) — куке — (татар.) — кокук — (башк.) — какку (узбек.) — кукук — (чуваш.) — гугу (азерб.) — куку (марийск.) — кики (удмурт.) и т. д.;

ворона (рус.) — врана (болг.) — врана (церк.-слав.) — wrona (польск.) — варона (белорус.) — varna (лит.) — vārna (латыш.) — wagne (др.-прусс.) — varis (фин.) — vares (эст.) — varju (венг.) а также: карга (рус., татар., башк., узб., кирг.) — kargasi (тур.) — kroge (дат.) — kraka (швед.) — kråke (норв.) — crow (англ.) — Krähe (нем.) и т. д.

Такое же сходство характерно и для вокативов «цып-цып», «кур-кур», «тега-тега», основанных на так называемых положительных сигналах птиц, которые используют для и привлечения.



В славянских, германских, тюркских и финно-угорских языках в названиях кур и пухов использованы вокативы «ко-ко-ко», «кор-кор-кор», «кур-кур-кур», а в болгарском, литовском, немецком и некоторых других — «пут-пут» и «пли-пли». Вокатив «цып-цып»/«тип-тип» возник как имитация писка цыплят (ср. осет. — «сиби-сиби», фин. и эст. «tibu»/«tibu»). В литовском языке применяются раздельные вокативы «пут-пут» — для взрослых птиц и «цып-цып» — для цыплят.

Помимо положительных сигналов существуют так называемые лексические репелленты, играющие значительную роль в общении человека с птицами.

Рассмотрим такой сигнал отпугивания, как «кыш». Он очень многозначен. Это комплекс разнообразных защитно-оборонительных сведений не только для птиц, но и для других животных. Вероятно, и древний человек был вынужден отпугивать непрошенных гостей от жилища такими звуками. Сравним: žiš (лит.) — sio, sio (польск.) — кыш (белорус., рус., укр.) — кыш, ишу (болг.) — ksch (нем.) — куш (туркм.) — киш (азерб.).

Видно, что именно шипящие составляют фоносемантическое ядро репеллента. Эти шипящие звуки заимствованы человеком из оборонительных сигналов разных животных, например змей, кошачьих, ежей и даже некоторых рыб.

Для выявления информативных компонентов голосов птиц, которые переходят в «говорящие» названия, как и в случае с говорящими птицами, проводят акустические исследования. Долгое время для звукового анализа исследователи пользовались лишь собственным слухом, что, кстати, давало неплохие результаты. Позднее на помощь пришли звуковые анализаторы. Они выявили сходство и различие разнообразных характеристик сигналов человека и птицы. Некоторые из таких приборов позволяют сравнивать динамические спектры этих сигналов в трехмерном пространстве изображений.

Недавно в Институте прикладной математики им. М. В. Келдыша АН СССР создан комплекс «Капрос» для узкополосного частотного анализа сигналов. Он работает в нескольких режимах, чем выгодно отличается от обычного сонографа, где только один режим исследования звука по двум параметрам. В основном режиме исследователь получает трехмерную картину динамического спектра сигнала по трем параметрам (амплитуда, частота, время), т. е. объемное отображение звукового сигнала, а в специальном — мгновенное значение его

спектральных функций в виде точек кривой. С помощью «Капроса» можно изучать спектральные функции сигнала на выбранной частоте и их изменение во времени, а также выделять фазовые характеристики звука.

Сравнительно-акустический метод позволяет сопоставлять энергетические и временные характеристики эталонного сигнала птицы и ее «говорящего» названия, произнесенного диктором.

Таким образом, «говорящее» название представляет значительный интерес не только как лингвистическая, но и как биоакустическая единица, общая для человека и птицы. Исследование взаимодействия этих сигналов дает человеку возможность взглянуть со стороны на свой язык, на свое языково-речевое поведение и находить в нем точки соприкосновения с поведением животных.

## ПТИЦА — РЕЧЕВОЙ ПАРТНЕР ЧЕЛОВЕКА

В настоящее время «речь» птиц изучают не только лингвисты, но и психологи, а также педагоги, заинтересованные в совершенствовании обучения детей языку.

Зачастую хорошо обученная ручная птица становится собеседником человека, особенно незаменимым для одиноких пожилых или больных людей. Хорошо говорящие птицы, как правило, воспитаны именно такими людьми, находящими утешение в общении с птицей. И чем больше времени, внимания и заботы посвящает человек птице, тем крепче связывающие их эмоциональные узы, ярче проявляются лингвистические и психологические способности птицы. Одиноким людям их питомцы помогают держаться до конца; часто эти люди вообще живут ради них, боясь оставить их беспризорными.

Общение с ручными птицами помогает и психически больным людям, а также тем, кто пережил стресс, способствуя их реабилитации.

Общение детей с такими птицами наиболее наглядно формирует понятия о ценности всего живого и ответственность за него, способствует воспитанию доброты и сострадания. Так, волнистого попугайчика полезно воспитывать в детских учреждениях, например детских садах. Занимаясь с попугайчиком, выучивая вместе с ним небольшие стихи, пословицы, поговорки, считалочки, дети совершенствуют свои речевые навыки. Эти занятия расширяют лингвистические и психические возможности ребенка и птицы. Еще большую помощь ручные

попугайчики могут оказать детям-инвалидам, особенно слепым, у которых обычно устанавливается наиболее близкий контакт с птицей: слух у слепых обострен, и особенно важен тактильный контакт, а попугайчики охотно сидят на руке или плече учителя во время занятий.

### ПРАКТИЧЕСКИЕ СОВЕТЫ

Как научить говорить волнистого попугайчика? Лучше, если это будет самец зеленого или голубого цвета. Самый удобный для этого возраст — 30—35 дней (чем моложе птица, тем больше хлопот с ее содержанием). Необходимы терпение, настойчивость и готовность постоянно разговаривать с птицей. Очень важны взаимопонимание, доверие и симпатия.

Чтобы обучить птицу элементарно выговаривать отдельные слова, следует четко, не меняя интонации, произносить их — лучше в моменты максимальной сосредоточенности «ученика». Количество слов (высказываний) нужно увеличивать постепенно, переходя от одних к другим. Это особенно важно на первых этапах обучения. В среднем через 5—10 недель попугайчик произносит свое первое слово, а затем обучение идет легче. При заучивании длинных высказываний и стихов можно использовать магнитофон.

Результаты наших исследований показывают, что легче усваиваются попугайчиком вокативы, ласкательные варианты клички, устанавливающие контакт единицы речи, слова приветствия (знакомства), побудитель-

ные слова-предложения, вопросительные слова и конструкции.

Обучение попугайчика в ситуативной форме эффективнее, если его ведет один обучающий. Естественно, оно требует больше времени. Слова и высказывания подкрепляются соответствующими действиями. Например, если постоянно, давая корм попугайчику, говорить: «Петруша хочет кушать», то через некоторое время попугайчик, возможно, произнесет эту фразу, когда у него не будет корма, а он захочет есть.

При интенсивном диалоговом общении с попугайчиком реплики птицы все более соответствуют по смыслу репликам человека:

- Ты какая птичка?
- Хорошая!
- Как мальчика зовут?
- Кешечка!
- Ты хочешь яблочка?
- Нет, не хочу!

Показательно, что эти диалоги не заучиваются, а возникают естественно, меняясь в зависимости от ситуации или настроения попугайчика. Говорящий попугайчик, общающийся с людьми и имеющий определенный словарный запас, начинает учиться самостоятельно, заимствуя слова и высказывания из разговоров, начинает вмешиваться в беседы и комментировать действия хозяина, адекватно оценивая ситуацию. Как и почему это происходит — задача, решаемая в рамках другой науки — зоопсихологии, — и потому тема для другой статьи.

## РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

### УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

*Редакция и редакционная коллегия «Природы» продолжают работу по изучению читательского мнения. Мы просим вас сообщить, какие публикации 1990—1991 гг. вызвали у вас наибольший интерес. Достаточно указать фамилии авторов и номера журналов.*

## Эхо «новгородского веча»

Н. Н. Скокова



Надежда Николаевна Скокова, кандидат биологических наук, много лет была старшим научным сотрудником Института эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР, сейчас сотрудник Комиссии АН СССР по координации научных исследований в заповедниках. Область научных интересов — орнитология, экология и охрана водно-болотных птиц. Монография (в соавторстве с В. Г. Виноградовым): Охрана местобитаний водно-болотных птиц. М., 1986.

**Н**ЕТ СОМНЕНИЯ, что заповедники — наиболее совершенная форма сохранения биологического разнообразия и восстановительного потенциала природы. Именно заповедники — источник уникальной информации о естественных процессах и современном состоянии разных участков биосферы. Уже в недалеком будущем эта информация станет единственным банком данных, на основе которых только и можно разрабатывать и осуществлять неразрушающее природопользование.

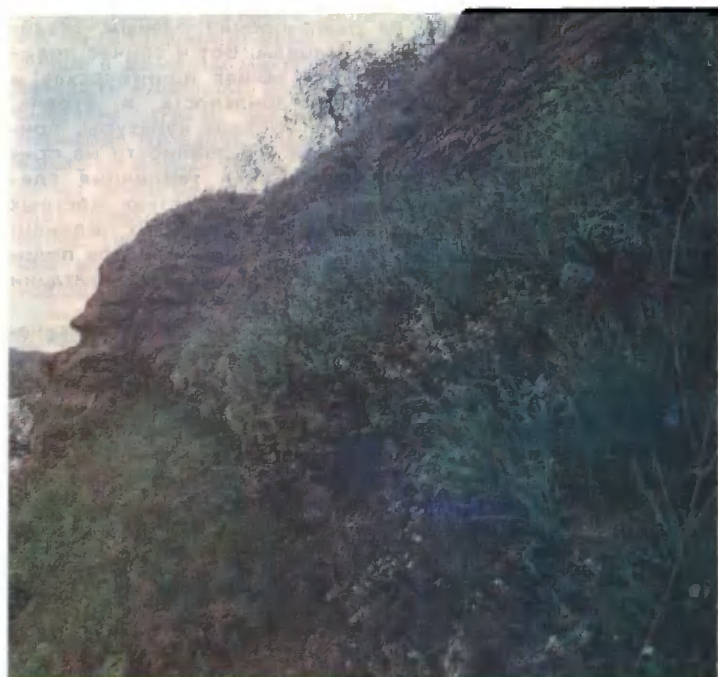
Этих особо охраняемых территорий в СССР еще недостаточно, чтобы сохра-

нить жизнеспособность биоты, — около 1,1 % площади страны, оптимально же 6 % территории, причем заповеданы должны быть разные варианты, в которых учитывались бы природные и антропогенные региональные особенности ландшафтов.

Пока нам далеко до оптимума, а между тем над заповедниками нависла угроза разрушения — уже не первая. В 1951 г. большинство их — 89 из 128 — было отдано буквально на разграбление разным хозяйственным организациям. Вот и сейчас предвещают катастрофу общая политическая и экономическая нестабильность в стране, резко снизившийся уровень культуры, примитивное понимание собственности на природные богатства, четкая тенденция сделать заповедники собственностью местных административно-территориальных единиц, стремление поправить экономическое положение за счет сиюминутной эксплуатации наиболее доступных ценных ресурсов.

Природно-заповедный фонд — всенародное достояние, которое мы обязаны сохранить вплоть до самых низших звеньев экосистем и передать потомкам в нормальном, а не в ущербном состоянии. Мы не сможем считать себя цивилизованным обществом, разрушая собственную природную среду, пренебрегая общечеловеческими интересами и судьбой будущих поколений, исправляя ошибки за счет природы, восстановительные возможности которой не бесконечны.

Заповедная система с первых шагов своего становления жила в режиме наименьшего благоприятствования и финансировалась по пресловутому «остаточному принципу». Однако заповедники жили, действовали и даже процветали благодаря энтузиазму, бескорыстию и, что не менее важно, принципиальности, профессионализму и честности работавших в них людей. Вот имена некоторых организаторов, стоявших у истоков заповедного дела: В. А. Хлебников, А. Н. Формозов, Л. О. Белопольский, П. Г. Смидович, Г. М. Крепс, О. И. Семенов-Тянь-Шанский, Л. Г. Капланов, В. П. Теплов, И. В. Жарков, А. М. Краснитский, Л. П. и М. Н. Бородины, В. В. Криницкий,



В 174 заповедниках нашей страны охраняются не только нетронутые типичные природные комплексы, но и очень редкие или в разной степени измененные хозяйственной деятельностью. Полузакрепленные барзанные пески в Репетекском заповеднике — эталонный ландшафт пустыни Каракум.

Фото В. Ф. Семенова

Редкое явление — выходы известняка в верховьях Дона и интразональная растительность «сниженных Альп» в лесостепном заповеднике «Галичья гора».

Фото автора

Ю. А. Исаков и многие другие. Эти имена уже принадлежат истории. Из них последним в сентябре 1990 г. ушел из жизни Олег Измайлович Семенов-Тянь-Шанский, удивительный и идеальный заповедный исследователь, всю жизнь отдавший Северу, постигший до тонкостей гармонию сложнейших взаимосвязей его суровой природы, до последней минуты не покинувший столь любимого им Лапландского заповедника.

Хотя сеть заповедников СССР постоянно пополнялась и совершенствовалась,

дважды наносимые непродуманными административными решениями разрушительные удары были очень чувствительны. Но вопреки всему сеть заповедников сохранялась как система природных эталонов, как важнейшая научная и организационная основа охраны природы в нашей стране. Она продолжала существовать буквально до самого последнего времени, но теперь разрушается прямо на глазах. Это тем более непростительно, что отечественные заповедники — ценная и незаменимая часть мировой системы особо охраняемых природных

участков земной биосферы. Будет чрезвычайно прискорбно, если издаваемая сейчас десятитомная серия «Заповедники СССР» повторит печальный опыт двухтомника, вышедшего в 1951 г. и ставшего своего рода мемориалом разгромленным в том году заповедникам.

На опыте СССР убедительно доказано, что заповедники — наиболее рациональная форма территориальной охраны живой природы, поэтому недопустимо подменять их систему другими формами. Опасна и набирающая сейчас силу тенденция превратить некоторые заповедники в национальные парки: в них, как показала мировая практика, интересы охраны природы сталкиваются с коммерческими интересами рекреации, которые, как правило, побеждают.

Категорически неприемлемы и химерические образования, созданные в угоду прихотям наших верхних эшелонов, вроде заповедно-охотничьих хозяйств. Печальный пример такой абсурдной формы охраны — Беловежская пуца и Крымское заповедно-охотничье хозяйство. Беловежская пуца, около 20 лет бывшая заповедником мирового значения, за время существования в сомнительном статусе заповедно-охотничьего хозяйства, подчиненного Управлению делами Совета Министров БССР, имеет теперь менее 5 % заповедной территории, а остальная значительно изменена хозяйственной деятельностью и привилегированной охотой. Не менее загадочен и «научно-опытный» Завидовский заповедник, подчиненный Министерству обороны СССР.

Странными выглядят намерения выполнить программу оптимизации охраны природы, включив в систему особо охраняемых территорий районы экологических бедствий, например зону, наиболее пострадавшую от чернобыльской аварии, акваторию Аральского моря и Приаралье. Эти территории могут существовать только в статусе экспериментальных полигонов, но ни в коем случае не заповедников, дабы не вводить никого в заблуждение, не создавать опасную иллюзию, что расширяется природоохранная сеть, а ее состояние становится благополучнее.

В период перестроечной неразберихи и общей разбалансированности социальных структур возникает реальная угроза передачи управления заповедниками республиканского или всесоюзного и — что совсем уж чудовищно — мирового значения в руки местных властей. Ложно понимая (а чаще всего вовсе не понимая) и дилетантски воплощая в жизнь «рыночную экономику»,



Застойные мелководные заливы в зоне временного затопления вместо лесных ручьев. Бывшая угольная яма с густой куртиной пышных елей — характерный натурализовавшийся антропогенный элемент ландшафта Дарвинского заповедника — отголосок давнего местного промысла (выжигания угля).

Фото М. Л. Калецкой



Современное разрушение прируслового вала и образование пляжей в Дарвинском заповеднике. Полоса синезеленых водорослей (цианобактерий) на песке — доказательство усилившейся антропогенной эвтрофикации искусственного моря — Рыбинского водохранилища.

Фото автора

предприимчивые местные дельцы пытаются включить заповедники в сферу купли-продажи. Угроза растаскивания и распродажи богатств заповедников (нередко в личных интересах), к сожалению, уже существует. Пока она проявляется в виде утечки научной информации, так как материалы научных фондов заповедников используются бесконтрольно; вывоза коллекционных экземпляров растений и животных (нередко зарубежными учеными или туристами-коллекционерами, особенно из малоисследованных районов). В результате утрачивается приоритет отечественной науки в описании новых видов растений и животных, исчезают типовые экземпляры, чаще всего беспозвоночных животных. Любая коммерческая деятельность в заповедниках, связанная с использованием природных ресурсов, должна быть запрещена, а заповедники — исключены из сферы рыночных отношений.

Заповедный фонд живой природы и природные ресурсы этих особо охраняемых территорий могут быть собственностью только государства, ни один вид их хозяйственного использования какими-либо ведомствами или организациями недопустим. Ценность заповедников, как правило, формально не имеет стоимостного выражения, однако можно утверждать, что она превосходит стоимость самых ценных эксплуатируемых территорий.

Подобно единой денежной системе, генофонд ныне еще существующих растений и животных, тем более находящихся под угрозой исчезновения, представляет собой единый общенародный капитал. К сожалению, ценность его еще не осознана обществом в полной мере, но и без этого ясно, что при неуклонном обеднении природы девственные ландшафты будут цениться еще дороже.

В природе нет ни административных, ни национальных границ, она вне политики, и абсурдно делить ее по этим критериям. Именно поэтому заповедники должны быть общегосударственной собственностью, сохранить их неприкосновенность — долг и государства, и каждого его гражданина в отдельности, и всех вместе.

Охранять природу страны можно, только основываясь на общих государственных структурах управления через систему законов, которые ограждали бы природу от разрушительного использования. Однако, несмотря на столь длительный опыт территориальной охраны природы, такого действующего законодательства до сих пор нет ни на союзном, ни на республиканском,

ни на местном уровне. Чтобы предотвратить деформацию заповедной системы, что, к сожалению, вполне реально, нужно срочно пересмотреть законодательство, регулирующее организацию заповедников, их финансирование и управление ими.

Необходимо приостановить, возможно Указом Президента, все действия местных органов власти по закрытию, изменению площади, границ, режима, а также подчиненности и государственных заповедников, и тех, которые входят в сферу международной природоохранной деятельности, например биосферных, а также заповедников, внесенных в международный Список водно-болотных угодий, иначе СССР нарушит Рамсарскую конвенцию 1971 г. Посыпательства местных властей на заповедные участки приобретают, и довольно быстро, чудовищные формы. Так, в Кызылагачском заповеднике (Азербайджан), который входит в упомянутый Список, осенью 1990 г. был убитен буквально разбойной массой расстрел пролетных и оставшихся на зимовку уток и лысух на местах их отдыха и кормежки. Видимо, стремление к суверенитету и слепая борьба за право собственности затмили разум тех, собравшись группами по несколько десятков человек, уничтожал птиц, и тех из местных властей, кто попустительствовал разбою. Это чистейшее варварство и преступление против природы! Территория нынешнего заповедника веками служила важнейшим на Каспийском море миграционным пунктом и местом массовой зимовки сотен тысяч водоплавающих птиц, слетавшихся сюда из Западной Сибири и Северного Казахстана. Не нужно быть провидцем, чтобы предсказать печальную судьбу этих традиционных мест зимовки водоплавающих.

Местные органы власти, как правило, противятся реализации программы развития сети особо охраняемых территорий до 2000 г. (заповедников, национальных парков, заказников, памятников природы), утвержденной постановлением Совета Министров СССР «О неотложных мерах по укреплению экологического оздоровления страны». Они требуют за отвод земель колоссальные суммы, хотя здравый смысл подсказывает, что нужно — предусмотреть безвозмездную передачу заповедникам, в том числе и вновь организуемым, земель из государственного земельного фонда, лесного и сельского хозяйства, более того — освободить охраняемые территории от уплаты земельного налога.

Бездумная и чаще всего безграмотная экономическая политика в экологии,

жертвами которой становятся заповедники, приводит к их угасанию и гибели. Эта же политика может оттолкнуть потенциальных западных партнеров, готовых участвовать в исправлении положения в «зонах социально-экологического риска», вложив свои капиталы.

Влияние пагубных веяний испытывает на себе и наука в заповедниках. Важнейшее звено научных исследований в них — хронологическое описание природных объектов, составляющее Летопись природы. Эта Летопись уникальна (как, впрочем, и сама система отечественных заповедников) — ни в одном заповеднике мира ее нет. Исследования ведутся по общим для всех заповедников принципам, из года в год фиксируется состояние обязательного минимума объектов. В Летописи отражаются общие закономерные процессы, а в специально разрабатываемых темах — более конкретные и глубокие для каждого региона.

Если заповедная система как целое будет разрушена, мы лишимся обширнейшей (накопленной за многие годы и даже десятилетия) информации, которая позволяет сопоставить материалы о природе прошлых лет с нынешними. А ведь это — основа слежения за фоновыми изменениями в экосистемах биосферы.

В последние годы в научные исследования все чаще внедряются ЭВМ. Казалось бы, это только на пользу, но чрезмерное увлечение ими приводит к пренебрежению систематическим сбором первичного материала в естественных условиях, полевым работам не уделяется должного внимания, формируется ложное представление о всеобъемлющих возможностях ЭВМ. Но ведь это лишь механизм, позволяющий оптимизировать обработку первичного материала, он не освобождает от получения исходных данных непосредственно в природе. Внедрение ЭВМ в научные исследования в заповедниках не должно быть самоцелью. Никто не оспаривает мысли, что накопившиеся в них уникальные материалы нужно перевести на машинное хранение, создать банки данных и каждого заповедника, и их региональной системы или даже единый банк. Сотрудники заповедников заинтересованы во взаимной информации и сопряженности научных исследований, но не за счет нарушения устоявшихся принципов научной работы в условиях, которые обеспечивает только заповедный режим. Замена длительного, систематического стационарного сбора первичной информации в заповедниках игра-

ми на ЭВМ ничего, кроме непоправимого ущерба, не принесет, в первую очередь для Летописи природы.

Совершенствованию Летописи способствовала работа Комиссии АН СССР по координации научных исследований в заповедниках, организованной в 1982 г. при Президиуме Академии наук. Комиссия действительно стала координационным центром благодаря активному участию в ней квалифицированных ученых и специалистов и самоотверженной работе ее ученого секретаря Т. М. Корнеевой. Кроме шести всеобщих совещаний комиссия организовала семь региональных школ-семинаров по ведению Летописи природы в заповедниках лесостепной и степной зон; лесной зоны Европейской части; Кавказа, Казахстана и Средней Азии; Сибири и Дальнего Востока. Школы-семинары, собиравшие от 40 до 100 человек, укрепили живой контакт комиссии с заповедниками. Налажен выпуск тематических сборников серии «Проблемы заповедного дела» в издательстве «Наука» (пять выпусков). Публикация брошюр оперативно-информационных материалов «Флора и фауна заповедников СССР» в виде кратко аннотированных списков растений и животных (вышло около 40) высоко оценена ботаниками и зоологами. Эта информация позволяет ценнейшим фаунистическим и флористическим материалам, собранным в заповедниках за многие годы, перейти из категории недоступного мертвого капитала в обрабатываемый, который может быть использован не только сотрудниками других заповедников, но и всеми исследователями в этой области. С целью оптимизации сбора и обработки первичных материалов для Летописи и научных исследований опубликовано пять научно-методических пособий.

Многое из перечисленного могло быть предметом публикации в специальном едином периодическом издании, нужда в котором совершенно очевидна, ибо общей информации о современном состоянии отечественного заповедного дела явно недостает. Учредителем такого издания могла бы стать та же комиссия при участии всех заповедников. Так возродилась бы традиция регулярных публикаций, которая существовала в 30—40-е годы, когда Комитет по заповедникам издавал «Научно-методические записки». Научный потенциал заповедников достаточно высок, чтобы обеспечить подобное периодическое издание. Поручкой тому и молодые исследователи, и опытная старая гвардия — В. В. Бианки, Л. В. ЗаблOCKая, М. Л. Калецкая, С. Г. Приклонский, Т. Б. Ардамацкая, К. А. Кудинов, Г. А. Кривоносов,



Уникальный ландшафт кальдеры потухшего вулкана Узон в Кроноцком заповеднике — природное наследие мирового значения.

Фото В. Ф. Семенова



Оз. Парящее в одном из немногих геотермальных участков Земли — Кроноцком заповеднике на Камчатке.

Фото В. Ф. Семенова

Тонкоклювая чайра и тупики тысячами гнездятся на скалах прибрежных островов Баренцева моря в Кандалькшском заповеднике.

Фото В. Ф. Семенова



Д. В. Бондарев, А. Е. Луговой, Н. С. Бойко и многие другие. Работа в заповедниках в течение 25—40 лет (а некоторых и дольше) стала делом их жизни. Можно сколько угодно декларировать перспективные концепции и прогрессивные программы, но без таких преданных идеям и делу ученых они, увы, останутся лишь прекрасными намерениями.

Заповедники — не только научные учреждения, но и центры экологического просвещения, много делающие для преодоления в сознании людей философии антропоцентризма (человек — царь природы), осознания себя неотъемлемой частью биосферы, признания за природой прав на независимое от хозяйственной деятельности существование. Роль заповедников в охране природы можно уподобить роли церкви в духовной жизни человечества.

Все здесь описанное было предметом обсуждения на Всесоюзной конференции «Заповедники СССР, их настоящее и будущее», проходившей в ноябре прошлого года в Новгороде. Собрание было многолюдным: только приезжих — 358, не считая присутствовавших новгородцев. Отрадно,

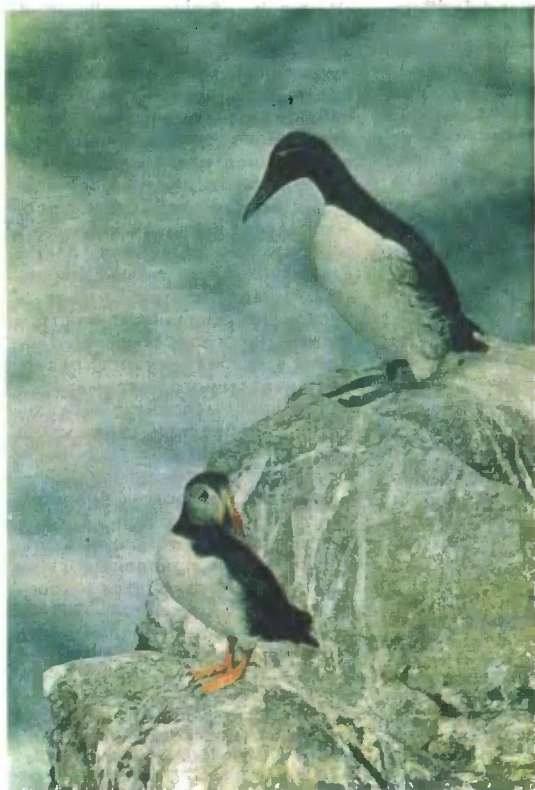
что среди участников было 133 представителя заповедников; 128 — научно-исследовательских институтов (из них 92 — академических), сейчас или в прошлом связанных в своей работе с заповедниками, 62 — вузов и 29 — Министерства природопользования и охраны окружающей среды СССР. Было представлено 64 заповедника: 40 российских, 8 украинских, 12 казахстанских и среднеазиатских, 2 белорусских, молдавский и кавказский. Среди них и такая «старая гвардия», как Астраханский, Березинский, Лапландский, Окский, Черноморский, Печоро-Илычский, Воронежский, Хоперский, Приокско-Террасный, Баргузинский, и совсем «молодые» — Зейский, Бурейский, Усть-Ленский, Полесский и др. География заповедников очень широка — от Кандалакшского и «Острова Врангеля» на севере до Копетдагского и Бадхызского на юге, от «Кодр» и «Росточья» на западе до Кроноцкого и Дальневосточного морского на востоке.

Кроме современного состояния заповедного дела на конференции обсуждались актуальные направления научных исследований и их организация; перспективы развития сети особо охраняемых территорий; состояние экосистем заповедников; динамика растительности; исследование животных — позвоночных, беспозвоночных и паразитических.

Конференция завершилась не привычной формальной резолюцией, которая обычно очень редко воплощается в жизнь, а подписанным всеми участниками конференции обращением к Президенту СССР М. С. Горбачеву, Верховному Совету СССР и Верховным Советам союзных республик. В обращении сжато изложены принципиально важные проблемы и самые главные, не терпящие отлагательства шаги по спасению и сохранению системы заповедников Советского Союза.

Заповедники и заповедная система в целом — достояние, которое мы обязаны сохранить, умножить и передать потомкам. Мы все несем ответственность перед мировым сообществом и будущими поколениями за сохранение самовосстановительного потенциала природы и поддержание сферы жизни в пригодном для людей состоянии. Первостепенной задачей сейчас должно быть сохранение территориальной структуры заповедников, включая их охраняемые зоны, но главное — целостности всей заповедной системы.

Защита природы в эпоху экологических катастроф равносильна защите Отечества. К этому зовут всех новгородский вечевой колокол.



## На краю ойкумены каменного века

В. В. Питулько

Институт истории материальной культуры АН СССР  
Ленинград

**РАСКОПКИ**, предпринятые лейтенантом российского флота Г. А. Сарычевым летом 1787 г. близ устья р. Колымы, положили начало археологическим исследованиям в Арктике.

За прошедшие 200 с лишним лет накоплен довольно большой объем информации, открыты сотни памятников, оставленных населением, осваивавшим Заполярье на протяжении нескольких последних тысячелетий. Значительны результаты, добытые начиная с 30-х годов нашего столетия Н. Н. Гуриной, А. П. Окладниковым, а позднее, в 60—80-е годы, Л. П. Хлобыстиным, Ю. А. Мочановым, Н. Н. Диковым, благодаря усилиям которых целые регионы — п-ов Таймыр, Якутия, Северо-Восток Азии — перестали быть белыми пятнами на археологических картах. Исследованиями были охвачены преимущественно континентальные, реже — прибрежные районы Северного Ледовитого океана (прежде всего Кольского и Чукотского п-овов с прилегающими островами). Собственно арктические острова становились объектом исследований сравнительно редко; можно упомянуть здесь экспедиции Окладникова на о-ва Фаддея и Симса, Хлобыстина — на о. Вайгач, Мочанова — на о. Большой Ляховский, раскопки Н. Н. Дикова и Т. С. Теина на о. Врангеля, В. Ф. Старкова — на Шпицбергена. Все эти работы связаны с довольно пестрой в историческом плане проблематикой<sup>1</sup>.

Однако наиболее важным для исследователей, связавших свою судьбу с изучением древ-

ностей Арктики, всегда оставался вопрос о времени первоначального освоения этого сурового края, характере и темпах этого процесса, а также о факторах, в той или иной мере управлявших им.

Огромное значение имели позднелейстоценовые — раннеголоценовые изменения природной среды: позднеюрское (сартанское) оледенение (с максимумом 20—18 тыс. лет назад), связанная с ним регрессия Полярного бассейна и последовавшее затем общепланетарное потепление, сопровождавшееся разрушением ледниковых покровов, повышением уровня океана и общей перестройкой экосистем. Очевидно, что одни и те же явления имели разные последствия для разных регионов.

Начало освоения запада Евразийского континента — Фенноскандии и Кольского п-ова — стало возможным только после существенной деградации североευропейских ледников. Наиболее ранние следы пребывания здесь человека имеют возраст 9—10 тыс. лет<sup>2</sup>. Крайний Северо-Восток был заселен несколько позднее — 7—8 тыс. лет назад. Заполярные территории Западной Сибири и Таймыра пока исследованы только в южной части, где наиболее ранние свидетельства пребывания человека относятся примерно к тому же времени<sup>3</sup>.

Ситуация, сложившаяся в Восточной Сибири 20—18 тыс. лет назад, принципиально отли-

чалась от североευропейской. Если на Севере Европы ледники долго сдерживали продвижение человека в более высокие широты, то здесь вследствие понижения уровня океана (одной из причин которого стал рост североευропейских ледников) осушились огромные пространства современной шельфовой зоны. Понижение уровня океана оценивается различными авторами в 100 и более метров. Береговая линия располагалась далеко к северу от современного положения. Участками сплошной арктической суши были Новосибирские о-ва, включая по крайней мере южную группу островов Де-Лонга. Установлено, что в Восточной Сибири, даже в сартанский максимум, значительных по площади покровных ледников не было; наблюдалось преимущественно оледенение горно-долинного типа. Большое развитие получило подземное оледенение, и в пределах арктической суши сформировался «великий сибирский финкс» — обширная лессоведая равнина, реликтами которой являются Колымская и Яно-Индигирская низменности, а также Новосибирские о-ва. Здесь в условиях сухого, резкоконтинентального климата с холодными малоснежными зимами преобладали тундростепные ландшафты с обильной фауной мамонтова комплекса — мамонтом, носорогом, бизоном, дикой лошадью и т. п.<sup>4</sup> Скорее всего, изобилие объектов охоты должно было привлекать сюда охотников, появившихся на территории современной Якутии более 30 тыс. лет назад. Однако сколь-нибудь далеко к северу

<sup>1</sup> Хлобыстин Л. П. 200 лет арктической археологии // Кр. сообщ. Ин-та археологии АН СССР (КСИА). 1990. № 200. С. 3—8.

<sup>2</sup> Шумкин В. Я. К вопросу о формировании хозяйственно-культурных типов у древнего населения Кольского полуострова // КСИА. 1988. № 193. С. 9—15.

<sup>3</sup> Хлобыстин Л. П. О древнем заселении Арктики // XI конгресс ИНКВА. Т. 1. М., 1982.

<sup>4</sup> Томирдиаро С. В. Лессово-ледовая формация Восточной Сибири в позднем плейстоцене и голоцене. М., 1980.



Район археологических исследований в Арктике.

их следы неизвестны. Позднепалеолитические охотники достигли уже 71° с. ш., как об этом свидетельствуют находки со стоянки Берелех (возраст около 13 тыс. лет), исследованной Н. И. Верещагиным и Ю. А. Мочановым<sup>5</sup>. Возможно, они заходили и севернее. В частности, Мочанов на о. Бол. Ляховский обнаружил скопление костей мамонта, носорога, лошади, очевидно, разбитых человеком. В это время очертания равнины были, видимо, еще относительно стабильны, но вскоре она была разрушена и затоплена в ходе предголоценовой - раннеголоценовой трансгрессии океана<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Мочанов Ю. А. Древнейшие этапы заселения человеком Северо-Восточной Азии. Новосибирск, 1977.

<sup>6</sup> Дегтяренко Ю. П., Пуминов А. П., Благовещен-

ский М. Г. Распад Новосибирского выступа — последнего крупного реликта арктической суши — на современную островную систему завершился сравнительно недавно; их береговые линии нестабильны и сейчас.

К раннеголоценовому времени относится и уникальное, бесспорно, древнейшее в высокоширотной Арктике, поселение, исследованное в 1989—1990 гг. на о. Жохова (76° с. ш., архипелаг Де-Лонга, Новосибирские о-ва). Эти работы имели свою предысторию.

Летом 1967 г. механик полярной станции о. Жохова И. Е. Жидков обнаружил в юго-

ский М. Г. Береговые линии восточноарктических морей в позднем плейстоцене и голоцене // Коллебания уровня морей и океанов за 15 000 лет. М., 1982.



11,5 тыс. лет назад



10 тыс. лет назад



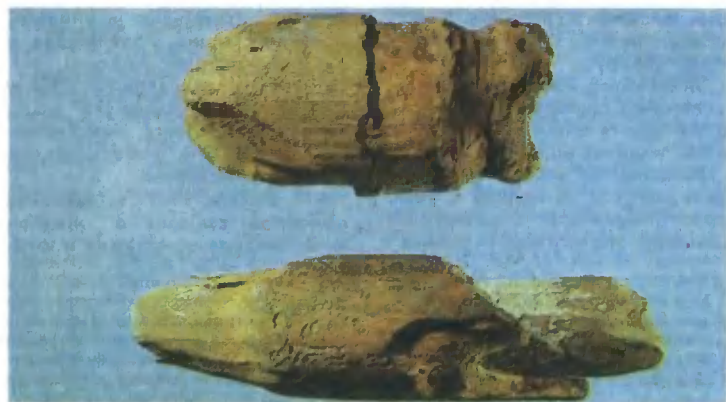
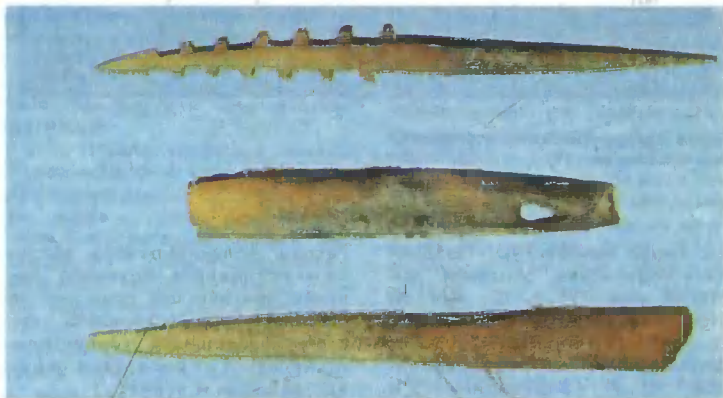
7 тыс. лет назад

Фазы трансгрессии Северного Ледовитого океана в позднем плейстоцене — голоцене.

западной части острова несколько предметов, явно созданных человеком. Часть из них впоследствии была утрачена, но два крупных грубых орудия типа пешни или мотыги, изготовленных из бивня мамонта, оказались в начале 70-х годов в Ленинградском отделении Института археологии. О способе их изготовления (поскольку они были заметно окатаны), а тем более о возрасте судить было трудно. Подобные орудия известны у эскимосов. Однозначно датировать их невозможно, и Л. П. Хлобыстин справедливо определял их возраст в широких пределах, а на археологической карте Арктики находка обозначена как относящаяся к эпохе железа — в здешних условиях это последние 2—2,5 тыс. лет. Организовать экспедицию тогда не представилось возможным. Большую роль в



Вид на раскоп и стоянку древнего человека на о. Жозова.



Находки из культурного слоя: наконечники гарпуна или остроги, вкладышевые ножи; крупные мотыговидные орудия из бивней мамонта.

Фото Б. И. Иванова

дальнейшей судьбе этого памятника сыграл сотрудник Арктического и Антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ) В. М. Макеев — геолог и палеогеограф, специалист по проблемам позднего плейстоцена-голоцена азиатской высокоширотной Арктики, много лет проработавший на островах Арктического бассейна. По собранным им сведениям другой сотрудник ААНИИ, С. А. Касель, зимовавший на о. Жохова в 1985/86 г., нашёл этот памятник, а кроме того, собрал и доставил кости различных животных, рога оленей, куски дерева, на которых имелись повреждения, явно нанесенные человеком, и, как удалось выяснить трасологу А. К. Филипову, сделанные каменными орудиями. Первый же образец, исследованный радиоуглеродным методом, дал возраст  $8930 \pm 180$  лет. Об этих фактах упоминалось на совещании 1987 г., посвященном 200-летию арктической археологии, а весной 1989 г. благодаря настойчивым усилиям В. М. Макеева впервые представилась возможность провести на о. Жохова археологические работы. Они велись в рамках программы комплексных палеогеографических исследований на Новосибирских о-вах Отделом географии полярных стран ААНИИ.

Исследования, в которых принимал участие и автор, показали, что памятник, расположенный на юго-западе острова, занимает значительную площадь — около 8 тыс. м<sup>2</sup> и, видимо, неоднократно посещался древними охотниками. Материалы, добытые при раскопках, имеют ярко выраженный мезолитический характер. Здесь найдено множество призматических микронуклеусов и микропластинок, шлифованные орудия из камня — долота, тесла. Это

сочетание совершенно не характерно для восточносибирских памятников, существовавших одновременно со стоянкой на о. Жохова. Изделия из кости многочисленны и разнообразны — это вкладышевые и не-вкладышевые наконечники стрел, копий, дротиков, иногда украшенные скрутым орнаментом из нарезок; вкладышевые ножи, гарпун или острога с несколькими зубьями, мотыговидные орудия из рога и бивня. Метательное и колющее оружие изготовлено из разных материалов — бивня, рога, кости, моржового клыка. Органика сохранилась исключительно хорошо благодаря вечной мерзлоте. Найдено много изделий из дерева, среди них — древки стрел, фрагменты посуды и целые ковши и корытца, но самое интересное — деревянный полоз нарты: в сочетании с другими находками (костями собак) он свидетельствует об использовании собачьих упряжек и заставляет пересмотреть прежние представления о древности этого способа передвижения.

Возраст памятника, определенный по серии радиоуглеродных датировок, — около 8 тыс. лет, что как минимум вдвое превосходит возраст памятников, известных в высокоширотной Арктике. Вероятно, в это время остров уже был отделен от Новосибирского выступа более или менее широким проливом, который легко можно было преодолеть по льду. Скорее всего, на острове располагался сезонный лагерь охотников, добывавших, причем в равных количествах, северных оленей и белых медведей (все определения фауны выполнены А. К. Каспаровым). Использование белого медведя в качестве источника пропитания выглядит несколько странно: этот

зверь не только опасен, но и очень неудобен для охоты, так как ведет одиночный образ жизни. Кроме того, хотя памятник расположен поблизости от моря, добыты лишь единицы морских животных, что подтверждает принадлежность древнего населения острова к классическому типу континентальных охотников.

Таким образом, очевидно, что 8 тыс. лет назад практически вся арктическая суша, вплоть до самых отдаленных участков, оказалась освоенной человеком. Но впервые ли? На этот вопрос пока ответить сложно.

В заключение хотелось бы обратить внимание на то, что, хотя первым археологическим находкам в Арктике уже более 200 лет, мы до сих пор знаем удивительно мало о древнем прошлом этого сурового края. Накопление информации все еще носит стихийный характер — в том смысле, что практически отсутствует единая и финансируемая целевым способом исследовательская программа, крайне необходимая в условиях Севера, где многие памятники утрачиваются как в силу естественных процессов, так и вследствие разрушительного воздействия человека на окружающую среду, а часть из них попросту расхищается любителями сувениров (такая судьба, например, постигла древнеэскимское поселение на о. Четырехстолбовом); отсутствует национальный центр гуманитарных арктических исследований, подобный существующим в Швеции, Дании, Канаде и других странах. Будет ли создан такой центр? Такие программы? А ведь наша страна владеет примерно половиной всех арктических территорий.

# Эволюционная теория пола

В. А. Геодакян



Виген Артаваздович Геодакян, доктор биологических наук, старший научный сотрудник Института эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР. Биолог-теоретик. Научные интересы — связанные с полом проблемы эволюции, генетики, экологии, асимметрии мозга и психологии, а также вопросы информации и организации систем.

**Н** И ОДИН природный феномен не вызывал такого интереса и не содержал так много загадок, как пол. Проблемой пола занимались крупнейшие биологи: Ч. Дарвин, А. Уоллес, А. Вейсман, Р. Гольдшмидт, Р. Фишер, Г. Меллер. А загадки оставались, и современные авторитеты продолжали говорить о кризисе эволюционной биологии. «Пол — главный вызов современной теории эволюции... королева проблем эволюционной биологии», — считает Г. Белл. «Интуиции Дарвина и Менделя, которые осветили так много загадок, не смогли справиться с центральной загадкой полового размножения»<sup>1</sup>. Для чего существуют два пола? Что это дает?

Главные преимущества полового размножения принято связывать с обеспечением генетического разнообразия, подавлением вредных мутаций, препятствием для близкородственного скрещивания — инбридинга. Однако все это результат оплодотворения, которое есть и у гермафродитов, а не дифференциации (разделения) на два пола. К тому же комбинаторный потенциал гермафродитного размножения в два раза выше, чем раздельнополого, а количественная эффективность бесполовых способов в два раза выше, чем половых. Выходит, раздельнополый способ — худший? Почему же тогда все эволюционно прогрессивные формы животных (млекопитающие, птицы, насекомые)<sup>1</sup> и растений (двудомные) раздельнополы?

Автор этих строк еще в начале 60-х годов высказал мысль, что дифференциация полов — это экономная форма информационного контакта со средой, специализация по двум главным аспектам эволюции — консервативным и оперативным<sup>2</sup>. За прошедшее с той поры время удалось вскрыть целый ряд закономерностей и создать теорию, которая объясняет с единых позиций множество разнообразных фак-

<sup>1</sup> Bell G. The Masterprice of Nature. The Evolution and Genetics of Sexuality. London, 1982.

<sup>2</sup> Геодакян В. А. // Пробл. передачи информ. 1965. Т. 1. № 1. С. 105—112.

тов и предсказывает новые. Суть теории и будет представлена в статье.

## ДВА ПОЛА — ДВА ПОТОКА ИНФОРМАЦИИ

Идея эволюции включает два непрерывных противоположных аспекта — **сохранения** и **изменения**. Эволюционирует как система, так и среда, но поскольку среда всегда больше системы, то она и диктует эволюцию системы. От среды идет деградирующая информация (мороз, жара, хищники, паразиты), система, чтобы лучше сохраниться, должна быть «подальше» (в информационном смысле) от среды, т. е. устойчивой, стабильной. Но от среды же идет и полезная информация о том, как нужно меняться, для получения которой системе надо быть «поближе» к среде, т. е. чувствительной, лабильной.

В принципе для системы возможны два решения этого конфликта: быть на некотором оптимальном «расстоянии» от среды или разделиться на две сопряженные подсистемы — консервативную и оперативную, первую «убрать подальше» от среды, чтобы сохранить имеющуюся информацию, а вторую «приблизить» к среде для получения новой. Второе решение повышает общую устойчивость системы, поэтому часто встречается среди эволюционирующих, адаптивных, следящих систем (независимо от их конкретной природы) — биологических, социальных, технических и т. д. Именно в этом эволюционная логика дифференциации полов. Бесполое формы «придерживаются» первого решения, раздельнополые — второго.

Если выделить два потока информации: **генеративный** (передача генетической информации от поколения к поколению, из прошлого в будущее) и **экологический** (информация от среды, из настоящего в будущее), — то легко убедиться, что два пола по-разному участвуют в них. В эволюции пола на разных стадиях и уровнях организации появился целый ряд механизмов, которые последовательно обеспечивали более тесную связь женского пола с генеративным (консервативным) потоком, а мужского — с экологическим (оперативным). Так, у мужского пола по сравнению с женским выше частота мутаций, меньше аддитивность наследования родительских признаков, уже норма реакции, выше агрессивность и любознательность, активнее поисковое, рискованное поведение и другие качества, «приближающие к среде». Все они, целенаправленно вынося мужской пол

на периферию распределения, обеспечивают ему преимущественное получение экологической информации. Другая группа особенностей — огромная избыточность мужских гамет, их малые размеры и высокая подвижность, большая активность и мобильность самцов, их склонность к полигамии и другие этолого-психологические свойства. Длительные периоды беременности, кормления и заботы о потомстве у самок, фактически повышая эффективную концентрацию мужских особей, превращают мужской пол в «избыточный», стало быть, «дешевый», а женский — в дефицитный и более ценный.

Это приводит к тому, что отбор действует в основном за счет отстранения мужских особей, «избыточности» и «дешевизна» позволяют ему работать с большими коэффициентами. В результате в популяции уменьшается число мужских особей, но большие потенциальные возможности позволяют им оплодотворить все женские. Малое число мужских особей передает потомству столько же информации, сколько и большое число женских, иными словами, канал связи с потомством у мужского пола шире, чем у женского. Значит, генетическая информация, переданная по женской линии, репрезентативнее, а по мужской селективнее, т. е. в женской линии полнее сохраняется прошлое разнообразие генотипов, в мужской — сильнее меняется средний генотип.

Перейдем к популяции — элементарной эволюционирующей единице.

Любая раздельнополая популяция характеризуется тремя основными параметрами: **соотношением полов** (отношением числа мужских особей к числу женских), **дисперсией полов** (отношением значений дисперсии признака, или его разнообразия, у мужских и женских особей), **половым диморфизмом** (отношением средних значений признака для мужского и женского полов). Приписывая женскому полу консервативную миссию, а мужскому — оперативную, теория связывает эти параметры популяции с условиями среды и эволюционной пластичностью вида.

В стабильной (оптимальной) среде, когда нет необходимости ничего менять, сильные консервативные тенденции и эволюционная пластичность минимальна. В движущей (экстремальной) среде, когда требуется повысить пластичность, усиливаются оперативные тенденции. У одних видов, скажем низших ракообразных, эти переходы осуществляются переключением с одного типа размножения на другой (например, в опти-

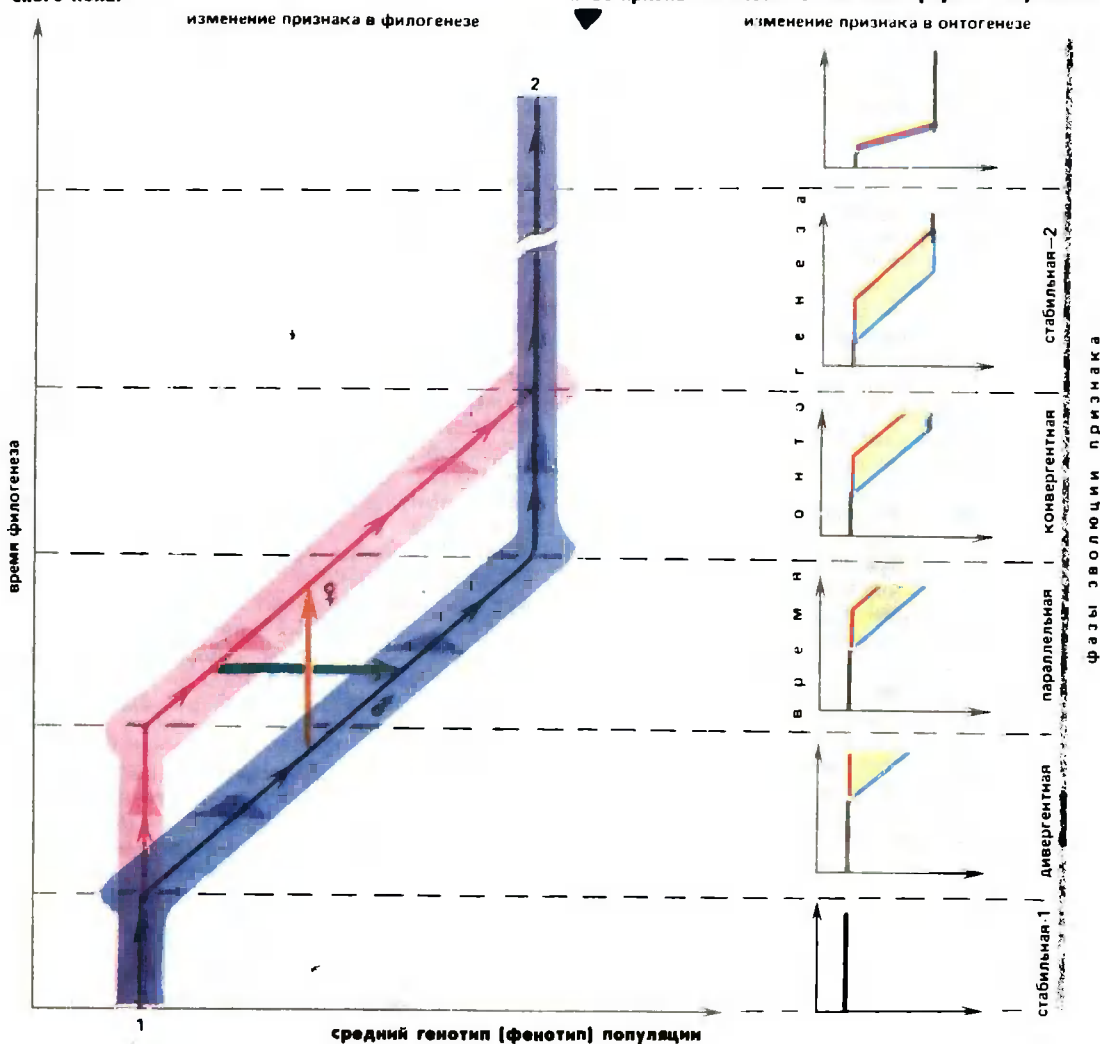




популяции повторяется из поколения в поколение, значит, сохраняется и среднее значение любого признака.

В движущей среде фенотипическое распределение сдвигается в направлении действия отбора, причем из-за широкой нормы реакции женского пола этот сдвиг (на уровне организмов) сильнее, чем у мужского. Так возникает временный половой диморфизм по признаку (зеленая штриховая стрелка). В зоне действия естественного отбора мужские особи погибают, в зоне полового — отстраиваются от размножения, остается лишь узкий спектр генотипов, которые и сохраняются в гаметех. Разнообразия женских генотипов почти не меняется и воспроизводится в гаметех. Слияние гамет не приводит к полному перемешиванию генетической информации (о чем свидетельствует «отцовский» эффект), поэтому генотипы «мужских» зигот-II распределяются по-новому, а генотипы «женских» остаются такими же, как в зиготах-I. Так за одно поколение возникает генотипический половой диморфизм (толстая зеленая стрелка), который из поколения в поколение накапливается и растет. Следовательно, траектория эволюции любого признака раздваивается на мужскую и женскую ветви за счет изменений генотипов мужского пола.

Схема эволюции признака в филогенезе и его развитие в онтогенезе раздельнополой популяции. В первой фазе (стабильная-I) признак имеет минимальную дисперсию и неизменное среднее значение (1), которое аслед за средой начинает меняться сначала у мужского пола (дивергентная фаза). Возникает и постоянно растет генотипический половой диморфизм по признаку. Затем дисперсия расширяется, признак меняется и у женского пола (параллельная фаза) и эволюционирует с одинаковой скоростью у обоих полов; половой диморфизм постояен (горизонтальная стрелка). Дистанция между полами по хронологической оси — дигризм — показана вертикальной стрелкой. Когда признак приобретает стабильное значение (2), дисперсия его сужается и эволюция превращается сначала у мужского пола, а затем у женского (конвергентная фаза), половой диморфизм уменьшается и исчезает. Эти же фазы прослеживаются в онтогенезе. И в филогенезе, и онтогенезе признак меняется от женской формы к мужской.



мальных условиях — партеногенетический, в экстремальных — раздельнополюй). У большинства же раздельнополюй видов эта регуляция плавная: в оптимальных условиях основные характеристики понижаются (падает рождаемость мужских особей, сужается их дисперсия, уменьшается половой диморфизм), а в экстремальных — растут (это экологическое правило дифференциации полов).

Так как экологический стресс приводит к их резкому росту, эти параметры популяции могут служить индикатором состояния экологической ниши. В этой связи показательно, что рождаемость мальчиков в Каракалпакии за последнее десятилетие повысилась на 5%. Согласно экологическому правилу, основные параметры должны расти при любых природных или социальных катаклизмах (сильные землетрясения, войны, голод, переселения и т. д.). Теперь об элементарном шаге эволюции.

### ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ОДНОМ ПОКОЛЕНИИ

Генотип — это программа, которая в разных средах может реализоваться в один из целого спектра фенотипов (признаков). Стало быть, в генотипе записано не определенное значение признака, а диапазон возможных значений. В онтогенезе реализуется один, самый подходящий для конкретной среды фенотип. Следовательно, генотип задает диапазон реализаций, среда «выбирает» точку внутри этого диапазона, ширина которого и есть норма реакции, характеризующая степень участия среды в определении признака<sup>3</sup>.

По одним признакам, например группе крови или цвету глаз, норма реакции узкая, поэтому среда фактически не влияет на них; по другим — психологическим, интеллектуальным способностям — очень широкая, поэтому многие связывают их только с влиянием среды, т. е. воспитанием; третьи признаки, скажем рост, масса, занимают промежуточное положение.

С учетом двух различий полов — по норме реакции (которая шире у женских особей) и сечению канала связи (шире у мужских особей) — рассмотрим преобразование генетической информации в одном поколении, т. е. от зигот до зигот, в ста-

билизирующей и движущей среде. Допустим, что исходное распределение генотипов в популяции одинаково для мужских и женских зигот, т. е. половой диморфизм по рассматриваемому признаку отсутствует. Чтобы из распределения генотипов зигот получить распределение фенотипов (организмов до и после отбора), из него, в свою очередь, распределение генотипов яйцеклеток и спермиев, и, наконец, распределение зигот следующего поколения, достаточно проследить превращения двух крайних генотипов зигот в крайние фенотипы, крайние гаметы и снова в зиготы. Остальные генотипы промежуточные и останутся таковыми во всех распределениях.

Более широкая норма реакции женского пола позволяет ему за счет модификационной пластичности покинуть зоны отбора, сохранить и передать потомству весь спектр исходных генотипов. Узкая норма реакции мужского пола заставляет его остаться в зонах элиминации и подвергнуться интенсивному отбору. Поэтому мужской пол передает следующему поколению только узкую часть исходного спектра генотипов, максимально соответствующую условиям среды в данный момент. В стабилизирующей среде это средняя часть спектра, в движущей — край распределения. Значит, генетическая информация, переданная женским полом потомству, более репрезентативна, а переданная мужским — более селективна. Интенсивный отбор уменьшает число мужских особей, но так как на образование зигот требуется равное число мужских и женских гамет, мужским особям приходится оплодотворять не одну женскую. Широкое сечение канала мужского пола это позволяет. Следовательно, в каждом поколении популяции яйцеклетки широкого разнообразия, несущие информацию о прошлом богатстве генотипов, сливаются со спермиями узкого разнообразия, генотипы которых содержат информацию только о самых подходящих для текущих условий среды. Таким образом, следующее поколение получает информацию о прошлом по материнской линии, о настоящем — по отцовской.

В стабилизирующей среде средние генотипы мужских и женских гамет одинаковы, отличаются только их дисперсии, поэтому генотипическое распределение зигот следующего поколения совпадает с исходным. Единственный результат дифференциации полов при этом сводится к расплате популяции за экологическую информацию «более дешевым» мужским полом. Иная картина в движущей среде, где изменения

<sup>3</sup> Подробнее см.: Геодакян В. А. Эволюционная логика дифференциации полов // Природа. 1983. № 1. С. 70—80.

затрагивают не только дисперсии, но и средние значения генотипов. Возникает генотипический половой диморфизм гамет, представляющий собой не что иное, как запись (фиксацию) экологической информации в распределении мужских гамет. Какова его дальнейшая судьба?

Если отцовская генетическая информация передается сыновьям и дочерям стохастически, при оплодотворении она полностью смешивается и половой диморфизм исчезнет. Но если существуют какие-либо механизмы, препятствующие полному смешиванию, некоторая доля этой информации попадет от отцов только к сыновьям и, значит, часть полового диморфизма сохранится у зигот. А такие механизмы существуют. Например, только к сыновьям попадает информация из генов Y-хромосомы; по-разному проявляются гены у потомков, в зависимости от того, унаследованы они от отца или матери. Без подобных барьеров трудно объяснить также доминирование отцовского генотипа у потомков от реципрокных скрещиваний, известное в животноводстве, скажем, высокая удоимость коров, передаваемая через быка. Все это позволяет считать, что достаточно только различий полов по норме реакции и сечению канала связи, чтобы в движущей среде уже в одном поколении возник генотипический половой диморфизм, который при смене поколений будет накапливаться и расти.

### ДИМОРФИЗМ И ДИХРОНИЗМ В ФИЛОГЕНЕЗЕ

Итак, когда для данного признака стабилизирующая среда становится движущей, начинается эволюция признака у мужского пола, а у женского он сохраняется, т. е. наступает дивергенция признака, из мономорфного он превращается в диморфный.

Из нескольких возможных эволюционных сценариев позволяют выбрать единственный два очевидных факта: эволюционируют оба пола; существуют признаки как моно-, так и диморфные. Это возможно лишь в том случае, если фазы эволюции признака у полов сдвинуты по времени: у мужского изменение признака начинается и заканчивается раньше, чем у женского. При этом, согласно экологическому правилу, минимальная в стабилизирующей среде дисперсия признака расширяется с началом эволюции и сужается по его завершению.

Траектория эволюции признака раздваивается на мужскую и женскую ветви, появляется и растет половой диморфизм. Это дивергентная фаза, в которой скорость эволюции и дисперсия признака боль-

ше у мужского пола. Через много поколений и у женского пола начинает расширяться дисперсия и меняться признак. Половой диморфизм, достигнув оптимума, остается постоянным. Это параллельная фаза: скорости эволюции признака и его дисперсии у обоих полов постоянны и равны. Когда у мужского пола признак достигает нового, стабильного значения, дисперсия сужается и эволюция прекращается, но еще продолжается у женского пола. Это конвергентная фаза, в которой скорость эволюции и дисперсия больше у женского пола. Половой диморфизм постепенно уменьшается и, когда признак у полов становится одинаковым, исчезает, а дисперсии выравниваются и становятся минимальными. Этим завершается диморфная стадия эволюции признака, за которой снова следует мономорфная, или стадия стабильности.

Таким образом, вся филогенетическая траектория эволюции признака состоит из чередующихся мономорфных и диморфных стадий, наличие же самого диморфизма теория рассматривает как критерий эволюции признака.

Итак, половой диморфизм по любому признаку тесно связан с его эволюцией: появляется с ее началом, сохраняется, пока она идет, и исчезает, как только эволюция кончается. Значит, половой диморфизм — следствие не только полового отбора, как считал Дарвин, но любого: естественного, полового, искусственного. Это неперменная стадия, модус эволюции любого признака у раздельнополых форм, связанная с образованием «дистанции» между полами по морфологической и хронологической осям. Половой диморфизм и половой дихронизм — это два измерения общего явления — дихроморфизма.

Сказанное можно сформулировать в виде филогенетических правил полового диморфизма и дисперсии полов: если по какому-либо признаку существует популяционный половой диморфизм, то признак эволюционирует от женской формы к мужской; если дисперсия признака больше у мужского пола — фаза дивергентная, дисперсии равны — параллельная, дисперсия больше у женского пола — фаза конвергентная. По первому правилу можно определить направление эволюции признака, по второму — ее фазу, или пройденный путь.

Воспользовавшись правилом полового диморфизма, можно сделать целый ряд легко проверяемых предсказаний. Так, исходя из того, что эволюция большинства видов позвоночных сопровождалась увеличением размеров, можно установить направление полового диморфизма — у крупных

форм самцы, как правило, крупнее самок. И наоборот, поскольку многие насекомые и паукообразные в ходе эволюции мельчали, у мелких форм самцы должны быть меньше самок.

Правило легко проверить на сельскохозяйственных животных и растениях, искусственную эволюцию (селекцию) которых направлял человек. Селекционные — хозяйственно ценные — признаки должны быть более продвинуты у самцов. Таких примеров много: у мясных пород животных — свиней, овец, коров, птиц — самцы быстрее растут, набирают вес и дают лучшего качества мясо; жеребцы превосходят кобыл спортивными и рабочими качествами; бараны тонкорунных пород дают в 1,5—2 раза больше шерсти, чем овцы; у самцов пушных зверей мех лучше, чем у самок; самцы шелкопряда дают на 20 % больше шелка и т. д.

Перейдем теперь от филогенетического масштаба времени к онтогенетическому.

#### ДИМОРФИЗМ И ДИХРОНИЗМ В ОНТОГЕНЕЗЕ

Если каждую из фаз филогенетического сценария спроецировать на онтогенез (по закону рекапитуляции, онтогенез — краткое повторение филогенеза), можно получить соответствующие им шесть (три фазы в эволюционной стадии и три в стабильной: доэволюционная, послезволюционная и межэволюционная) разных сценариев развития полового диморфизма в индивидуальном развитии. Дихронизм проявится в онтогенезе как возрастное запаздывание в развитии признака у женского пола, т. е. доминирование женской формы диморфного признака в начале онтогенеза и мужской — в конце. Это онтогенетическое правило полового диморфизма: если по какому-либо признаку существует популяционный половой диморфизм, в онтогенезе этот признак меняется, как правило, от женской формы к мужской. Иначе говоря, признаки материнской породы с возрастом должны ослабевать, а отцовской — усиливаться. Проверка этого правила по двум десяткам антропометрических признаков полностью подтверждает предсказание теории<sup>4</sup>. Яркий пример — развитие рогов у разных видов оленей и

антилоп: чем сильнее «рогатость» вида, тем раньше в онтогенезе появляются рога сначала у самцов, а затем у самок. Та же закономерность — возрастное запаздывание развития у женского пола по функциональной асимметрии мозга — выявлена С. Вительзон<sup>5</sup>. Она исследовала способности 200 праворуких детей узнавать предметы на ощупь левой и правой рукой и выяснила, что мальчики уже в 6 лет имеют правополушарную специализацию, а девочки до 13 лет — «симметричны».

Описанные закономерности относятся к диморфным, эволюционирующим признакам. Но есть и мономорфные, стабильные, по которым в норме половой диморфизм отсутствует. Это фундаментальные признаки видового и более высоких рангов общности, такие как многоклеточность, теплокровность, общий для обоих полов план строения тела, число органов и т. д. По теории, если их дисперсия больше у мужского пола, то фаза доэволюционная, если у женского — послезволюционная. В последней фазе теории предсказывает существование «реликтов» полового диморфизма и дисперсии полов в патологии. «Реликт» дисперсии проявляется как повышенная частота врожденных аномалий у женского пола, а «реликт» полового диморфизма — в разной их направленности<sup>6</sup>. Это тератологическое правило полового диморфизма: врожденные аномалии, имеющие атавистическую природу, чаще должны появляться у женского пола, а имеющие футуристическую природу (поиск) — у мужского. Например, среди новорожденных детей со сверхнормативным числом почек, ребер, позвонков, зубов и т. д. — всех органов, претерпевших в ходе эволюции редукцию числа, должно быть больше девочек, а с их нехваткой — мальчиков. Медицинская статистика это подтверждает: среди 2 тыс. детей, родившихся с одной почкой, примерно в 2,5 раза больше мальчиков, а среди 4 тыс. детей с тремя почками почти в два раза больше девочек. Такое распределение — не случайно, оно отражает эволюцию выделительной системы. Следовательно, три почки у девочек — это возврат к предковому типу развития, атавистическое направление; одна почка у мальчиков — футуристическое, продолжение редукционной тенденции. Аналогична и статистика по аномальному числу ребер. С вывихом бедра, врожденным пороком, с

<sup>3</sup> Witelson S. F. // Science. 1976. V. 193. N 4251. P. 425—427.

<sup>6</sup> Геодакян В. А., Шерман А. Л. // Журн. общ. биологии. 1971. Т. 32. № 4. С. 417—424.

<sup>4</sup> Геодакян В. А. // Докл. АН СССР. 1983. Т. 269. № 12. С. 477—482.

которым дети лучше бегают и лазают по деревьям, чем здоровые, девочек рождается в пять-шесть раз больше, чем мальчиков.

Сходная картина и в распределении врожденных пороков сердца и магистральных сосудов. Из 32 тыс. выверенных диагнозов во всех «женских» пороках преобладали элементы, свойственные сердцу эмбриона или филогенетических предшественников человека: открытое овальное отверстие в межпредсердной перегородке, незарастающий боталлов проток (сосуд, соединяющий у плода легочную артерию с аортой) и др. «Мужские» пороки чаще были новыми (поиск): ни в филогенезе, ни у эмбрионов не имели аналогий — разного рода стенозы (сужения) и транспозиции магистральных сосудов.

Перечисленные правила охватывают диморфные признаки, присущие обоим полам. А как с признаками, свойственными только одному полу, такими как яйценоскость, удойность? Фенотипический половой диморфизм по таким признакам носит абсолютный, организменный характер, но наследственная информация о них записана в генотипе обоих полов. Поэтому, если они эволюционируют, по ним должен существовать генотипический половой диморфизм, который можно обнаружить у реципрокных гибридов. По таким признакам (в числе других эволюционирующих) теория предсказывает направление реципрокных эффектов. У реципрокных гибридов по дивергирующим признакам родителей должна доминировать отцовская форма (порода), а по конвергирующим — материнская. Это эволюционное правило реципрокных эффектов. Оно дает удивительную возможность выявить большую генотипическую продвинутость мужского пола даже по сугубо женским признакам. Такое, казалось бы, парадоксальное предсказание теории полностью подтверждается: в одной и той же породе быки генотипически «удойнее» коров, а петухи более «яйценоски», чем куры, т. е. эти признаки передаются преимущественно самцами.

Проблемы эволюции в основном относятся к «черным ящикам» без входа — в них прямой эксперимент невозможен. Необходимую информацию эволюционное учение черпало из трех источников: палеонтологии, сравнительной анатомии и эмбриологии. Каждая из них имеет существенные ограничения, поскольку охватывает только часть признаков. Сформулированные правила дают новый метод для эволюционных исследований абсолютно по всем признакам раздельнополых форм. Поэтому особую

ценность метод представляет для изучения эволюции человека, таких ее признаков, как темперамент, интеллект, функциональная асимметрия мозга, вербальные, пространственно-зрительные, творческие способности, юмор и другие психологические свойства, к которым традиционные методы не применимы.

### ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ МОЗГА И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Долгое время ее считали привилегией человека, связывая с речью, праворукостью, самосознанием, полагали, что асимметрия вторична — следствие этих уникальных особенностей человека. Сейчас установлено, что асимметрия широко распространена у плацентарных животных, большинство исследователей признают также и разницу ее выраженности у мужчин и женщин. Дж. Леви считает, например, что женский мозг подобен мозгу мужчины-левши, т. е. менее асимметричен, чем у мужчины-правши. С позиций теории пола, более асимметричный мозг у мужчин (и самцов некоторых позвоночных) означает, что эволюция идет от симметрии к асимметрии<sup>7</sup>. Половой диморфизм по асимметрии мозга дает надежду понять и объяснить различия в способностях и наклонностях мужчин и женщин.

Известно, что у наших далеких филогенетических предков были боковые глаза (у человеческих эмбрионов ранних стадий развития они располагаются так же), зрительные поля не перекрывались, каждый глаз был связан только с противоположным полушарием (контралатеральные связи). В процессе эволюции глаза переместились на лицевую сторону, зрительные поля перекрылись, но чтобы возникла стереоскопическая картина, зрительная информация от обоих глаз должна была сосредоточиться в одной области мозга. Зрение стало стереоскопическим только после того, как возникли дополнительные — ипсилатеральные — волокна, которые соединили левый глаз с левым полушарием, правый — с правым. Значит, ипсилатеральные связи эволюционно моложе контралатеральных, а потому у мужчин они должны быть более продвинуты, т. е. ипсилатеральных волокон в зрительном нерве больше. Поскольку объемное воображение и про-

<sup>7</sup> Геодакян В. А. // Системные исследования: методологические проблемы. Ежегодник. 1986. М., 1987. С. 355—376.

странственно-зрительные способности связаны со стереоскопией (и количеством пивислоконов), у мужчин они должны быть развиты лучше, чем у женщин. И в самом деле, психологам хорошо известно, что в понимании геометрических задач мужчины намного превосходят женщин, как и в чтении географических карт, ориентировании на местности и т. д.

Как возник психологический половой диморфизм, с точки зрения теории пола? Нет принципиальной разницы в эволюции морфофизиологических и психологических или поведенческих признаков. Широкая норма реакции женского пола обеспечивает ему более высокую, чем у мужского пола, пластичность (адаптивность) в онтогенезе. Это относится и к психологическим признакам. Отбор в зонах дискомфорта у мужского и женского пола идет в разных направлениях: благодаря широкой норме реакции женский пол может «выбраться» из этих зон за счет воспитуемости, обучаемости, конформности, т. е. в общем — адаптивности. Для мужского пола такой путь закрыт из-за узкой нормы реакции; только находчивость, сообразительность, изобретательность могут обеспечить ему выживание в дискомфортных условиях. Иными словами, женщины приспосабливаются к ситуации, мужчины выходят из нее, найдя новое решение, дискомфорт стимулирует поиск.

Поэтому мужчины охотнее берутся за новые, требующие поиска, неординарные задачи (часто выполняя их черне), а женщины лучше доводят решение знакомых задач до совершенства. Не потому ли они преуспевают в тех видах деятельности, в которых можно обойтись хорошо отшлифованными навыками, например в работе на конвейере?

Если овладение речью, письмом, любым ремеслом рассмотреть в эволюционном аспекте, можно выделить фазу поиска (нахождения новых решений), освоения и фазу закрепления, совершенствования. Мужское преимущество в первой фазе и женское во второй выявлено в специальных исследованиях.

Новаторство в любом деле — миссия мужского пола. Мужчины первыми осваивали все профессии, виды спорта, даже вязание, в котором сейчас монополия женщины неоспорима, изобрели мужчины (Италия, XIII в.). Роль авангарда принадлежит мужчинам и в подверженности некоторым болезням и социальным порокам. Именно мужской пол чаще подвержен «новым» болезням, или, как их называют, болезням века, цивилизации, урбанизации — атеросклерозу,

раку, шизофрении, СПИДу, а также социальным порокам — алкоголизму, курению, наркомании, азартным играм, преступности и т. д.

По теории, должны существовать и два противоположных типа психических болезней, связанных с авангардной ролью мужского пола и арьергардной — женского. Патология, которая сопровождается недостаточной асимметрией мозга, малыми размерами мозолистого тела и большими передней комиссурой, должна в два — четыре раза чаще встречаться у женщин, аномалии с противоположными характеристиками — у мужчин. Почему?

Если по количественному признаку нет различий между полами, то распределение его значений в популяции часто описывается гауссовой кривой. Две крайние области такого распределения и есть зоны патологии — «плюс» и «минус» отклонения от нормы, в каждую из которых мужские и женские особи попадают с равной вероятностью. Но если половой диморфизм существует, то у каждого пола признак распределяется по-своему, образуются две раздвинутые на величину полового диморфизма кривые. Поскольку они остаются внутри общепопуляционного распределения, то одна зона патологии окажется обогащенной мужскими особями, другая — женскими. Кстати, так же объясняется характерная для населения почти всех стран мира «половая специализация» многих других болезней.

Приведенные примеры показывают, как «работает» теория пола лишь в некоторых проблемах человека, в действительности она охватывает гораздо больший массив явлений, в том числе и социальный аспект. Поскольку диморфное состояние признака свидетельствует о том, что он на «эволюционном марше», максимальными должны быть различия по самым последним эволюционным приобретениям человека — абстрактному мышлению, творческим способностям, пространственному воображению, юмору, именно они должны преобладать у мужчин. И действительно, выдающиеся ученые, композиторы, художники, писатели, режиссеры — в основном мужчины, а среди исполнителей много женщин.

Проблема пола затрагивает очень важные области интересов человека: демографию и медицину, психологию и педагогику, исследование алкоголизма, наркомании и преступности, через генетику она связана с экономикой. Правильная социальная концепция пола нужна для решения проблем рождаемости и смертности, семьи и воспи-

тания, профессиональной ориентации. Такая концепция должна строиться на естественной биологической основе, ибо без понимания биологических, эволюционных ролей мужского и женского пола нельзя правильно определить их социальные роли<sup>8</sup>.

Здесь приведены лишь немногие общебиологические выводы теории пола, с единых позиций объяснены разнообразные, ранее непонятные явления и факты, упомянуты прогностические возможности. Итак, подытожим.

Эволюционная теория пола позволяет:

1) предсказать поведение основных характеристик раздельнополой популяции в стабильной (оптимальной) и движущей (экстремальной) средах;

2) дифференцировать эволюционирующие и стабильные признаки;

3) определить направление эволюции любого признака;

4) установить фазу (пройденный путь) эволюции признака;

5) определить среднюю скорость эволюции признака:  $\bar{V} = \frac{\text{диморфизм}}{\text{дихронизм}}$ ;

6) предсказать шесть разных вариантов онтогенетической динамики полового диморфизма, соответствующих каждой фазе филогенеза;

7) предсказать направление доминирования признака отцовской или материнской породы у реципрокных гибридов;

8) предсказать и вскрыть «реликты» дисперсии полов и полового диморфизма в области врожденных патологий;

9) установить связь между возрастной и половой эпидемиологией.

Итак, специализация женского пола по сохранению генетической информации, а мужского — по ее изменению достигается гетерохронной эволюцией полов. Следовательно, пол — это не столько способ размножения, как принято считать, сколько способ асинхронной эволюции.

---

Поскольку представленная здесь работа — плод теоретических размышлений и обобщений, нельзя не сказать несколько слов о роли теоретических исследований в биологии. Естественное знание, по словам известного физика, лауреата Нобелевской премии Р. Милликена, движется на двух ногах — теории и эксперименте. Но так обстоят дела в физике, в биологии же царит культ фактов, она до сих пор живет наблюдениями и экспериментом, теоретической биологии как таковой, аналога теоретической физики не существует. Конечно, это связано со сложностью живых систем, отсюда и скепсис биологов, привыкших идти традиционным путем — от фактов и экспериментов к обобщающим выводам и теории. Но может ли наука о живом по-прежнему оставаться сугубо эмпирической в «век биологии», который, по признанию многих современников, идет на смену «веку физики»? Думается, что и биологии пора встать на обе ноги.

---

<sup>8</sup> Геодакян В. А. Теория дифференциации полов в проблемах человека // Человек в системе наук. М., 1989. С. 171—189.

# География нефтяного загрязнения океана

Ю. И. Монина,

кандидат географических наук  
Институт географии АН СССР

**Н**ЕМНОГИМ более двух лет прошло после окончания в Персидском заливе «танкерной войны», принесшей огромные экономические и экологические потери. И снова этот регион стал местом военных потрясений. Новые экологические катаклизмы с лихвой затмили прошлые. В воды залива в январе, феврале 1991 г. злонамеренно сброшено около 1,2 млн. т нефти, что в 5—10 раз превышает все известные аварийные разливы нефти, связанные с работой танкерного флота или добычей нефти в море. Последствия этого пока еще окончательно не оценены, но ясно, что загрязнение Мирового океана нефтью, которое уже давно приобрело глобальный характер, увеличится катастрофически.

Более 20 лет совместными действиями мирового сообщества пытаются сократить объемы нефти и нефтепродуктов, поступающих в океан в результате хозяйственной деятельности на суше и в море. Особое внимание уделяется борьбе с аварийными разливами, поскольку они носят «залповый» характер и в отличие от хронического загрязнения Мирового океана, связанного с поступлением нефти в сравнительно небольших количествах в течение длительного времени, исключают возможность быстрой адаптации природной среды конкретных океанических ареалов.

Примерно половина всей нефти, добываемой в мире, перевозится морскими судами. Их работа связана с большим риском. По данным Международной федерации владельцев танкеров, в конце 80-х годов каждый 50-й рейс танкера оказывался аварийным. А по данным регистра Ллойда, в 1973—1990 гг. среди танкеров вместимостью 6 тыс. рег. т и бо-

лее в аварию попало 583, из них значительная утечка нефти произошла на 368. Из общего числа катастроф 95 постигли супертанкеры (свыше 100 тыс. рег. т). Крупнейшими из них были «Амоко Кадис» с 270 тыс. т иранской нефти на борту, севший в 1978 г. на камни в Бискайском заливе и переломившийся у надстройки, а также «Кастильо де Беллвер» с 250 тыс. т нефти из Саудовской Аравии, взорвавшийся на траверзе Кейптауна в 1983 г.

Аварийность танкеров связана не только с техническими причинами — поломками двигателей, винтов, валов, пожарами и взрывами. Существует масса естественных опасностей. Например, уникальные по крутизне волны «кейпроллеры», высота которых может достигать 20 м. Много судов, следовавших из Индийского океана в Атлантический, погибло из-за этих «волн-убийц» в районе м. Игольный и м. Доброй Надежды. «Обычные» штормовые волны также несут в себе достаточно энергии, чтобы серьезно повредить танкер. В ноябре 1981 г. из-за шторма в Куршском заливе в клайпедском порту был разрушен корпус танкера «Глобе Асими» с 16,5 тыс. т мазута и 230 т моторного и дизельного топлива на борту.

Изучение последствий этой аварии показало, что через 4 мес. после катастрофы нефтяное загрязнение в толще вод превышало фоновые значения в 5—10 раз. Разлив мазута привел к значительным (на 30—50 %) сокращениям запасов промысловой мидии, фуруцеллярии (водоросли, служащей сырьем для производства агара) и различных видов ценных рыб: корюшки, леща, сига, угря и др.

Часто низкая квалификация и недисциплинированность команды оказываются причиной

аварий. Огромный ущерб морским экосистемам нанесла авария танкера «Эксон Валдиз», который 24 марта 1989 г. по вине капитана сел на мель в зал. Аляска и получил пробойну. Хотя танкер вез всего 240 тыс. баррелей (около 33 тыс. т) нефти, в результате аварии погибло более 33 тыс. морских птиц, 1 тыс. выдр, а береговая линия покрылась нефтяной пленкой на протяжении 1000 миль.

Однако самой серьезной причиной загрязнения Мирового океана нефтью остаются военные действия, распространяющиеся на морскую акваторию. Восьмидесятые годы изобилуют военными конфликтами, затронувшими Мировой океан. Это кризис у Фолклендских (Мальвинских) о-вов, блокирование побережья Никарагуа, война между Ираном и Ираком с сентября 1980 г. по август 1988 г. В ходе этой войны в Персидском заливе ракетами и авиабомбами было атаковано 470 танкеров. При этом 156 из них (67 супертанкеров) получили серьезные повреждения, спровоцировавшие крупными разливами нефти. «Мирных» аварий танкеров в зоне Персидского залива за это время было лишь 19.

Площадь загрязнения зависит не только от количества, но и от качества нефти, являющейся сложным органическим веществом, содержащим тяжелые парафины и легкие фракции. За 10 мин 1 т легкой иранской нефти покрывает площадь моря диаметром 50 м пленкой толщиной 1 мм. Через несколько часов пятно может охватить тысячи квадратных километров поверхности моря, имея толщину  $\sim 10^{-4}$  мм. Более тяжелая нефть, смазочные вещества и парафины концентрируются в более «толстые» пятна. Летучие компоненты, составляющие от 20 до 50 % объема



сырой нефти, испаряются в атмосферу. Через непродолжительное время легкие фракции улетучиваются и остаются только тяжелые. За пять — семь дней испаряется порядка 66 % легкой неочищенной нефти и 20—40 % тяжелой. Из атмосферы загрязнение неизбежно возвращается в океан с дождями и другими осадками и растворяется в поверхностном слое морской воды. В последней фазе деградации нефти образуются смоляные шарики.

Нефтяные пятна, комочки и дисперсная нефть — основные формы нефтяного загрязнения Мирового океана. Под их влиянием деградация морской среды уже в конце 60-х годов начала приобретать глобальный характер. Однако в те годы исследования нефтяного загрязнения проводились в немногих экспедиционных рейсах научно-исследовательских судов разных стран. Естественно, что по открытым наблюдениям невозможно было составить географическую картину загрязнения нефтью и нефтепродуктами в масштабах всего Мирового океана, поэтому о его загрязнении имелись лишь самые общие представления. Но и они тем не менее позволили прийти к выводу о том, что проблема приобрела такой размах, который требует международного сотрудничества, и сохранения жизнеспособности и продуктивности морских экосистем, поддерживающих жизнь на Земле, бессмысленно только на национальном уровне.

Поэтому на Конференции ООН по проблемам окружающей среды (1972 г.) было решено провести глобальное изучение загрязнения Мирового океана нефтью и нефтепродуктами. Для этого с 1975 по 1978 г. Международная океанографическая комиссия (МОК) и Всемирная метеорологическая организация (ВМО) провели совместные исследования по программе «Глобальный мониторинг морского загрязнения». Исследования проходили в рамках международных и национальных программ, в них участвовали ученые из 25 стран<sup>1</sup>.

Было проведено около 100 тыс. визуальных наблюдений, взято около 5 тыс. проб нефтяных комков с водной поверхности и 3,5 тыс. — с пляжей, 3 тыс. проб воды для определения содержания дисперсной нефти. Исследования велись в Атлантическом, Тихом и Индийском океанах. Они показали, что во всех районах в толще воды до 1 м содержится нефть в дисперсном состоянии. Загрязнение водной поверхности нефтяными пятнами и плавающими нефтяными агрегатами наиболее характерно для основных танкерных путей. Самая большая «танкерная» нагрузка приходится на Атлантический океан и его моря — 38 % морских международных перевозок нефти (в Индийском — 34 %, в Тихом — 28 %).

Глобальный мониторинг нефтяного загрязнения океана проводился как единовременное статистическое наблюдение, и приходится лишь сожалеть о том, что из-за множества организационных, технических и финансовых трудностей он пока не повторялся. Однако масштабность и острота проблемы, связанные с ростом экономической активности и отсутствием политической стабильности в мире, явно требуют сделать его периодичным.

Для получения глобальной характеристики нефтяного загрязнения все изучаемые акватории были разбиты на условные квадраты (5° по широте и долготе, а в Средиземном море — 2° по широте и долготе).

Установлено, что нефтяные пятна чаще всего встречаются вдоль танкерных трасс, связывающих Ближний Восток с Европой и Америкой и проходящих через Суэцкий канал и вокруг м. Доброй Надежды, а также на трассах между Ближним Востоком и Японией.

В Атлантическом океане особенно загрязнены зоны вдоль западных берегов Африки и Европы, побережья Северной, Южной и Центральной Америки, Средиземное море, Балтийское и Норвежское моря у берегов Норвегии и Исландии. Значительные поля загрязнений отмечены в центральных районах Северной Атлантики.

Данные по Северному морю показывают, что уровень нефтяного загрязнения в этом регионе, окруженном плотно населенными и индустриальными странами с развитой морской нефтедобычей и разветвленной сетью танкерных маршрутов, незначителен. Из 90 проб, взятых в акватории Северного моря<sup>2</sup>, в 81 нефти не обнаружено, а в 9 — ее концентрация колебалась от 0,1 до 0,5 мг/л.

Нефтяные комочки в самых высоких концентрациях (20—90 мг/м<sup>2</sup> и более) наблюдались в Канарском течении у побережья Северо-Западной Африки. В Гольфстриме их концентрация составила 1—10, а в его продолжении — Северо-Атлантическом течении — не превышала 1 мг/м<sup>2</sup>.

Канарское течение, Северное пассатное течение, Гольфстрим и Северо-Атлантическое течение играют ведущую роль в системе северо-атлантических течений. После аварий танкеров или других катастроф, сопровождающихся разливами нефти, эти течения разносят загрязнения по Северной Атлантике. Более стойкие нефтяные отатки многократно вращаются этими течениями, пока полностью не разрушатся или не опустятся на дно.

Система течений Северной Атлантики проникает в Норвежское и Баренцево моря и вызывает высокую частоту распространения нефтяных комков и пленки. Однако главное следствие круговорота вод состоит в накоплении нефтяных комков в западной части Саргассова моря. Это море — настоящий аккумулятор различных дрейфующих предметов, в том числе конечных продуктов разложения нефти в виде пленки и комочков. Особенно часто они встречаются у Бермудских о-вов, где проходят основные танкерные трассы. Во время эксперимента в Саргассовом море в сети научно-исследовательских судов нефтепродуктов (по весу) попало в три раза больше, чем водорослей. Средняя концентрация нефтяных комочков в Атлантике оценивается в

<sup>1</sup> Levy E. M. // Ambio. 1984. V. 13. N 4. P. 226—235.

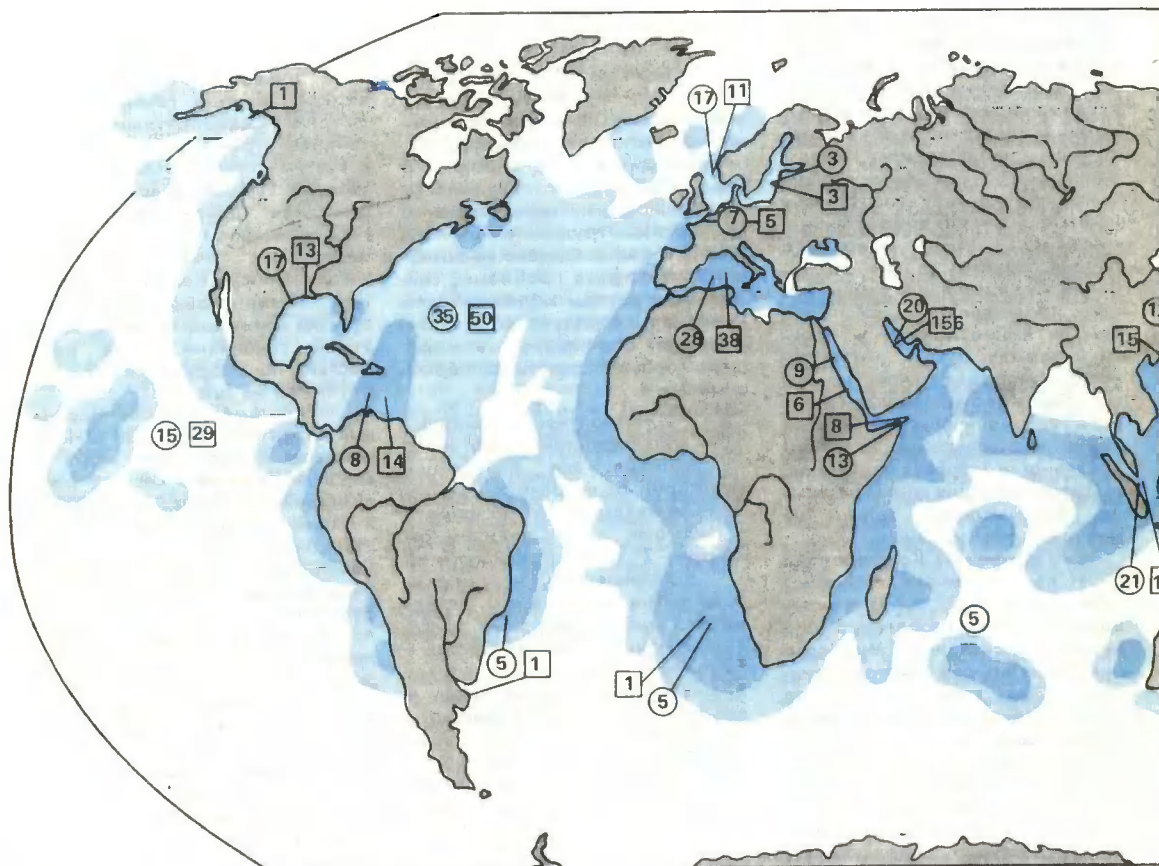
<sup>2</sup> Концентрация эмульгированной нефти измеряется в мг/л, нефтяных комков — в мг/м<sup>2</sup>.

## Нефтяное загрязнение Мирового океана

Источники загрязнения	Мощность, млн. т в год	Доля в общем загрязнении, %
Катастрофы судов	0,41	11,6
Сбросы с судов в море и потери при загрузке нефти и топлива	1,08	30,5
Бурение на шельфе	0,05	1,4
Естественное просачивание из недр	0,3	8,5
<b>Итого</b>	<b>1,84</b>	<b>52</b>
Поступления из атмосферы	0,3	8,5
Поступления с континентов	1,4	39,5
<b>Всего</b>	<b>3,54</b>	<b>100</b>

4,4 мг/м<sup>2</sup>, а общее количество плавающей на поверхности нефти в разных состояниях — в 15—20 тыс. т. В восточной части Средиземного моря верхний предел концентрации нефти составил 50 мг/л, центральная и западная части загрязнены меньше (в основном 5 мг/л).

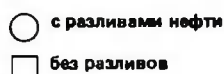
В Тихом океане нефтяное загрязнение слабее. Но и в нем имеются обширные акватории, покрытые нефтяной пленкой и нефтяными комочками. Это прежде всего воды вокруг Японии, Восточно-Китайское и Южно-Китайское моря, а также акватория у берегов Северной Америки. Экваториальные широты и южная часть Тихого океана характеризуются низким



Нефтяное загрязнение:



Число аварий танкеров:



Зоны нефтяного загрязнения Мирового океана и аварии танкеров вместимостью более 6 тыс. рег. т в 1973—1990 гг.

уровнем загрязнения. Локализация нефтяного загрязнения, преимущественно в северной части Тихого океана, связана с течениями Куроисио, Северо-Тихоокеанским, Калифорнийским, Северным пассатным и Аляскинским, которые играют в Тихом океане такую же роль, как Гольфстрим, Канарское, Северо-Атлантическое, Северное пассатное и Норвежское течения в Северной Атлантике. Самый высокий уровень нефтяного загрязнения в этом регионе отмечен в морях, омывающих Японию. В Японском море концентрация нефти составила в среднем 0,19 мг/л, а восточнее Токио и Иокогамы (Тихий океан) — 0,2 мг/л.

В Южно-Китайском море концентрация нефти составляла 0,17 мг/л; в Малаккском проливе — 0,13 мг/л. Для узкого пролива, по которому транспортируется ежегодно около 100 млн. т только сырой нефти (12—13 % общего морского грузопотока), это неожиданно низкая концентрация. В 1973—1990 гг. здесь произошло 33 аварии с танкерами дедевейтом более 6 тыс. рег. т, из них 12 (в том числе 3 — с супертанкерами) сопровождалась крупными разливами нефти.

У восточного побережья Северной Америки концентрация эмульгированной нефти оказалась равной 0,09 мг/л. Подобный уровень загрязнения и в море Баффина, между Канадой и Гренландией. Это поразительно, поскольку у восточного побережья Северной Америки намного интенсивнее судоходство и рыболовство, а также больше сброс нефти и нефтепродуктов с берега.

Относительно низкие уровни нефтяного загрязнения в Малаккском проливе и у восточных берегов Северной Америки лишней раз доказывают, что благодаря ветрам и течениям поля загрязнений чаще всего не совпадают с очагами. Загрязнение, возникшее в водах одного государства, становится «приобретением» других, разливы нефти в свободных зонах Мирового океана приводят к загрязнению национальных вод многих стран.

Данные по Индийскому океану показывают, что нефтяные пятна наиболее распространены у восточного побережья Африки, западного побережья Индии, в Бенгальском заливе и Мозамбикском проливе. В этих районах загрязнения совпадают с танкерными трассами из Ближнего Востока в Европу, Америку и Японию. В Бенгальском заливе севернее танкерных трасс нефтяные пятна не встречались. Они не наблюдались и на танкерных трассах от м. Доброй Надежды к берегам Юго-Восточной Азии восточнее Мадагаскара. Концентрация нефтяных комочков вдоль западного побережья Индии заметно выше, чем вдоль восточного. Вдоль западного берега Индии концентрация нефти в

воде составила в среднем 86,4, а вдоль восточного — 0,7 мг/л.

Особенности нефтяного загрязнения акватории Индийского океана связаны, во-первых, с основными танкерными трассами, пересекающими Персидский залив, Аравийское море, Бенгальский залив, Малаккский пролив и ведущими в Японию, а во-вторых, с его океанологическим режимом, характерной чертой которого является муссонная циркуляция поверхностных вод.

Нефтяное загрязнение Мирового океана имеет ярко выраженные региональные особенности. Сходная хозяйственная деятельность, выполняемая практически в адекватных масштабах, в силу разнообразия океанологических режимов имеет совершенно различные экологические последствия. Самая низкая концентрация нефтяного загрязнения отмечается в Тихом океане (верхний предел — 0,2, нижний — 0,09 мг/л), самая высокая — в Индийском (до 300 мг/л в отдельных зонах и 8,9 мг/л — в среднем). Средняя концентрация нефтяного загрязнения в Атлантическом океане составляет 4,4 мг/м<sup>3</sup>, у северо-западного побережья Африки зачастую превышает 90 мг/м<sup>2</sup>, а в восточной части Средиземного моря — 50 мг/л.

Уместно заметить, что при концентрации нефти выше 10 мг/л погибают многие морские рыбы, а их икра, как и личинки ракообразных и моллюсков, наиболее чувствительные к нефтяному загрязнению, гибнут уже при значениях 0,01—0,1 мг/л. Для взрослых моллюсков и ракообразных летально загрязнение при концентрации выше 10 г/л. Исходя из этого и опираясь на данные глобального мониторинга, можно выделить зоны кризисного и критического нефтяного загрязнения.

В кризисных зонах концентрация нефтяных агрегатов составляет 50—300 мг/л, в критических — 0,09—0,2 мг/л. К началу 80-х годов загрязнение нефтяными пленками, комочками и эмульгированной нефтью вод Мирового океана, наносит серьезный ущерб океану и его



биологическим ресурсам, приобрело глобальный характер. Нефтяное загрязнение разрушает морские рекреационные ресурсы, приводит к изменению климата. Резкое повышение температуры воздуха (до 40—44 °С) в июне 1988 г. в США, вызвавшее обмеление рек, гибель сельскохозяйственных культур и т. д., по мнению ряда климатологов, было следствием нарушения взаимодействия океана и атмосферы, одна из причин которого — нефтяное загрязнение океана.

Источники нефтяного загрязнения Мирового океана разнообразны. Среди них наибольшую роль играет судоходство (42,1 % всех источников и 81 % — морских). Поэтому усилия национальных и международных организаций должны быть направлены прежде всего на повышение экологической безопасности танкерного флота.

Несмотря на то, что в настоящее время существуют разнообразные механические, химические и биологические средства искусственной очистки морей от нефти, предотвраще-

ние экологического ущерба должно стать ключевым элементом политики в области охраны окружающей среды, так как оно предпочтительнее обременительной и дорогостоящей компенсации, которая к тому же никогда не в состоянии покрыть ущерб полностью. Механическими средствами удается собрать лишь 80 % разлитой нефти в защищенных прибрежных районах и в тихую погоду, а химические средства могут вызвать дополнительные потери. Многие диспергаторы токсичны, губительнее для морской биоты, чем сама нефть. Первую попытку рассеять нефть диспергаторами предприняли в 1967 г. после аварии супертанкера «Торри Каньон» между о-вами Силли и п-овом Корнуолл (Англия). Авария произошла 18 марта, приближался летний туристический сезон, к которому нужно было подготовить пляжи на французском и британском побережьях Ламанша, пострадавшие от 117 тыс. т разлившейся сырой нефти. Израсходовав 10 тыс. т диспергаторов, вместо ожидае-

мого эффекта получили колоссальный ущерб. На пляжах, в приливной зоне и за ее пределами погибли почти все организмы — реактивы оказались токсичнее нефти. После этого многие страны приняли решение не применять химические средства при разливах нефти.

Чтобы спасти морские экосистемы от аварийной нефти, необходимо техническое перевооружение современных производств, функционирующих в море и на берегу, совершенствование экономических механизмов, регулирующих их деятельность, совершенствование международного права и т. д.

Устойчивое экономическое развитие мирового сообщества невозможно без решения экологических проблем. С другой стороны, если политические или экономические интересы вступают в конфликт с экологическими, то сохранение целостности экосистем должно превалировать над всем. Это альтернатива нашего времени, и другого пути быть не может!

## Модель «Аварийный разлив нефти»

М. Ю. Зубрева  
Москва

**В** РАЗГАР войны в Персидском заливе в телевизионной программе «ТСН» были продемонстрированы компьютерные изображения нефтяного пятна, расплывающегося по поверхности моря. Прогноз изменения его размеров и направления движения был сделан на основе действующей модели «Аварийный разлив нефти», в течение нескольких лет разрабатываемой в лаборатории математического моделирования Государственного океанографического института (ГОИН) Госкомгидромета СССР.

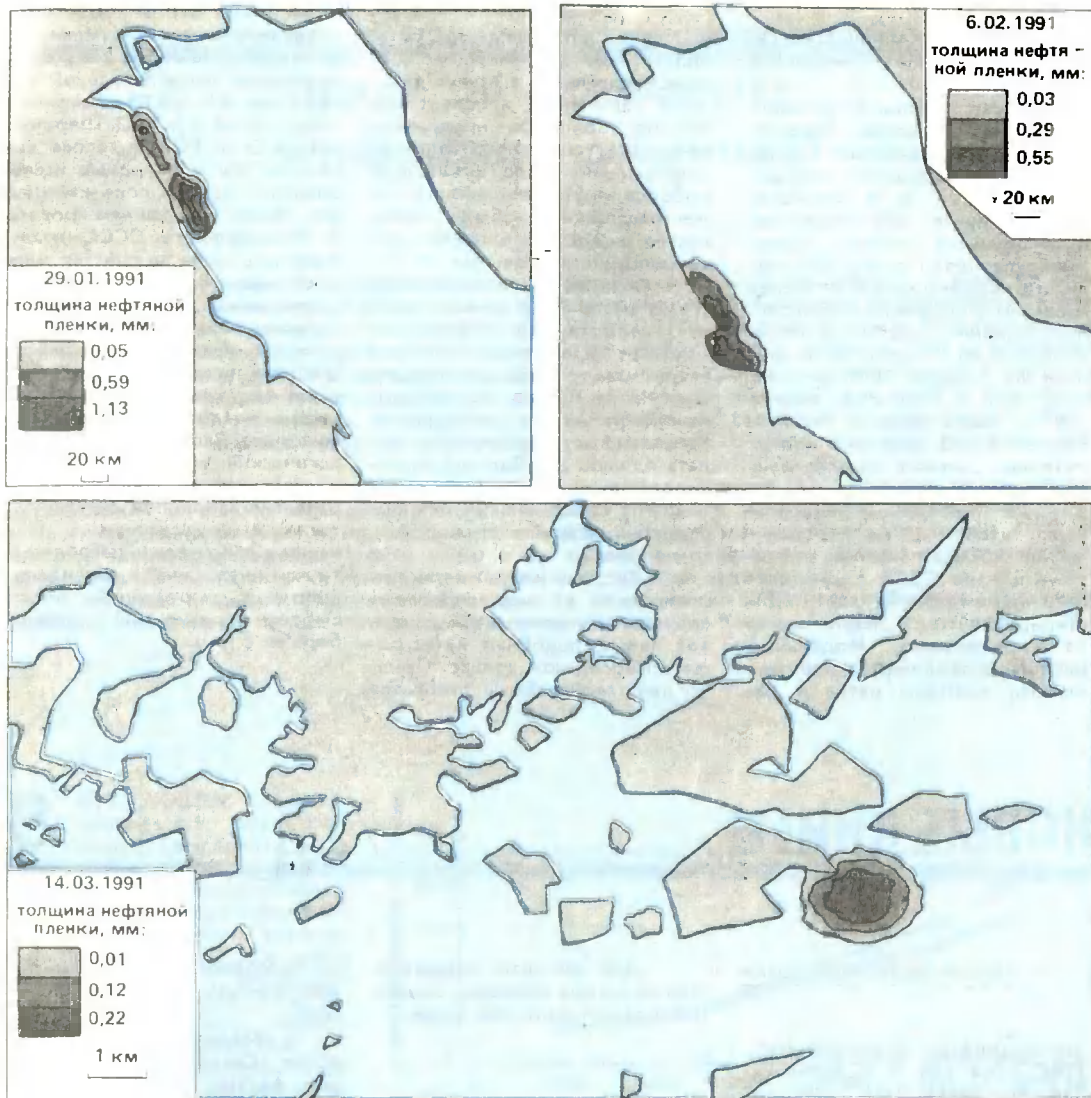
Потребность в подобных моделях назрела давно: число аварийных разливов с годами уменьшается незначительно, а экологический ущерб от них ве-

лик. Для морских экосистем многое зависит от того, как быстро специализированные суда доставят технические средства для борьбы с разливом (боны и др.) к месту аварии. Нередки случаи, когда направляющиеся к нефтяному пятну суда вообще не обнаруживают его в море. Так случилось, например, в 1986 г. близ Одессы — нефть оказалась уже на городских пляжах. Очищать же берег в 10 раз дороже, чем воду. Вспомним хотя бы недавнее отмывание вручную пляжей Аляски.

Проводимое в лаборатории ГОИНа под руководством С. Н. Осиенко моделирование нефтяного разлива — первая попытка такого рода в нашей

стране. Аналогичные модели существуют в ряде стран мира: США, Канаде, Франции и др. Наиболее известна международная коммерческая система «Сибел» («Seabel»), обслуживающая нефтепромыслы в Северном море.

Исследования начались с разработки модели, описывающей процесс растекания нефти в море. Он достаточно сложен: это и собственно растекание по поверхности, и перенос нефти течениями и ветром. Приходится учитывать «забывание» нефти в воду, ее растворение, образование эмульсий, изменение свойств самой нефти и ее фракционный состав. Масштабы нефтяных пятен самые разные — от сотен метров до сотен километ-



**Продвижение нефтяного пятна в Персидском заливе с 29 января до 6 февраля (вверху) и разлива у финского побережья 14 марта.**

ров. Растекается нефть сначала очень быстро, затем медленнее — так что с точки зрения моделирования процесс весьма неудобный.

В процессе опытной эксплуатации модели стало ясно, что для прогноза перемещения нефтяного пятна нужна не просто модель с большими возможностями, а удобная региональная компьютерная система, ра-

ботающая в диалоговом режиме, которую можно постоянно наращивать.

Несколько лет назад лаборатория приняла участие в Проекте ликвидации нефтяных разливов, осуществляемом Госморспецслужбой Министерства морского флота СССР, в рамках которого начала сотрудничать со специалистами из Института морских исследований Финляндии. Аварийные разливы нефти (нередко с советских судов) наносят берегам этой страны немалый ущерб. Компьютерная система ГОИНа была приспособлена для финских ус-

ловий, с учетом местных метеорологических и океанологических факторов, необычайно изрезанной береговой линии и большого числа островов.

Работу системы сегодня можно наблюдать, в частности, на примере этого региона.

На экране монитора побережье близ Хельсинки. Задаются параметры гипотетического нефтяного разлива: его дата, координаты, тип (длительный или мгновенный, число пятен, движущийся или стационарный источник). Пятно начинает растекаться и двигаться в сторону берега. Масштаб «картинки» легко меняется, что позволяет

с большой определенностью судить о конечном маршруте разлива.

Опыт работы с системой в финских условиях показал, что она должна работать в условиях информационной неопределенности, т. е. в ситуации, когда точные обстоятельства происшедшего разлива, гидрометеороусловия и даже тип разливого нефтепродукта не всегда известны. Попытка прогноза распространения нефтяного пятна в Персидском заливе была сделана по модели ГОИНа после того, как в море в январе 1991 г. было вылиты 11 млн. баррелей (1,3 млн. м<sup>3</sup>) нефти. Источник считался локализованным, приблизительное место разлива (побережье Кувейта) было известно, метеорологические данные получены в Гидрометцентре СССР, климатические параметры и характеристики кувейтской нефти взяты из справочников. Модельные расчеты проводились около трех недель, размеры пятна и на-

правление его движения были подтверждены снимком из космоса, сделанным в конце января. К сожалению, впоследствии расчеты пришлось прекратить из-за отсутствия необходимой информации: число источников выброса нефти увеличилось, их местонахождение было неизвестно, недоставало точных метеорологических данных.

Уже сейчас ясно, что система «Аварийный разлив нефти», созданная в ГОИНе, по многим параметрам соответствует международным стандартам. На ее основе, по предложению советских и финских специалистов, планируется создать единую для Балтики систему оперативного прогнозирования, для служб ликвидации последствий аварий в странах этого региона.

Систему можно переориентировать на моделирование отдаленных последствий разливов нефти, подобных катастрофе в Персидском заливе. Однако для такой работы требуется

«подключить» региональные модели циркуляции. Группа ученых из Отдела вычислительной математики АН СССР, Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР и ГОИНа готова выполнить эти прикладные исследования. Однако пока не ясно, кто будет их финансировать. У Минморфлота СССР, ответственного ныне за очистку морских акваторий от нефтяного загрязнения, для этого нет средств. Несмотря на интерес, который проявляют к работе ГОИНа в некоторых регионах, у системы «Аварийный разлив нефти» пока нет определенного заказчика. Экономический и экологический смысл ее совершенно ясен: только зная сценарий развития аварийной ситуации, а также имея сведения о том, какими средствами располагает та или иная служба ликвидации нефтяных загрязнений, можно выбрать правильный способ борьбы с ним.

## НОВЫЕ КНИГИ

### Охрана окружающей среды

БИОИНДИКАЦИЯ И БИОМОНИТОРИНГ / Отв. ред. Д. А. Кривошук. М.: Наука, 1991. 288 с. Ц. 4 р. 20 к.

В сборнике представлены материалы международной школы-семинара в Курске, организованной Международным союзом биологических наук, Национальным комитетом советских биологов, Институтом эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР, Центрально-Черноземным биосферным заповедником. В статьях экологов из разных стран рассмотрены общие вопросы биоиндикации, использования данных о состоянии растительного и животного мира. Обсуждаются новые методики и объекты в биоиндикации.

Для экологов, специалистов по охране природы, студентов и преподавателей вузов.

### Охрана природы

МАДАГАСКАР / Пер. с англ. М. А. Аршиновой. Отв. ред. сер. В. Е. Соколов. М.: Прогресс, 1990 (Золотой фонд биосферы). 296 с. Ц. 2 р. 10 к.

Серия «Золотой фонд биосферы» издается в сотрудничестве с Международным союзом охраны природы и природных ресурсов (МСОП). Цель таких публикаций — определить природные районы, имеющие международное экологическое значение, обобщить современные знания об их флоре и фауне, проанализировать изменения в

их природной среде и наметить действенную стратегию ее охраны.

«Мадагаскар» — вторая после «Сахары» книга этой серии. Авторы и редакторы книги — крупные специалисты, внесшие большой вклад в изучение природных районов Мадагаскара. Несмотря на многолетние исследования природы острова, она еще не изучена до конца. В данной монографии ученые пытаются восполнить этот пробел. Богатейший животный и растительный мир, рельеф, климат, редчайшие минералы, особенности гидрографии, роль человека в возникновении и исчезновении различных ландшафтов, проблемы охраны естественных ресурсов — вот далеко не полный перечень вопросов, рассматриваемых в ней на доступном для широкой читательской аудитории уровне.

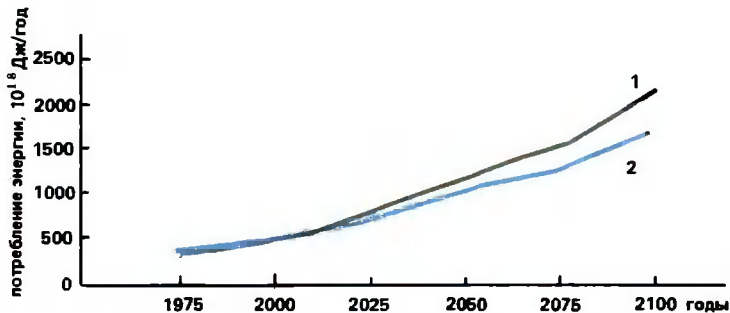
## Нужна ли человечеству термоядерная энергетика?

Ответ на этот далеко не академический вопрос попытался дать Дж. Кларк<sup>1</sup> — один из авторов глобальной исследовательской программы, разрабатываемой Бэттелеским мемориальным институтом (США). Экономико-энергетическая модель BATTELLE-2100, лежащая в основе этой программы, использует для создания гипотетической картины мира через столетие, точнее к 2100 г., различные вероятные сценарии развития человечества. На ней основан доклад, подготовленный в сентябре 1990 г. IPCC (Межправительственная комиссия по изменениям климата) для ООН и Всемирной метеорологической организации. В нем обсуждаются проблемы, связанные с возможным глобальным изменением климата, вызванным деятельностью человека. Особое внимание уделяется парниковому эффекту.

Сегодня, когда работы по управляемому термоядерному синтезу (УТС) перешли от физических исследований в стадию, где все большее внимание уделяется техническим, технологическим и экологическим проблемам, возникает вопрос о месте будущей термоядерной энергетике в общей системе энергопроизводства. Пройти мимо столь крупного и достаточно чистого в экологическом отношении источника энергии человечество не сможет, да и не захочет.

Учитывая большой общественный интерес к перспективам УТС, мы публикуем изложение наиболее интересных, на наш взгляд, соображений, высказанных Кларком<sup>2</sup>.

**В** СЛЕДУЮЩЕМ столетии человечество будет развиваться в условиях, когда на первый план выйдут проблемы сохранения среды обитания. Поэтому при выборе в будущем новых энергетических технологий, позволяющих осуществлять дальнейший рост экономики, значительное преимущество будут иметь те из них, которым свойственны оптимальные экологические характеристики. Кроме того, перспективы использования различных источников энергии должны рассматриваться на фоне будущей экономической и энергетической ситуации в мире. В связи с этим многонациональная группа Межправительственной комиссии по изменениям климата рассмотрела



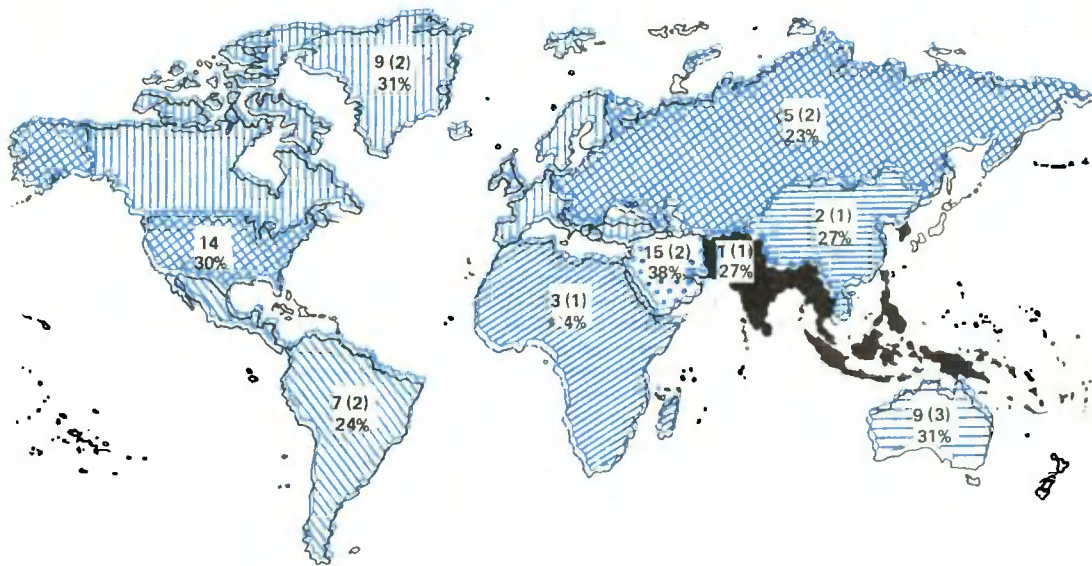
Будущие энергетические потребности мировой экономики: 1 — в «обычном» режиме; 2 — с ограничениями по выбросам углерода.

самые различные сценарии экономического и энергетического развития человечества, в том числе такие, где мировое сообщество развивается традиционным путем, без искусственных ограничений; либо с ограничением применения ископаемого топлива. Эти сценарии позволяют оценить размер энергетических потребностей и установить определенные требования к энергетике в следующем столетии. Модель использует эко-

номические принципы баланса между энергией, получаемой от всех видов источников, и спросом на нее, возникающим в результате развития мировой экономики в девяти географических зонах до 2100 г. Проведен анализ этих сценариев с использованием широкого спектра начальных параметров, полученных от многих экспертов по экономике, демографии и энергетике, оценена их вероятность. Предсказываемое будущее довольно оптимистично: густонаселенный процветающий мир с огромным спросом на энергию, но мир, борющийся с серьезными экологическими проблемами.

<sup>1</sup> Председатель Совета Международного термоядерного экспериментального реактора (ИТЭР) при МАГАТЭ, а также руководитель Global Studies Program, Pacific Northwest Laboratory Battelle Memorial Institute.

<sup>2</sup> Clarke J. F. ITER ad astra. XII International Conference on Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research. Washington, USA, October 1990.



Рост [число раз] ВВП и потребления энергии (цифры в скобках) на душу населения по сравнению со странами ОЭСР в 1975 г., а также потенциальный вклад УТС [в %] в производство электроэнергии к 2100 г.

Конечно, экономические модели, как бы сложные они ни были, не могут однозначно предсказать будущее. Наибольшее, на что можно надеяться, — получить последовательную и упорядоченную оценку развития определенных технологических направлений и подготовить обоснованные государственные решения. Примером могут служить весьма интенсивные общественные обсуждения проблем, связанных с парниковым эффектом, в ходе которых рассматривается диапазон решений от «ждать и наблюдать» до «стабилизировать выбросы углерода через всемирный углеродный налог». Последнее должно серьезно изменить набор энергетических технологий и всемирную экономику в следующем веке.

Чтобы оценить возможную роль различных видов энергетики, в том числе управляющего термоядерного синтеза, следует проанализировать ситуацию при «обычном» режиме деятельности к концу XXI в.

Этот срок может показаться слишком большим, но нужно принять во внимание, что те технологии, которые будут необходимы к тому времени, должны развиваться в ближайшие 30—40 лет, а решать, использовать их или отвергнуть, будут уже наши дети.

Сегодня демографы считают, что к 2100 г. население земного шара может стабилизироваться на уровне 11 млрд. чел. со значительным разбросом между регионами (СССР и страны Восточной Европы — 690 млн.; Западная Европа и Канада — 720 млн.; США — 370 млн.; Латинская Америка — 1000 млн.; Китай — 2100 млн.; Южная и Восточная Азия — 3820 млн.; Ближний Восток — 310 млн.; Африка — 1470 млн.; Австралия и Япония — 220 млн.).

В то же время из модели BATTELLE следует, что даже при скромном приросте производительности труда, характерном для последних лет, валовой национальный продукт (ВВП) на душу населения может значительно возрасти. Расчеты показывают, что самый низкий региональный ВВП в 2100 г. может быть равен ВВП, достигнутому странами Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР)<sup>3</sup> в 1975 г. Принимая во внимание, что страны ОЭСР шли к нынешнему уровню

процветания в течение обозримого исторического периода с близким к принятому в этом расчете средним темпом развития, эта оценка не вызывает сомнения.

Рост населения и развитие экономики ведут к очевидному увеличению спроса на энергию, несмотря на максимально возможное повышение эффективности ее использования и дополнительные затраты на разработку энергосберегающих технологий, которые учитываются в модели. Даже значительный рост энергосбережения заставит поднять цену на энергию ввиду увеличения спроса на нее. Модель прогнозирует через столетие глубокие сдвиги в рыночной доле различных энергоисточников как отклик на повышение цен. Расчеты свидетельствуют также о том, что потребность в энергии на душу населения в различных регионах составит от единицы до трех (по отношению к потребности стран ОЭСР в 1975 г.).

Гипотетическая картина будущего мира в докладе IPCC задает фон, на котором можно анализировать перспективы УТС.

<sup>3</sup> Объединение промышленно развитых капиталистических стран: ЕС, США, Японии и др. (в 1986 г. — 24 страны).



Если мировое сообщество выполнит программу создания ИТЭР (международного термоядерного экспериментального реактора), то прототип энергетического реактора появится в конце первой четверти следующего столетия. Значительный рост энергетических потребностей возникнет позже, так что можно считать, что УТС будет реализован в этом смысле вовремя. Очевидно, однако, что любые задержки в создании ИТЭР уменьшат потенциальную значимость УТС как участника будущей мировой энергетики, а следовательно, и желание финансировать завершение этой разработки.

Предположим, что УТС будет реализован вовремя. Приведет ли он к заметным положительным изменениям в экономике? Ответ, конечно, зависит от стоимости УТС, срока, когда он станет доступным, и от того, насколько он будет конкурентоспособным в непрерывно меняющейся смеси энергетических источников в течение следующего столетия.

Динамика развития экономики зависит от стоимости энергии, и модельные расчеты помогают определить стоимость некоторой технологии, скажем УТС, по воздействию, которое она оказывает на экономический рост. Если термоядерное направление будет развиваться в соответствии с имеющимися планами сооружения ИТЭР, то можно предположить, что оно станет полностью коммерческим примерно к 2050 г. Оценка минимальной стоимости энергии, вырабатываемой на термоядерной электростанции, основана на концепции «оптимизированного» термоядерного реактора, принятой в работах Комитета по безопасности, охране среды обитания и экономике Министерства энергетики США. Эта концепция учитывает возможность применения при проектировании «оптимизированного» реактора новейших достижений науки и технологии, которые возникнут после успешной демонстрации зажигания термоядерной реакции на ИТЭР. Максимальную же стоимость УТС можно оценить в предположении, что за 60 лет после этого события никаких улучшений не

произойдет. При самых пессимистических допущениях стоимость УТС можно взять из американского анализа реактора ИТЭР. Эта информация позволяет включить УТС в перечень технологий, которые конкурируют в рамках рассматриваемой экономической модели. Модель дает возможность ответить на вопрос, какая часть мирового энергетического рынка может приходиться на УТС и как его реализация сможет воздействовать на стоимость энергии. Сравнивая эти результаты с версией «обычного» функционирования экономики и другими сценариями, можно оценить, какое воздействие УТС окажет на экономику и окружающую среду.

Результаты такого сравнения показывают, что «оптимизированный» термоядерный реактор мог бы завоевать около 30 % рынка электроэнергии в «обычном» режиме функционирования экономики к концу следующего столетия. В случае освоения УТС его вклад в прирост мирового ВВП оценивается в 1,4 рлн. долл. Более 60 % этой суммы приходится на страны, не являющиеся участниками проекта ИТЭР, хотя и державы, разрабатывающие проект, были бы тоже в выигрыше и получили бы возможность насытить огромный международный рынок термоядерными реакторами. Очевидно, что изменения ВВП из-за более высокой стоимости реактора будут меньше для сценария «ИТЭР». Однако увеличение на 233 млрд. долл. и в этом случае в 10 раз превышает стоимость разработки термоядерной технологии. При ограничениях на использование ископаемого топлива вклад УТС в прирост мирового ВВП может утроиться.

Если же будут приняты решения о принудительном уменьшении выбросов углерода, а это представляется неизбежным, термоядерная энергетика сможет дать весомые выгоды и с точки зрения охраны окружающей среды. Для сценариев будущего, условно именуемых «обычная деятельность» и «углеродный налог» УТС на базе «оптимизированного» термоядерного реактора будет способствовать значительному уменьшению выбросов углерода, свя-

занных с производством электроэнергии. Более того, наличие УТС в списке энергетических технологий во второй половине следующего столетия поможет избежать и других проблем, которые могут возникнуть при попытках предотвратить глобальное изменение климата. К примеру, по сценарию со «всемирным углеродным налогом» огромные области Африки, Южной Америки, СССР и Канады должны быть отведены под посевы с быстрым севооборотом биомассы. Производство биомассы для удовлетворения потребностей в твердом, жидком и газообразном топливе в рамках этого сценария привело бы к огромным изменениям в окружающей среде. Внедрение «оптимизированных» термоядерных реакторов скорее всего уменьшит эти изменения, значительно (на 34—52 %) сократив площади для получения биомассы.

Практически при любом сценарии развития цивилизации термоядерный синтез окажет позитивное влияние на деятельность человека в будущем. Решение глобальной проблемы обеспечения экономического процветания человечества при условии сохранения среды обитания кажется более простым с УТС, чем без него.

Никакая энергетическая технология сама по себе, в том числе и УТС, не решит всех реальных проблем будущего. Однако термоядерный синтез добавляет столь необходимую для принятия государственных решений гибкость в связи с угрожающим состоянием окружающей среды, вызванным развитием промышленности. Как УТС, так и другие новые энергетические технологии окажутся конкурентоспособными в необходимый момент лишь при условии, что их разработка активно продолжится в настоящее время.

Материал подготовили  
Г. А. Елисеев и В. Д. Рютов  
Институт атомной энергии  
им. И. В. Курчатова

# Нейтрино с массой 17 кэВ?

А. А. Комар,

доктор физико-математических наук  
Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР

**В**ОПРОС о массах различных типов нейтрино (электронного  $\nu_e$ , мюонного  $\nu_\mu$  и  $\tau$ -нейтрино  $\nu_\tau$ ) — один из важнейших для физики элементарных частиц. В последние годы он стал предметом тщательных экспериментальных исследований, проводимых во многих лабораториях различных стран. Не в последнюю очередь это связано, конечно, с быстрым прогрессом экспериментальных методов.

Большая часть выполняемых исследований нацелена на определение массы электронного нейтрино  $\nu_e$ , испускаемого, в частности, при  $\beta$ -распаде ядер. Здесь наиболее прямым методом определения массы  $\nu_e$  (обозначим ее  $M$ ) является изучение формы энергетического спектра  $\beta$ -распадных электронов  $dN(E, M)/dE$  вблизи его возможной верхней границы  $Q = m(A, Z) - m(A, Z+1) - m_e$ , где заметнее всего сказывается наличие конечной массы  $\nu_e$ . Здесь  $m(A, Z)$  и  $m(A, Z+1)$  — массы исходного и конечного ядер, претерпевающих  $\beta$ -распад,  $m_e$  — масса электрона. Нетрудно сообразить, что при  $M \neq 0$  предельная кинетическая энергия  $T$  электрона равна  $Q - M$ .

При практических исследованиях  $\beta$ -спектров ядер удобнее пользоваться вместо  $dN/dE$  величиной, пропорциональной  $(dN/dE)^{1/2}$  — так называемым графиком Кюри. В случае  $M = 0$  он представляет собой прямую, заканчивающуюся в точке  $T = Q$ , а при  $M \neq 0$  график резко отклоняется вниз от прямой и обрывается в точке  $T = Q - M$ .

Описанная ситуация относится к простому случаю, когда  $\nu_e$  является состоянием с заданной массой. Не исключено, од-

нако, что  $\nu_e$  в действительности представляет собой суперпозицию нескольких состояний с различными массами (это так называемое смешивание нейтрино, на возможность которого указал впервые Б. М. Понтекорво в 1958 г.). В пользу существования такого явления накапливается все больше доводов. Именно смешивание нейтрино в сочетании с эффектом резонансной конверсии (эффектом Михеева — Смирнова — Вольфенштейна) позволяет предложить наиболее изящное объяснение «загадки солнечных нейтрино» и результатов последних измерений потока солнечных нейтрино Ga-Ge-методом<sup>1</sup>.

В случае смешивания  $\nu_e$  скорее всего представляет собой суперпозицию трех состояний с различными массами  $M_1, M_2, M_3$ :  $\nu_e = \sum_{i=1}^3 C_i M_i$ , причем  $C_2 = C_3 < C_1$ . Это означает, что  $\nu_e$  является в основном частицей  $\nu_1$  с массой  $M_1$  и малой примесью состояний  $\nu_2$  и  $\nu_3$  с массами  $M_2$  и  $M_3$  (состояние  $\nu_2$  является основным для мюонного нейтрино, а состояние  $\nu_3$  — для  $\tau$ -нейтрино).

Кроме того, выполнено условие  $\sum_{i=1}^3 C_i^2 = 1$ .

Спектр электронов при  $\beta$ -распаде ядра в этом случае также определяется суммой

$$dN/dE = \sum_{i=1}^3 C_i^2 \frac{dN(E, M_i)}{dE}$$

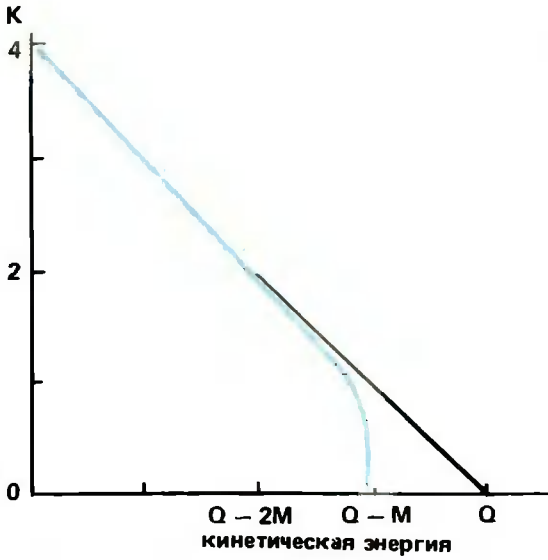
При наличии смешивания на соответствующем графике Кюри возможно существование нескольких областей с отклонением от прямой. В первую очередь на нем при движении от  $Q$  влево должна была бы проявиться масса  $M_1$ , присутствующая в спектре с наибольшим весом  $C_1^2$ . Она должна вести к обрыву спектра при  $T = Q - M_1$ . Ограничения на величину этой массы можно извлечь из наиболее широко проводимых измерений спектра электронов при  $\beta$ -распаде трития. Причина предпочтения трития другим ядрам — в рекордно мягком спектре электронов ( $Q \approx 18,6$  кэВ), на котором проще заметить существование малой массы ( $M_1$ ).

В большинстве измерений проявления такой массы не обнаружено<sup>2</sup>. Лучшее ограничение дает последний эксперимент, выполненный в Лос-Аламосе (США) на газообразном тритии:  $M_1 < 9,4$  эВ.

При смещении от края спектра в область меньших энергий электронов очень аккуратные измерения могли бы в принципе обнаружить проявления дополнительных масс  $M_2$  и  $M_3$ , примешанных с малым весом в  $\nu_e$ . Сообщения об обнаружении такой дополнительной массы  $\sim 17$  кэВ при исследовании электронных спектров ряда  $\beta$ -распадных ядер недавно вызвали большое возбуждение в среде физиков и послужили поводом для написания этой заметки.

<sup>2</sup> Исключения составляют эксперименты группы Института экспериментальной и теоретической физики (В. А. Любимов и др.), которые указывают в качестве наиболее вероятного значения  $M_1$  величину  $\sim 30$  эВ.

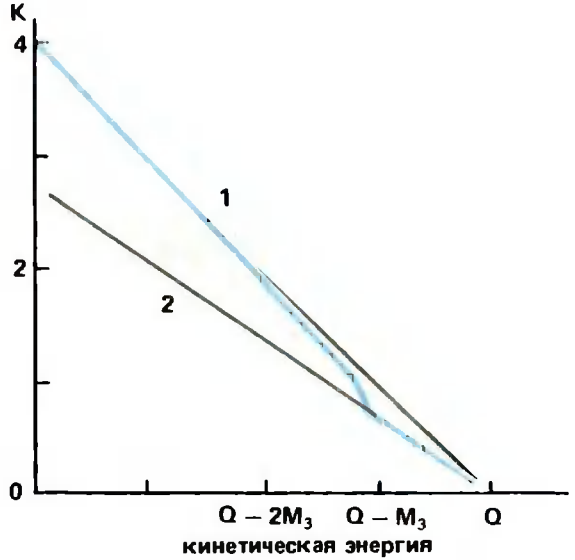
<sup>1</sup> Подробнее см.: Смирнов А. Ю. Резонансные переходы нейтрино в веществе // Природа. 1991. № 6. С. 15—24.



Графики Кюри для  $\nu_e$  с фиксированной массой  $M$  (слева) и  $\nu_e$ , представляющего смесь состояний с конечной массой и двух исчезающе малых масс (справа). Распределение электронов при  $\beta$ -распаде описывается выражением

$$dN(E, M)/dE \sim \rho [(W-E)^2 - M^2]^{1/2} (W-E) F(E, Z),$$

где  $\rho$ ,  $E$  — импульс и полная энергия электрона,  $W$  — разность масс начального и конечного ядер,  $F(E, Z)$  — известная функция, описывающая воздействие кулоновского поля ядра на вылетающий



электрон. Для описания спектра электронов обычно используется величина  $K = \left[ \frac{dN(E, M)/dE}{\rho EF(E, Z)} \right]^{1/2}$  в зависимости от  $T = E - m_e$ . Это и есть график Кюри. В случае смешивания (на рисунке справа) распределение  $\beta$ -распадных электронов по энергиям удобно представить в виде

$$dN/dE = \cos^2 \theta dN(E, 0)/dE + \sin^2 \theta dN(E, M_3)/dE.$$

На рисунке  $\sin^2 \theta = 0,5$ .

Для упрощения дальнейшего изложения примем, что  $M_1$  и  $M_2$  очень малы ( $\ll 1$  эВ) и в очень хорошем приближении могут считаться равными нулю. Именно к такому заключению можно прийти на основании анализа последних данных о потоках солнечных нейтрино<sup>3</sup>. Тогда

$$dN/dE = (C_1^2 + C_3^2) dN(E, 0)/dE + C_3^2 dN(E, M_3)/dE.$$

Поскольку  $\sum_{i=1}^3 C_i^2 = 1$ , мы всегда

можем принять  $C_1^2 + C_3^2 = \cos^2 \theta$ , а  $C_3^2 = \sin^2 \theta$ , где  $\theta$  — некий малый угол. Для такого спектра, составленного из двух слагаемых, на графике Кюри должен наблюдаться характерный излом при энергии  $T = Q - M_3$ , после чего график снова переходит в

прямую, но с другим наклоном, равным  $\cos^2 \theta$ . Описанный эффект четко проявляется при больших  $\theta$ . Для малых  $\theta$  он не так выразителен, но важно, что наблюдаемая кривая отклоняется вниз от прямой, отвечающей случаю  $M_3 = 0$ , причем величина отклонения пропорциональна  $\sin^2 \theta$ .

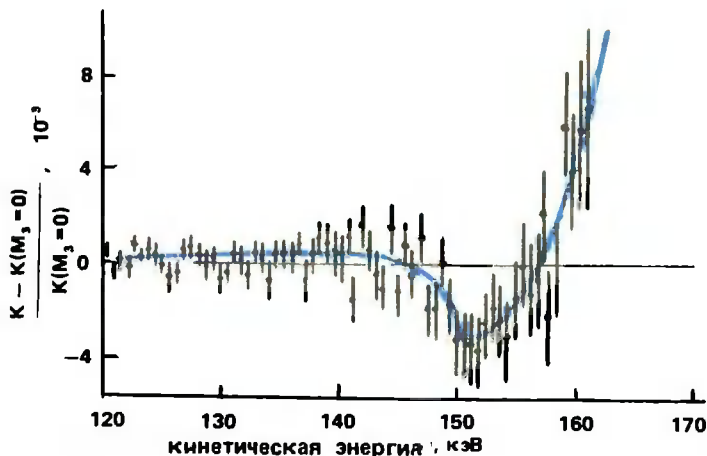
Именно такие отклонения от прямолинейного графика Кюри наблюдались у ряда экспериментальных групп. Причем точка излома в спектре электронов отвечает величине  $\sim 17$  кэВ.

История этих наблюдений насчитывает около шести лет. Первая публикация о возможной примеси к  $\nu_e$  на уровне 10% (т. е.  $C_3 \sim 0,1$ , а  $C_1^2 \approx 0,01$ ) состоялась с массой  $\sim 17$  кэВ по измерениям спектра электронов от трития с помощью кремниевого детектора относится к 1985 г. (Дж. Симпсон, Университет Гуэ尔夫а, Канада). В 1989 г. Дж. Симпсон и А. Хайм в Канаде

повторили эксперимент на тритии с помощью германиевого детектора, а также провели исследование на изотопе серы  $^{35}\text{S}$  ( $Q = 166,7$  кэВ), пользуясь кремниевым детектором и сохранив прежние утверждения. В 1990 г. А. Хайм и Н. Джелли в Оксфорде (Великобритания) провели усовершенствованный эксперимент на  $^{35}\text{S}$ , и опять выводы были прежними. К сходным заключениям пришла в 1990 г. группа в Беркли (США) под руководством Э. Нормана после измерений с помощью германиевого детектора  $\beta$ -спектра от  $^{11}\text{C}$  ( $Q = 155$  кэВ). Во всех случаях, по утверждениям авторов, вклад в электронный спектр состояния с массой 17 кэВ был на уровне 1%, но экспериментально идентифицировался надежно.

Если последующие измерения подтвердят существование аномалий в спектрах  $\beta$ -распадных ядер, отвечающих массе

<sup>3</sup> См.: Glashow S. // Phys. Lett. 1991. V. 256. P. 255.



17 кэВ, то отсюда можно будет сделать важное заключение: масса  $\tau$ -нейтрино составляет примерно 17 кэВ. (Напомним, что состояние  $\nu_3$  с массой  $M_3$  для  $\nu_\tau$  является основным.) Отсюда также вытекает, что  $\nu_\tau$  — частица нестабильная. Последнее замечание связано с ограничением на сумму масс ста-

бильных нейтрино  $\sum_{i=1}^3 m_{\nu_i} <$

$< 40$  эВ, вытекающим из требования, чтобы плотность материи Вселенной, обусловленная реликтовыми нейтрино, не превышала критическую  $\rho_c \approx 10^{-29}$

г/см<sup>3</sup>. Возможные каналы распада  $\nu_\tau$  могут быть обусловлены испусканием безмассового майорона  $\chi$  — пока гипотетической скалярной частицы.

Когда заметка была написана, поступили предварительные сведения об эксперименте, выполненном в Калифорнийском технологическом институте, по измерению электронного спектра на <sup>35</sup>S с помощью магнитного спектрометра. Эти измерения не подтвердили существование аномалии в спектре, связанной с массой 17 кэВ. Предшествующие измерения  $\beta$ -спектров с помощью магнит-

Отклонения графика Кюри для <sup>35</sup>S, измеренного группой из Оксфорда, от графика Кюри, отвечающего нулевой массе  $M_3$  [прямая на предыдущем рисунке справа]. В районе 150 кэВ (на 17 кэВ ниже значения  $\Omega$ )

величина  $\frac{K - K(M_3=0)}{K(M_3=0)}$  приобретает

ет максимальное отрицательное значение приближаясь затем к нулю. (Выход на положительные значения вблизи края спектра обусловлен фоном.)

ных спектрометров также не указывали на наличие подобной аномалии. В то же время все изложенные выше данные, свидетельствующие о наличии обсуждаемого искажения в  $\beta$ -спектрах, получены с помощью полупроводниковых детекторов. Повидимому, потребуются очень внимательный анализ сравнительных достоинств и недостатков различных методов измерения энергий  $\beta$ -распадных электронов для окончательного суждения о том, существует или не существует нейтрино с массой 17 кэВ.

## УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Отдавая себе отчет в том, что в эпоху перехода к рыночной экономике в нашей стране все меньше внимания и средств уделяется науке и изданиям, рассказывающим о ней, мы все же тешим себя надеждой, что вы сочтете возможным выкроить небольшую (по нынешним меркам) сумму, чтобы выпустить «Природу» и на следующий год.

Подписная цена большинства периодических изданий значительно возрастает — мы же, рассчитывая в будущем увеличить объем журнала и повысить его оперативность и качество полиграфического исполнения, сохраняем ее неизменной.

Итак, всего за 14 руб. 40 коп. вы сможете получить годовую подписку на «Природу» — старейшее и наиболее серьезное научно-популярное издание в стране.

Индекс в каталоге Союзпечати у нашего журнала также неизменен — 70707.

Мы рассчитываем на вас!

## Исследуется пограничный слой между литосферой и гидросферой

Е. А. Романкевич,

доктор геолого-минералогических наук  
Институт океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР  
Москва

**В** НОЯБРЕ 1990 г. закончился 105-суточный рейс в Атлантический океан научно-исследовательского судна Института океанологии АН СССР «Витязь». Главная задача, стоявшая перед экспедицией в этом рейсе (20-м по счету), — детально изучить придонный слой на границе литосферы и гидросферы, включающий, с одной стороны, наддонную воду, с другой — верхнюю часть донных осадков. Предстояло выявить основные особенности этого слоя, оценить влияние на него рельефа дна, морской биоты, разнонаправленных потоков вещества в системе «вода — дно».

Работы велись в биогеохимических активных зонах океана, расположенных в приконтинентальных районах Западной Африки, где ощутимо влияние рек Конго, Кунене и Бенгельского апвеллинга. На отдельных полигонах и разрезах шельф — пелагиаль изучались с использованием подводного обитаемого аппарата «Аргус» (глубина погружения до 600 м) морская и иловая вода, донные отложения, водная и воздушная взвесь, морская биота, т. е. основные элементы биогеохимической (экологической) системы океана, которая в приконтинентальных пограничных зонах изучена гораздо хуже, чем в открытых районах океана.

Благодаря комплексным (геологическим, гидрологическим, геохимическим, радиоизотопным, микробиологическим, биохимическим, геоморфологическим, литолого-физическим, палеонтологическим, палеомагнитным, трофологическим, газово-химическим) исследованиям получен уникальный материал, вносящий существенный вклад в разработку программ АН СССР «Придонная океанология», «Физико-химические исследования океана», «Закономерности формирования биологической продуктивности», а также международного проекта «Глобальные потоки».

В рейсе был применен ряд новых методических разработок, например методика обработки данных эхолотной съемки, позволяющая с помощью ЭВМ уже через 2—3 ч после промера строить батиметрические карты в меркаторской проекции, карты рельефа дна, трехмерные блок-диаграммы, а также оперативно планировать районы предстоящих исследований с помощью «Аргуса». Была отработана и методика отбора проб воды в 1—5 м от дна на глубине до 5500 м с использованием 200-литрового батометра и глубоководного зонда-батометра с акустическими индикаторами, а в 0,3 и 0,6 м от дна — 30-литровыми батометрами. Удалось решить проблему получения малонарушенных проб верхнего осадочного слоя коробчатым дночерпателем отечественного изготовления. На «Аргусе» применялись разработанные в рейсе грунтоотборники (для сбора верхнего рыхлого слоя донных осадков) и сети для сбора планктона. Весь этот комплекс исследований дал нам существенно новую информацию в различных областях океанологии.

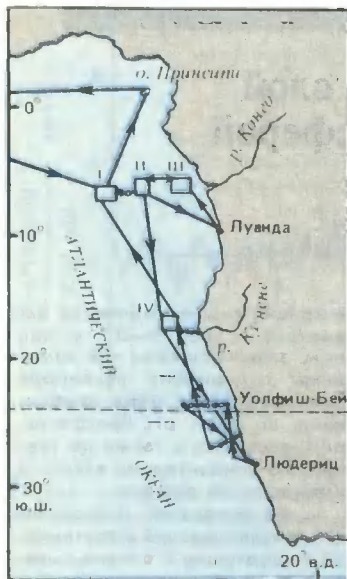
Было обнаружено, что придонный слой в интервале 1—5 м от дна в каждом из изученных районов имеет свои особенности. Впервые установлены градиенты параметров наддонной воды в глубоководных районах океана на уровнях 0,3; 0,6; 1; 3; 4,5 м от дна. Это позволяет говорить о микромасштабных (горизонтальной и вертикальной) неоднородностях придонного слоя по ряду биогеохимических показателей. Наиболее отчетливо градиенты кон-

центраций гидрохимических параметров в слое 5—0,3 м над дном зафиксированы по изменению содержания кислорода (уменьшаются по мере приближения ко дну), pH, фосфатов, кремнекислоты, а также по увеличению концентрации взвеси и изменению ее состава.

На основании гидрологических исследований и спутниковой информации в океане выявлены линзы пресных вод повышенной мутности, обусловленные стоком р. Конго и распространяющиеся на 300—350 км в широтном направлении и на 150—200 км — в меридиональном.

Обнаружены протолитическая и гидролитическая активность (способность к гидролизу белков и углеводов) в морской и иловой воде, во взвеси, пеллетах зоопланктона, материале седиментационных ловушек и в донных осадках зон лавинной седиментации и Бенгельского апвеллинга. Большую роль играет также ферментативная активность в толще осадков на глубине до 3 м от поверхности дна. Было проведено комплексное микробиологическое изучение аэробного и анаэробного круговорота углерода и серы, включая оценку интенсивности этих процессов и учет численности основных групп бактерий, их осуществляющих.

По геоморфологическим данным выявлено влияние волновых и придонных течений на шельфе, контурных течений — в абиссали, суспензионных потоков — наиболее ярко выраженных в районах шельфа, континентального склона и его подножия на разрезе от устья р. Конго по 6° ю. ш. Установлено, что органическое вещество, концентрация которого в осадках у подножия континентального склона на 6° ю. ш. достигает очень высоких значений (до



20-й рейс научно-исследовательского судна «Витязь» (прямоугольники — полигоны детальных исследований, кружки — отдельные станции вне полигонов).

Схема полигона III (район каньона р. Конго) и блок-диаграмма рельефа дна (меркаторская проекция). Исследования велись с помощью: 1 — серии 200-литровых батометров; 2 — ударных грунтовых трубок; 3 — коробчатого грунтоотборника; 4 — герметичного придонного батометра емкостью 1,2 л; 5 — глубоководного STD-зонда; 6 — дюрчерпателя «Океан-50»; 7 — плавитонных сетей; 8 — серии подвесных склянок для определения первичной продукции радиоуглеродным методом; 9 — специальных сеток для отбора тонкого поверхностного слоя воды со шлюпки; 10 — седиментационных ловушек; 11 — подводного обитаемого аппарата «Аргус». [Составлена С. Л. Никифоровым, А. А. Кравченко, Л. Г. Старовой.]

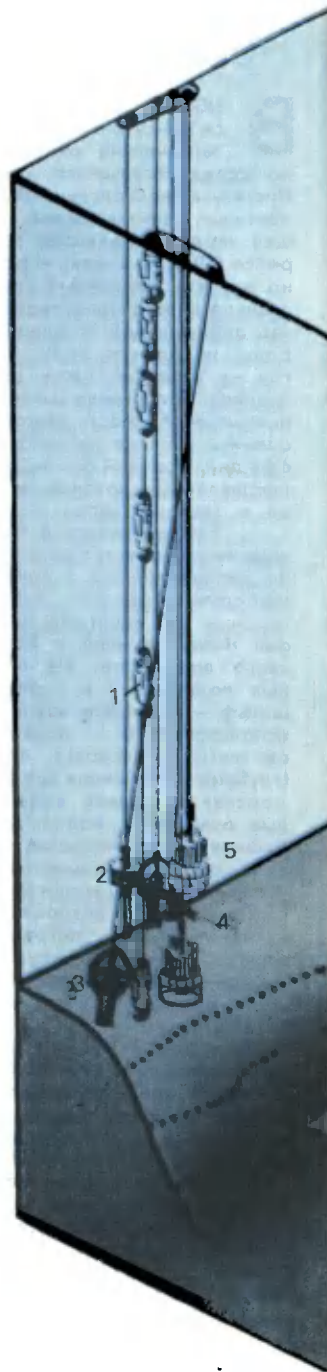
4—4,5%  $C_{орг}$ ), в основном генетически связано с поступлением сюда с более высоколежащих уровней гравитационного материала и может служить его хорошим индикатором.

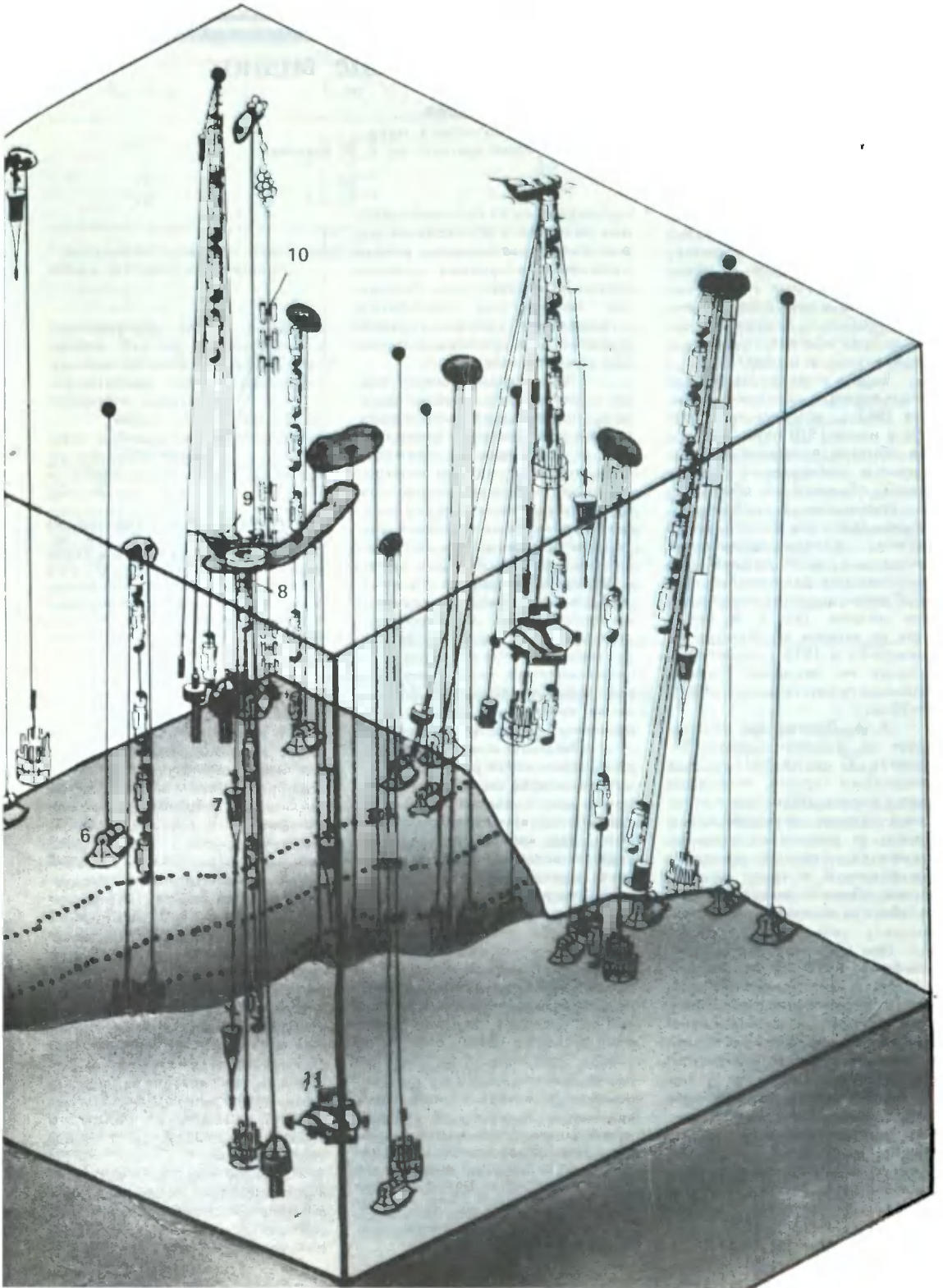
В системе «придонная вода — донные осадки» были рассчитаны потоки сульфатов аммония, марганца, сероводорода, бикарбонатов. Оказалось, что направления потоков и их величины зависят от содержания органического вещества, особенностей его деструкции, характера осадков и скорости их накопления. По определениям в одних и тех же пробах концентраций  $^{234}Th$  и  $C_{орг}$  впервые рассчитаны потоки  $C_{орг}$  из фотического слоя (200-метровая продуцирующая зона — слой фотосинтеза) на дно.

Новые данные получены о закономерностях и особенностях терригенного типа лавинной седиментации на двух уровнях; исследован состав, характер и способ транспортировки материала. Лавинные скорости седиментации (до 1—20 тыс. мм в 1000 лет) определены в зоне влияния р. Конго — в голоцене, а в зоне влияния р. Кунене — в доголоценовое время. Выяснилось, что прибрежный апвел-

линг в эстуарии р. Кунене в позднеледниковое и раннеголоценовое время играл гораздо более важную роль, чем считалось ранее.

Таким образом, полученные в экспедиции данные позволяют утверждать, что придонный слой на границе литосферы и гидросферы представляет собой важнейшую пограничную область в океане. Здесь совершается глобальный транспорт вещества; этот слой одновременно служит мощным источником поступления в океан солей, микроэлементов, газов, с одной стороны, и их поглощения, перевода в связанное нерастворимое малоподвижное состояние и удаления в донные осадки — с другой. В этом слое в основном завершаются биотические циклы элементов и осуществляется переход к циклам геологическим, менее скоростным и более длительным. Биоте океана и биогенным преобразованиям в этой пограничной области принадлежит огромная роль. Связь верхних и придонных слоев океана также очевидна. Химический состав океана в немалой степени определяется процессами, протекающими в придонном слое.





## Почему из космоса лучше видно

А. И. Лазарев,

доктор технических наук  
Государственный оптический институт им. С. И. Вавилова

**М**НОГИЕ советские космонавты неоднократно рассказывали о наблюдениях из космоса объектов и образований с угловыми размерами значительно меньше разрешающей способности зрительной системы. Этот эффект отмечали и американские астронавты.

Еще в полетах на космическом корабле «Восток-3» в августе 1962 г., а затем на «Союзе-9» в июне 1970 г. А. Г. Николаев обратил внимание на возможность наблюдения протяженных объектов и образований сравнительно небольшой ширины, таких как дороги, реки, просеки, взлетно-посадочные полосы и т. п. В дальнейшем космонавты не раз видели с орбит объектов шириной всего в десятки метров. Так, В. В. Коваленок во второй экспедиции на «Салюте-6» в 1978 г. отчетливо различал на ледниках Памира моренные гряды шириной около 10—20 м.

А. А. Леонов при возвращении на Землю «Союза-19», пролетая 22 июня 1975 г. над Кавказскими горами, отчетливо видел с высоты 100 км серпантин горных дорог, автомобильные фуруны и домики на склонах. Разумеется, угловые размеры этих объектов с такой высоты меньше обычной разрешающей способности человеческого глаза.

При наблюдении с «Салюта-6» в 1978 г. отдельных участков суши и акватории океанов у Коваленка несколько раз в течение небольшого отрезка времени возникало впечатление, что он все видит через увеличительное стекло.

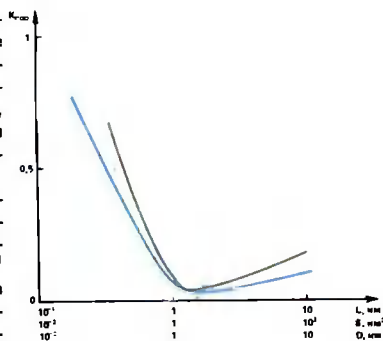
Как же объяснить эти эффекты? Начнем с последнего, самого простого. На видимые из космоса контрасты наземных объектов и образований существенно влияют пропускание и излучение атмосферы и иллюминатора. Поэтому одной из причин кажущегося увеличения

наблюдаемых из космоса наземных объектов и образований может быть сравнительно резкое изменение излучения иллюминатора при невысоком положении Солнца над горизонтом, а также пропускания и излучения атмосферы в отдельных регионах земного шара.

Рассмотрим вначале влияние атмосферы. Из сопоставления полученных экспериментально зависимостей контраста<sup>1</sup>  $K$  от характерных размеров объектов следует, что возможность наблюдать наземные объекты и образования с  $K > 0,2$ — $0,3$  сильно зависит от яркости и прозрачности атмосферы, которые заметно отличаются для чистой и обычной атмосферы. Примерно так же влияют излучение и пропускание иллюминатора космического корабля, причем эти передаточные функции сильно отличаются, если иллюминатор освещен прямыми солнечными лучами или только излучением Земли и атмосферы.

Так что кажущийся эффект увеличения размеров возникает, скорее всего, при наблюдении через незагрязненный иллюминатор в тех регионах планеты, над которыми очень чистая атмосфера и Солнце невысоко над горизонтом. Зависимость пороговых контрастов от размеров позволяет также объяснить наблюдения из космоса протяженных объектов сравнительно небольшой ширины — дорог, просек, рек, каналов, моренных гряд, разломов и т. п.

<sup>1</sup> Контраст  $K$  определяет разницу яркостей предмета  $V$  и фона  $V_0$ :  $K = (V - V_0) / (V + V_0)$ . Минимальное значение  $K$ , при котором предмет еще различим, называют пороговым. Пороговый контраст зависит не только от различия яркостей, но и от характеристик размеров объекта: площади  $S$  или линейного размера  $L$  для предметов изометрической формы, ширины  $D$  для протяженных объектов.



Пороговые значения видимых из космоса контрастов  $K$  при наблюдении с высоты 350 км в надир через очень чистую (цветная кривая) и обычную атмосферу;  $S$  — площадь,  $L$  — характерный размер объектов изометрической формы,  $D$  — ширина протяженных объектов.

Существование отдельных регионов планеты с очень чистой атмосферой подтверждается и другими экспериментальными данными. Еще в 1969 г. при наблюдении с космических кораблей «Союз-4» и «Союз-5» космонавты обратили внимание на заметное различие прозрачности атмосферы над отдельными районами. Самая прозрачная атмосфера — над акваторией Тихого океана, Курильскими островами и Камчаткой, а также над горными районами. Над континентами она чаще всего более мутная.

Коваленок с борта станции «Салют-6» видел в атмосфере области диаметром около 100 км заметно темнее, чем атмосфера над соседними регионами (он назвал их «провалами»). Это могло означать одно — в «провалах» плотного аэрозоля меньше, чем в соседних областях.

Такие наблюдения позволяют высказать предположение о наличии крупномасштабной горизонтальной неоднородности плотности аэрозоля как в



### Пороговые значения блеска\* точечных источников в зависимости от яркости фона $V_{\Phi}$

$V_{\Phi}$ , кд/м <sup>2</sup>	$E$ , лк	$m_v$
$10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-8}$	4,7
1	$1,2 \cdot 10^{-7}$	3,3
$10^2$	$3 \cdot 10^{-6}$	-0,2
$10^4$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	-4,0

\* Астрономы измеряют блеск звезд либо в единицах освещенности  $E$ , либо в звездных величинах  $m_v$ .

стратосфере, так и в тропосфере. Это не противоречит и данным наземных, самолетных и аэростатных исследований атмосферного аэрозоля.

Теперь попробуем объяснить возможность наблюдения из космоса наземных объектов и образований изометрической формы небольших размеров. По рассказам космонавтов, они выглядят как маленькие точки на фоне подстилающей поверхности. В связи с этим воспользуемся экспериментальными данными о пороговых значениях

блеска точечных источников на излучающем фоне (таблица).

Эти значения получены для случая, когда фон занимает практически все поле зрения глаза наблюдателя. Однако космонавт ведет наблюдения через иллюминатор в условиях ограниченного по угловым размерам фонового поля. Чтобы оценить влияние этого фактора, достаточно вспомнить известный факт: из глубокого колодца звезды видны даже днем (недаром обсерватория Улугбека располагалась в глубокой щели).

Иными словами, при ограниченном фоновом поле заметно (иногда почти в 100 раз) уменьшаются значения порогового блеска наблюдаемых объектов. А это означает, что разрешающая способность (или пороговый контраст) зрительной системы улучшается почти в 10 раз. Если для наблюдаемых наземных объектов и образований  $K = 0,3-0,4$ , то разрешающая способность зрительной системы в условиях ограниченного фонового поля будет составлять около  $20''$ .

Напомним, все космонавты обладают хорошим зрением. Например, у В. И. Севастьянова острота зрения перед полетом на орбитальной станции «Салют-4» составляла около 2. Поэтому вполне возможно, что с высоты  $\sim 350$  км он мог различить наземные объекты и образования с контрастом 0,3—0,4 и размером в несколько десятков метров. Примерно так же можно объяснить и наблюдения А. А. Леонова, Ю. Н. Глазкова и других космонавтов, видевших с орбиты объекты сравнительно небольших размеров.

## ИЗ ДНЕВНИКОВ КОСМОНАВТОВ

### В. И. Севастьянов

«Многие космонавты заметили, что в начале полета они видят меньше объектов на Земле, чем в конце полета. Буду говорить о себе. В первые дни полета я мало что различал с космической высоты. Потом стал замечать суда в океане. Затем суда у причалов. В середине полета обнаружил поезд, подходящий к мосту. Первое время возле дороги виделись какие-то квадратики. Через несколько дней заметил, что это приусадебные участки. Вскоре стал различать, какие вспаханы, а какие нет. В конце полета уже видел постройки на этих участках. (...)

Уже в первых полетах космонавты видели с высоты такие вещи, которые теоретически видеть не могли. До этого считалось, что разрешающая способность человеческого глаза — одна угловая минута. Но... оказалось, что с орбиты видны

предметы, угловая протяженность которых меньше минуты...» (1970 г., «Союз-9»)

...Сегодня (22 июня) я видел Сочи. Видел в ясную солнечную погоду. Видел отчетливо порт, видел наш дом...

Трудно поверить — правда? Но я действительно видел из космоса тот маленький двухэтажный домик в Сочи, в котором я вырос и в котором сейчас живут мои родители.

Как я искал свой дом? Сначала я высматривал на Кавказском побережье мыс Адлер. Река Мзымта, впадая в районе Адлера в море, резко подкрашивает морскую воду своим илом. Это самый точный ориентир. Для привязки я находил Адлер, а... дальше... сочинский порт. А прямо по оси главного причала, чуть выше, у основания телевышки, находил и свой дом. Видел его как маленькую точку среди деревьев — наш дом окружен кипарисами.

(1975 г., «Салют-4»)

### Ю. Н. Глазков

«Это случилось, когда станция пролетала над Бразилией.

Мне нравилось рассматривать через иллюминатор поверхность планеты. Я быстро начал различать реки, озера, горные хребты. Мог с закрытыми глазами рассказать о ландшафте местности, над которой «проплывала» станция...

Так вот летим над Бразилией. И вдруг вижу... тоненькую ленточку, через секунду сообразил: это шоссе. И по нему мчит автобус. Самый настоящий. Вроде даже голубого цвета. Разум говорил мне, что с такого расстояния невозможным глазом видеть это невозможно, но тем не менее я видел!»

(1977 г., «Салют-5»)

## Меценатство в «чистой» науке

А. П. Расницын,

доктор биологических наук  
Палеонтологический институт АН СССР  
Москва

**О**БЩИЙ кризис социализма (в его отечественном исполнении) в полной мере сказался и на науке. Сейчас самой острой оказалась проблема денег, особенно в Академии наук СССР после поспешного повышения зарплаты ее сотрудникам. В институтах только и слышно: задерживают зарплату, в отдельных — персоналу уже предлагают длительный отпуск за свой счет. Это пока, а вообще, без массовых сокращений, уверяют, не обойтись. А уж о командировках, экспедициях, покупке оборудования и даже оплате почтовых расходов за обмен литературой с зарубежными коллегами забудьте.

Рамки сравнительно честного получения денег на исследование сейчас дополнительно сузились из-за того, что ряд организаций и ведомств, до сих пор неплохо помогавших науке, сами оказались на мели. Некоторые пути тем не менее сохранились или появились новые<sup>1</sup>. Существует, однако, проблема, давно уже весьма болезненная во многих областях науки, но не затронутая в публикациях. Речь идет о простом или хотя бы суженном воспроизводстве научных кадров, сложившемся в ряде областей, которые считаются второстепенными, из-за чего коллективы стараются на глазах и обречены на потерю потенциала и вымирание. Перспективность научного направления, определяющая его финансирование и выделение ставок, обычно оценивается с учетом факторов, лишь косвенно связанных с реальными достижениями конкретного коллектива. В тех случаях, когда престиж научного направления

выше его оценки «научными властями», может оказаться полезным опыт лаборатории членистоногих Палеонтологического института АН СССР.

Эта лаборатория, созданная в 1936 г. знаменитым энтомологом А. В. Мартыновым и руководимая 40 лет (1938—1977 гг.) Б. Б. Родендорфом, — единственный в мире устойчивый коллектив палеоэнтомологов, в котором ископаемые насекомые изучаются комплексно — специалистами по отдельным группам насекомых<sup>2</sup>. В других странах подобную работу ведут немногочисленные универсалы-одиночки, что не может не сказаться на глубине и надежности результатов. Не удивительно, что лаборатория — давний и признанный мировой лидер в палеоэнтомологии. Несмотря на это и на несомненную перспективность исследований для теории и практики (теории эволюции, палеоэкологии и палеобиоценологии, стратиграфии, ландшафтно-климатических реконструкций и т. п.), ее численность с 1967 г. неуклонно сокращалась. В такой ситуации будущему коллективу не позавидуешь — половина сотрудников достигнет пенсионного возраста через семь лет. Однако элементы рыночной экономики, проникшие в наше общество, открыли возможность преодолеть неблагоприятную тенденцию.

Речь идет о спонсорстве или, скорее, о меценатстве, без которого, в будущем, похоже, «чистая» наука не проживет. Отечественные условия особенно благоприятствуют меценатству в воспроизводстве научных

кадров — уж слишком низка наша зарплата. Но благотворительное финансирование связано с риском в любой момент лишиться источника финансов (из-за банкротства мецената, вмешательства государства или по иным причинам). На Западе (мне известен лишь опыт США) предпочитают иной путь: меценат одновременно передает учреждению сумму, на проценты с которой и содержит работников. У нас этот путь пока не очень приемлем, так как наша экономика нестабильна: мало устойчиво богатых людей, готовых жертвовать на науку ради престижа, ненадежны банковские проценты и сами вклады, нет разработанной налоговой политики, стимулирующей благотворительность. И мы нашли свой вариант.

Нам удалось убедить состоятельного американского бизнесмена в том, что направление исследований лаборатории членистоногих перспективно и важно, а сверх того, не лишено привлекательности и для специалистов, т. е. способно сработать и на рекламу. Насекомые в янтаре вызывают много ассоциаций, а отпечаток, сохранивший тончайшие детали строения хрупких существ, живших на Земле 200—300 млн. лет назад, способен вызвать религиозный восторг перед мудростью природы.

Восприимчивым к красоте нашей науки оказался бывший соотечественник, а ныне президент небольшой, но процветающей компании «Капервуд энтерпрайзес» из г. Эвона (Массачусетс, США) Э. Каперман. Он сумел не только сам проникнуться нашими проблемами, но и убедить компаньонов, что выделение небольшой суммы из доходов (в рублях) может обернуться на пользу и компании: эс-

<sup>1</sup> См., например: Наука и рыночная экономика // Природа. 1990. № 12. С. 3—14.

<sup>2</sup> Расницын А. П. История палеоэнтомологии и история насекомых // Природа. 1990. № 6. С. 66—80.

ли нам суждено создать цивилизованный рынок, будут и налоговые льготы, стимулирующие благотворительность.

Легко догадаться, что практическое осуществление операции не было простым. Прямое перечисление денег в бюджет института наши благодетели сочли нежелательным, так как высокие накладные и прочие побочные расходы оставили бы на зарплату треть, если не четверть выделяемой суммы. Поэтому был выбран косвенный путь. Мы воспользовались, по рекомендации заместителя

председателя Октябрьского райсовета Москвы В. И. Жегалло, услугами Фонда экологической и социальной гармонии «ЭКОСОГА» и его президента М. Кавицкой. Компания учредила две Капервудовские стипендии по палеонтомологии (при Палеонтологическом институте АН СССР) Фонда «ЭКОСОГА», а также Совет, присуждающий эти стипендии, в который вошли представители лаборатории и фирмы. Совет утвердил Устав Капервудовской стипендии и утвердил двух первых стипендиатов. Размер стипендии

400 руб. (с последующей корректировкой с учетом инфляции). Предполагаемый срок выплаты стипендии пять лет, но в соответствии с основной целью фактически он будет определяться наличием вакансий в штате лаборатории. Дочерняя московская фирма «Капервуд инкорпорейтед» перечислила часть из ежегодных 12 тыс. руб. на счет «ЭКОСОГА», в чей штат и включили стипендиатов, прикомандированных к нашей лаборатории. Эксперимент начался к общему удовлетворению.

## Черная ворона уничтожает «гнезда» кижуча

**Е. Г. Лобков,**

кандидат биологических наук  
Кроноцкий биосферный заповедник

**О**РНИТОЛОГИ не перестают удивляться способности ворон находить новый, не свойственный виду корм, проявляя чудеса хитроумия. На Камчатке, в г. Елизово, расположенном на р. Авача, в которой нерестятся все виды проходных лососей (чавыча, нерка, кета, горбуша, кижуч), обитающая здесь черная ворона приспособилась разорять «гнезда» кижуча. Нерестится он позже всех сородичей, икру откладывает на дне ключевых озер и в прибрежном мелководье быстрых протоков.

Весной до начала половодья, в короткий промежуток времени, когда протоки мелеют настолько, что обнажается галечниковое дно, черные вороны стаями собираются по берегам и вылавливают из воды все живое. Три года назад, мы впервые наблюдали, как вороны уничтожали гнезда кижуча: на 100-метровой прибрежной полосе протоки мы насчитали 6 гнезд, в которых было от 2

до 10 крошечных, примерно двухнедельных мальков с желтым мешком-икринкой и небольшое количество погибшей икры. Большинство мальков были малоподвижны, лежали на дне и оказались хорошо заметны благодаря желтому мешку красного цвета. На них-то и охотились 10 ворон.

Птицы заходили в почти стоячую воду и, опуская голову, переворачивали клювом один камень за другим, явно выбирая более крупные и плоские, будто знали, что именно под ними можно обнаружить гнезда кижуча. Мальков и икру они тут же съедали. Если какой-нибудь вороне не удавалось перевернуть очень крупный камень, на помощь прилетала другая. И в случае удачи лакомилась обе. Большинство ворон действовали так, словно обучались друг у друга. Но несколько птиц паразитировали. Усевшись на крошке берега или на выступающих из воды больших камнях, они зорко сле-

дили за событиями, и как только какая-то из охотниц находила мальков, «птица-паразит» тут же принималась делить добычу. Через 2 дня на этом и соседнем участке протоки мы не обнаружили ни одного гнезда кижуча. В апреле 1989 г. все повторилось. И хотя вороны грабят гнезда кижуча лишь до начала весеннего половодья (т. е. всего 2—3 недели — в конце марта и в апреле), пока выклевываются мальки, причем только на отдельных мелководных протоках, они все же наносят урон поголовью кижуча. В Елизове постоянно обитает несколько тысяч черных ворон, значит, они способны уничтожить значительное количество мальков ценной породы лососевых. Населенных пунктов в долине Авачи много, и в каждом множество ворон, которые уже сейчас «контролируют» нижнее течение реки на всем его протяжении (25—30 км).

# Ф. Энгельс и математика

Ж. ван Хейенорт

Имя Жана ван Хейенорта (1912, Крель, Франция — 1986, Мехико) известно у нас в стране лишь узкому кругу специалистов-математиков, философов и историков математики. А между тем масштаб личности, жизни и научных достижений ван Хейенорта таков, что он заслуживает более близкого знакомства.

В юности ван Хейенорт увлечен марксистскими идеями и с 1932 по 1939 г. состоит личным секретарем (и телохранителем) Л. Д. Троцкого. Сопровождает его в поездках по Турции, Франции, Норвегии, Мексике. На склоне лет он публикует очень интересную и важную книгу воспоминаний и размышлений о Троцком и периоде их знакомства. До 1945 г. ван Хейенорт был секретарем IV Интернационала. Однако постепенно у него возникает критическое отношение к традиционным идеям марксизма и еще более критическое к их реализации. С той же самой страстью, с какой он отдавался идеям Маркса и Троцкого о мировой революции и переустройстве общества, ван Хейенорт отдается математике. В 1946 г. он кончает университет в Нью-Йорке и начинает серьезно и успешно заниматься геометрией. Через 10 лет под влиянием крупного логика Г. Крайзела его интересы переносятся в область математической логики. Близость этой науки к философии пробуждает у него глубокий интерес к философии, а также к истории логики и математики. В бытность профессором философии в 1965—1977 гг. он издает ряд глубоких философских и историко-научных трудов.

Ван Хейенорт как ученый отличался той особенностью, что в нем наряду с огромным творческим потенциалом, позволившим ему получить весьма сильные, новаторские результаты в геометрии и логике, написать оригинальные философские и историко-научные работы, имелся и чрезвычайно сильный самокритический настрой. Критическая самооценка неоднократно брала верх над творческой составляющей его личности, и это приводило к тому, что многие работы, содержавшие в высшей степени нетривиальные, свежие идеи, не были им опубликованы. Лишь ученики ван Хейенорта были знакомы с ними, а широкий круг читателей получил эту возможность только недавно, после выхода его избранных трудов (Heijenoort J. van. Selected Essays. Naples, 1986). Впрочем, истории науки известны примеры аналогичной критической самооценки, присущей также, скажем, П. Эренфесту.

Политические интересы молодости и профессиональные знания зрелости позволили ученому произвести весьма тщательный и квалифицированный анализ воззрений Ф. Энгельса в области математики и философии математики в статье «Ф. Энгельс и математика», в основном написанной в 1948 г. [лишь несколько страниц о «Математических рукописях» Маркса добавлены позже], которая предлагается вниманию читателей. Перевод сделан по упомянутому изданию «Selected Essays».

Думается, что значение этой статьи для происходящих ныне процессов переосмысления культурного, научного и философского наследия трудно переоценить. Она побуждает еще пристальнее взглянуть в, казалось бы, давно известные и несущие оттенок абсолютности факты, рассуждения, концепции, не останавливаться на пути критической рефлексии, служащей необходимой (хотя и недостаточной) предпосылкой приобретения мышления, адекватного реальности, к которой сейчас обращается значительная часть нашего, столь пострадавшего, общества. Наконец, эта статья не может не привлечь нашего внимания к странному обстоятельству, вскользь отмечаемому самим автором: как могло случиться, что громадные массы людей, подвергшись своего рода массовому гипнозу, начинают не замечать очевидные, казалось бы, вещи! Как их не замечали поколения математиков и философов, в том числе те, кто вовсе не уступал по своей профессиональной квалификации ван Хейенорту! Как можно было считать классическими труды, весьма далекие от того, что почиталось за классику в мировой науке и философии! Ответы на эти вопросы, возможно, могут завести в глубины социальной психологии тоталитаризма, еще скрытые не то что от строгого научного анализа, но даже от простой фиксации (в научных терминах, а не средствами искусства — М. Булгаков в «Мастере и Маргарите», похоже, воспроизвел феномен, о котором идет речь).

Короче говоря, эта статья проливает новый для нас свет на философские воззрения Энгельса и возбуждает целый сонм мыслей, выходящих далеко за пределы собственно философии (и уж тем более философии математики).

Ее публикация в нашей стране важна еще и потому, что на неадекватных взглядах покоится истолкование предмета и сущности математики, которое простирается от статьи «Математика» в Большой Советской Энциклопедии до практики многолетнего преподавания марксистской философии в вузах (не говоря уж о многочисленных работах по философии математики, докторских диссертациях, в том числе последнего времени, написанных в традициях грубо эмпирического подхода к природе математики и ее методу).

Надеюсь, что знакомство с этой статьей будет содействовать столь болезненному процессу нашего прозрения.

В. А. Бажанов,  
доктор философских наук  
Казанский университет

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПОЗНАНИЯ ЭНГЕЛЬСА

Математика — настолько специфичная область интеллектуальной активности, что каждому, кто отважится исследовать ее природу и методы философских позиций, должен быть задан предварительный вопрос: что именно он знает из математики? Хотя этот вопрос и не определяет непосредственно качество решения проблем, которые предлагаются философом, он тем не менее в определенной мере предопределяет анализ этих решений.

Программы обучения в школах Германии в 1830-х годах, равно как и духовные наклонности юного Энгельса, предрасполагали больше к гуманитарному, нежели естественнонаучному образованию. Доподлинно известно, что в школе Эльберфельда, которую юный Энгельс закончил незадолго до того, как ему исполнилось 17 лет, он посещал уроки по математике и физике, имея по этим предметам неплохие оценки. Однако эти курсы были достаточно элементарными, и похоже, что ученик не проявлял к ним сколько-нибудь заметного интереса. Его больше всего привлекает литература, изучение языков и поэзия. После сравнительно непродолжительного увлечения юриспруденцией Энгельс приобретает необходимые познания для коммерческой деятельности, которая, впрочем, не мешала ему посвящать свободное время — и много времени — поэзии, сочинению хоралов, рисованию. Как чиновник коммерческой конторы в Бремене без оплаты, Энгельс, безусловно, знал элементарную арифметику, но ни один документ этого периода — а это был решающий период в становлении молодого человека — не свидетельствует о наличии какого-либо интереса к наукам вообще и математике в частности. Вскоре Энгельс оставляет занятия поэзией для занятий полулитературной-полусоциальной критикой, которую цензура старалась держать в четко очерченных границах. Образец для подражания в это время для Энгельса — Людвиг Берн<sup>1</sup>.

Новый импульс интеллектуальному развитию молодого человека дает книга Штрауса «Жизнь Иисуса», первый том которой вышел в 1835 г. Вскоре Энгельс порывает с религией. В отличие от французских философов XVII в., которые в борьбе с религией опирались на естествознание, зная его достаточно хорошо, Штраус базирует свою критику на поиске противоречий в Священном

писании: вероятно, поэтому разрыв Энгельса с религией не привел, как это часто случается, к увлечению естественными науками.

Через чтение Штрауса Энгельс знакомится с Гегелем, который тотчас же очаровывает 19-летнего юношу. В отличие от Маркса, изучавшего античных философов, Декарта, Спинозу, Канта, Лейбница, Фихте, прежде чем заняться изучением Гегеля, Энгельс окунается в сочинения последнего без какого-либо солидного философского образования. Энциклопедичность гегелевских произведений, где можно найти ответ едва ли не на любой вопрос, настолько захватывает Энгельса, что он любую проблему начинает видеть глазами великого волшебника. Много лет спустя, приступая к исследованию какой-либо проблемы, Энгельс прежде всего обращается к тому, что писал о ней «старик» Гегель.

В 1869 г., в возрасте 49 лет, Энгельс расстается с коммерческим делом и переезжает в Лондон. Тогда он пишет: «Насколько для меня было возможно, подверг себя в области математики и естествознания процессу полного «линияния»... и в течение восьми лет затратил на это большую часть своего времени»<sup>2</sup>. Несколькими строками ниже он пишет о «подытоживании достижений математики и естественных наук».

Каковы математические познания Энгельса накануне его «линияния»? Достоверных сведений, которые позволили бы судить об интересе Энгельса к математике после школы и до 1869 г., не существует. Однако если проанализировать массу сохранившихся биографических документов, то может быть все же нарисована достаточно отчетливая картина. В сочинениях и письмах Энгельса приводятся сотни имен и названий книг из самых различных областей духовной жизни, но имена математиков и названия математических книг отсутствуют. Особенно в этом плане ценна переписка Маркса и Энгельса. Она позволяет судить о деятельности двух друзей, их чтении, переменах интересов с точностью до недель, а иногда и до дней. Однако по обсуждаемому нами вопросу в ней информации не больше, чем в других сочинениях Энгельса, предшествующих «линиянию» 1869 г. Отсюда можно заключить, что никакого особого интереса, да и интереса вообще, к математике у Энгельса в этот период не было. Когда, например, в письме от 31 мая 1873 г. Маркс касается математического вопроса, рассуждает о «намерении вывести... главные законы (экономических.—

<sup>1</sup> Берн Л. (1786—1837) — немецкий публицист, критик, видный представитель радикальной оппозиции. Здесь и далее примеч. переводчика.

<sup>2</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 20. С. 11. Далее ссылки на сочинения Маркса и Энгельса даны в тексте и указывают лишь том и страницу.

В. Б.) кризисов» (т. 33, с. 72), Энгельс на это не реагирует.

Единственная толика информации, которую можно извлечь из тщательного изучения данного вопроса, сводится к тому, что в 1864 г. Энгельс читал книгу «Сочинения по арифметике» Л. Б. Франкера<sup>3</sup>, опубликованную в Париже в 1845 г. Эта книга по элементарной арифметике, предназначенная для работников банков и коммерсантов. Именно тот факт, что Энгельс изучал эту книгу и сделал некоторые, прямо скажем, пустяковые, замечания, содержащиеся в письме к Марксу от 30 мая 1864 г. (т. 30, с. 329), дает нам основание оценить уровень его интереса и познаний в математике в период, предшествующий 1869 г.

Таким образом, можно считать вполне установленным, что до «линейния» 1869 г. Энгельс вряд ли обладал познаниями в математике, превышающими уровень элементарной арифметики. А что же можно сказать о «линейнии»?

Список книг по наукам, отличным от математики, например по химии, физике или астрономии, упоминаемых Энгельсом, весьма обширен и позволяет достаточно точно проследить эволюцию его интересов в этих областях. Но вот относительно математики дело обстоит иначе. По астрономии, скажем, которую можно считать довольно-таки специальной наукой того времени, Энгельс читает много больше, чем по всей чистой математике. Единственной работой по чистой математике, которую Энгельс наверняка изучал, является работа Боссю<sup>4</sup> (т. 20, с. 579—580, 642) «Трактаты о дифференциальном и интегральном исчислении». Ш. Боссю опубликовал свои «Трактаты...» в 1798 г. Это малозначительная работа малозначительного математика<sup>5</sup>. Книга никогда не переиздавалась. Ни «Большой универсальный словарь XIX в.» Ларусса, ни «Большая энциклопедия», ни «История математических и физических наук» М. Мари в довольно-таки пространственных библиографиях не отмечают достоинств работы Боссю. Мари замечает: «Мы ничего не будем говорить о дидактических работах Боссю: они использовались ровно столько, сколько используются работы подобного рода, 20 или 30 лет, после чего изменяются научные методы, и учащиеся вынуждены обращаться к иным руководствам<sup>6</sup>. Это доста-

точно суровая характеристика, но тем не менее она мягче, чем следовало бы дать в данном случае, поскольку Боссю придерживался при изложении дифференциального исчисления принципов Ньютона, а труд издавался в тот самый момент, когда Лагранж вырабатывал совершенно новые требования к строгости построения дифференциального исчисления, и Боссю был вынужден добавить следующий абзац: «Гражданин Лагранж представил метафизику бесконечно малых в новом свете в его книге «Теория алгебраических функций»; я познакомился с этой замечательной работой уже после того, как моя собственная была завершена и даже в большей степени отпечатана<sup>7</sup>.

Как случилось, что 80 лет спустя Энгельс выбирает в качестве руководства по столь фундаментальной проблеме работу, устаревшую уже в момент опубликования, и использует ее тогда, когда она очевидно не отвечала уровню науки? Единственно возможный ответ тот, что книга Боссю попала к нему случайно и что он не испытывал какого-либо угрызения совести, руководствуясь ею, так как устаревшие идеи автора казались Энгельсу подтверждающими его собственные впечатления от исчисления бесконечно малых, которое он составил при чтении Гегеля.

Замечу, что представления Энгельса по анализу, как будет показано ниже, являются краеугольным камнем его философского мировоззрения, поскольку они отражают «диалектику» математики. Важность этого вопроса для построения философской концепции не позволяет отнестись индифферентно к тому, что Энгельс следовал в его трактовке устаревшему Боссю.

Похоже, что Энгельс был столь же незнаком с историей анализа, сколько и с его принципами. В рукописи «Диалектика и естествознание», написанной между 1873 и 1876 гг., Энгельс упоминает Лейбница, который, по его мнению, не кто иной, как «основатель математики бесконечного, по сравнению с которым индуктивный осел Ньютон является испортившим дело плагиатором» (т. 20, с. 520).

Под математикой бесконечного Энгельс понимает исчисление бесконечно малых, анализ, что соответствует выражению XVIII в. Его осуждение Ньютона, грубо говоря, есть простое повторение соответствующей мысли Гегеля, для которого честь открытия анализа, не совсем верно приписанная англичанами Ньютону, всецело принадлежала Лейбницу<sup>8</sup>. Через несколько лет,

<sup>3</sup> Франкер Л. Б. (1773—1849) — французский математик, автор ряда учебников по математике, механике, астрономии.

<sup>4</sup> Боссю Ш. (1730—1814) — французский математик.

<sup>5</sup> В примечаниях к собранию сочинений К. Маркса и Ф. Энгельса Боссю назван «известным» математиком.

<sup>6</sup> Marie M. Histoire des sciences mathematique et physique. Paris, 1886. V. 10. P. 24.

<sup>7</sup> Bossut C. Traites de calcul differentiel et de calcul integral. V. 1. Paris, 1798. P. IXXX.

<sup>8</sup> Hehel G. W. F. Werke. B. 15. Berlin, 1842. S. 451.

в 1880 г., — значит, спустя более 10 лет после «линия» — Энгельс в «Предисловии» к «Диалектике природы» написал, что исчисление бесконечно малых было основано «Лейбницем и, быть может, Ньютоном» (т. 20, с. 348). Мы еще достаточно далеки от истины.

Именно в этом вопросе Энгельс мог обратиться к книге Боссю. Глава первого тома «Предварительные сведения» содержит описание истории открытия анализа, и эта глава как раз написана на хорошем научном уровне.

Разногласия по поводу приоритета открытия анализа, возникшие в начале века, были уже почти отрегулированы к его концу, т. е. ко времени, когда Боссю писал свою книгу, и поэтому он мог отметить, что «эти два великих человека (Ньютон и Лейбниц) благодаря своему гению достигли одной цели разными путями»<sup>9</sup>. Если соответствующие заслуги Ньютона и Лейбница были недвусмысленно отмечены Боссю, то тем более о них должен был бы знать Энгельс, который писал на 80 лет позже Боссю. Тем не менее он повторяет безусловно ошибочную мысль Гегеля.

Обратимся к теории комплексных (мнимых) чисел, разработанной в XIX в. Эта теория несложна и интересна для человека, который не имеет специальной подготовки по математике. Однако мы можем найти у Энгельса только три замечания по поводу этой теории. Они показывают, что, хотя Энгельс знал о существовании комплексных чисел, он не понимал значимости этой теории. В «Анти-Дюринге» Энгельс объявляет мнимые величины продуктами «свободного творчества и воображения самого разума» (т. 20, с. 37) в отличие от других математических понятий, которые являются абстракциями из «действительного мира». В той же самой книге имеется несколько суждений о квадратном корне из минус единицы, который, согласно Энгельсу, «не просто противоречие, а даже абсурдное противоречие, действительная бессмыслица» (т. 20, с. 125). После издания «Анти-Дюринга» Г. В. Фабиан, социал-демократ и математик, написал Марксу письмо (от 6 ноября 1880 г.), в котором затрагивалось это утверждение Энгельса. Энгельс же на него откликнулся лишь насмешливым замечанием ко второму изданию своей книги (т. 20, с. 11).

Наконец, в неопубликованной статье «Естествознание в мире духов», написанной скорее всего в 1878 г., Энгельс пишет: «Обыкновенно математики метафизического пошиба горделиво кичатся абсолютной непре-

ложностью результатов их науки. Но к этим результатам принадлежат также и мнимые величины, которым тем самым присуща известного рода реальность. Однако если только мы привыкнем приписывать корню квадратному из минус единицы или четвертому измерению какую-либо реальность вне нашей головы, то уже не имеет особенно большого значения, сделаем ли мы еще один шаг дальше, признав также и спиритический мир медиумов» (т. 20, с. 382). Эти несколько строк показывают, как мало Энгельс понимал мотивы введения комплексных чисел и их природу, хотя они вовсе не являлись каким-то новшеством в момент написания только что процитированных строк. Имея несколько предшественников, Гаусс в 1831 г. предложил геометрическую интерпретацию комплексных величин, в результате чего они лишились какого-либо мистического оттенка. Эта интерпретация быстро стала общепринятой, и в 1855 г. в книге, отличающейся весьма элементарным изложением, можно прочитать: «В результатах соответствующего анализа легко установить, что понимание мнимых величин не представляет больше трудностей, чем величин отрицательных, изученных сейчас столь тщательно, что не остается никаких неясностей и трудностей»<sup>10</sup>. Двадцать лет спустя Энгельс продолжает наткнуться на эти (уже) «тщательно изученные» трудности.

Давайте возьмем другое важное достижение математики прошлого века — неевклидовы геометрии и  $n$ -мерные пространства. После многочисленных тщетных попыток доказать постулат Евклида о параллельных линиях математики XVIII в. стали размышлять о том, что может следовать из факта отрицания этого постулата. Н. И. Лобачевский изложил принципы новой геометрии в докладе перед членами физико-математического факультета Казанского университета<sup>11</sup> в феврале 1826 г. Однако этот доклад не был опубликован, и его содержание остается неизвестным. В 1829—1830 гг. Лобачевский вновь представил свою концепцию новой геометрии, и она была опубликована в журнале Казанского университета<sup>12</sup>. Однако эти взгляды не сразу — в силу незнания научной средой русского языка и отдаленности Казани от Европы — получили распространение. В 1832 г. Я. Бойан, уже несколько лет размышлявший о всевозможности новой геомет-

<sup>10</sup> Davies C., Peck W. *Mathematical dictionary and encyclopedia of mathematical science*. N.Y., 1855. P. 301.

<sup>11</sup> Точнее доклад сделан в отделении физико-математических наук университета.

<sup>12</sup> Доклад напечатан в журнале «Казанский вестник» за 1829 г. (январь).

<sup>9</sup> Bossut C. *Op. cit.* P. 11.

рии, опубликовал свой знаменитый «Аппендикс». Позже стало известно, что и К. Гаусс примерно в то же самое время пришел к тем же результатам, которые он не решился отдать в печать.

Вскоре Лобачевский приступил к публикации своих работ на французском и немецком для того, чтобы они были доступны ученым в Западной Европе. Между тем новые идеи до середины века почти не привлекали внимания. 10 июня 1854 г. Б. Риман сделал доклад о «Гипотезах, лежащих в основаниях геометрии». «Пангеометрия» Лобачевского, изданная в Казани на французском, в 1856 г. и 1858 г. переводится на немецкий, в 1867 г. — на итальянский. «Аппендикс» Бойаи переводится на французский в 1872 г. Фундаментальная работа Римана, изданная в 1868 г., появляется в переводе на французский в 1870, а в 1873 г. публикуется на английском в «Nature» — журнале, который, весьма вероятно, в это время Энгельс читал. Становятся известными неопубликованные рукописи и частная переписка Гаусса: отдельные письма, в которых говорится о неевклидовой геометрии, публикуются в 1866 г. на французском. Г. Гельмгольц посвящает две лекции в 1868 и 1870 гг. основаниям геометрии. Важная работа Э. Бельтрами, впервые показывающая, что неевклидова геометрия столь же непротиворечива, сколь непротиворечива евклидова геометрия, издана в 1868 г. и переведена на французский в 1869 г.

В докладе Римана в 1854 г. делается значительный шаг в направлении создания геометрий  $n$ -мерных пространств. «Учение о протяженных величинах Г. Грассмана, изданное в 1844 г., и работы А. Кэли, появившиеся в том же году, закладывают фундамент новых концепций. С данного момента наблюдается бурный прогресс. Важнейшая, составляющая целую эпоху работа Кэли «Шесть мемуаров о кватернионах» опубликована в 1860 г., а в 1862 г. появляется расширенный вариант «Учения о протяженных величинах».

Все это говорит о том, что к 1870 г. математический мир широко познакомился с неевклидовой геометрией и геометриями  $n$ -мерных пространств. В это же время некоторые дальновидные ученые начинают применять новые математические представления в других сферах науки. Еще в 1854 г. Риман предположил, что некоторые области нашего пространства могут быть неевклидовыми и только опыт может решить, действительно ли это так<sup>13</sup>. В 1870 г. У. Клиффорд развивает идею о том, что аксиомы евклидовой геометрии не применимы к малым об-

ластям нашего пространства и что «изменение кривизны пространства — это то, что реально происходит в явлениях, которое мы называем движением материи»<sup>14</sup>. С 1863 г. методы новых геометрий пытается приложить к физике и химии Э. Мах. После 1867 г. и Гельмгольц стремится связать новые геометрические идеи с исследованиями по психологии.

1870 год становится также годом начала популяризации новых концепций. Гельмгольц излагает их перед группой нематематиков в Гейдельберге. Для того чтобы сделать изложение доступнее, Гельмгольц предлагает пример, который будет заимствован едва ли не всеми авторами, разъясняющими новую геометрию, а именно пример о двумерных существах, которые двигаются по искривленной поверхности и не в состоянии представить, что творится вне ее (геометрия их поверхности должна быть неевклидова). Заметим, что чуть сокращенный вариант этой популярной лекции был опубликован 12 февраля 1870 г. в «The Academy» — журнале, издающемся в Лондоне и, следовательно, легко доступном Энгельсу. В 1876 г. Гельмгольц публикует расширенный вариант этой лекции под названием «О происхождении и значении аксиом геометрии» в третьей части «Популярных докладов по естествознанию» — в книге, которую человек, находящийся подобно Энгельсу в процессе «линияния», вряд ли мог не заметить. Энгельс неоднократно цитирует вторую часть книги Гельмгольца, стало быть, он не мог не видеть третью.

С 1870 г. неевклидовы геометрии и геометрии  $n$ -мерных пространств возбуждают всеобщее любопытство, подобно тому как теория относительности в конце первой мировой войны и расщепление атомного ядра в конце второй. Немецкий философ Герман Лотце, весьма далекий от математики, как раз в этот момент пишет: «Много рассуждаем о четвертом измерении пространства — и этот вопрос живо дискутируется повсюду»<sup>15</sup>. Именно в данный период Энгельс переживает период научного «линияния». Однако он не обращает внимания на упомянутые достижения науки. Это еще более удивительно потому, что, во-первых, новые математические концепции имеют громадное философское значение и, во-вторых, знакомство с ними вовсе не требует глубоких математических познаний или владения специальной математической техникой. Гельм-

<sup>13</sup> Н. И. Лобачевский еще в 1829—1830 гг. изучал вопрос о том, какова геометрия пространства.

<sup>14</sup> Clifford W. K. Lectures and essays. London, 1870. P. 158.

<sup>15</sup> Lotze H. Metaphysik. Leipzig, 1879. S. 254—255.



голец подметил это обстоятельство еще в 1870 г.: «Это тот самый вопрос, который, по моему мнению, можно изложить интересно для всех, кто когда-то изучал хотя бы основы математики, и который в то же время непосредственно связан со сложнейшими проблемами, относящимися к природе человеческого понимания»<sup>16</sup>.

Короче говоря, это именно тот самый вопрос, который, казалось бы, должен был очаровать человека, подобного Энгельсу, к тому же находящемуся в периоде интеллектуальной активности. Между тем этот вопрос лишь упоминается в статье Энгельса «Естествознание в мире духов Современный спиритуализм, зародившийся в США примерно в середине XIX в., вскоре расцвел и в Европе. В 1870-х годах к нему было приковано всеобщее внимание и вокруг него велась ожесточенная полемика. И именно на эти годы пришелся пик широкого распространения новых математических теорий. Цельнер, не лишенный таланта астрофизик из Лейпцига, втянулся в спиритуализм и стремился объяснить соответствующие явления наличием четвертого измерения. В своей статье Энгельс насмехается над Цельнером, но вместе с тем и над четвертым измерением; он даже подсмеивается над твердо установленными математическими результатами. Вообще данная статья не содержит ни малейшего указания на стремление понять сущность новых математических открытий и оставляет удручающее впечатление.

Эта статья по крайней мере говорит нам о том, что Энгельс знал о существовании новых геометрий. Но он трактует их в том же самом ключе, что и спиритуализм. Захватывающие идеи, богатые философским содержанием, которым было суждено блестящее будущее и которые обсуждались в то время едва ли не всеми интересующимися наукой, не привлекают Энгельса, который, напротив, глумится над ними. Столь сильное сопротивление Энгельса новым идеям никоим образом нельзя считать случайным. Оно имеет глубокие корни в его философии математики. Мы вскоре поймем, почему Энгельс остался глух к данным проблемам. Пока же лишь зафиксируем этот факт.

Попытаемся пристальнее взглянуться в математические познания Энгельса. В «Диалектике природы», рассуждая о системах счисления, он утверждает, что «все числовые системы зависят от положенной в основу системы и определяются ею» (т. 20, с. 574).

Это неверно. Переход к иной системе счисления может изменять лишь символические изображения чисел, но никоим образом не их арифметические свойства. Свое ложное утверждение Энгельс иллюстрирует столь же ложным примером: «Во всякой системе с нечетным основанием теряет силу различие четных и нечетных чисел» (там же). На самом деле число является четным или нечетным независимо от основания системы счисления.

Небезынтересно проследить, как «диалектика» Энгельса подвела его к этому бессмысленному суждению, но здесь достаточно заметить, что все это относится к элементарной арифметике и не составляло секрета даже для 16-летнего школьника.

Кто-то, конечно, может возразить, что картина, нарисованная нами, довольно-таки неприглядна, а возможно, и не совсем точна. Справедливо, мол, что Энгельс не уделял достаточного внимания чистой математике в период «линяния», но он читал книги по астрономии и физике, содержавшие математические выкладки на каждой странице, и, значит, имел хорошую возможность познакомиться с математическими методами. В подобном возражении есть зерно истины, но зерно очень маленькое. Энгельс действительно большую часть информации о математике почерпнул из книг по физике. Это ясно, например, из часто повторяемых им суждений о том, что правила дифференциального исчисления ложны с точки зрения физики. Энгельс никогда не изучал те разделы математики, которые обосновывают правомерность применения в физике приближенных методов. Но необходимо оценить не только разносторонность математических познаний Энгельса, а также их качество. Определенные обстоятельства позволяют нам дать такую оценку.

В «Предисловии» ко второму изданию «Анти-Дюринга», написанному в сентябре 1885 г. (значит, спустя много лет после «линяния»), Энгельс утверждает: «Гегель указывал, что Кеплер, которому Германия дала умереть с голоду, является настоящим основателем современной механики небесных тел и что ньютоновский закон тяготения уже содержится во всех законах Кеплера, а в третьем даже выражен вполне определенно. То, что Гегель в своей «Философии природы», § 270 и добавление (Сочинения Гегеля, т. VII, 1841, с. 98 и 113—115), доказывает несколькими простыми уравнениями. Мы находим снова, как результат новейшей математической механики, у Густава Кирхгофа («Лекции по математической физике», 2-е изд., Лейпциг, 1877, с. 10) и по существу —

<sup>16</sup> Helmholtz H. The axioms of geometry. London, 1870. S. 128.

в той же, впервые развитой Гегелем, простой математической форме» (т. 20, с. 12).

Давайте откроем две книги, упомянутые Энгельсом, на страницах, которые он указывает. В книге Кирхгофа мы действительно находим вывод закона тяготения Ньютона из трех законов Кеплера, точно таким же способом, каким это делается до сих пор в элементарных учебниках механики. Вывод занимает две-три страницы и требует применения интегрального исчисления и элементарных дифференциальных уравнений. У Гегеля мы об этом можем прочесть (причем в более сжатом виде): «В третьем законе Кеплера  $A^3/T^2$  является константой. Перепишем это выражение в виде  $A \cdot A^2/T^2$  и, следуя Ньютону, назовем  $A/T^2$  универсальной гравитацией; тогда выражение действия так называемого тяготения обратно пропорционально квадрату расстояния»<sup>17</sup>.

В этих ребяческих по духу словах Гегель, кроме всего прочего, не замечает, что изменяющееся расстояние между планетами и Солнцем не является большой полуосью эллиптической орбиты. На с. 115, также упоминаемой Энгельсом, повторяется та же самая ошибка и добавляются несколько новых. Величие Гегеля покоится на иных достижениях, отличных от упомянутых (несуразностей), коренящихся в глубокой антипатии к англичанину Ньютону, равно как и хроническое недопонимание математических методов.

Пятьдесят лет спустя, после многих лет «линяния» и знакомства с верным выводом закона Ньютона в книге Кирхгофа, Энгельс так и не в состоянии заметить ошибки Гегеля. И более того, Энгельс утверждает, что оба вывода «в сущности одинаковы». Да, пожалуй, нельзя сказать, что Энгельс узнал о математике из книг по физике больше, чем из собственно математических трактатов. Что же из всего этого следует? А то, что Энгельс не обнаруживает ни малейшей склонности к математике, он не знаком с ее достижениями в XIX в., его суждения в области философии математики покояются на концепциях, которые господствовали 90 или 100 лет назад, т. е. в XVIII в., причем современный Энгельсу период был отмечен бурным и значимым для судеб математики прогрессом. Даже с математикой XVIII в. Энгельс был знаком поверхностно: все проблемы он видит глазами Гегеля, который являлся неважным знатоком этой области. И тем не менее Энгельс решительно и уверенно высказывается о математике и ее философии.

## ПРИРОДА МАТЕМАТИКИ

Представления Энгельса о математике соответствуют его эпистемологии, корреспондентской (классической) теории истины и даже составляют их важную часть. Если говорить в общем, то идеи для него не более чем отображения материальных вещей, математические же понятия также не более чем отображения.

Отсюда нетрудно заключить, что для Энгельса математика фактически неотличима от физики, что она как бы ветвь физики. Тот факт, что Энгельс вовсе не уклоняется от приведенного понимания математики, обнаруживается из его трудов.

Приводя примеры безусловно истинных суждений, он упоминает и такое, которое провозглашает, что « $2 \times 2 = 4$  или что притяжение материи увеличивается соответственно квадрату расстояния» (т. 20, с. 360). Энгельс не колеблясь помещает и математическую теорему, и физический закон в одну категорию. История отвергла его точку зрения: эксперимент вынудил нас отказаться от закона Ньютона и принять иную теорию<sup>18</sup>, тогда как не видно, чтобы он вынудил нас усомниться в данном математическом утверждении. Это достаточно отчетливо демонстрирует разную природу упомянутых суждений.

В качестве примера того, что существуют «вечные, окончательные истины в последней инстанции» (т. 20, с. 91), Энгельс упоминает, что «дважды два равно четырем, что сумма углов треугольника равна двум прямым, что Париж находится во Франции, что человек без пищи умирает с голоду» (там же).

Здесь вновь математические теоремы сваливаются в одну кучу с эмпирическими соотношениями. Суждение о том, что сумма углов треугольника равна двум прямым углам, с точки зрения истинности, для Энгельса ничем не отличается от эмпирического утверждения, что Париж расположен во Франции. И это пишется им в 1877 г., когда всем было известно, что первое суждение вытекает из определенной системы аксиом, а именно из аксиоматики евклидовой геометрии, и, возможно, не будет следовать из иной системы аксиом. Здесь мы видим, сколь упорно Энгельс старается не замечать неевклидовых геометрий. Они ведь слишком опасны для попыток отождествить математику и физику. Согласно Энгельсу, математические понятия «взяты не откуда-нибудь, а только из действительного мира» (т. 20,

<sup>17</sup> Hehel G. W. F. Op. cit. S. 98—99.

<sup>18</sup> Имеется в виду общая теория относительности.

с. 37). Они заимствованы «исключительно из внешнего мира, а не возникли в голове из чистого мышления» (там же). Подчеркнем слово «исключительно». Стало быть, опыт генерирует математические понятия, в которых нельзя усомниться. Рассматривая ниточку паутины или спокойную водную поверхность, человек никогда не образует понятия прямой линии или плоской поверхности без определенных интеллектуальных усилий, не объяснимых простым наблюдением, простым «отображением». Что же касается более сложных математических понятий, то вообще невозможно сказать, какие реальные объекты они «отображают». Разумеется, математик находит множество подсказок в эксперименте, в своем повседневном опыте, но сущность математики, ее дух заключаются в том, чтобы вырваться за пределы здравого смысла и обыденного опыта, чтобы оперировать с идеальными объектами — линиями, лишенными ширины, поверхностями, лишенными толщины, — лишь посредством силы логической мысли, независимой от какого-либо эксперимента или опыта.

Для того чтобы сделать более прозрачным это положение, возьмем, к примеру, число  $\pi$ , выражающее отношение длины окружности к ее диаметру. Если бы это число являлось результатом эксперимента, то мы могли бы построить железное колесо и с идеальной точностью измерить длину его окружности и диаметр. Их отношение дало бы  $\pi$  или, по меньшей мере, хорошее приближение к нему. Однако математик способен только с помощью логических рассуждений, силы своего разума вычислить  $\pi$  с какой угодно точностью. И мы имеем право описывать это математическое  $\pi$  в терминах, бессмысленных для физического  $\pi$ , скажем, как иррациональное, трансцендентное число. У Энгельса же нет никаких указаний на то, что мы можем различить эти два понятия, точнее, математическое  $\pi$  для него растворяется в физическом истолковании  $\pi$ .

Роль опыта в формировании математических понятий для Энгельса много больше, чем просто подсказка. Он пишет: «Чистая математика имеет своим объектом пространственные формы и количественные отношения действительного мира, стало быть — весьма реальный материал» (т. 20, с. 37). Математик же, как человеческое существо, часть «реальности». Если Энгельс хочет здесь сказать не больше, чем сказано, то это банальность. Однако он понимает под «действительным миром» природу, физический, материальный мир, и, значит, его утверждение просто ложно, поскольку никак

нельзя утверждать, что предмет математики составляют только отношения физического мира. Тем не менее та же самая ложная мысль рефреном повторяется в его трудах: «Результаты геометрии представляют собой не что иное, как естественные свойства различных линий, поверхностей, тел и, соответственно, их комбинаций, которые большей частью встречались уже в природе задолго до того, как существовали люди (радиолярии, насекомые, кристаллы и т. д.)» (т. 20, с. 631).

Факт, что раковина имеет форму математической кривой, заинтересовав биолога, может навести на мысль, например, о форме экспоненциальной кривой, но из этого факта математик не извлечет каких-либо далеко идущих следствий. Во-первых, математическая кривая не является «отпечатком», зеркальным отражением раковины в мозге математика — она задается в математических терминах. Во-вторых, математик никогда не станет доказывать теоремы о кривой путем измерения параметров раковины. Самое большее, что он может ожидать, — это получить какие-то эвристические подсказки со стороны действительности; однако такая подсказка будет лишь исходной точкой в выводе следствий — теорем о кривой — из определенной системы аксиом и уже известных теорем. В качестве исходных допущений математик может взять такие, которые вообще не являются «отношениями действительного мира», например «естественными свойствами» насекомых или кристаллов, и строить геометрии, выходящие далеко за границы нашего опыта. Изучая философию Энгельса, С. Хук замечал «странное пренебрежение части ортодоксальных гегельянцев и диалектических материалистов к факту, что различные гипотетические предположения часто противоречат определенным фактам, выражаясь в суждениях вида «вещь или событие отлично от того, чем оно в реальности является», но которые надо считать ценными допущениями в науке или истории»<sup>19</sup>.

Данная тенденция кажется более понятной в свете отношения Энгельса к математике и выглядит неприемлемой, поскольку не оставляет места для гипотетического и строго обусловленного характера математики.

Один из наиболее любопытных трудов Энгельса — заметка «О прообразах математического бесконечного в действительном мире», написанная в 1877 или 1878 г. Скульп-

<sup>19</sup> Hook S. Dialectic and nature // Marxist quarterly. 1937. V. 1. P. 261.

ная и неблагодарная задача — распутывать узел преувеличений, недопонимания и явных ошибок, встречающихся на этих нескольких страницах. Лейтмотив данной заметки Энгельса — показать, что любая математическая операция «совершается самой природой»; природа дифференцирует, интегрирует, решает дифференциальные уравнения, как математик. Все операции в буквальном смысле одинаковы за исключением того, что «одно совершается сознательно головой, а другое — бессознательно природой» (т. 20, с. 584).

Скажем, молекула есть дифференциал, и «природа оперирует этими дифференциалами, молекулами точно таким же образом и по точно таким же законам, как математика оперирует своими абстрактными дифференциалами» (т. 20, с. 583).

Не вдаваясь в подробности того, как природа применяет человеческие законы (дифференцирование), посмотрим, как Энгельс обосновывает свою анимистическую точку зрения. Он приводит пример куба, состоящего из какого-либо возгоняемого элемента, например серы, и помещенного в атмосферу из паров серы, так что пары серы осаждаются на гранях куба постепенно, мономолекулярными слоями (дифференциал!). Но даже этим искусственным примером, приведенным специально, чтобы доказать (!) универсальный закон, Энгельс окончательно запутывает себя и в конце концов вынужден признать несоответствие физического процесса и математического рассуждения. Он пытается объяснить это коротким замечанием, что «линий, не имеющих толщины и ширины, в природе самостоятельно, как известно, не существует, и следовательно, математические абстракции имеют безусловную значимость только в пределах чистой математики» (т. 20, с. 584).

Это замечание касается сущности рассматриваемого вопроса, но Энгельс старательно обходит явное его решение и, более того, тайком опускает. Так где же, наконец, «буквальное» тождество физических процессов с математическим рассуждением?

Согласно Энгельсу, «математические аксиомы представляют собой выражения крайне скудного умственного содержания, которые математике приходится заимствовать у логики. Их можно свести к следующим двум:

1. Целое больше части. Это положение является чистой тавтологией... Эту тавтологию можно до известной степени доказать, рассуждая так: целое есть то, что состоит из нескольких частей, часть есть то, что будучи взято несколько раз, составляет

целое; следовательно, часть меньше целого...

2. Если две величины порознь равны третьей, то они равны между собой. Как уже доказал Гегель, это положение представляет собой заключение, за правильность которого ручается логика, — которое, стало быть, доказано, хотя и вне области чистой математики. Прочие аксиомы о равенстве и неравенстве представляют только логическое развитие этого заключения...

Представления о линиях, поверхностях, углах... и т. д. — все они отвлечены от реальности» (т. 20, с. 738—739).

Этот пассаж показывает, что Энгельс понимает под аксиомами совсем не то, что математики. Во-первых, он пытается «доказать» эти две аксиомы (ни одна из которых, между прочим, не является тавтологией!). Во-вторых, данные искусственно выбранные предложения никак не могут служить исходными принципами математики. (Не говоря уже о том, что первое вообще не является аксиомой; оно ложно для бесконечных множеств, в которых задано некоторое отношение порядка. Второе же выражает транзитивность равенства и представляет собой лишь одно из аксиоматических свойств, которыми обладают те или иные величины. Любопытно, что две «аксиомы», приводимые Энгельсом, — суть два примера «тождественных предложений» Канта. Это лишь один из неудобоваримых пассажей, во множестве содержащихся у Энгельса.) Математики нуждаются в большом количестве исходных предположений о множествах, числах, точках, линиях и т. д. Энгельс это не мог бы отрицать. Но он считает их «отношениями» (в том же параграфе). Эти отношения для него прямо заимствованы из физического мира и, таким образом, «материально истинны». Идея же о том, что математики могут успешно применять противоречивые множества аксиом и выводить из них следствия, совершенно чужда для Энгельса.

Убеждение, что математические аксиомы задаются физическим миром, приводит его к отрицанию дедуктивного метода доказательства в математике. В заметке, относящейся к периоду работы над «Анти-Дюрингом», можно найти следующие строки: «Забавное смешение математических действий, допускающих математическое доказательство, проверку, — так как они основаны на непосредственном материальном созерцании, хотя и абстрактном, — с такими чисто логическими действиями, которые допускают доказательство путем умозаключения и которым, следовательно, не свойственна положительная достоверность, присущая ма-

тематическим действиям, — а сколь многие из них оказываются ошибочными!» (т. 20, с. 631).

Невразумительный пассаж. Энгельс стремится провести некоторое смутное различие между наблюдением и логической дедукцией, однако сразу же рассматривает математическое доказательство как материальное наблюдение. Подобные заявления — уже процитированные и встречающиеся в других местах — это отрицание математики, разрушение ее метода, восходящего к древнегреческой геометрии и поднятого на небывалую высоту в последние два столетия. Лишенная логической дедукции, математика будет низведена к простому землемерию, основанному на эмпирических рецептах, случайных наблюдениях и странных совпадениях. Такая точка зрения несостоятельна. Между тем слова Энгельса однозначны и высказаны вполне твердо.

В обсуждении роли, которую физический эксперимент играет в математике, фигурируют три вопроса: природа аксиом, дедуктивный метод, происхождение фундаментальных понятий.

Природа математических аксиом (априорность или обобщения опыта) оживленно обсуждалась до середины XIX в. После открытия неевклидовых геометрий и других достижений в математике этот вопрос был решен для каждого человека, близкого к математике. Аксиомы — это такие допущения, по отношению к которым характеристика с точки зрения истинности неуместна и даже бессмысленна. Конечно, дело физика — решать, какая система аксиом должна использоваться в исследовании природы, но этот выбор — вне (или не-) математическая проблема. Наверное, существуют рамки, в пределах которых допустимо говорить об условно-принудительном («if-then») характере математики. Можно утверждать, что, с одной стороны, представление о натуральном ряде чисел непосредственно задается интуицией, предшествующей акту выбора некоторой системы аксиом и независимой от него, а с другой — это понятие системы аксиом уже предполагает представление о натуральных числах.

Кроме того, в основе всех теорий множество лежит представление об «абсолютном» универсуме множеств и, наконец, логика, основанная на выводе заключений из некоторых посылок, не может быть сама по себе «релятивизирована»<sup>20</sup>. Каждая из на-

званных проблем, впрочем, не решается однозначно: можно приводить аргументы и контраргументы в пользу и против любого мыслимого решения.

Не стоит здесь вступать в эту дискуссию. Наша задача лишь в том, чтобы зафиксировать ее границы и показать, что взгляды Энгельса заметно отличаются от взглядов современных ему ученых вообще и математиков в частности. В математике вообще не стоит вопрос о доказательствах посредством физических экспериментов, об определениях, прямо заимствованных из физической реальности, об аксиомах, которые в сущности являются физическими законами.

Концепцию математики Энгельса можно оценить как грубую форму эмпиризма. Она, кстати, имеет общие черты с концепциями его современников Г. Спенсера и Дж. Милля, которые были значительно больше Энгельса озабочены уязвимостью своих концепций, в силу чего предпринимали отчаянные усилия предусмотреть ответы на возможные возражения и тщательно подбирала необходимые аргументы. Энгельс же, напротив, склонен к скоропалительным выводам и неуместным насмешкам над инакомыслящими. Только по одному пункту он стремится солиднее обосновать свою позицию и учесть некоторые тонкости. Его концепция «готовых» математических понятий, непосредственно отображающих физическую реальность, настолько противоречит истории развития знания, что он вынужден ее смягчать с помощью мысли (неприкрыто заимствованной у Спенсера), согласно которой математические аксиомы передаются по наследству, генетически (Энгельс предпочитает не замечать этого заимствования): «Современное естествознание признает наследственность приобретенных свойств и этим расширяет субъект опыта, распространяя его с индивида на род; теперь уже не считается необходимым, чтобы каждый отдельный индивид лично испытал все на своем опыте; его индивидуальный опыт может быть до известной степени заменен результатами опыта ряда его предков. Если, например, у нас математические аксиомы представляются каждому восьмилетнему ребенку чем-то само собой разумеющимся, не нуждающимся ни в каком опытным доказательстве, то это является лишь результатом «накопленной» наследственности. Бушмену или австралийскому негру вряд ли можно толковать их посредством доказательства» (т. 20, с. 581—582).

Та же мысль повторяется еще раз почти в тех же выражениях: «Самоочевидность, например, математических аксиом для евро-

<sup>20</sup> Позже ван Хейенорт уточнил свои взгляды на возможность релятивизации логики. См.: *Absolutism and relativism in logic* // Heijenoort, J. van. *Selected Essays*. Naples, 1986. P. 75—83.

пейцев, но, конечно, не для бушменов и австралийских негров» (т. 20, с. 629). Наконец, мы узнаем об источниках этой мысли: «Спенсер прав в том отношении, что кажущаяся нам самоочевидность этих аксиом унаследована нами» (т. 20, с. 572).

Достаточно попытаться ясно изложить концепцию Энгельса, как мы обнаружим ее бессодержательность. Как наследуется опыт? Это наше знакомство с вещами, наш «разговор» с ними (если использовать выражение Спенсера). Однако здесь небелые уступают белым, если только допустить, что они (небелые) не являются людьми сколько-нибудь продолжительное время, т. е. то, что они значительно ближе к обезьянам. Между тем это допущение лишено какого-либо научного смысла и просто неприемлемо. В качестве другой возможной версии мы должны признать, что математические аксиомы очевидны благодаря передаче белым детям по наследству, генетически, в силу того, что несколько столетий они посещают школу. Конечно же, до сих пор не замечено никаких различий между белыми и небелыми детьми в восприятии ими математических аксиом. И, разумеется, нельзя апеллировать к этой ненаблюдаемой (и несуществующей) разнице, чтобы объяснить доказательство математических аксиом посредством опыта, как это делает Энгельс. (Небезынтересно глубже изучить идеи Энгельса о наследственности и его отношение к науке в целом в свете феномена Лысенко.)

## ЛОГИКА И МАТЕМАТИКА

Энгельс разделяет математику на две сферы — «элементарную математику, математику постоянных величин» и «высшую математику, математику переменных величин, самый значительный раздел которой составляет исчисление бесконечно малых». Они используют различные умственные приемы: «Элементарная математика... движется... в пределах формальной логики... тогда как высшая... есть по существу не что иное, как применение диалектики к математическим отношениям» (т. 20, с. 138). Дихотомия математики аналогична делению мышления на «метафизическое» и «диалектическое»: «Как математика переменных величин относится к математике постоянных величин, так вообще диалектическое мышление относится к метафизическому» (т. 20, с. 125).

Две сферы, на которые расщепляется математика, логически несовместимы. Если одна истинна, то другая ложна: «Когда в математику были введены переменные величи-

ны и когда их изменимость была распространена до бесконечно малого и бесконечно большого,— тогда и математика, вообще столь строго нравственная, совершила грехопадение: она вкусила от яблока познания, и это ей открыло путь к гигантским успехам, но вместе с тем и заблуждениям» (т. 20, с. 89). Эта мысль повторяется им неоднократно: «Высшая математика... часто... выставляет положения, кажущиеся представителю низшей... просто бессмыслицей» (т. 20, с. 519); или: «Почти все доказательство высшей математики, начиная с первых доказательств дифференциального исчисления, являются, с точки зрения элементарной математики, строго говоря, неверными» (т. 20, с. 138). Не только доказательства неверны, они просто не существуют: «Большинство людей дифференцируют и интегрируют не потому, что они понимают, что они делают, а просто потому, что верят в это, так как до сих пор результат получался правильный» (т. 20, с. 89).

Энгельс и сам смутно ощущает неосторожность своего утверждения и пытается смягчить его ссылкой на «большинство людей». Но что он под этим подразумевает? Можно ли доказывать теоремы исчисления бесконечно малых? Если да, то вся конструкция Энгельса рухнет, и его слова означают только, что некоторые, применяя математический анализ, не знают или не помнят правил дифференцирования, а вся ситуация в целом не характерна для анализа или вообще математики, поскольку людей, не знающих доказательств правил довольно-таки много, но этот факт вовсе не относится к обсуждаемому вопросу, если доказательства в принципе существуют. А если доказательства не существуют? Тогда Энгельс должен бы говорить не о «большинстве людей», а о каждом, применяющем анализ. Очевидно, он чувствовал опасность такого заявления и, рассуждая о «большинстве», пытается прикрыть его туманом двусмысленности.

Эти двусмысленности способны привести к убеждению, что, применяя анализ, физик или математик не следует правилам логики, элементарной геометрии или арифметики. Не исключено, правда, что Энгельс имеет в виду замену функции ее дифференциалом. Дело в том, что, составляя дифференциальное уравнение, физик часто полагает, что участок кривой является отрезком, т. е. что функция в малом интервале линейна, но он безусловно знает, что такое допущение оправдывается переходом к пределу. Он может получить тот же результат чисто логически — применяя теоремы о среднем Лагранжа, хотя это и займет больше времени. Такая процедура иногда использу-

ется в процессе обучения анализу с тем, чтобы убедиться, что можно применять метод аппроксимаций; в любом случае в логических основаниях анализа никак нельзя усомниться.

В период широкого распространения анализа, действительно, обсуждаемый вопрос еще не получил вразумительного ответа и многие математики были больше озабочены получением новых результатов, нежели обоснованием строгости доказательства. Однако ненормальность этой ситуации была очевидна, и предпринимались значительные усилия, чтобы подвести под анализ прочный логический фундамент. Между 1820 и 1830 гг., за 50 лет до труда Энгельса, О. Коши предложил определение производной как предела, и препятствие, о которое спотыкается Энгельс, было ликвидировано: «В XVII и XVIII вв. греческий идеал аксиоматической кристаллизации и математической дедукции потускнел и потерял свое влияние, хотя античная геометрия продолжала высоко расцениваться, логически безупречное мышление, отправляющееся от отчетливых определенностей и «очевидных», взаимно не противоречащих аксиом, перестало импонировать новым пионерам математического знания. Предавшись подлинной оргии интеллектуальных догадок, перемешивая неоспоримые заключения с бессмысленными полумистическими утверждениями, слепо доверяя сверхчеловеческой силе формальных процедур, они открыли новый математический мир, полный несметных богатств. Но мало-помалу экзотическое состояние мысли, упоенной головокружительными успехами, уступило место духу сдержанности и критцизма. В XIX столетии осознание необходимости консолидировать науку, особенно с нуждами высшего образования, после французской революции получившего широкое распространение, привело к ревизии основ новой математики; в частности, внимание было направлено к дифференциальному и интегральному исчислению и к уяснению подразумеваемого анализом понятия предела. Таким образом, XIX век не только стал эпохой новых успехов, но и был ознаменован плодотворным возвратом к классическому идеалу точности и строгости доказательства»<sup>21</sup>.

Для Энгельса же история математики представлялась в обратном свете. Рассуждая о производной, он пишет: «Упомяну лишь мимоходом, что это отношение (производ-

ная) между двумя исчезнувшими величинами... представляет собой противоречие; но это обстоятельство так же мало может нас затруднить, как вообще оно не затрудняло математику в течение почти двухсот лет» (т. 20, с. 141). Математики действительно не относились безразлично к «противоречию», потратили много усилий на его преодоление и к середине века, т. е. накануне выхода труда Энгельса, добились успеха. Тем не менее Энгельс рисует фантастическую картину развития науки. Для него наука XVIII в.— «метафизическая», т. е. следовавшая логике, оперировавшая неподвижными категориями и пренебрегавшая движением. В XIX в. наука становится «диалектической», т. е. учитывающей противоречия как свойство истины. Эта картина неоднократно воспроизводится у Энгельса. Интересно посмотреть, какую роль в этой картине играет математика. Согласно Энгельсу, «высшая математика», т. е. в основном исчисление бесконечно малых, полна «противоречий». Математики были вынуждены принять данные противоречия, и, таким образом, их наука является чистым абсурдом под углом зрения логики. Значит, эта наука заставила другие науки принять противоречия и перевела из «метафизической» эры XVIII в. в «диалектическую» эру XIX в.: «До конца прошлого столетия и даже до 1830 г. естествоиспытатели более или менее обходились при помощи старой метафизики, ибо действительная наука не выходила еще за пределы механики, земной и космической. Однако известное замешательство вызвала уже высшая математика, которая рассматривает вечную истину низшей математики как преодоленную точку зрения, часто утверждает нечто противоположное ей и выставляет положение, кажущиеся представителем низшей математики просто бессмысленным. Здесь затвердевшие категории расплавились, математика вступила в такую область, где даже столь простые отношения, как отношения абстрактного количества, дурная бесконечность, приняли совершенно диалектический вид и заставили математиков стихийно и против их воли стать диалектиками. Нет ничего комичнее, чем жалкие уловки, увертки и вынужденные приемы, к которым прибегают математики, чтобы разрешить это противоречие, примирить между собой высшую и низшую математику, уяснить себе, что то, что у них получилось в виде неоспоримого результата, не представляет собой чистой бессмыслицы,— и вообще рационально объяснить исходный пункт, метод и результаты математики бесконечного» (т. 20, с. 519).

Под «математикой бесконечного» Эн-

<sup>21</sup> Курант Р., Роббинс Г. Что такое математика. М., 1967. С. 20—21.

гельс понимает, как мы видим, исчисление бесконечно малых, и, значит, его концепция вряд ли может быть еще в большей степени неверной. В XVIII в. математика добилась значительных успехов, далеко не всегда обосновывая их строгими методами. В XIX в., наоборот, делался акцент на строгость и выдерживались все каноны логической строгости. В данном направлении наблюдался значительный прогресс, и среди того, что Энгельс называет «жалкими уловками, увертками и вынужденными приемами», значатся величайшие достижения человеческого разума. В тот самый 1830 г., который, по Энгельсу, является водоразделом между «метафизической» и «диалектической» наукой, благодаря Коши произошло введение нового критерия строгости в математику. Картина же Энгельса противоположна действительному движению истории.

Кто-то может сказать, что Энгельс считает анализ неподвластным логике по той причине, что он не знал новейших достижений математики. Правдоподобно. Нам ведь известно, что источником информации по этому вопросу ему служил трактат Боссю, который принадлежит не только по времени издания, но и по духу к XVIII в. Однако неосведомленность Энгельса непростительна. Во-первых, в этом случае *ignorantia non est argumentum*<sup>22</sup>, а во-вторых, возникает вопрос, почему Энгельс так и не потрудился познакомиться с достижениями математики XIX в.? В конце концов, ошибочная концепция математического анализа Энгельса содержится в книге, нацеленной против Дюринга и опубликованной в последней четверти XIX в. Неужели можно не обратить внимание на то, что совершили математики в первые три четверти века?

Обстоятельный ответ на этот вопрос предполагает изучение стиля мышления, письма и полемики, характерных для Энгельса. Уже на достаточном количестве примеров нами показано, насколько часто Энгельс не замечает те или иные факты, которые его не устраивают, как Энгельс забывает упоминать и опровергать возможные возражения, касающиеся его категоричных и резких суждений, как он отвечает своим оппонентам с помощью шуток или навешивания ярлыков. Достаточно, наверное, заметить, что Энгельс искренне верил, что он отыскал в версиях анализа, доминировавших в XVIII в., подтверждения собственных идей, сложившихся при чтении Гегеля, и он просто

не утруждает себя познакомиться с более поздними достижениями математики.

Даже в том случае, если Энгельс так и не познакомился с успехами математики, имевшими место за 30 и 50 лет до его собственных работ, по философии математики он мог бы найти значительно лучшее по качеству учебники, чем Боссю, скажем, он мог бы использовать книгу С. Лакруа<sup>23</sup>, в полном виде опубликованную в 1792 г. и в элементарном изложении — в 1802 г. Эти работы существенно превосходят Боссю, они были приняты в качестве стандартных учебников и часто переиздавались вплоть до конца XIX в. Несмотря на то, что Лакруа писал в период, предшествовавший эпохальным трудам Коши, и потому не располагал строгим определением предела функции, его подход вполне современен по духу, и более того, в конце XVIII в. он уже определял дифференциал как линейную часть приращения функции, что фактически совпадает с современным определением. Последнее обстоятельство могло бы помочь Энгельсу рассеять туман преследовавшего его непонимания. К тому же Энгельс мог бы посмотреть статью Ж. Д'Аламбера «Дифференциал» в «Энциклопедии», вышедшей в середине XVIII в. Д'Аламбер продолжает применять интуитивное понятие предела, но его краткую, ясную и пронизательную заметку можно сравнить с факелом, который мог бы осветить путь Энгельсу даже 120 лет спустя.

Тем не менее Энгельс закрывает глаза на действительное развитие математики. Они закрыты и тогда, когда он предпринимает попытку показать, что математика полна противоречий. Он не колеблясь пишет, что «одной из главных основ высшей математики является противоречие, заключающееся в том, что при известных условиях прямое и кривое должны представлять одно и то же» (т. 20, с. 124). Очевидно, что Энгельс имеет в виду анализ. Мы уже видели, что такое «противоречие» на самом деле. А следующая фраза не более чем причуда: «В высшей математике находит свое осуществление и другое противоречие, состоящее в том, что линии, пересекающиеся на наших глазах, тем не менее уже в пяти-шести сантиметрах от точки своего пересечения должны считаться параллельными, т. е. такими линиями, которые не могут пересечься даже при бесконечном их продолжении» (т. 20, с. 124).

Нелегко понять, что в данном случае

<sup>23</sup> Лакруа С. (1765—1843) — французский математик и педагог, член Парижской академии наук. Автор ряда учебников, в том числе переведенных на русский язык.

<sup>22</sup> Незнание не есть довод (лат.)



Энгельс подразумевает. Снова метод аппроксимаций в анализе? Или это намек на то, что математики могут применять плохо начерченные фигуры для верных в сущности доказательств? Во всяком случае эти пять или шесть сантиметров никоим образом не относятся к математике, и, следовательно, здесь нет никакого противоречия. Энгельс же находит, что даже «низшая математика кишит противоречиями... Например, противоречием является то, что корень из  $A$  должен быть степенью  $A$ , и тем не менее  $A^{1/2} = \sqrt{A}$ » (там же). Всякому, кто изучал дробные показатели степени, будет трудно найти здесь какое-либо противоречие. Прибегая к аналогиям, мы можем реконструировать мышление Энгельса следующим образом: «Кошка принадлежит к семейству кошачьих; тигр принадлежит к семейству кошачьих; значит, кошка есть тигр. Это же противоречие!» Старый софизм. Почему Энгельс совершает эту ошибку? Вероятно потому, что он рассматривает противоречия как высшее достижение мышления, отображающего «движение», «жизнь» (там же). Он почти не допускает непротиворечивого мышления, поэтому отыскивает противоречия повсюду. После корней (радикалов) следуют комплексные величины: «Противоречием является также и то, что отрицательная величина должна быть квадратом некоторой величины, ибо каждая отрицательная величина, помноженная сама на себя, дает положительный квадрат» (т. 20, с. 124—125).

Квадрат отрицательного числа — положительное число; значит, отрицательное число не является квадратом какого-то иного числа? Где же здесь противоречие?

«Диалектика» выражается в математике не только посредством противоречий, но и через закон отрицания отрицания, истинность которого Энгельс стремится доказать многообещающими примерами. Вот первый: «Возьмем любую алгебраическую величину, обозначим ее  $A$ . Если подвергнем ее отрицанию, то получим  $-A$  (минус  $A$ ). Если же мы подвергнем отрицанию это отрицание, помножив  $-A$  на  $-A$ , то получим  $+A^2$ , т. е. первоначальную положительную величину, но на более высокой степени, а именно во второй степени» (т. 20, с. 140).

Или второй пример: «Еще разительнее отрицание отрицания выступает в высшем анализе (дифференциальном и интегральном исчислении.— В. Б.). Как производятся эти вычисления? Я имею, например, в какой-нибудь определенной задаче две переменные величины  $X$  и  $Y$ ... Я дифференцирую  $X$  и  $Y$ . Итак, вместо  $X$  и  $Y$  я имею в используемых мной формулах или уравнениях их отрица-

ние,  $dX$  и  $dY$ . Затем я произвожу дальнейшие действия с этими формулами... и в известном пункте я отрицаю отрицание, т. е. интегрирую дифференцированную формулу» (т. 20, с. 141).

В этих двух примерах «отрицание» означает четыре различные операции: 1) умножение на  $-1$ ; 2) возведение в квадрат отрицательного числа; 3) дифференцирование; 4) интегрирование. Каковы общие черты перечисленных операций, которые позволяют Энгельсу обобщить их в понятии отрицания? Несколькими страницами ниже он сообщает, что «в исчислении бесконечно малых отрицание происходит иначе, чем при получении положительных степеней из отрицательных корней» (т. 20, с. 146). Но Энгельс не делает ни малейшего намека на то, как отличить четыре «отрицательные» операции от других математических операций. Или же любую математическую операцию можно рассматривать как «отрицание»? Нельзя, да и бесполезно критиковать Энгельса за беспомощность в математике. *Quod gratis asseritur gratis negatur*<sup>24</sup>. Просто заметим, что не существует математического правила или принципа, который мог бы (даже при богатом воображении) претендовать на отрицание отрицания по Энгельсу.

После слов презрения, которые Энгельс адресует логике, вроде бы нельзя ожидать в «Анти-Дюринге» следующих строк: «Даже формальная логика представляет собой прежде всего метод для отыскания новых результатов, для перехода от известного к неизвестному» (т. 20, с. 138). Обратим внимание на слово «даже». Сейчас для Энгельса логика *ars inveniendi*<sup>25</sup>, концепция, о которой и нельзя было помыслить, в период акме схоластики. Действительно, формальная логика вряд ли могла претендовать на то, чтобы быть инструментом открытия в математике; воображение и интуиция помогают нам в открытии. В других науках логика еще в меньшей степени может считаться инструментом открытия. Как же Энгельс допускает такую грубую ошибку? В конце предложения мы находим ответ на этот вопрос: «...и то же самое, только в гораздо более высоком смысле, представляет собой диалектика...» (там же). Энгельс приписывает логике столь высокие достоинства (она, бедная, и не помышляла об этом!) только для того, чтобы с еще большей легкостью приписать диалектике значительно большие достоинства.

<sup>24</sup> Что легко признается, то легко и отвергается (лат.)

<sup>25</sup> Искусство открытия (лат.).

Если закрыть глаза на только что наблюдавшуюся ловкость рук, то можно сказать, что основная идея Энгельса состоит в том, чтобы разделить математику на две несовместимые области — «высшую» (исчисление бесконечно малых) и «низшую», причем достижения первой нельзя обосновать «низшей» математикой и формальной логикой. Коль скоро мы узнали о том, что «низшая» математика «кишит противоречиями», вся конструкция в целом оказывается довольно-таки шаткой, и, более того, ввиду эфемерности «противоречия» и «отрицания отрицания» от нее вообще мало что останется.

Корни этих идей уходят, конечно же, в философию Гегеля. Вторая часть его «Науки логики» посвящена количеству и содержит длинные рассуждения о числах, бесконечности и исчислении бесконечно малых. Замечания Гегеля, касающиеся этих вопросов, зачастую интересны, особенно если вспомнить, что они сделаны до 1812 г., т. е. до момента, когда математики внесли ясность в решение этих вопросов. Гегель вовлекает в свои рассуждения вполне современную информацию. Так, он упоминает Л. Карно, много внимания уделяет работам Ж. Лагранжа. Ко всему прочему, видно, что Гегель стремится **понять** сущность новых вопросов в свете оригинальной философской концепции, что придает некоторым его замечаниям глубину и масштабность. У Энгельса же все сводится к двум-трем сухим формулировкам, связанным с «противоречием» и «отрицанием отрицания», которые он тщетно пытается применить повсюду.

Разумеется, нельзя не признать, что за некоторыми противоречиями, подмеченными Энгельсом, кроются реальные научные проблемы, скажем, проблема арифметизации континуума или отношение между актуальной и потенциальной бесконечностями. Эти проблемы интриговали многих мыслителей, начиная с древних греков. Они до сих пор находятся в центре дискуссий по основаниям математики. Фокусируя внимание на антиномиях Канта, Энгельс вскоре провозглашает, что «вопрос сам по себе разрешается очень просто» (т. 20, с. 49), и приводит объяснение на нескольких страницах. Решение Энгельса не совсем прозрачно, но, насколько можно понять, оно в целом совпадает с тем, которое он дает в отношении противоречий в математике: чем больше, тем лучше.

Согласно Энгельсу, «бесконечность есть противоречие, и она полна противоречий. Противоречием является уже то, что бесконечность должна слагаться из одних только конечных величин, а между тем это

именно так... И всякая попытка устранить эти противоречия ведет... к худшим противоречиям. Именно потому, что бесконечность есть противоречие, она представляет собой бесконечный, без конца развертывающийся во времени и пространстве процесс. Уничтожение этого противоречия было бы концом бесконечности» (т. 20, с. 51). В этом рассуждении термины «противоречие» и «бесконечность» сочетаются так, что не проливают много света на рассматриваемый вопрос. Между тем математики XIX в., среди которых прежде всего следует назвать Больцано и Кантора, весьма успешно занимались этим вопросом. По отношению же к Энгельсу можно только сказать, что он занимался важным вопросом, но не более того; он не внес какой-либо вклад в решение или прояснение указанной проблемы. Напротив, как и в случае исчисления бесконечно малых, Энгельс ищет решение в направлении, совершенно противоположном тому, по которому пошло развитие науки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Конечно, мы не могли проанализировать абсолютно все высказывания Энгельса о математике, но смеем заверить читателя, что анализ выпавших из нашего рассмотрения предложений ничуть не изменит, а скорее, подтвердит выводы, к которым мы пришли. Аналогичные выводы, хотя и более краткие, сделали другие исследователи философии математики Энгельса: Г. Баталле, Р. Куно (1932), С. Хук (1937), Е. Вальтер (1938), Е. Вильсон (1940)<sup>26</sup>. Кто-то, конечно, может попытаться опспорить эти выводы на том основании, что в их получении использовались, в частности, неопубликованные (при жизни) рукописи Энгельса. С такой точкой зрения нельзя согласиться. Энгельс вполне отчетливо изложил свою концепцию в опубликованных работах, да и никаких разногласий между его опубликованными и неопубликованными работами нет. (Точнее, нет между ними разногласий, более глубоких, чем между частями опубликованных работ.) Можно еще добавить, что Советское правительство опубликовало рукописи Энгельса очень давно и использует их в своей официальной доктрине в той же мере, что и ранее опубликованные. ... Перед нами вырисовывается картина, которая как бы состоит из двух половин.

<sup>26</sup> Bataille G., Queneau R. La critique des fondements de la dialectique Engeliene // La critique sociale. 1932. N 5; Walter E. Warum Kritik der Dialektik? // Robe revue. 1938. N 17; Wilson E. To the Finland Station. 1940. N 4.

С одной стороны, «материализм» Энгельса, благодаря которому он сводит математику к физике (или к «материальному наблюдению»), полностью игнорирует условно-принудительный (if-then) характер математики и понимает ее чуть ли не как вид землемерия. С другой, «диалектика» Энгельса, которую он использует для провозглашения тезиса о том, что математик нарушает правила логики на каждом шагу и, вообще, математика кишит противоречиями. Его «материализм», так сказать, грубый эмпиризм: его «диалектика» — вырожденная, примитивизированная диалектика Гегеля. Единственная перемишка, соединяющая эти разнородные половинки, — полное игнорирование реального развития науки.

Из всех научных представлений Энгельса представления о математике, похоже, наиболее слабые и неадекватные. Тем не менее они слишком глубоко инкорпорированы в его общую концепцию, и поэтому их нельзя игнорировать. Они составляют своеобразный стержень, вокруг которого строится общая концепция.

Для того чтобы сделать настоящее исследование полным, нужно проанализировать, как Энгельс воспринимался и «развивался» его последователями и комментаторами, а также изучить взгляды Маркса на математику<sup>27</sup>.

Первая задача слишком неблагодарна, чтобы заниматься ею в настоящей работе. Достаточно сказать, что судьба трудов Энгельса всецело определяется социально-политическими соображениями, а не беспристрастным отношением к его наследию; только и исключительно социально-политические события (а не ценность идей) лежат в основе того, что такая книга, как «Анти-Дюринг», стала философской библией (если позволительно такое словосочетание) для огромного числа людей. Без всякого сомнения, это любопытный социальный феномен, заслуживающий особого рассмотрения. Но он не способен увеличить ценность идей, изложенных в этой книге.

Вторая задача чрезвычайно интересна и предполагает специальное исследование. Ограничимся здесь всего несколькими замечаниями. Маркс оставил примерно 900 страниц математических рукописей, значительная часть которых была опубликована в Москве в 1968 г.<sup>28</sup> Многие страницы представляют собой лишь конспекты учебников и книг, которые читал Маркс. Некоторые его заметки,

между тем, содержат комментарии и попытки определения производной. Маркс предлагает метод, который он противопоставляет методам Ньютона, Лейбница, Д'Аламбера и Лагранжа (Коши им не упоминается). Похоже, что его задача заключается в том, чтобы решить, «достигает ли» функция предела или нет, — задача, о которой много спорили до середины XIX в. Из опубликованных рукописей можно установить, что метод дифференцирования Маркса по сути не более, чем изменение обозначений, заматающий трудности под ковер, а не ликвидировавший их. Придавая большое значение своей процедуре, Маркс лишь показывает, что он недопонимал смысла предела; более того, его метод применим только к полиномам, а не ко всем возможным функциям. А это значит, что он не допускает обобщения до общей теории дифференцирования.

Интерес Маркса к анализу — это интерес скучающего студента, который стремится самостоятельно продумать те или иные вопросы, но не способен к творческой работе в математике по причине недостатка знаний и опыта. Тем не менее математический уровень рукописей Маркса много выше уровня работ Энгельса, и, в отличие от Энгельса, Маркс никогда не публиковал своих математических размышлений.

Однако Маркс посылал некоторые свои математические рукописи с определениями дифференциала Энгельсу, который на них откликнулся в письме от 18 августа 1881 г.

Насколько отчетливо эти строки выражают образ мышления автора! Энгельс ничего не знает о развитии математики в течение последних 50 лет (по меньшей мере!) до написания этих строк. Судя по всему, он даже не знает имен современных ему математиков. И тем не менее он без колебаний обвиняет их в невежестве. Рукописи Маркса становятся «новым фундаментом дифференциального исчисления», возведенным «основательным знатоком математики» (т. 20, с. 11), тогда как математики, ввиду их незнания диалектики, по мысли Энгельса, не более чем путаники.

Эта мысль заслуживает того, чтобы стать последним мазком в нашей картине философии математики Энгельса. Вырисовывается образ Энгельса как человека, полного предубеждений, не способного к свободному состязанию идей. Он предпочел бы иметь свою собственную «диалектическую» науку, отличную от «обычной метафизической» науки, которая представлялась ему незамысловатой, примитивной.

Перевод В. А. Бажанова

<sup>27</sup> См.: Кузичева З. А. Математика в творчестве Карла Маркса // Природа. 1984. № 5. С. 10.

<sup>28</sup> Маркс К. Математические рукописи. М., 1968.

## Космические исследования

### Запуски космических аппаратов в СССР: март—апрель 1991 г.

В этот период в Советском Союзе запущены 12 космических аппаратов, в том числе семь спутников серии «Космос». «Космос-2139, -2140, -2141» предназначены для отработки элементов и аппаратуры глобальной космической навигационной системы «Глонасс», с помощью которой будет определяться местонахождение гражданских самолетов и судов.

Навигационная система на спутнике «Надежда» также позволяет определять местонахождение судов, кроме того, на его борту установлена аппаратура для работы в составе международной космической системы поиска и спасения судов и самолетов, терпящих бедствие (КОСПАС—САРСАТ).

Автоматический корабль «Прогресс М-7» доставил на комплекс «Мир» необходимые грузы. Очередной спутник связи «Молния-3» обеспечивает эксплуатацию системы дальней телефонио-телеграфной радиосвязи и передачу программ Центрального телевидения СССР на пункты сети «Орбита» и в рамках международного сотрудничества.

В программе полета автоматической космической станции «Алмаз-1» — съемки территории СССР и других стран в интересах геологии, картографии, океанологии, экологии, сельского хозяйства, а также изучения ледовой обстановки в высоких широтах.

Основная задача метеорологического спутника «Метеор-3» — дальнейшее совершенствование метеорологической системы, в том числе информационно-измерительной аппаратуры и методов дистанционного зондирования атмосферы и поверхности Земли.

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		перигей, км	апогей, км	наклонение, град	период обращения, мин
«Космос-2136»	8.III	257	336	62,9	90,2
«Надежда»	12.III	975	1030	82,9	104,9
«Космос-2137»	19.III	448	495	65,9	94
«Прогресс М-7»	19.III	190	230	51,6	88,4
«Молния-3»	22.III	468	39 082	62,8	701
«Космос-2138»	26.III	175	369	67,2	89,6
«Алмаз-1»	31.III	170	280	72,7	88,7
«Космос-2139-2141»*	4.IV	19 148	19 148	64,8	676
«Космос-2142»	16.IV	983	1031	83	105
«Метеор-3»	24.IV	1190	1229	82,6	109,5

\* Три спутника запущены одной ракетой-носителем «Протон».

Все космические аппараты запущены ракетами «Космос», «Союз», «Молния» и «Протон».

Первый австрийский космонавт, 30-летний инженер Ф. Фибек, полетит на станцию «Мир» в составе совместного советско-австрийского экипажа. Старт намечен на 2 октября 1991 г.

## Космические исследования

### Экспедиция на «Мир»: март—апрель 1991 г.

С большими трудностями проходила стыковка с комплексом «Мир» грузового корабля «Прогресс М-7», запущенного 19 марта. Первая попытка 21 марта окончилась неудачей. Не состоялась и повторная стыковка 23 марта: во время причаливания параметры относительного движения аппаратов вышли за допустимые пределы и стыковку отменили.

По результатам анализа в Центре управления полетом и моделирования на наземных стендах предположили, что причина в неисправности антенны

на модуле «Квант». Поскольку топливные ресурсы «Прогресса М-7» позволяли провести еще одну попытку стыковки, было решено проверить радиотехнические средства комплекса в ходе перестыковки «Союза ТМ-11» с переходного отсека станции на модуль «Квант» 26 марта. Перестыковка подтвердила предположение.

28 марта «Прогресс М-7» состыковался с «Миром» со стороны переходного отсека станции.

Космонавты В. М. Афанасьев и М. Х. Манаров продолжили исследования. С помощью фотографического комплекса «Природа-5» и спектрометрической аппаратуры, установленной на стабилизированной платформе модуля «Квант-2», они выполнили съемку отдельных регионов страны, в частности Украины, Кубани, Черноморского побережья, Кавказа. Изучалось сезонное развитие растительности, получена информация, необходимая для поиска полезных ископаемых, оценена экологическая обстановка в ряде промышленных районов. По программе космического материалоуправления 2 и 6 апреля проведены плавки, в которых получены высокочистые

монокристаллы германия. На аппаратуре «Данко» продолжалось изучение влияния открытого космоса на свойства конструкционных материалов. Установленными на внешней поверхности комплекса телескопом «Букет» и спектрометром «Гранат» измерялись пространственно-энергетические характеристики космического излучения.

#### Космические исследования

### Новый проект космической станции «Фридом»

Национальный космический совет США одобрил удешевленный проект американской орбитальной космической станции «Фридом», стоимость которой снижена с 38,3 до 30 млрд. долл.

Первоначально предполагалось создание, сборка на орбите и обслуживание станции длиной около 150 м и массой 300 т. По новому проекту, размеры станции уменьшаются почти вдвое, так же сокращается площадь жилого отсека для астронавтов и научной лаборатории, вместо восьми планируется четыре астронавта, ликвидируются два из четырех элементов корпуса станции. Из-за уменьшения почти в два раза размеров станции часть сборочных работ можно будет вести на Земле, что снизит их стоимость. Однако значительно снизится и научная значимость станции. Так, практически отменяется изучение звезд и Земли из космоса, не осуществляется и идея превращения станции в орбитальный космопорт для кораблей, стартующих на Луну и Марс.

В соответствии со старым проектом, для сборки на орбите и проверки всех узлов предусматривалось 34 полета шаттлов; по новому проекту, их число сокращено до 23—26.

В Центре космических исследований им. Дж. Кеннеди состоялась торжественная церемония закладки здания нового монтажно-испытательного корпуса для будущей космической станции «Фридом». Возведение трехэтажного здания площадью около 66,7 тыс. м<sup>2</sup> и стоимостью 56 млн. долл. ста-

нет самой крупной стройкой в Центре с момента осуществления программы «Аполлон».

Предполагается, что первые узлы станции будут доставлены шаттлами на околоземную орбиту в конце 1995 г.; полностью сборка должна быть завершена в начале 1997 г. Тогда же на борту «Фридома» начнутся научные исследования, которые будут проводить сменные экипажи. К концу 90-х годов на станции должны постоянно находиться четыре астронавта.

#### Космические исследования

### 39-й полет по программе «Спейс шаттл»

5 апреля в 14 час. 23 мин. по Гринвичу с космодрома на м. Канаверал (штат Флорида, США) осуществлен очередной запуск по программе «Спейс шаттл». Орбитальной ступенью служил космический корабль «Атлантис» с экипажем из пяти астронавтов: Ст. Нейджел (командир), К. Камерон (пилот), Дж. Росс, Дж. Элт и Линда Годвин (специалисты по операциям на орбите).

«Атлантис» вышел на близкую к расчетной круговую орбиту высотой около 450 км и наклоном 28,5°.

Основная задача экипажа — выведение на околоземную орбиту гамма-обсерватории GRO массой 15 876 кг, длиной 10 м (стоимостью около 600 млн. долл.), предназначенной для изучения  $\gamma$ -излучения с энергиями 50 кэВ — 30 МэВ. С помощью четырех приборов обсерватории массой по 2 т каждый предполагается обнаружить черные дыры и нейтронные звезды. Чувствительность научной аппаратуры обсерватории в 10 раз выше, чем выводимых в космос ранее.

7 апреля 15-метровый роботоманипулятором обсерватория была извлечена из грузового отсека корабля и поднята над «Атлантисом»; однако выяснилось, что не раскрывается антенна связи с Землей. Команды из Центра управления полетом не помогли уст-

ранить неисправность, и было решено провести ремонт на орбите. Росс и Элт вышли в открытый космос (этот выход — первый для американских астронавтов за минувшие шесть лет). Ремонтная операция не заняла и 20 мин. — после встряски антенна раскрылась, и работы по выводу гамма-обсерватории в космос вернулись в нормальное русло, хотя и с отставанием от графика на 4 ч. Затем астронавты провели некоторые из запланированных экспериментов и через 3,5 ч возвратились на борт «Атлантиса», после чего обсерватория была выведена на орбиту.

На следующий день Росс и Элт совершили второй выход в открытый космос. На протяжении 6 ч в открытом грузовом отсеке «Атлантиса» они испытывали оборудование для сборки орбитальной космической станции «Фридом». Проверялись надежность и маневренность робота-манипулятора и специального передвижного устройства, движущегося по 14-метровому монорельсу, закрепленному на левой стороне грузового отсека. По отдельности и вместе астронавты перемещались с помощью этого устройства, приводимого в движение механическим рычагом или небольшим электромотором. В дальнейшем устройство будет использоваться для сборки станции «Фридом» и наружных работ. Все эксперименты прошли удачно, астронавты не чувствовали усталости.

9 апреля экипаж выполнил завершающую серию экспериментов, а также предпринял попытку связаться с В. М. Афанасьевым и М. Х. Манаровым с помощью любительского радиоборудования, когда «Атлантис» и «Мир» пролетали над Австралией. Астронавты слышали экипаж «Мира», однако неясно, слышал ли их «Мир».

Из-за неблагоприятных метеоусловий в районе авиабазы Эдвардс (штат Калифорния) посадка задержалась на сутки и состоялась 11 апреля в 13 час. 55 мин. по Гринвичу. Общее время полета составило 5 сут 23 ч 32 мин.

С. А. НИКИТИН  
Москва

## Астрофизика

**Вращение внутренних слоев Солнца и солнечный цикл**

Колебания на Солнце с периодом 5 мин впервые обнаружил Р. Лейтон в 1960 г., но только в 1975 г., когда Ф. Дойбнер доказал, что они представляют собой глобальные акустические моды, началось их интенсивное изучение. Сейчас эта область физики Солнца — гелиосейсмология — позволила значительно уточнить знания о внутреннем строении Солнца. Так, однозначно решен вопрос о глубине конвективной зоны и об угловой скорости вращения в ней.

Недавно П. Гуди (P. Goode; Технологический институт, Нью-Джерси, США) и В. Дзембовски (W. Dziembowski; Коперниковский астрономический центр, Варшава, Польша) подтвердили найденную ранее зависимость скорости вращения вещества в недрах Солнца от фазы цикла солнечной активности. Результат получен при изучении тонкой структуры спектра 5-минутных колебаний. Оказалось, что законы вращения, полученные по данным наблюдений 1986 г. (во время минимума солнечной активности) и 1988 г. (при ее росте) практически совпадают на глубинах  $0,5-0,7 R_{\odot}$  ( $R_{\odot}$  — радиус Солнца). Ближе к поверхности скорости 1988 г. выше, однако различие не превышает среднеквадратичной ошибки измерений. На глубине же  $0,4 R_{\odot}$  скорости 1988 г. ниже, чем в минимуме солнечной активности (различие в полтора раза больше). По данным на конец 1990 г., авторы получили динамику скорости (на глубине  $0,4 R_{\odot}$ ) в 1983—1988 гг. Оказалось, что угловая скорость на этой глубине меняется в противофазе со средним числом солнечных пятен.

Если полученный результат реален, а не отражает неопределенность данных наблюдений, такие вариации угловой скорости можно объяснить крутильными колебаниями в осно-

вании конвективной зоны Солнца в полоидальном магнитном поле напряженностью около 1 кГс. Это поле сильнее реликтового магнитного поля ядра Солнца на той же глубине.

По мнению авторов, это может привести к построению иной картины солнечной активности, в которой 22-летний цикл обусловлен крутильными колебаниями в лучистой зоне Солнца.

Nature. 1991. V. 349. N 6306. P. 223—225 (Великобритания).

## Астрономия

**Как миллион Солнц**

С 1954 г., когда была открыта шестая звезда в созвездии Лебедя, астрономы спорят о том, действительно ли она ярчайший объект нашей Галактики. Ф. Масси и А. Томпсон (P. Massey, A. Thompson; Кит-Пикская национальная обсерватория в Тусоне, штат Аризона, США) наконец-то доказали, что это так; более того, ее яркость даже выше, чем у некоторых галактик.

Излучение Шестой Лебедя в видимой части спектра примерно в миллион раз мощнее солнечного. Звезда представляет собой голубой «сверхгигант»; температура на ее поверхности около 13 тыс. К. Она, очевидно, входит в звездную ассоциацию Лебедя OB2, состоящую из сотни с лишним высокотемпературных голубых звезд и расположенную на расстоянии 5700 св. лет от нас.

Говоря о светимости той или иной звезды, астрономы обычно имеют в виду «видимую» яркость. Чтобы определить подлинную яркость, необходимо знать расстояние до объекта. Если Шестая Лебедя действительно принадлежит ассоциации Лебедя OB2, то это расстояние составляет 5700 св. лет, но некоторые астрономы полагали, что она находится ближе. Тогда ее светимость меньше (именно это и было предметом длительных дискуссий).

Масси и Томпсон, проведя тщательные наблюдения более 100 объектов в OB2 Лебедя,

установили, что Шестая Лебедя действительно входит в эту ассоциацию. Спектр излучения также говорит о крайне высокой светимости объекта.

Звезда окружена плотным облаком пыли, поглощающим значительную часть излучения, так что с Земли она выглядит красной. Если бы не пыль, Шестая Лебедя была бы видна невооруженным глазом. По оценкам, пылевое облако пропускает 0,0001 излучения в видимой части спектра. Более точное определение поглощения пылью позволит лучше оценить подлинную яркость необычного объекта.

Прежним «рекордсменом» считалась звезда Ригель ( $\beta$  Ориона) — также голубой сверхгигант. Ее излучение в видимой части спектра сильнее солнечного в 60 тыс. раз. Шестая Лебедя светит ярче еще примерно в 15 раз.

New Scientist. 1991. V. 129. N 1755. P. 26 (Великобритания).

## Астрономия

**Индейцы и Сверхновая звезда**

Около тысячи лет назад юго-запад нынешнего американского штата Нью-Мексико населяло индейское племя мимбрес. Археологам знакомы их ярко окрашенные керамические предметы, часто находимые при раскопках. Особенно изящны глиняные расписанные изнутри чаши, которыми, согласно обычаю, мимбрес покрывали лицо покойника, прежде чем похоронить его.

Недавно астроном Р. Роббинс (R. Robbins; Университет штата Техас, Остин, США) и студент Р. Уэстморленд (R. Westmorland) проанализировали изображения на 800 таких чашах, собранных в районе индейской деревни Галас. Большинство рисунков представляло собой геометрические орнаменты и фантастические причудливые фигуры, нанесенные черной краской. Самым частым сюжетом был кролик, который у многих народов Юго-Западной и Центральной Америки символизиро-

вал Луну. Штрихи на многих чашах соответствуют числу суток, за которые Луна совершает полный оборот вокруг Земли, и которые определяют полный цикл всех фаз Луны.

Но на одной из чаш кролик был изображен в необычной позе и держал круглый предмет с исходящими от него 23 лучами. По мнению астрономов, эта скрытая фигура представляет темную область, видимую на поверхности Луны, а «светящийся» объект — Сверхновую звезду, вспыхнувшую 5 июля 1054 г. и приведшую к образованию Крабовидной туманности. Если это верно, то специалисты получили древнейшее свидетельство этого важного события, зафиксированное вне Китая или Японии, и первое для Западного полушария.

В момент вспышки над индейским поселком мимбрес Луна имела вид идущего на убыль полумесяца, встающего на востоке. Сверхновая следовала за ней, причем ее светимость в пять — шесть раз превышала яркость Венеры в максимуме.

Кролик и Сверхновая расположены на рисунке так, что относительная ориентация полумесяца и звезды соответствует данным астрономических наблюдений, выполненных древними астрономами Азии. Их хроники свидетельствуют, что звезда была достаточно яркой, чтобы ее можно было легко различить даже в дневное время в течение 23 сут. Возможно, это объясняет, почему на погребальной чаше изображены именно 23 луча.

Science News. 1990. V. 137. N 25. P. 396 (США).

#### Химия атмосферы

### Содержание водорода растет

М. А. К. Халиль и Р. А. Расмуссен (М. А. К. Halil, R. A. Rasmussen; Институт аспирантуры штата Орегон, Бивертон, США) проанализировали 3500 проб атмосферного воздуха, взятых с октября 1985 г. по апрель 1989 г.

в шести точках Северного и Южного полушарий. Оказалось, что содержание молекулярного водорода в воздухе в среднем возросло на 0,6 % в год. По мнению исследователей, это результат деятельности человека, в частности, выжигания растительности и выброса вызывающего парниковый эффект метана, который, вступая в реакцию с другими газами, образует водород. В основном метан выделяется все расширяющимися рисовыми посевами и увеличивающимся поголовьем скота. Некоторые исследователи полагают, что содержание метана в атмосфере ныне возрастет примерно на 1 % в год.

В доиндустриальную эпоху количество водорода в атмосфере Земли не превышало 200 част. млрд. (Точнее определить эту величину позволит анализ пузырьков воздуха в теле ледников.)

Водород, накапливающийся в нижних слоях атмосферы, может просочиться в стратосферу, где, окисляясь, образует пары воды. Увеличение массы влаги в обычно «сухой» стратосфере приведет к росту облачности над наиболее холодными областями Земли, а это, в свою очередь, создаст дополнительные условия для разрушения там озона. В конечном итоге повышение содержания водорода может обострить «озонный кризис» в обеих полярных областях.

Однако химик-метеоролог Ф. Шервуд-Роуланд (F. Sherwood-Rowland; Университет штата Калифорния, Ирвин, США) обращает внимание на то, что эти изменения находятся на пределе чувствительности приборов. Поэтому наблюдения необходимо продлить еще на несколько лет.

Natur. 1990. V. 347. N. 6295. P. 743 (Великобритания)

#### Физика атмосферы

### Солнце «не виновно» в потеплении

Т. Уигли и С. Рейпер (T. Wigley, S. Raper; Университет Восточной Англии, Норидж) проанализировали изме-

нения интенсивности излучения Солнца с 1870 г. по настоящее время и не обнаружили связи между этим процессом и потеплением на планете. По их расчетам, подобные вариации могли бы повысить среднегодовые температуры Земли не более, чем на 0,05 °С.

В ходе 11-летнего цикла солнечной активности переменны в интенсивности излучения Солнца меняют «приход» энергии в верхних слоях атмосферы всего на 0,2 Вт/м<sup>2</sup>. Если бы такие изменения сохранились длительное время, они вызвали бы колебания глобальных температур примерно на 0,1 °С. Однако известно, что климат Земли никогда не достигает состояния равновесия в связи с огромной тепловой инерцией Мирового океана. Простая энергетическая модель теплового баланса показывает, что за последние десятилетия колебания солнечной активности могли бы изменить температуру поверхности планеты не более, чем на 0,25 °С.

Более детальные вычисления Уигли и Рейпера учитывали и тот факт, что солнечная активность в действительности следует 11-летнему циклу не «гладко»: ее пики от цикла к циклу меняются по времени и амплитуде. Так, с 1940 г. все пики, кроме одного, были заметно выше, чем за предыдущие 60 лет.

Отмечена и «память» такой активности — интенсивность предыдущего пика «передается» последующему.

Все это и привело исследователей к выводу, что флуктуации солнечной активности за последнее столетие могли бы изменить температуру поверхности Земли лишь на 0,05 °С.

С другой стороны, по мнению Уигли и Рейпера, рост содержания CO<sub>2</sub> и других «парниковых» газов в атмосфере за тот же период вполне может отвечать за колебания потока солнечной энергии в верхних слоях атмосферы в пределах 2 Вт/м<sup>2</sup>, т. е. вдесятеро превышать влияние на них колебаний солнечной активности. Итак, очевидно, что в потеплении на Земле Солнце «не виновно».

Geophysical Research Letters. 1991. V. 17. P. 2169 (США).

## Физика

**Стационарный ток в плазме токамака**

Получение в термоядерном реакторе на основе токамака стационарного режима существенно улучшило бы его экономические характеристики. Основная проблема — генерация стационарного тока в плазменном кольце, что необходимо для равновесия плазмы. До последнего времени ток в плазме возбуждался как во вторичной обмотке трансформатора путем изменения тока в первичной обмотке. Такой способ принципиально приводит к циклическому режиму работы реактора; возникающие при этом периодические термомеханические и электродинамические нагрузки резко ухудшают прочностные свойства материалов и уменьшают срок службы реактора.

Поэтому в последние годы активизировались исследования по безындукционному способам, позволяющим создавать стационарный ток. В них в качестве источника ЭДС используются либо электромагнитные колебания, либо создаваемые с помощью внешних устройств пучки быстрых атомов, имеющие тороидальную компоненту импульса. Преимущественная передача тороидального импульса одной составляющей плазмы (например, электронам) приводит к созданию тороидального тока.

Первые эксперименты по безындукционному методу генерации тока были проведены почти 40 лет назад: с помощью ВЧ-волн в тороидальной плазме с радиусом токового кольца  $R=9$  см был получен ток 100 А. В последнее десятилетие существенно выросла не только величина тока, но, что не менее важно, длительность его поддержания. В экспериментах на двух японских токамаках для создания тороидального тока использовались электромагнитные волны с частотой несколько гигагерц (так называемые нижнегибридные волны). На одном из четырех крупнейших в мире токамаков JT-60 (радиус плазменного кольца 3,1 м) была получена рекордная величина

безындукционного тока 2 МА, причем он поддерживался несколько секунд, что сравнимо с длительностью омического разряда. Рекорд по длительности поддержания тока достигнут на сравнительно небольшом токамаке TRIAM-1M ( $R=0,8$  м). Безындукционный ток 25 кА поддерживался в нем с помощью нижнегибридных волн в течение 1 ч.

Полученные результаты позволяют с оптимизмом оценивать возможность использования безындукционных методов для создания стационарных режимов работы токамака.

**В. В. Парилл,**  
доктор физико-математических наук  
Москва

## Физика

**Установка для регистрации космических лучей**

Несколько лет назад министерство энергетики США построило в пустыне вблизи г. Барстоу (южная часть штата Калифорния) огромную экспериментальную установку «Солар уан» для улавливания солнечного излучения и производства электричества. Обошлась она в 140 млн. долл. и представляет собой комплекс из 1800 расположенных концентрически коллекторов площадью около  $40 \text{ м}^2$  каждый. Они принимают солнечные лучи и направляют их на стоящую в центре башню с электрогенератором. Последние два года по окончании экспериментов оборудование не использовалось.

Группа астрофизиков из Университета штата Калифорния (г. Риверсайд, США), возглавляемая Т. Тьюмером (Т. Tumer), предлагает превратить эту установку в крупнейший в мире телескоп космических лучей.

Известно, что заряженные частицы высоких энергий, приближаясь к Земле со скоростью, близкой к световой, взаимодействуют с атмосферой и вызывают вспышку черенковского излучения. Существующее оборудование регистрирует его лишь в тех случаях, когда энер-

гия частиц превышает 400 ГэВ, т. е. большая часть космических лучей остается незафиксированной. Тьюмер предлагает снабдить каждый коллектор специальным черенковским фотомножителем и электронным оборудованием, что позволит регистрировать даже частицы с энергиями около 10 ГэВ.

Если бы подобную установку пришлось строить «на пустом месте», это обошлось бы в 50 млн. долл. Переоборудование потребует не более 1 млн. долл., причем телескоп можно будет использовать в энергетических целях, если фотомножители днем отключать.

New Scientist. 1991. V. 129. N. 1755.  
P. 30 (Великобритания).

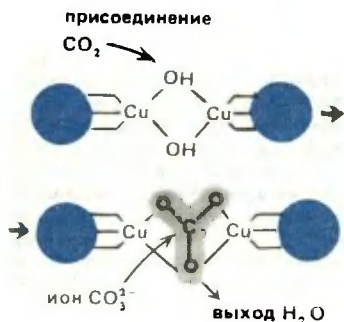
## Химия

**Искусственный фермент связывает углекислоту воздуха**

Не ослабевает интерес к природным механизмам синтеза белка с использованием углекислоты, содержащейся в воздухе, в частности к химическому процессу первоначального связывания углекислоты. В 1986 г. установлен механизм поглощения  $\text{CO}_2$  с помощью наиболее распространенного природного фермента рибулозодифосфаткарбоксилазы. Существенную роль в нем играют атомы магния в структуре фермента. Видное место в исследованиях занимают разработки процессов связывания  $\text{CO}_2$  с помощью искусственных веществ — заменителей ферментов. К таким веществам относится открытое Н. Китадзими и Ю. Моро-ока (N. Kitajima, Y. Moro-oka; Токийский технологический институт, Япония) органическое соединение, содержащее медь.

В его структуру входят два иона меди ( $\text{Cu}^{2+}$ ), связанные между собой ионами гидроксила ( $\text{OH}^-$ ). Каждый ион меди связан также с ионом трис(3,5-дизопропилпиразол-1-ил)бората (рисунок). При растворении соединения в толуоле получается темно-синий раствор, который при пропускании





**Схема процесса связывания  $\text{CO}_2$  из атмосферы с помощью искусственного фермента. Цветные и ружки — ионы трибората.**

через него  $\text{CO}_2$  приобретает зеленый цвет. Такой же эффект наблюдался, когда раствор выставляли на открытый воздух, но процесс шел медленнее.

Как показал рентгеновский анализ, улавливание  $\text{CO}_2$  новым соединением происходит так: атом углерода, входящий в состав  $\text{CO}_2$ , прикрепляется к кислороду гидроксильной группы с образованием иона карбоната ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), который в свою очередь присоединяется к трем атомам кислорода к двум атомам меди из данного соединения. Продуктом химического процесса является также молекула воды.

Весьма заманчиво использовать новое соединение для связывания  $\text{CO}_2$  из атмосферы и борьбы с парниковым эффектом. Однако, по оценкам, ныне не менее 40 млн. т природного фермента участвуют в связывании атмосферного  $\text{CO}_2$ . Вряд ли удастся в ближайшее время получить сравнимое количество нового соединения.

New Scientist. 1990. V. 128. N 1748/49. P. 12 (Великобритания).

**Биотехнология**

**Автомобильное горючее из водорослей**

В Университете штата Нью-Мексико (США) ведутся исследования по использованию засоленных почвенных вод для выращивания водорослей.

Засоление почвенных вод

приобрело крайне широкий характер во многих странах мира, и как возможный выход из создавшегося положения ученые предлагают использовать водоросли, выращенные на этих водах, в качестве сырья для извлечения липидов с последующей их переработкой в газولين — горючее для автомобилей.

По оценкам министерства энергетики США, к 2010 г. стоимость 1 галлона (3,785 л) газоллина, полученного по этой технологии, составит 1,6 — 2 долл.

По сравнению с существующими ценами на традиционное ископаемое горючее эти цены могут показаться высокими. Однако его грядущий дефицит может существенно изменить ситуацию.

Environment. 1990. V. 32. N 6. P. 24 (США).

**Биотехнология**

**Электрическая стерилизация продуктов**

Для стерилизации продуктов питания их нагревают. Недавно на прилавках английских магазинов появились пищевые консервы, стерилизованные с помощью электрического нагрева. Метод разработан в исследовательском центре при Совете по электроэнергии (Чешир, Великобритания).

При стерилизации таким способом продукты пропускаются через вертикальную колонну, облицованную изоляционным пластиком. Электроды в стенках колонны пропускают электрический ток через продукты, которые служат омическим сопротивлением в электрической цепи, нагреваясь до температур, достаточных для стерилизации. Затем продукты поступают в стерильный упаковочный аппарат. Весь процесс, включая охлаждение, занимает 16 мин. Для сравнения — консервирование продуктов при обычном нагреве занимает 2 ч, причем продукты прогреваются неравномерно, часто теряя вкус, форму и питательную ценность.

Новый метод применяет-

ся для коммерческого производства восьми видов консервированных продуктов. Он асептичен и не требует добавления консервантов. При стерилизации разрушаются все вредные микроорганизмы.

Срок хранения консервов, прошедших омическую стерилизацию, такой же, как и у консервов, стерилизованных старым способом.

New Scientist. 1990. V. 128. N 1747. P. 24 (Великобритания).

**Медицина**

**Искусственные органы в борьбе с бесплодием**

Одна из основных причин бесплодия — непроходимость или отсутствие маточных (фаллопиевых) труб, по которым в норме яйцеклетка из яичника направляется к матке и в которых происходит ее встреча со сперматозоидами и оплодотворение. В таких случаях проводят экстракорпоральное оплодотворение: предварительно извлеченные яйцеклетки и сперматозоиды инкубируют «в пробирке», и образовавшиеся зародыши вводят в матку.

Этот способ не лишен недостатков, и постоянно идет поиск альтернативных. В Медицинском центре Университета штата Юта (Солт-Лейк-Сити, США) в опытах на животных применили искусственные фаллопиевые трубы вместо естественных.

Введя половые гормоны самкам мышей, вызвали образование у них большого количества зрелых яйцеклеток, которые извлекли и поместили в чашку Петри с питательным раствором, содержащим сперматозоиды. Затем полученную смесь ввели в тонкую тефлоновую трубку, находящуюся в инкубаторе, где поддерживалась температура тела животного (37 °C). Через 24 ч включили автоматический насос, заставляющий содержимое тефлоновой трубки продвигаться по ней со скоростью 2 см/сут в течение 50—60 ч. Так были имитированы условия, соответствующие нормальному оплодотворению и движению эмбрионов по маточным трубам. Когда

зародыши достигали конца трубки, их собирали и изучали под микроскопом. Оказалось, что 60—80 % яйцеклеток успешно оплодотворились и эмбрионы достигли той же стадии развития, на которой они находятся в эти сроки при естественном оплодотворении. Для проверки жизнеспособности зародышей их пересаживали в матку суррогатных матерей — самок, которых, чтобы подготовить к беременности, спаривали с самцами с предварительно перерезанными семьяносящими каналами (это исключало оплодотворение их спермой). В контрольном исследовании яйцеклетки мышей оплодотворяли «в пробирке», зародыши содержали в питательной среде и в те же сроки пересаживали суррогатным матерям. И в опыте, и в контроле 10—11 % пересаженных зародышей приживались и рождались живые детеныши.

Итак, доказано, что оплодотворение и раннее развитие эмбрионов может с успехом осуществляться в искусственной трубке с насосом. Это позволяет лечить бесплодие, вживляя искусственную маточную трубу с автоматическим насосом, обеспечивающим попадание зародыша в матку именно в то время, когда ее слизистая наиболее восприимчива для имплантации. Инкубирование половых клеток в пробирке и введение зародыша в матку не потребуются.

Fertility and Sterility. 1990. V. 53. N 6. P. 1083—1086 (США).

#### Медицина

### Беременность — в короткие сроки

Злокачественные опухоли у беременных ставят врачей перед дилеммой: лечить большую во время беременности или отложить лечение на послеродовой период. В первом случае ребенок подвергается значительному риску, так как химиотерапия и облучение могут вызвать у плода изменения генетического аппарата, болезни крови (в дальнейшем — расстройства половой функции), а также преждевременные роды.

Второй путь опасен тем, что высокий уровень эстрогенов в крови беременных ускоряет рост опухолей, а повышение кровяного давления и скорости тока лимфы чревато распространением злокачественных клеток по организму матери.

Ученые из Университета Пуэрто-Рико и Медицинского центра Бет Израэль в Нью-Йорке (США) во главе с К. Адамсом (К. Adamsons) попытались сократить срок беременности с помощью гормона щитовидной железы — тироксина, который, как было показано ранее, может ускорить созревание плода, не оказывая на него неблагоприятного воздействия. Восемью женщинами с различными злокачественными новообразованиями на 27—32-й неделе беременности начинали вводить тироксин внутрь амниотической полости, в которой «плавает» плод. Ежедневные инъекции привели к тому, что уже на 30—34-й неделе плод полностью созрел, о чем судили по биохимическим показателям. Поэтому роды прошли на две—шесть недель раньше срока, что позволило сразу же начать лечение матери. Роды были успешными, а рост и развитие детей не отклоняются от нормы. Одна из пациенток умерла через пять дней после родов, так что примененный метод помог спасти ребенка, к которому в противном случае грозила бы гибель. Еще одним преимуществом метода является то, что при сокращении срока беременности снижается риск заражения плода опухолевыми клетками.

Acta Obstet Gynecol Scand. 1990. V. 69. N 3. P. 229—234 (Швеция).

#### Медицина

### Способ определения кадмия в почках

Кадмий широко используется в промышленности в качестве компонента типографских клише, припоев, электродов для сварки; входит в состав сплавов для подшипников, полупроводниковых материалов, оптических стекол, люминофоров, красителей и т. д. К со-

жалению, большинство его соединений высокотоксичны (предельно допустимая среднесуточная концентрация кадмия в приземном слое атмосферы 0,01 мг/м<sup>3</sup>). В организм человека кадмий попадает с испарениями, пылью, водой и продуктами питания, всасывается наиболее эффективно в тонком кишечнике, накапливается в печени и почках. Период его биологического полувыведения из организма велик — 25—30 лет.

В связи с низкими летальными концентрациями, слабым выведением из организма и малым содержанием в продуктах метаболизма — даже при значительных проявлениях токсикоза — установить, сколько кадмия содержится в различных тканях и органах, в том числе почках и печени, а также в выделениях, весьма сложно.

Наиболее перспективный способ определения Cd *in vivo* — нейтронно-активационный анализ. Ядра Cd имеют большое ( $\approx 20$  тыс. барн) сечение захвата тепловых нейтронов — недаром кадмиевые стержни используют для регулирования режима работы ядерных реакторов. При таком захвате образуются радиоактивные изотопы, что и позволяет по наведенной активности определять даже очень малые концентрации кадмия.

В системах нейтронно-активационного анализа, разработанных для измерения содержания Cd в печени и почках *in vivo*, применяются источники нейтронов на основе изотопов <sup>252</sup>Cf и <sup>238</sup>Pu. В нейтронном спектре <sup>252</sup>Cf много тепловых нейтронов, что позволяет снизить поддающиеся определению количества Cd до 3—3,5 мг, однако такие источники из-за относительно малого периода полураспада <sup>252</sup>Cf нестабильны. Этого недостатка нет у источников с <sup>238</sup>Pu (период полураспада которого около 100 лет), но нейтроны от деления ядер <sup>238</sup>Pu имеют сравнительно высокие средние энергии, меньшие сечения захвата и уровни наведенной активности, что затрудняет определение ультрамалых количеств Cd. Чтобы уменьшить энергию нейтронов, приходится вводить замедлитель быстрых нейтронов — бериллий.

Удачный подбор толщины бериллиевого замедлителя (20 мм), устанавливаемого между источником нейтронов и объектом исследования, позволил сотрудникам Бирмингемского университета (Великобритания)<sup>1</sup> снизить распознаваемую массу  $Cd$  в почках при  $Pu/Be$ -источнике до 3,25 мг.

**Л. П. Фирсова,**  
доктор химических наук  
Москва

Медицина

**Новый противоопухолевый тест**

Некоторые злокачественные опухоли плохо поддаются лечению как химическими препаратами, так и облучением. Независимо друг от друга две группы британских исследователей во главе с Р. Ходжкисом (R. Hodgkiss; Маунт-Вернонский госпиталь, Нотвуд, Миддлсекс) и Дж. Патриком (J. Patrick; Брунельский университет) выяснили, что восприимчивость опухоли к лечению зависит от того, сколько в их клетках кислорода. Когда опухоли облучают, наибольшие их разрушения происходят в результате отщепления молекул воды и образования свободных радикалов, повреждающих ДНК злокачественных клеток. Если клетки хорошо снабжаются кислородом, облучение разрушает их достаточно полно и непрерывно. При снижении содержания кислорода их разрушение не столь значительно. Врачам известно, что опухоли, устойчивые к облучению, требуют для уничтожения примерно втрое больших доз и времени воздействия, что вредно для больных. Определив количество бедных кислородом клеток опухоли, можно было бы точнее составить курс лечения и выбрать оптимальные способы воздействия на опухоли.

<sup>1</sup> Franklin D. M., Armstrong R., Chettle D., Scott M. // Phys. Med. and Biol. 1990. V. 35. N 10. P. 1397—1408.

Британские ученые разработали тест, позволяющий идентифицировать гипоксидные клетки в составе опухолей. При этом используются специфические антитела, связывающиеся с соединением, которое образуется только на гипоксических клетках. Это соединение (NITP) состоит из теофиллина и ароматической молекулы — нитроимидазола. При недостатке кислорода оно проникает в клетки, взаимодействуя с определенными молекулами. Специфические антитела присоединяются затем к теофиллину, образовавшийся комплекс идентифицируется вторым (флуоресцентным) антителом, примаыкающим к первому, что делает гипоксические клетки видимыми. Методами цитометрии их легко сосчитать и определить их положение.

Авторы готовят тест к клиническим испытаниям.

British Journal of Cancer. 1990. V. 63. N 1. P. 119—125 (Великобритания).

Биология

**Шмелиная матка «планирует» семью**

В умеренных широтах семья шмелей существует один сезон. Каждую весну перезимовавшая оплодотворенная самка строит новое гнездо и в одиночку вскармливает первых рабочих особей. Яйца откладываются не равномерно, а партиями, через определенные промежутки времени; так же, партиями, выводятся затем рабочие. К концу сезона семья переключается на производство половых особей. Из диплоидных оплодотворенных яиц развиваются полноценные самки, которым предстоит спариться и зимовать; кроме того, матка откладывает и гаплоидные неоплодотворенные яйца, дающие самцов, которые спариваются и гибнут осенью.

До сих пор неясно, что является стимулом к производству половых особей в шмелиной семье. Относительно самок исследователи вроде бы едины во мнении: здесь играет роль запас пищи, приходящейся на одну личинку. Появление же самцов определяется, видимо, другими

факторами. В одних семьях первый самец появляется раньше первой самки, в других — наоборот; встречаются семьи, производящие только самцов или только самок. Прежнее предположение, что появление самцов обусловлено увеличением числа рабочих, приводящим к «тесноте и «социальному стрессу» в семье, не подтвердилось. На основе экспериментов со шмелями *Bombus ferricola* P. и C. Плурайт (R. C. Plowright, C. M. C. Plowright; Торонтский университет, Канада) выдвинули новую гипотезу.

Перезимовавших самок отлавливали весной и получали от них семьи, которые вскармливали медом и пылью. В жизнь контрольных семей не вмешивались, а с экспериментальными манипулировали различным образом: изымали всех рабочих старше трех дней; подсаживали рабочих из безматочных семей, способных откладывать неоплодотворенные яйца; дозировали корм.

Результаты свидетельствовали, что ни число рабочих, ни запасы корма не влияют прямо на откладку неоплодотворенных (самцовых) яиц. Зато соотношение числа особей, которые вывелись из первой и второй кладок, достоверно коррелировало со временем откладки первого неоплодотворенного яйца. Оказывается, матка откладывает это яйцо так, чтобы к моменту появления личинки самца отношение числа вышедших ранее рабочих к числу личинок достигало определенного значения (для 24 экспериментальных семей оно составило  $0,683 \pm 0,136$ ). Исходя из этого, удалось предсказать сроки появления самцов, хотя в 5 из 24 семей они появились все же значительно раньше, чем по прогнозу.

Итак, матка как-то учитывает отложенные яйца и заранее определяет срок откладки «мужского» яйца. При этом она почти не реагирует на реальную ситуацию в гнезде. Примерно в половине семей неоплодотворенные яйца встречались уже во второй партии расплода, хотя в семье еще не было взрослых рабочих. На сотах, где не было взрослых рабочих, ни одна из маток не пре-

кратила откладку «мужских» яиц, хотя соотношение полов изменилось.

Canadian Journal of Zoology. 1990. V. 68. N 3. P. 493 (Канада).

#### Биология

### Почему пауки поселяются колониями

Многим видам пауков, особенно тропическим, присущи разные проявления колониальности: они строят общие гнезда и сети, иногда совместно охотятся.

Как возникла колониальность у пауков? Выдвинуты две гипотезы — парасоциального и субсоциального пути. В первом случае по каким-то причинам для совместной жизни объединяются несколько взрослых пауков, во втором — колония образуется из потомства одной семьи. Опыты Л. Раттен (L. M. Ruttan; Миннесотский университет, США) свидетельствуют в пользу второй гипотезы.

Субсоциальность паука *Theridion pictum*, обитающего в США и Европе, проявляется в заботе самки о потомстве на протяжении длительного времени после рождения (в среднем 32 дня). Исследовательница решила выяснить, как влияет на паучков количество пищи в паутине самки. Оказалось, чем меньше пищи доступно паучкам, тем раньше и в больших количествах они расселяются, причем самки охотнее, чем самцы, остаются в сети при наличии пищи и активнее покидают ее при нехватке. Скорее всего, это связано с их размерами: самки пауков, как правило, крупнее самцов, и им нужно больше пищи.

Итак, «колониальность» этого вида зависит от обеспечения потомства питанием. Для окончательного подтверждения гипотезы необходимы эксперименты по «перекармливанию» потомства. Интересно, появятся ли при этом колонии у *Theridion pictum*?

Behavioral Ecology and Sociobiology. 1990. V. 27. P. 169—173 (ФРГ).

#### Биология

### Забота о потомстве у скорпионов — путь к развиту социальности

Проявления долговременной заботы о потомстве свойственны некоторым паукам и ложноскорпионам. О настоящих скорпионах такие сведения до недавнего времени отсутствовали.

Д. Масберг (D. Mahsberg; Университет в Вюрцбурге, ФРГ) изучал одного из самых крупных и тяжелых — императорского скорпиона (*Pandinus imperator*), обитающего в Западной Африке (Кот-д'Ивуар). В тропическом лесу он наблюдал за их скоплениями, насчитывающими до 15 особей, а в лаборатории — за большими смешанными группами, которые, даже не будучи одной семьей, жили, не проявляя ни взаимной агрессивности, ни каннибализма.

Оказалось, что забота самки скорпиона о личинках разного возраста ускоряет их рост и повышает выживаемость. Самка с детенышами очень агрессивна, хотя обычно императорские скорпионы стараются избежать опасности или занимают позу обороны. Личинки способны узнавать свою мать: если их отделить, а затем поместить между матерью и другой самкой, они всегда выбирают мать. Даже личинки старшего возраста — довольно большие скорпиончики — еще не способны добывать себе крупную пищу, например тараканов. Если их лишить матери, смертность сильно возрастает (вследствие голода и каннибализма). Мать же кормит их крупной добычей, которую не только добывает, но и делит на куски. Она же не допускает каннибализма среди детенышей.

Предполагается, что именно материнская забота ведет к образованию группировок из потомства одной особи и далее — к «социальности». Так что императорского скорпиона можно считать субсоциальной формой.

Acta Zoologica Fennica. 1990. V. 190. P. 267—272 (Финляндия).

#### Биология

### Волны и магнитное поле — «компас» для черепахи

Черепахи — известные мореходы, ведь у многих видов потомство вылупляется из яиц в тысячах километрах от мест, где ему предстоит кормиться и расти до взрослого состояния. Но как же они находят дорогу в океанских просторах? Споры об этом ведутся издавна.

Недавно группа зоологов во главе с М. Салмоном (M. Salmon; Флоридский Атлантический университет, США) завершила опыты по изучению средств ориентации над черепахи трех видов: кожистой (*Dermodochelys coriacea*), зеленой (*Chelonia mydas*) и каретты (*C. caretta*). Ученые наблюдали, как темной ночью появившиеся на свет черепашки спешили к морю и стремились сразу уйти от берега как можно дальше. Очевидно, инстинкт подсказывал, что там им меньше угрожают хищные птицы и рыбы. Затем молодых черепах вывозили на расстояние около 11 км от берега и в круглых клетках опускали в воду. Оказалось, что все они плывут навстречу волнам. Если же море было спокойным, животные двигались по кругу.

Роза ветров у восточных берегов Флориды такова, что волны идут преимущественно с востока или юго-востока именно в то время, когда вылупляются черепашки, так что волны служат им «компасом». Однако пока не установлено, как определяют черепахи направление волн. В лаборатории молодых черепах пускали в полной темноте в бассейн, где волны создавали искусственно. Животные четко следовали против волн. Черепахи-каретты оказались наиболее предусмотрительными. Помимо волн, «компасом» им, очевидно, служит и геомагнитное поле. В круглом бассейне, подсвечиваемом с востока, малыши-каретты строго придерживались этого направления, когда же свет выключали, плавали по кругу, иногда, впрочем, ненадолго прерывая свой «хоровод» и устремляясь снова на восток.

В искусственном магнитном поле, направленном противоположно земному, черепашки предпочитали плыть на запад.

Другую группу помещали в круглый бассейн, подсвечиваемый с запада. Когда свет выключали, животные плыли преимущественно на запад, но как только создавалось магнитное поле, они поворачивали на восток.

Контрольная группа в бассейне без подсветки оказалась вообще не в состоянии «пользоваться» магнитным полем для ориентации и двигалась по кругу.

Видимо, свет необходим для настройки магнитного «компас» черепах — в природных условиях новорожденные находят море, устремляясь туда, где горизонт светлее.

Теперь впервые стало ясно, что среди черепах есть виды, использующие волны и магнитное поле как ориентиры.

New Scientist. 1990. V. 127. N 1730. P. 25 (Великобритания).

#### Биология

### Слизень на проигрывателе

Животные ориентируются в гравитационном поле с помощью особого органа чувств — рецептора гравитации, своего рода датчика положения тела в пространстве. Обычно это статоцист — маленький пузырьек возле мозга с одним или несколькими карбонатными «камешками» (у беспозвоночных они называются статолитами, у позвоночных — отолитами) и сенсорными клетками, на которые «камешки» давят, а те передают сигнал в мозг.

У моллюсков рецептор гравитации особо развит. У головоногих он устроен так же сложно, как у позвоночных, и позволяет определять не только положение тела в поле тяготения, но и повороты тела и головы. А как обстоят дела у более примитивных моллюсков, например брюхоногих? По некоторым данным, они также могут воспринимать и силу тяжести, и ускорение. Чтобы выяснить это, аргентинские ученые из Южного

национального университета в г. Баия-Бланка провели опыты с широко распространенным (в том числе в нашей стране) желтым слизнем *Limax flavus*, использовав в качестве исследователя «инструмента» проигрыватель для пластинок<sup>1</sup>.

Слизень пускали на пластинку и меняли скорости (16, 33; 45 и 78 об/мин). На краю 18-сантиметровой пластинки это соответствовало перегрузкам 0,03; 0,14; 0,27 и 0,81 g (g — ускорение свободного падения на поверхности Земли, равно 9,81 м/с<sup>2</sup>). При перемещении слизи от центра пластинки к периферии ускорение возрастало, при движении от периферии к центру — убывало. Скорости либо увеличивали постепенно, либо сразу включали максимальную, посадив слизня в центр. В некоторых опытах диск огораживали непрозрачной ширмой, чтобы моллюск не мог ориентироваться по зрению. Контролем служил выключенный проигрыватель (нулевая скорость). При ползании слизень оставляет заметный след, так что траектории движения поддавались статистическому анализу.

Во всех экспериментах слизи двигались почти прямо вперед, куда была направлена голова, не реагируя на ускорение. Очевидно, они его просто не воспринимали. Следовательно, у слизи нет рецепторов для восприятия сил инерции, их статоцисты — только рецепторы гравитации, ощущающие лишь направление вниз или вверх.

К. Н. Несис,  
доктор биологических наук  
Москва

#### Биология

### Химический «язык» морских желудей

Всякий, кто видел в приливной полосе усонюгих раков — морских желудей, мог заметить, что они сидят на камнях очень

кучно, «пятнами»; это связано, как было выяснено еще четверть века назад, с гемокоммуникацией этих неподвижных во взрослом состоянии животных. Морские желуды, благополучно поселившись в определенном месте, выделяют особый белок — артроподин, привлекающий новых поселенцев — готовых к оседанию на дно личинок.

Первооткрыватель артроподина Д. Крипп (D. J. Crisp, Лаборатория морских исследований в Менайбридж, Великобритания) в своей посмертно опубликованной работе показал, как артроподин, выделяемый одним видом усонюгих, влияет на личинок других видов. Оказалось, что привлекательность химического сигнала *Balanus amphitrite* для других видов соответствует их таксономической близости к этому виду. Обработка артроподином привела к оседанию 60 % личинок своего вида, 13—18 % — представителей того же и близкого родов и 5 % — наиболее удаленного в таксономическом отношении *Chthamalus fragilis* (в контроле оседало лишь около 2 % личинок каждого вида). Это объясняет, почему поселения морских желудей обычно одновидовые.

Высокая плотность популяции морских желудей — гарантия их успешного размножения: большинство видов являются перекрестнооплодотворяющимися гермафродитами. Представители же рода *Chthamalus* — самооплодотворяющиеся гермафродиты, и, возможно, их реакция на химические стимулы к оседанию вообще слабее, чем у других видов усонюгих.

Bulletin of Marine Science. 1990. V. 47. N 2. P. 516—525 (США).

#### Биология

### Питание и половые способности самцов бабочек

Известно, что самцы многих видов бабочек питаются не только нектаром: им нужны соли, в частности ионы натрия. По некоторым сведениям, ионы натрия повышают репродуктив-

<sup>1</sup> Valentinuzzi de Santos S., Guagliardo S., Testani M. L. // Zool. Jb. Physiol. 1990. Bd. 94. N. 1. S. 135—140.

ность самцов. Свой рацион они расширяют, питаясь по краям луж или на пыльной земле.

Р. Ледерхауз, М. Эйрес и Дж. Скриббер (R. Lederhouse, M. Ayres, J. Scriber; Мичиганский университет, Анн-Арбор, США) решили достоверно определить роль дополнительного питания самцов бабочек и поставили опыты с выращенными в лаборатории светлыми парусниками (*Papilio glaucus*).

Взрослым самцам предлагали четыре типа питания: обычный медовый раствор (контроль), раствор с электролитом, включающим ионы  $\text{Na}^+$ , с аминокислотами и смесью этих компонентов. Оказалось, что потребление электролита приводит к более активному спариванию самцов, а численность потомства самцов, выращенных на смеси растворов с электролитом и аминокислотами, была в семь раз выше, чем у контрольных. Это явление исследователи приписали успеху и числу повторных спариваний. Как выяснилось, размер сперматофора (капсулы, содержащей спермию) зависит от размера куколки, из которой вывелился вышедший его самец. Дополнительное питание влияет также на размер второго и последующих сперматофоров, которые обычно втрое меньше первого. Однако длительность жизни самца от дополнительного питания не зависит.

Пока неясно, что повышает плодовитость самок — только ли влияние натрия на число спермиев самца или еще и дополнительное питание самой самки?

Functional Biology. 1990. V. 4. P. 743—751 (Великобритания).

#### Биология

### Ракообразные в «ледяном доме»

В последние годы внимание морских биологов привлечено к своеобразному сообществу организмов, населяющему морские льды полярных районов. Среди животных, наиболее часто обнаруживаемых в толще льда, преобладают фораминиферы и

веслоногие рачки-гарпактициды (Harpacticoida), которые составляют значительную долю и мейобентоса (сообщества мелких организмов в верхнем слое грунта).

Зоологи Х. У. Дамс, М. Бергманс, Х. К. Шминке (H.-U. Dahms, M. Bergmans, H. K. Schminke; Ольденбургский университет, Германия) исследовали жизненный цикл антарктической гарпактициды дрейшерииеллы (*Dreischeriella glacialis*), оказавшейся настоящим ледовым видом. Этот рачок попадает в воду, только если его ледяной дом тает летом, впрочем, он хорошо приспособлен и к жизни в водной толще.

Дрейшерииеллы свободно передвигаются между кристаллами льда, причем взрослые особи нередко забираются в глубину ледяного слоя. Поскольку соленость в пограничном слое воды меняется в широких пределах, рачки устойчивы к ее изменениям (от 18 до  $90^{\circ}/_{00}$ ). Дрейшерииелла размножается во льду круглый год, питаясь постоянно присутствующими в ледяной толще или на ее нижней поверхности диатомовыми водорослями. И хотя поколение развивается довольно медленно из-за низкой температуры (132 дня при  $-1^{\circ}\text{C}$ ), скорость роста популяции достаточно высока (типичная стратегия, позволяющая виду выжить в резко меняющейся среде).

Кроме дрейшерииеллы, по

меньшей мере еще четыре вида гарпактицид способны жить во льду. Будучи по преимуществу бентической группой, гарпактициды приспособились к жизни в микрополостях любых субстратов, в том числе и в толще морского льда.

Marine Ecology. 1990. V. 11. N 3. P. 207—226 (ФРГ).

#### Зоология

### Суперпчелы

Самые крупные из известных на сегодня медоносных пчел (*Apis laboriosa*) обитают в горных лесах от Непала до китайской провинции Юньнань на высоте от 1200 до 3900 м над ур. м. По размерам они вдвое превосходят европейских. К тому же они и самые мохнатые в мире, что, возможно, связано с высотой обитания. Но самое удивительное, что это единственные из медоносных пчел, проводящие зиму вне сот.

Как утверждает Б. Андервуд (B. Underwood; Корнелльский университет, США), осенью они переселяются на меньшие высоты и собираются огромными скоплениями на ветвях деревьев

Колония пчел на одном из утесов в горном лесу Непала. Ее размеры  $122 \times 152$  см, а из сот такой колонии можно получить 38 л меда.



и защищенных от ветров выступах скал. Благодаря низкой интенсивности обмена веществ и выносливости организма при относительно низких температурах пчела может выжить, питаясь только медом, хранящимся в желудке.

International Wildlife. 1990. May-June. P. 31—33 (США).

#### Зоология

### Где живет каракурт?

Ядовитые пауки рода *Latrodectus*, известные под названием каракуртов (или черных вдов), обычно строят свои сети в небольших естественных укрытиях у поверхности почвы: среди камней, в ложбинках, брошенных норах грызунов.

Сотрудники Университета Бен-Гуриона (г. Негев, Израиль) исследовали биологию необычного каракурта, обитающего в пустыне Негев — *L. revivens*. Он строит гнезда в кустах, часто на высоте до 1 м. Гнездо присоединено несущими нитями к довольно редкой горизонтальной сети неправильной формы, в свою очередь, прикрепленной к камням или кустам. Интересно, что гнездо, как правило, окружено массой пустых раковин, обломков растений, объедков — весь этот мусор делает паука незаметным для хищников, в частности для большого сорокопута.

Ученые полагают, что такое размещение гнезда (подальше от раскаленной поверхности почвы) обеспечивает дополнительное воздушное охлаждение. По имеющимся данным, в нашей стране каракурты на кустах гнезд не строят. Но такую возможность следует иметь в виду: встречающийся у нас в Средней Азии *L. pallidus* на Ближнем Востоке проявляет склонность к «высотному обитанию».

К. Г. Михайлов  
Москва

#### Сельское хозяйство

### Аллеиные посевы в тропиках

Традиционное земледелие во влажных тропиках всегда было залежно-переложным: после потери почвой плодородия (здесь почвы разрушаются быстрее, чем в других зонах) заброшенный участок зарастал местными видами кустарников (часто из семейства бобовых); через несколько лет плодородие восстанавливалось и снова начиналось выращивание однолетних культур.

Чтобы уменьшить пагубное влияние агротехники, недавно в тропических странах стали высевать однолетние культуры в виде аллей, перемежающихся кулисами из кустарников (преимущественно *Leucaena leucosperma* из семейства бобовых).

Т. Л. Лоусон и Б. Т. Канг (Т. L. Lawson, B. T. Kang; Международный институт тропического сельского хозяйства в Ибадане, Нигерия) расширили ассортимент кулисных кустарников, введя еще три вида бобовых: *Gliricidia sepium*, *Alchornea cordifolia*, *Acacia barterii*. Чтобы оценить, сколь перспективны эти виды, изучали световой режим основных культур — кукурузы и вигны, поскольку кустарники несколько затеняют их и снижают урожай. Оценивалось также влияние высоты и густоты кулис, расстояния между ними и аллеями культурных растений.

Выяснилось, что «хваленая» *Leucaena* проигрывает трем этим кустарникам, так как сильнее затеняет однолетние культуры. Лучшей оказалась *Acacia*, крона которой ажурна и хорошо пропускает свет: при расстоянии между кулисами 4 м урожай кукурузы в сравнении с контролем был ниже всего на 0,7 ц/га, а вигны — на 0,3. Этот недостаток с лихвой окупался восстановлением почв за счет огромной биомассы (4—5 т/га), за год накапливаемой кустарниками: кулисы регулярно подрезали до высоты 60 см, срезанные ветви разбрасывали по опытному участку, разложившаяся масса давала дополнительный азот и, кроме того, защищала почву от вы-

сыхания, а также эрозии в период дождей.

Метод аллейных посевов, позволяющий сохранить агроресурсы и сделать растениеводство интенсивнее, взят из опыта крестьянских хозяйств.

Agrocltural and Forest Meteorology  
1990. V. 52. P. 347—357  
(Нидерланды).

#### Охрана природы

### Реинтродукция лошади Пржевальского

Почти 30 лет назад лошадь Пржевальского (*Equus przewalskii*) в последний раз видели в родных степях юго-западной Монголии. Специалисты уже объявили ее вымершей в естественных условиях. К счастью, в зоопарках мира насчитывается около 1 тыс. этих животных (по-монгольски — тахи).

Впервые о новом для науки виде лошади узнали в 1870-х годах, когда Н. М. Пржевальскому удалось добыть один экземпляр и доставить шкуру и скелет в Санкт-Петербург. Теперь установлено, что лошадь Пржевальского имеет на две хромосомы больше, чем домашняя лошадь (*Equus caballus*).

В Монголии создана комиссия по тахи, которая совместно с Международной группой по восстановлению лошади Пржевальского разработала 10-летнюю программу реинтродукции животного. Недавно специалист по травоядным Дж. Ноулз (J. Knowles) обследовал Гоби-Алтайский район, где предполагается восстановить поголовье тахи. В целом одобряя план, он считает, однако, что, поскольку жеребцы тахи нередко скрещиваются с домашними кобылами, приносящими потомство к разномуножению потомство, животных нельзя просто выпустить на волю: при межпопородном скрещивании исчезли бы генетические характеристики, делающие эту лошадь уникальной.

В связи с этим район будущей реинтродукции намечаются объявить международным заповедником. С весны 1991 г. осуществляется первая

<sup>1</sup> Königswald A., Lubin Y., Ward D. // Psyche. 1990. V. 97. N 1—2. P. 75—80.

фаза программы: в Монголию из Англии будут доставлены шесть жеребцов, которых разместят на огороженной площади в 100 га (средства на огораживание выделили природоохранная организация Германии). Здесь специалисты будут наблюдать, насколько удовлетворительно животные переносят местные климатические условия и пастбищный корм.

В 1992 г. начнется вторая фаза программы. Жеребцов переведут на огороженный участок в 10 тыс. га, а в малый поселат еще четырех жеребцов и восемь кобыл. Они проживут за оградой около 10 лет, за которые популяция должна значительно возрасти.

Специалисты надеются, что в начале следующего века лошадь Пржевальского можно будет считать возвращенной на родину.

New Scientist. 1991. V. 129. N 1751. P. 26 (Великобритания).

#### Экология

### Водное растение защищается от бокоплава

В современной экологии отношения фитофагов и растений рассматриваются в категории «хищник — жертва». Однако растения выработали специальные приспособительные механизмы, позволяющие им регулировать поедание той или иной их части животными. Интересно, что эти приспособления особенно ярко выражены у медленно растущих растений, которые обитают в суровых условиях пустынь, высокогорий, тундр: они горьки на вкус, покрыты колючками или опушены жесткими волосками.

Новый механизм химической защиты обнаружили американские исследователи из Мичиганского и Коннектикутского университетов Р. Ньюмен, В. Керфут и Э. Ханском (R. M. Newman, W. Ch. Kerfoot, Z. Hanscom). Они изучали отношения водного растения жерухи (*Nasturtium officinale*) и рачка-бокоплава (*Gammarus pseudolimnaeus*) и установили, что рачок питается почти исключительно пожелтевшими листьями и не трогает зеленых.

Как показал химический анализ, в свежих листьях в семь раз больше, чем в желтых, соединений из группы гликозинолатов. Эти соединения и есть средство химической защиты от бокоплава. По мере старения клеток гликозинолаты разлагаются, превращаясь в менее токсичные соединения, уже не отпугивающие рачков.

Авторы полагают, что отношения гиацинта и бокоплава не уникальны, подобный механизм защиты распространен и среди многих других видов семейства крестоцветных, к которому относится водяной гиацинт.

Journal of Chemical Ecology. 1990. V. 16. N 1. P. 245—259 (США).

#### Экология

### Где взять бумагу!

Только на газеты и журналы в США ежегодно расходуются не менее 12 млн. т бумаги. Производится также огромное количество упаковочной, тетрадной, туалетной и других сортов. Сколько же леса изводится на это! В какой-то мере исправить положение можно, используя кенаф (*Hibiscus cannabinus*) — однолетнее растение, родственное хлопку и окре (или бамии, известной в странах с теплым климатом, где ее плоды употребляют в пищу). В Африке и ряде азиатских стран из кенафа издавна делают веревку, бечеву, а кое-где и бумагу. Внешне растение похоже на бамбук, хотя они совсем не родственны.

Кенаф растет с невероятной скоростью: за пять летних месяцев вытягивается на 5—6 м. Бумага из кенафа светлее и легче обычной газетной, а типографская краска стирается с нее труднее. По оценкам американских специалистов, из кенафа можно производить 2 % расходоуемой в стране типографской бумаги. В Техасе уже создана «Кенаф пейпер компани», приступившая к его разведению на юге штата; сюда компания перевезла небольшой целлюлозный завод из штата Миннесота, где и леса поредели, и резко усилились протесты жителей против

ущерба, наносимого окружающей среде. С 1991 г. завод будет выпускать 84 т бумаги в день.

Министерство сельского хозяйства США рекомендует выращивать кенаф землевладельцам, особенно в тех районах Техаса, где сворачивается добыча нефти и газа.

Единственный «порок» кенафа в том, что его молодые листья напоминают коноплю, и наркоманы, прежде чем убедиться в ошибке, могут нанести ущерб посадкам.

New Scientist. 1990. V. 125. N 1703. P. 35 (Великобритания).

#### Геология

### Породы мантии рассказывают о ее внутреннем строении

С. Хэггерти (S. E. Haggerty; Университет штата Массачусетс, Амхерст, США) и В. Сауттер (B. Sautter; Южный Парижский университет, Орсе, Франция), изучая породы кимберлитовой трубки Ягерсфонтейн (230 км к юго-востоку от Кимберли, ЮАР), обнаружили кимберлиты, образовавшиеся в центральной части верхней мантии Земли.

Находка представляет собой два обломка, содержащих многочисленные кристаллы клинопироксена, сросшиеся с гранатом. Поскольку кристаллы ориентированы определенным образом, можно полагать, что когда-то клинопироксен был растворен в гранате при высоких давлениях, но затем выкристаллизовался из раствора.

Лабораторные эксперименты показывают, что клинопироксен растворяется в гранате при давлениях свыше 130 кбар, а такие давления существуют на глубинах 300—400 км, следовательно, найденные образцы сформировались у нижней границы астеносферы — частично расплавленной части верхней мантии Земли. В руки ученых еще никогда не попадали породы, содержащие свидетельства подобных давлений, хотя некоторые образцы с таких глубин известны.



Сейсмические волны от землетрясений, проходящие в мантии, указывают, что под астеносферой (на глубинах 400—670 км) лежит переходная зона, отделяющая верхнюю мантию от нижней. Большинство специалистов полагают, что состав верхней мантии и переходной зоны одинаков — это главным образом оливиновые породы. Впрочем, Д. Андерсон (D. L. Anderson; Калифорнийский технологический институт, Пасадена, США) с коллегами считают, что переходная зона содержит не только оливин, но и эклогит, состоящий из гранатов и клинопироксенов. В таком случае верхняя мантия четко отделена от нижней. Отсюда важный вывод: погружающиеся при субдукции участки океанической коры не достигают нижней мантии, останавливаясь в богатой эклогитами переходной зоне. Science. 1990. V. 248. N 4958. P. 993 (США).

Сейсмология

**Сейсмическая опасность в Гималаях**

Территория Непала и прилегающие районы Индии относятся к числу наиболее сейсмичных в мире. Одно только землетрясение 1934 г. унесло свыше 100 тыс. жизней. Ныне опасность представляется еще катастрофичнее, ибо население Непала удваивается каждые 20—25 лет и продолжается интенсивное освоение прежде пустынных, но отличающихся сейсмической активностью предгорных и горных областей. Кроме того, качество строительства, и ранее невысокое, сейчас вовсе не отвечает требованиям сейсмостойкости.

Поэтому непальские власти согласились на осуществление с весны 1991 г. специального проекта, в ходе которого наземная сейсмическая сетька сопровождается геодезическими измерениями с американских военных спутников.

Литосферные плиты, образующие Азию и Индостан, сходятся со скоростью около 5 см/год, что приводит к вздыманию земной поверхности в

этом регионе. В результате высота Эвереста (Джомолунгмы) увеличивается примерно на 1 см в год. Возникающие при этом колоссальные напряжения в земной коре, накапливаясь, неизбежно ведут к мощным землетрясениям.

Группа во главе с сейсмологом Р. Билэмом (R. Bilham; Университет штата Колорадо, Боулдер, США) приступила к изучению активных разломов в Гималаях для определения наиболее подверженных землетрясениям районов. Используемая высокоточная глобальная система определения местоположения, установленная на спутниках, способна фиксировать горизонтальные смещения коры «на толщину карандаша» с расстояния 500 км. Эти наблюдения дополняются высокоточными гравиметрическими измерениями, позволяющими фиксировать малейшие вертикальные сдвиги.

Science News. 1990. V. 138. N 8 P. 126 (США)

Сейсмология

**Землетрясение небольшое, но тревожное**

26 сентября 1990 г. на крайнем юго-востоке американского штата Миссури, около г. Нью-Мадрид, произошло землетрясение с магнитудой  $M=4,6$  по шкале Рихтера. Серьезных разрушений и жертв оно не вызвало, однако специалисты встревожены явным сейсмическим оживлением этого «молчаливого» района, где мощные подземные толчки в последний раз наблюдались в XIX в. В историческом аспекте эта зона разлома земной коры самая сейсмоактивная во всей восточной части США<sup>1</sup>.

В последнее время вблизи Нью-Мадрида ежегодно отмечается около 200 землетрясений, но все они пока незначительные. По мнению Л. Диллман (L. Dillman; Центр изучения землетрясений при Юго-Восточном университете штата Миссу-

ри), здесь созрели условия для нового мощного толчка.

Анализ имеющихся данных показывает, что подобные события здесь происходят примерно раз в 80 лет. Этот срок уже прошел, и в породах Нью-Мадридского разлома накопились напряжения, достаточные для землетрясений с  $M=7,6$ . Группа местных специалистов выработала прогноз, согласно которому вероятность землетрясения с  $M=6$  в этом районе до 2000 г. составляет около 0,5. Предполагалось даже, что в период между 1 и 5 декабря 1990 г. должна произойти крупнейшая за последние 160 лет катастрофа, однако сентябрьские события разрядили значительную часть напряжений в земной коре.

Следует подчеркнуть, что одинаковые по мощности землетрясения на Востоке и Западе США могут заметно различаться по разрушительной силе: большая плотность геологических пород на востоке облегчает прохождение сейсмических волн, в связи с чем площадь, охватываемая землетрясением, заметно увеличивается.

New Scientist. 1990. V. 128. N 1737. P. 23 (Великобритания).

Вулканология

**Смертельное «дыхание» вулкана**

От А. Пигафетты, возглавившего экспедицию Магеллана после его гибели, в Европе узнали о неведомых птицах, выводящих птенцов благодаря теплу земных недр. Аборигены же Меланезии, Полинезии, Новой Гвинеи истари питались яйцами, которые «насиживали» вулканы.

В июне 1989 г. трое жителей о. Новая Британия (Папуа-Новая Гвинея) в очередной раз отправились к близлежащему вулкану Тавурвур за птичьими яйцами. На южных его склонах на высоте около 40 м им был хорошо известен 25-метровый провал, где вечно теплая земля обогривала многочисленные гнезда. Однако на самом деле этот «провал» шириной около 100 и длиной 130 м был временно «уснувшим» крате-

<sup>1</sup> См. также: Восток США ждет землетрясения // Природа. 1991. № 7.

ром: еще в 1981 г. там обнаружили скелетные трупы различных животных. На этот раз, пока беспечные люди занимались сбором яиц, из кратера все активнее стал выделяться углекислый газ, постепенно скопившийся в смертельной концентрации. Пропавших пошли разыскивать еще трое односельчан, но и они не вернулись. Через несколько дней в кратер спустились специально снаряженные сотрудники Рабаулской вулканологической обсерватории, которые не только извлекли тела погибших, но и провели наблюдения.

Оказалось, что в северо-западной стенке огромного котлована есть глубокие расщелины, из которых и выходил газ, но, видимо, не постоянно: ведь незадолго до трагических событий трое жителей благополучно вернулись, собрав яйца в кратере.

Вулканологи установили, что углекислый газ на выходе имеет температуру до 48 °С. В момент их первого пребывания в кратере толщина слоя газа не превышала среднего роста человека, но уже на следующий день увеличилась до 4,8 м. Впрочем, в ветреную погоду концентрация газа может снижаться. Сейчас выясняется, содержатся ли в ядовитом «дыхании» Тавурвура другие газы. Кроме того, важно установить, имеет ли газ чисто вулканическое или биогенное происхождение, являясь, скажем, продуктом разложения древних коралловых организмов, захороненных под вулканическими отложениями в ходе извержений Тавурвура.

Smithsonian Institution Bulletin. Global Volcanological Network. 1990. V. 15. N 6. P. 8—9 (США).

#### Археология

### Динамика населения в доиспанском Перу

В северной части Перу ведутся беспрецедентные по масштабам археологические исследования с целью определить динамику населения и эволюцию социальных структур в

период между 2500 г. до н. э. и испанским завоеванием. Самый быстрый демографический рост отмечен близ рубежа нашей эры, когда за 400—500 лет население увеличилось вчетверо. Этот рост совпадает с расширением орошаемых земель за счет прокладки каналов. Во второй и третьей четвертях I тыс. н. э. численность населения колебалась, но в целом продолжала расти, а в конце тысячелетия стала снижаться и, опустившись к XI—XII вв. до уровня, достигнутого на рубеже новой эры, оставалась постоянной до конкисты. Сопоставляя демографические кривые отдельных районов с их политической историей, американские археологи установили два обстоятельства, имеющие общесторонний интерес<sup>1</sup>.

Во-первых, первичная хозяйственная интеграция отдельных долин (прокладка каналов, расширение рынков сбыта ремесленной продукции) не сопровождалась междуусобной борьбой за землю и воду, а крупные ирригационные сооружения создавались силами слабо централизованных сообществ. Этот вывод противоречит представлениям о деспотической власти как непременном условии успешного хозяйствования в древних оазисах земледелия. Вероятно, взаимовыгодное сотрудничество между группами в пределах долин поддерживалось и осознанием общей военной опасности, исходившей со стороны (крепости тянутся по периферии тех оазисов, чьи рубежи совпадали с наиболее резкими культурными, видимо этническими, границами).

Во-вторых, объединение территорий северного побережья Перу под властью самого раннего в Южной Америке государства (культура мочика)

привело не к процветанию, а к чрезмерной эксплуатации и истощению человеческих и земельных ресурсов, что послужило одной из причин гибели этой цивилизации в VII в. н. э. На ее руинах возникло новое государство (культура касма), правители которого продолжали осуществление амбициозных и экономически убыточных проектов. Если мочика тратила ресурсы в основном на строительство гигантских пирамид, то касма возводила многокилометровые стены (не имевшие оборонительного значения) и переселяли тысячи людей в пустыню для обслуживания транспортных путей между долинами; воду и продовольствие им приходилось доставлять за 20—30 км.

После распада государства касма в VIII—IX вв. н. э. юг северной части побережья несколько столетий оставался политически раздробленным, а позже поочередно подчинялся крупным централизованным государствам (Чимор, Империя инков). Численность населения в этот период пока не вполне ясна; скорее всего, в таких относительно замкнутых экологических системах, как прибрежные долины Перу, она после быстрого роста и резких колебаний стабилизируется на низкой отметке, обеспечивающей оптимальные условия жизни. Резерв земель позволяет не опасаться истощения почвы и гарантирует выживание во время характерных для района стихийных бедствий (например, Эль-Ниньо). Ранние же государства с централизованной системой управления возникали там, где плотность населения превышала экологически оптимальную, достигая примерно 50—100 тыс. человек в радиусе 20—30 км. Добываясь внушительных достижений в оформлении «парадного фасада» (монументальная архитектура, обработка драгоценных металлов и т. п.), такие государства не столько способствовали развитию экономики; сколько растрачивали накопленные ресурсы. Этим объясняется недолговечность всех централизованных царств и империй (как древних, так и более поздних).

Ю. Е. Березкин,  
кандидат исторических наук  
Ленинград

<sup>1</sup> Russell G. S., Leonard B. L. Current research // Willay. 1990. N 34. P. 9—10; Wilson D. J. Prehistoric settlement patterns in the lower Santa valley, Peru. Washington—London, 1990. См. также: Березкин Ю. Е. Социальная структура цивилизации мочика и ее отражение в иконографии // Проблемы археологии и древней истории стран Латинской Америки. М., 1990. С. 223—247.

К американским космическим кораблям многоцветного использования прибавился четвертый — «Эндевор», который заменит погибший 28 января 1986 г. «Челленджер» с семью астронавтами на борту. В мае 1992 г. Д. Бранденстайн (командир экипажа) выведет «Эндевор» на орбиту.

Конструкция корабля модифицирована — на нем впервые установлен тормозной парашют, снижающий при приземлении нагрузку на шасси и тормозные устройства шаттла. Но главное — внесенные изменения позволят продлить пребывание корабля на орбите до 28 дней. Создание «Эндевора» обошлось почти в 2 млрд. долл.; возможно, он станет последним в семье шаттлов, хотя первоначально предусматривался космический флот из семи кораблей.

ТАСС

Комитет палаты представителей конгресса США по науке, космосу и технике утвердил ассигнования на космическую программу в 1992 финансовом году. Выделяется 14,27 млрд. долл., что на 6% превышает ассигнования на текущий финансовый год, но на 488 млн. долл. меньше, чем запрашивала администрация Буша. 1,9 млрд. долл. отпущено на строительство на околоземной орбите постоянно действующей космической станции, 25 млн. долл. — на разработку спасательного корабля, который в чрезвычайных обстоятельствах доставит астронавтов на Землю.

ТАСС

Английские астрофизики А. Харрис (A. Harris; Лаборатория им. Э. Резерфорда и Э. Эпл-

тона, Оксфорд) и Р. Лье (R. Lieu; Имперский колледж, Лондон) с помощью широкоугольной камеры спутника «РОСЭТ» обнаружили остатки Сверхновой звезды в созвездии Парус (Вела). Источник излучения представляет собою звезду, взрыв которой около 15 тыс. лет назад привел к мощному выбросу газов, которые, взаимодействуя с межзвездной средой, разогрелись до миллионов градусов.

New Scientist. 1990. V. 128. N 1746. P. 23 (Великобритания).

В Медонской обсерватории (Париж), исследуя химический состав комет, обнаружили молекулы сероводорода и метанола, до сих пор в кометах не наблюдавшиеся. Эти соединения превращаются в твердое вещество только при очень низких температурах (100 и 60 К). Поэтому их присутствие в кометах свидетельствует о том, что кометы образовались на холодной периферии Солнечной системы, за орбитами Урана и Нептуна.

Science News. 1990. V. 138. N 18. P. 286 (США).

Применение азотных удобрений и возделывание все больших посевных площадей — одна из причин парникового эффекта, считают эксперты из министерства сельского хозяйства США и Университета штата Колорадо. Использование азотных удобрений и освоение новых участков ведет к тому, что почва «впитывает» меньше метана и выделяет больше газов, содержащих азот, что вызывает повышение температуры.

ТАСС

В 70-е годы СССР, Польша и тогдашняя ГДР создали консорциум «Петробалтик» для геологической разведки и добычи нефти на дне Балтийского моря. Однако за 15 лет не удалось обнаружить значительных месторождений. В декабре 1990 г. Польша выкупила у СССР и Германии долю акций консорциума, а в январе 1991 г. польские геологи в принадлежащей их стране зоне Балтики открыли три месторождения с запасами около 15 млн. т нефти. Из них, по оценкам, по меньшей мере треть может быть добыта в современных условиях.

New Scientist. 1991. V. 128. N 1753. P. 22 (Великобритания).

Чтобы снизить зависимость от привозной нефти, на Гавайских о-вах решили использовать геотермальную энергию. Однако против проекта геотермальной станции мощностью 500 МВт с прокладкой подводного кабеля протяженностью более 100 миль (для передачи на о. Оаху электроэнергии, получаемой от тепла действующего вулкана Килауза на о. Гавайи) выступили защитники окружающей среды. Они считают, что станция окажет пагубное воздействие на уникальные тропические леса, а кабель нанесет ущерб стаду китов-горбачей, приходящих в прибрежные воды.

Environment. 1990. V. 32. N 5. P. 24 (США).

## Идеи В. И. Вернадского в современном естествознании

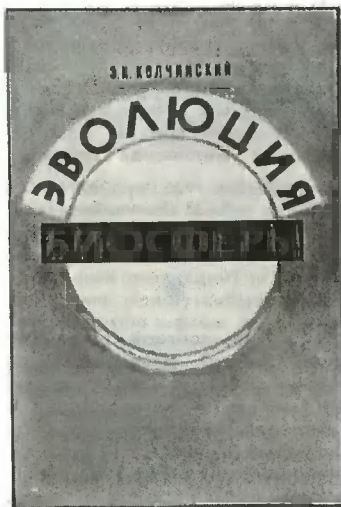
Член-корреспондент АН СССР Ю. И. Полянский  
Ленинград

**В** ОБШИРНОЙ научной и популярной литературе, посвященной творчеству В. И. Вернадского, особенно многочисленной за последние годы в связи с юбилейными датами этого выдающегося ученого, книга Э. И. Колчинского занимает важное место. До сих пор не было работы, которая дала бы в историко-критическом плане анализ исследований, связанных с развитием идей Вернадского, а такого рода работа крайне необходима. Этот существенный пробел заполняет монография Э. И. Колчинского.

В предисловии четко сформулированы цели и позиции автора. Ставится задача рассмотреть эволюцию биосферы как целостной системы. Ведущими идеями книги являются, с одной стороны, современная теория эволюции, а с другой — представления В. И. Вернадского и А. П. Виноградова о биосфере и ее эволюции, для оценки которых привлекаются современные данные биохимии, исторической геологии, геохимии.

В первой главе представлены исходные положения: сведения о структуре и функции биосферы, общая характеристика эволюции биосферы, этапы ее изучения.

Взглядам Вернадского на эволюцию биосферы посвящена вторая глава. В ней рассмотрены процессы становления биосферы и основные тенденции ее эволюции. Опровергается мнение, будто Вернадский стоял в стороне от вопросов эволюции. Убедительно показано, что идея эволюции биосферы им активно разрабатывалась. Интересен раздел, в котором раскрывается отношение Вернадского к



Э. И. Колчинский. ЭВОЛЮЦИЯ БИОСФЕРЫ. Историко-критические очерки исследований в СССР. Л.: Наука, 1990. 236 с.

дарвинизму. Представляется правильной позиция автора книги, который считает, что Вернадский полностью принимал концепцию Дарвина в отношении микроэволюции (видообразования) и занимал осторожную позицию, когда речь шла о крупных макроэволюционных преобразованиях. В этой же главе анализируется и вопрос о биосфере как заключительном этапе эволюции биосферы.

В третьей и четвертой главах речь идет о геохимических факторах эволюции биосферы. Особое внимание уделено исключительной роли микроорганизмов в биосфере, а также зависимости их геохимической энергии от приспособленности к геохимическим факторам среды.

Пятая глава повествует о преобразующем влиянии эволюции на геохимическое строение биосферы, состав атмосферы, гидросферу и почву.

В шестой дан обзор работ, направлений и тенденций в изучении эволюции биосферы. Основная линия эволюции — расширение сферы действия биологического круговорота и усложнение его структуры. Увеличение видового разнообразия ведет к расширению биогеоценоза, миграции атомов, росту влияния живого вещества на физико-географические, геологические и геохимические процессы в биосфере.

Заключительная, седьмая глава рассказывает об особенностях органической эволюции в современной биосфере. В ней рассмотрены работы, которые показывают влияние технического прогресса на процессы, протекающие в биосфере. Речь идет также о возможности построения ноосферы, перспективах управления эволюционным процессом. Автор приходит к выводу, что ближайшей задачей эволюционной теории станет изучение воздействия микро- и макроэволюции на историческое преобразование биосферы, ее биохимическую и энергетическую эволюцию.

Книга Э. И. Колчинского представляет интерес для широких кругов биологов, геологов, а также философов. Приходится пожалеть, что тираж ее неоправданно мал (1600 экз.). Едва появившись, она исчезла с прилавков магазинов. Я считаю необходимым обратить внимание многочисленного отряда естествоиспытателей на эту интересную и значительную работу.

## Философия

**ФИЛОСОФСКОЕ СОЗНАНИЕ: ДРАМАТИЗМ ОБНОВЛЕНИЯ** / Отв. ред. Н. И. Лалин. М.: Политиздат, 1991. 413 с. Ц. 1 р. 50 к.

На страницах книги известные советские философы Б. А. Грушин, В. А. Лекторский, В. С. Швырев и другие размышляют о путях обновления философского сознания в стране, о развитии его критической функции, преодолении сложившихся лжеобразов нашей философии, ее догматической изоляции от мировой философии, оторванности от отечественных культурно-исторических традиций и других актуальных проблемах. Книга рассчитана на всех, кто интересуется современным состоянием философии.

## Математика

**ТРУДЫ СЕМИНАРА Н. БУРБАКИ ЗА 1988 г.** Сб. статей / Пер. с англ. и франц. М.: Мир, 1990. 304 с. Ц. 3 р. 20 к.

Читателям хорошо известны труды семинара Н. Бурбаки (первый выпуск — «Алгебра и теория чисел», 1987, второй — «Математический анализ и геометрия», 1990). Начиная с данного сборника, предполагается ежегодно публиковать переводы полных докладов семинара, представляющих собой обзоры важнейших достижений в различных областях математики. Перевод трудов поможет отечественным специалистам ознакомиться с достижениями мировой математики.

Настоящий сборник содержит доклады за 1988 г. Среди его авторов — известные математики: Г. Сигал (Великобритания), А. Марен, Б. Малгранж (Франция), Н. Катц (США).

## Физика

**Г. М. Заславский, Р. Э. Сагдеев, Д. А. Усиков, А. А. Черников. СЛАБЫЙ ХАОС И КВАЗИРЕГУЛЯРНЫЕ СТРУКТУРЫ.** М.: Наука, 1991. 240 с. Ц. 3 р. 60 к.

Книга посвящена теории зарождения хаоса в гамильтоновских системах. Изложены основные вопросы теории стохастического слоя и стохастической паутины. Приведены многочисленные примеры из разных областей физики. Рассмотрены приложения теории слабого хаоса к проблемам структур сплошной среды (включая орнаменты) и ускорения частиц.

Для физиков, математиков.

## Физика

**П. Берже, И. Помо, К. Видаль. ПОРЯДОК В ХАОСЕ: О ДЕТЕРМИНИСТСКОМ ПОДХОДЕ К ТУРБУЛЕНТНОСТИ** / Пер. с фр. Ю. А. Данилова. М.: Мир, 1991. 368 с. Ц. 4 р. 90 к.

Книга французских авторов представляет собой введение в область исследований, называемую синергетикой. Авторам удалось в непринужденной и доступной форме рассказать о физике турбулентности и кооперативных процессах, важных для аэро- и газодинамики, физики плазмы, оптики, химической кинетики, биологии и т. д.

Для студентов вузов и читателей с высшим образованием.

## Информатика

**ЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИСКУССТВЕННОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ: ОТ КЛАССИЧЕСКОЙ ЛОГИКИ К ЛОГИЧЕСКОМУ ПРОГРАММИРОВАНИЮ** / Пер. с франц. П. П. Пермякова. М.: Мир, 1990. 432 с. Ц. 2 р. 90 к.

Монография специалистов из Бельгии и Швейцарии

посвящена проблемам и методам искусственного интеллекта, рассматриваемым с точки зрения математической логики. Она состоит из шести глав, в которых рассказывается о логике, аксиоматических системах, представлении знаний и рассуждений, модифицируемых рассуждениях, формальных грамматиках и логическом программировании.

Книга построена так, что для понимания материала от читателя требуется только знание основ информатики, и будет полезна научным и инженерно-техническим работникам, а также студентам старших курсов вузов.

## Химия

**Л. Лейстнер, П. Буйташ. ХИМИЯ В КРИМИНАЛИСТИКЕ** / Пер. с венг. И. В. Мишина. Под ред. д. хим. наук Н. М. Кузьмина. М.: Мир, 1990. 302 с. Ц. 2 р.

Самые разнообразные стороны «жизни» аналитической химии в криминалистике освещают авторы книги, которая при строго научном подходе доступна и неспециалистам. Читатель узнает, как немые «свидетели» преступления — вещественные доказательства — дают «показания», как через химический состав объектов материального мира реконструируют события, проводят судебно-химическую экспертизу, расследуют преступления и происшествия.

## Биология

**В. Грант. ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС: КРИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЭВОЛЮЦИОННОЙ ТЕОРИИ.** / Пер. с англ. Н. О. Фоминой. Под ред. Б. М. Медникова. М.: Мир, 1991. 488 с. Ц. 4 р. 80 к.

Автор — известный ботаник и эволюционист, член Национальной академии наук США — знаком советским читателям по

ранее вышедшим книгам «Эволюция организмов» (1980) и «Видообразование у растений» (1984). В предлагаемой вниманию читателей книге рассматриваются механизмы эволюции и воздействующие на нее факторы, обсуждаются основные эволюционные концепции. Благодаря широте охвата материала, взвешенности анализа, четкости изложения книга может служить справочником по теории эволюции. Ее можно рекомендовать биологам всех специальностей, философам и историкам науки.

#### Этнография. Охрана природы

**Л. А. Файнберг.** ОХОТНИКИ АМЕРИКАНСКОГО СЕВЕРА (индейцы и эскимосы) М.: Наука, 1991. 184 с. Ц. 2 р. 70 к.

В книге прослежено, как складывались и менялись формы адаптации эскимосов и северных индейцев к природной среде Арктики и Субарктики от первоначального заселения до середины 80-х годов XX в. Перемены экологической обстановки влекли за собой изменения ареалов расселения индейских и эскимосских племен, способов охоты и рыболовства, форм жилища и других аспектов их жизни. Рассказано о самобытной культуре аборигенов, особенностях их быта, оригинальных обычаях. Сопоставляются сложные экологические проблемы Американского и Советского Севера.

Книга будет интересна как специалистам, так и широкому кругу читателей.

#### Биология

**А. Н. Формозов.** СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ В ЖИЗНИ МЛЕКОПИТАЮЩИХ И ПТИЦ. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ, 1990. 287 с. Ц. 2 р.

В книге объединены работы А. Н. Формозова (1899—1973) по экологическому снеговедению. Текст воспроизведен по изданию 1946 г. Книга вошла в фонд классической зоологической литературы и не утратила значения и в настоящее время.

Автор с исчерпывающей полнотой рассматривает физические свойства снега и особен-

ности снежного покрова в тундре, лесной зоне, степях, пустыне и горных областях. Показаны отрицательная роль снежного покрова в жизни животных и большое значение его термоизолирующих свойств для зимовки мелких млекопитающих. Высказаны предположения о влиянии снежного покрова на формирование четвертичной фауны. Текст иллюстрирован прекрасными рисунками автора.

Для биологов широкого профиля, любителей природы.

#### Радиобиология

**РАДИАЦИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ХВОЙНЫЕ ЛЕСА В РАЙОНЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС / Под ред. Г. М. Козубова, А. И. Таскаева.** Сыктывкар, Коми научный центр УрО АН СССР, 1990. 136 с. Ц. 55 к.

В книге приведены материалы четырехлетних исследований влияния ионизирующего излучения на хвойные леса в районе аварии. Рассмотрены зависимости морфогенеза вегетативных побегов, их роста, строения и структурной организации фотосинтезирующих клеток от мощности поглощенных доз; охарактеризованы репродуктивные процессы у сосны обыкновенной, динамика восстановительных процессов у сосны и ели после облучения, даны оценка и прогноз состояния хвойных лесов в 30-километровой зоне и предложения по ведению хозяйства в них.

Для радиобиологов, лесоводов, ботаников, студентов и преподавателей.

#### Медицина

**В. Б. Прозоровский.** ПОЧЕМУ ЛЕКАРСТВА ЛЕЧАТ. Л.: Лениздат, 1991 (Сер. «Разум познает мир»). 191 с. Ц. 85 к.

Лекарства принимают все. Но что они собой представляют и почему после их приема наступает выздоровление? Автор книги — доктор медицинских наук, известный фармаколог — рассказывает не только о действии лекарств, но и о многих неясных и спорных проблемах лекарствоведения: традиционной восточной, в частности ти-

бетской, медицине, гомеопатии, современном траволечении и др. В книге приведены сведения об истории открытия и применении некоторых препаратов. Даются советы по оказанию врачебной помощи при острых заболеваниях и отравлениях.

#### Ботаника

**Н. В. Батурицкая, Т. Д. Фенчук.** УДИВИТЕЛЬНЫЕ ОПЫТЫ С РАСТЕНИЯМИ: Книга для учащихся. Минск: Народная асвета, 1991. 208 с. Ц. 1 р.

Почему лепестки ромашки белые, а первые весенние листочки тополя красноватые? Как приготовить краску из цветков василька? Почему растения плохо растут в зеленом свете? Различают ли проростки стороны света? Почему табачный дым «убивает» листья? Как сделать косынку из крапивы? Почему кленовый сок сладкий? Можно ли заставить сирень зацвести в декабре?

На эти и многие другие вопросы отвечает книга.

#### История науки

**Л. Я. Жмудь.** ПИФАГОР И ЕГО ШКОЛА (ок. 530 — ок. 430 гг. до н. э.) Л.: Наука, 1990 (Сер. «Из истории мировой культуры»). 201 с. Ц. 60 к.

Книга посвящена одному из самых интересных и дискуссионных феноменов раннегреческой культуры. Анализируя античные источники, автор рассказывает о жизни и деятельности Пифагора, политической практике пифагорейского сообщества, его религиозно-этическом учении. Особое внимание уделено вкладу ранних пифагорейцев в развитие древнегреческой математики, физики, астрономии и биологии, а также взаимовлиянию науки и философии в этой школе.

Книга рассчитана на историков, философов, науковедов и всех интересующихся античной философией.

## «...Мы должны смотреть в будущее»

В. И. Вернадский

В 1921 г., по возвращении в Петроград после длительного пребывания на Украине, Владимир Иванович Вернадский приступил к осуществлению своего давнего замысла — организации в системе Академии наук Радиевого института. С 1 января 1922 г. новый институт стал самостоятельным учреждением. Директором его был утвержден Вернадский.

Сформулированная Вернадским главная целевая установка была предельно ясна, она непосредственно отразилась на структуре, организации работ и кадровом составе института. 28 марта 1922 г. Вернадский писал в Совнарком: «Радиевый институт должен быть сейчас организован так, чтобы он мог направлять свою работу на овладение атомной энергией» (Архив АН СССР. Ф. 518. Оп. 2. Ед. хр. 46. Л. 34).

В начале февраля 1922 г. Вернадский выступил с речью на первом заседании совета института. Полный текст речи неизвестен. Однако в академическом Архиве (Ф. 518. Оп. 2. Ед. хр. 4. Л. 317—320) сохранился ее конспект, воспроизводимый ниже. Конспект датирован 2—3 февраля 1922 г., из чего можно заключить, что заседание состоялось, скорее всего, в это время. Некоторые из высказанных в речи идей прямо перекликаются с датированным 11 февраля 1922 г. «Предисловием» Вернадского к обобщенным выпускам его «Очерков и речей», вышедших в том же году в Петрограде. В конспекте некоторые предложения зачеркнуты; они воспроизводятся в угловых скобках.

Дорос ли человек как социальное и нравственное существо до того уровня, чтобы он мог овладеть атомной энергией во благо и счастье своего рода, — таков коренной вопрос, волновавший известных ученых «атомщиков» Пьера и Марию Кюри, Ирен и Фредерика Жолио-Кюри, Фредерика Содди, с которыми Вернадский был знаком лично. Этим же озабочен и Вернадский, которого беспокоит также проблема ответственности ученого за результаты его исследований.

Все они предвидели реальную возможность «злого» — разрушительного, военного — использования энергии атома; Вернадский не дождался несколько месяцев до воплощения этой возможности, а Жолио-Кюри и Содди пришлось пережить тяжелейший моральный и психологический кризис после атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки... Увы, теперь, после трагедии Чернобыля, мы знаем, каким «злым» может оказаться и «мирный» атом... Так что при жизни нынешнего поколения на поставленный выше вопрос приходится отвечать: пока не дорос.

Остается надеяться, что «пока» будет недолгим, и уже следующее поколение ответит на этот вопрос иначе.

И. И. Мочалов,

доктор философских наук

Институт истории естествознания и техники  
Москва

**В** ПЕРВОМ публичном заседании Государственного Радиевого Института при Российской академии наук Совет Радиевого института отдает обществу отчет о некоторых результатах научной работы, произведенной в этой области.

Хотя Радиевый институт организован только теперь — он произошел от слияния трех учреждений, которые непрерывно жили все время и научная работа в которых велась неуклонно и в те года разоружения и одичания условий жизни, какие мы переживаем. Их работа к нему перешла исторически, и можно дать отчет обществу сейчас же. Эти три учреждения: существующая с 1911 г. Минералогическая лаборатория при РАН, существующая с 1918 г. Химическая лаборатория при Химическом

заводе и Радиевый Отдел при Государственном Рентгенологическом и Радиологическом институте, теперь разделенном на два.

Вся работа этих учреждений и их персонал целиком перешли в новый Институт.

Работа над изучением радиевых руд систематически началась у нас с 1911, но настоящим образом развернулась в 1914 г.; работа над добычей Ra из руд началась в 1916 г.

Война, революция и связанная с ней разоружения жизни и тяжелое положение духовной работы отразились чрезвычайно сильно. Работа не могла идти так, как это казалось нужным. Все шло медленно и приостанавливаясь. С 1917 г. приостановилась работа над изучением радиевых минералов,

ослабленная с 1915 г. Начатая в 1916 г. добыча Ra могла быть приведена к благопр[иятно-му] концу лишь в 1921 г.

Не только ослаблен темп работы. Нет и тех работников, которые работали бы в норм[альных] условиях. Та руда — тюямунит<sup>1</sup>, которая послужила исходной для получения Ra, — была в 19[12] г. впервые здесь у нас, в Минер[алогической] лаб[оратории] исследована К. А. Ненадкевичем и оказалась новым, раньше неизвестным минер[альным] видом. Ненадкевича нет между нами, но мы недавно узнали о том, что он жив и по-прежнему работает в той области научной работы и ее приложений к жизни, которой отдал жизнь.

Но безвозвратно отошел от нас другой раб[отник] — Л. С. Коловрат-Червинский<sup>2</sup>, начавший работу у нас с 1912 г. Он весь отдался Ra, работал дома, один из первых [побывал] у г[оспо]жи Кюри в Париже. Он погиб в 1921 г., не выдержавши тяжелых условий жизни русск[ого] ученого, когда ему пришлось исполнять и тонкую научную работу, которую он никогда не бросал и для которой жил, и работу чернорабочего, в условиях более тяжелых, чем идет эта работа в нормальное время. Сейчас русская интеллигенция исполняет работу чернорабочего не XX в. — ее не имел и русский народ, едва вышедший в характере работы из XVIII в., — но за много столетий раньше, когда нет ни настоящих приспособлений, ни орудий работы. Л. С. не выдержал этих условий. Простудившись, он сгорел в несколько дней; организм был надорван. Мы не сумели его сохранить.

Потеря его совершенно незаменима. Ни его знаний, ни его опыта мы не возобновим и не восстановим. С его смертью работа наша получила тяжкий удар, от которого она не скоро восстановится.

Работа человеческой личности не может заменяться механически. Наука всегда шла работой научных свободных личностей. Она есть создание свободной личности и может развиваться только при условиях, когда личность будет свободна от каких бы то ни было рабских пут. Заменить одну личность другой мы не можем. Когда умирает ученый на своем посту, потеря его не может быть возмещена.

〈То, что переживаем мы, мне кажется,

[как] на длани учит, что значит и к чему приводит устройство жизни, где личность не ценится.〉

Я приглашаю всех почтить память Л. С. Коловрат-Червинского вставанием.

Я не хочу говорить ни о каких задачах и планах нашего Института. Мы научились правильно ценить значение этих всех планов и рассуждений о задачах, когда кругом нет условий для проявления чело[веческой] личности. Никогда не было столько планов и рассуждений о задачах, и я думаю, что я не ошибусь, если я скажу, что едва ли 5 % из них исполнились. 〈Едва ли когда и где была такая убогость.〉

Мы сделаем, что сможем.

Мне хочется сказать не о планах, а о духовной атмосфере, в какой, мне кажется, должна идти работа Радиев[ого] института. При ее наличии она может — при всяких условиях — не пройти даром и дать maximum возможного.

Два условия ясны:

1. В этом Институте идет единение физиков, химиков и минералогов-геохимиков. Оно усложняется еще в нашем Институте тем, что благодаря историч[еским] условиям его создания геохимическая работа входит в него больше, чем обычно. Единение этих трех теч[ений] науч[ной] мысли [имеет] огр[омное] знач[ение].

Второе условие — полная свобода научного искания, независимость научной работы от каких бы то ни было ограничений, каких бы то ни было указаний. Мы работаем в такой области, в которой идет та ломка научного мировоззрения — ломка разрушающая, а созидаящая, — которая создает будущее человечества. Основа — факты; теории и предст[авления] — преходящи. Нам приходится стоять на грани создаваемого. Никто, кроме нашего собственного разума, [не] может [указывать нам путь].

Радиевый институт имеет своей задачей изучение такой области явлений, которая сулит человечеству 〈или великое будущее, или великое несчастье〉. Она сулит ему такую силу — по крайней мере, ее возможность, — о которой мечталось лишь во всегда более слабой, чем будущая действительность, человеческой фантазии.

Наша задача познать атомную энергию. Физик, химик, минералог-геохимик имеет здесь дело с явлениями атома в его разных проявлениях.

Познание силы всегда ведет к ее обладанию. Атомная сила превышает по своей мощности все, чем обладал до сих пор человек.

На днях акад[емик] А. Е. Ферсман, в

<sup>1</sup> Рудник Тюямунит в предгорьях Алайского хребта был впервые основательно изучен в 1911 г. В. И. Вернадским и его учениками Я. В. Самойловым (1870—1925) и К. А. Ненадкевичем (1880—1963), впоследствии чл.-корр. АН СССР.

<sup>2</sup> Коловрат-Червинский Лев Станиславович (1884—1921), радиофизик, ученик Вернадского и Марии Кюри.



Географ[ическом] институте, рисуя будущую науку<sup>3</sup>, указал, что новые работы Резерфорда над развитием ядер некоторых атомов, связанным с выделением водородных α-частиц, двигавшихся со скоростью, отражавшей энергию, заключенную в том ядре, откуда они вылетали, вызвали в англ[ийском] обществе опасения, что эти открытия могут уйти из Англии в своих последствиях. Он указал, что это отразилось и в свободной прессе Англии, выражающей обществ[енное] мнение, но думал, что практические возможности атомной энергии — дело отдаленного будущего.

Возможно, что это так, а м[ожет] б[ыть], однако, это и не так. Недавно относительно, года два назад, один из самых оригинальных и сильных по уму ученых нашего времени, Ф. Содди, в своих речах несколько раз возвращался к этому вопросу<sup>4</sup>.

Он указал на то, что если человек овладеет атомной энергией, он получит в свои руки такой источник силы, какого он не имел никогда за всю свою историю. Но куда и как будет направлена эта сила — на добро или на зло? Дорос ли человек до того, чтобы правильно воспользоваться этой новой силой — благотворной или, по его воле, страшной? Приведет ли она к гибели и разрушению — подобно тому кошмару, какой с 1914 г. переживает человек, только во много раз в усиленной степени, или приведет нас к довольству и к дальнейшим великим победам человеческого духа?

Содди правильно указал, что ученый не может относиться безразлично к решению этого вопроса. Он не машина, которая дает эффект, не считаясь с его последствиями. Он должен знать и учитывать последствия своих действий и своей мысли — он должен не только находить новое, но и участвовать в распоряжении найденным. Он будет в этом участвовать только тогда, когда будет сознавать необходимость этого,

и это сознание вызовет его волю. С этим сознанием и волей он сможет все. Я считаю, что совершенно наравне с тем единением людей разного знания, о котором я говорил, с[о] свободой научного искания для работы над атомной энергией, необходимо и это сознание ответственности за найденное.

Когда это может произойти? Мы этого решить не можем. Нет ничего сложнее — и, я бы сказал, капризнее — научных открытий. Это и понятно, п[отому] ч[то] они зависят от самого ученого, [от того,] что есть в природе человеческой личности. Мы не знаем, когда и при каких обстоятельствах может загореться искра в божественной сущности человеческой личности.

Мне кажется, тот же Содди правильно поставил вопрос: проблема поставлена — разрешимость ее несомненна, пути к ее разрешению быстро расчищаются. Она будет непременно разрешена. М[ожет] б[ыть], через год, может быть, через столетие. Она разрешена будет, эту силу человечество получит. Доросло ли оно до овладения ею?

Я думаю, что этого вопроса мы забывать не должны. Он ставит перед нами проблему морального характера. Я не могу здесь ее развивать — м[ожет] б[ыть], в другом месте и в другой раз ее можно обсудить — но я считаю необходимым ее поставить. Ибо для меня несомненно — Содди прав — это может быть в ближайших поколениях, но, м[ожет] б[ыть], это великое событие переживем и мы.

И я хотел бы, чтобы сознание, что в научной работе — такой, казалось, далекой от духовных элементов человеческой личности, как вопросы об атомах, — этот моральный элемент был осознан.

Ученый не машина и не солдат армии, исполняющий приказания, не рассуждая и не понимая, к чему эти приказания приводят и для чего эти приказания делаются. Организация научной работы должна резко отличаться проявлением свободного духа человеческой личности и осознанности ею всякого шага коллективного действия от организации военной, фабричной, партийной, церковной.

Моральное значение научной работы надо сознавать особенно теперь, когда сознание значения морали для человеческой жизни нередко ставится под сомнение.

Сейчас нам необходимо это помнить еще и потому, что мы живем во время, которое никогда не переживалось каким-нибудь образованным обществом. Здесь мы сидим и спокойно обсуждаем великие вопросы знания, хотя бы в тех тяжелых условиях,

<sup>3</sup> Эту замечательную во многом современную речь Ферман произнес на годовичном акте Географического института 30 января 1922 г. В том же году она была опубликована и, к сожалению, более не переиздавалась. Вероятно, Вернадский слышал ее или был ознакомлен с ее текстом.

<sup>4</sup> Вернадский имеет в виду книгу Содди «Радий и его разгадка», основанную на научно-популярных и публицистических выступлениях и лекциях начала 1900-х годов. Книга пользовалась огромным успехом и многократно переиздавалась в ряде стран. В России вышло шесть ее изданий. К 1922 г. на русском языке книга Содди выходила трижды: в 1910 г. в Москве и в 1910 и 1915 гг. в Одессе. См. в этой связи также: Содди Ф. История атомной энергии. М., 1979. С. 248—275; Кривомазов А. Н. Фредерик Содди. М., 1978. С. 144—153.

в каких сейчас проходит жизнь русского человека, у которого не задавлена человеческая личность. И одновременно голод со всеми ужасами, вплоть до людоедства включительно, охватил миллионы людей. Официальные сведения говорят о 30 и больше миллионах, м[ожет] б[ыть], больше 50. Такого несчастья не испытывало человечество. От его последствий, может быть, не сможет подняться наш народ.

⟨Может быть, мы переживаем его гибель на много поколений, присутствуем при его схождении с мировой арены как великого целого.⟩

Ужас положения, который мы должны сознавать, заключается в том, что у нас такие формы общественности, при которых мы ничего не можем делать, чтобы бороться с этой трагической гибелью миллионов людей — женщин, детей. Мы не можем делать и того, что могут делать иностранцы<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Очевидно, подразумевается разгром властями летом 1921 г. созданного на общественных началах Всероссийского комитета помощи голодающим. Некоторых членов комитета арестовали, обвинив в антисоветской деятельности, некоторых впоследствии выслали за границу. В состав комитета входили многие знакомые Вернадского, а почетным его председателем был троюродный брат Вернадского писатель В. Г. Колленко.

Какой же наш выход из этого положения? Я думаю, что мы должны смотреть в будущее. Сознвая невозможность активной борьбы с голодом и не имея форм жизни, чтобы подвигнуть на это общество или правительство, мы должны учитывать будущее.

В чем спасение страны? И в чем спасение русской культуры — того, что в ней есть ценного, — ее духовной сущности? — Оно заключается только в творческой работе.

Эта творческая работа должна идти сейчас максим[альным] образ[ом]. В такой области, как радиий, она может дать нам великое орудие будущей мощи, а творческая духовная работа спасает в години бедствий дух нации.

Я считаю, что наша творческая работа сохранит нас готовыми к жизни и к помощи стране, когда окажутся для этого возможные внешние условия.

Февраль 1922 г.

Петроград

Публикация и примечания  
И. И. Мочалова

Над номером работали  
Заместитель ответственного  
секретаря  
О. В. ВОЛОШИНА

Научные редакторы:  
И. Н. АРУТЮНЯН  
О. О. АСТАХОВА  
Л. П. БЕЛЯНОВА  
М. Ю. ЗУБРЕВА  
Г. В. КОРОТКЕВИЧ  
Л. Д. МАЙОРОВА  
Н. Д. МОРОЗОВА  
Н. В. УСПЕНСКАЯ

Литературный редактор  
Г. В. ЧУБА

Художественные редакторы:  
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Заведующая редакцией  
С. С. ПЕРЕПЕЛКИНА

Корректоры:  
Р. С. ШАЙМАРДАНОВА,  
Т. Е. ДЖАЛАЛЯНЦ

В художественном оформлении  
номера принимали участие  
В. С. КРЫЛОВА  
Б. А. КУВШИНОВ  
Е. К. ТЕНЧУРИНА

Ордена Трудового Красного  
Знамени издательство «Наука»

Адрес редакции:  
117810, Москва, ГСП-1,  
Мароновский пер., 26  
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 4.06.91.  
Подписано в печать 18.07.91.  
Формат 70×100 1/16  
Бумага офсетная, № 1  
Офсетная печать  
Усл. печ. л. 10,32.  
Усл. кр.-отт. 1103,9 тыс.  
Уч.-изд. л. 15,0.  
Тираж 41 240  
Зак. 919  
Цена 1 р. 20 к.

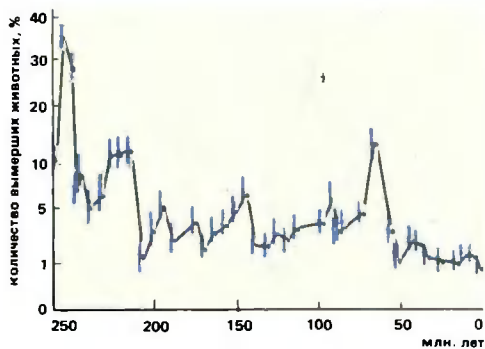
Ордена Трудового  
Красного Знамени  
Чеховский полиграфический  
комбинат  
Государственного комитета СССР  
по печати

142300, г. Чехов  
Московской области



100-летие О. Ю. Шмидта совпадает с другим, менее явным юбилеем: полвека назад он стал публично излагать свою теорию образования Земли, называвшуюся тогда «метеоритной теорией». И хотя космогонические идеи Шмидта встретили немалое сопротивление, дальнейшее их развитие позволило определить тот сценарий происхождения и эволюции Солнечной системы, который сейчас разрабатывается во всем мире.

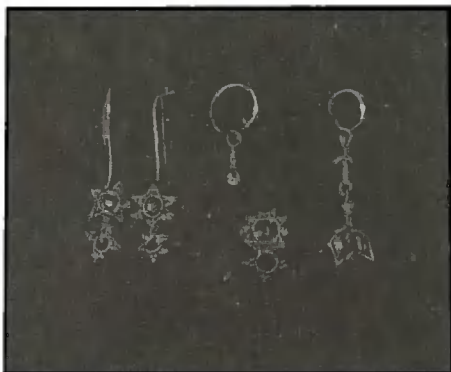
#### СУДЬБА КОСМОГОНИЧЕСКИХ ИДЕЙ О. Ю. ШМИДТА



Сегодня изучение биосферы невозможно без синтеза многих наук. Особая роль при этом отводится историческому подходу, основанному на данных палеонтологии и наук о Земле и помогающему понять место человека в этой глобальной саморегулирующейся системе.

#### Федонкин М. А. БИОСФЕРА: ЧЕТВЕРТОЕ ИЗМЕРЕНИЕ

# ПРИРОДА 9<sup>91</sup>



Археологические исследования последних лет и архивные изыскания позволяют определить район расположения курганов, из которых в XVIII в. добыта знаменитая Сибирская коллекция Петра I, хранящаяся в Эрмитаже.

#### Матвеев А. В. ДРЕВНЕЕ ЗОЛОТО 60-Й ПАРАЛЛЕЛИ

Поскольку, как показывает мировой опыт, фундаментальная наука развивается за счет отчислений от прибылей, зарабатываемых наукой прикладной, необходимо срочно развивать прикладные исследования, научиться зарабатывать средства, создать такую инфраструктуру, которая бы позволила реализовать научный потенциал страны.

#### Вольфсон С. А. АКАДЕМИЧЕСКАЯ НАУКА В ТИСКАХ ФИНАНСОВОГО КРИЗИСА

Используя стабильные квантовые эффекты и фундаментальные физические константы, можно добиться рекордных точностей измерений, по-новому решить проблемы их централизации и единства.

#### Мостепаненко В. М. КВАНТОВАЯ МЕТРОЛОГИЯ

Тр 20  
Индекс 707



ISSN 0013-788X 1993, № 8, стр. 128