

# **ПРИРОДА**

**2001 12**



**В НОМЕРЕ:****3 Лебедев В.В.****Компьютерное моделирование рыночных механизмов**

*Моделирование процессов в макроэкономике показывает, что рыночные механизмы не всегда способны привести систему в равновесие. Чтобы избежать хаоса, надо использовать государственное регулирование.*

**11 Петросян В.С.****Газовые шлейфы автотранспорта**

*Автомобили выбрасывают множество токсичных соединений, которые отравляют воздух и почву, вызывая болезни населения и растений. Но, увы, альтернативы этому средству передвижения пока нет.*

**Калейдоскоп****17**

2000-й – год засух и пожаров (17). – Наводнения в 2000 году (17). – Ураганы в 2000 году (17). – Еще раз о причинах потепления в XX веке (42). – Микрораптор – самый мелкий из динозавров (63). – Остатки «допотопных» поселений на дне Черного моря (63). – Как обезопасить самолет от вулкана? (64). – Истории и искусству нанесен тяжелый удар (64).

**18 Фокин С.И.****Ковалевские, Шевяковы, Догели. Сплетение судеб****28 Шевелев И.А.****Волновые процессы в зрительной коре мозга**

*Идея о сканировании зрительной информации альфа-волной, высказанная более 50 лет назад, теперь подтверждается в экспериментах.*

**Вести из экспедиций****36 Рогачев К.А., Гогина Л.В.****Вихри течения Ойясио**

*Эти вихри, растянутые вдоль Курило-Камчатского желоба, играют важную роль в быстрых изменениях климата северной части Тихого океана.*

**43 Захаров И.А.****Сексуальная жизнь божьей коровки**

*Хотя половое поведение изучено очень хорошо, отдельные его моменты представляют огромный интерес с эволюционной точки зрения.*

**48 Леин А.Ю., Ульянова Н.В., Пименов Н.В.****Черноморские «кораллы» – продукт минерализации микробных матов****Заметки и наблюдения****55 Булавинцев В.И.****Семья малого крикуна****Красная книга****57 Гладышев А.И.****Ферулы – источники уникальных лечебных смол****Научные сообщения****65 Басов И.А.****Новый этап бурения в юго-западной части Тихого океана (181-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»)****Новости науки****67**

Эхо Большого взрыва (67). – Хоровод вокруг черной дыры. Сурдин В.Г. (67). – Ядро суперкометы выдает неизвестную планету? (69). – Атмосферы планет разрушает солнечный ветер? (69). – Индия: первый научный спутник (70). – Состояние озоносферы в 2000 году (70). – Графитовый «стручок», фуллереновый «горох» (71). – SESAME нашел себе место (72). – Спинтроника предлагает... (72). – Морозоустойчивый дождевой червь (72). – Три Сестры угрожают (73). – Происхождение птиц: картина усложняется (74).

*Коротко (27)*

**Рецензии****75 Миркин Б.М.****Феномен Николая Реймерса****Новые книги****78****Встречи с забытым****80 Богданов В.В.****Последний землепроходец из плеяды Нансена и Амундсена К 100-летию со дня рождения Г.А.Ушакова****86****Тематический и авторский указатели журнала "Природа" за 2001 год**

## CONTENTS:

### 3 **Lebedev V.V.** **Computer Simulation of Market Mechanisms**

*Modeling of macroeconomic processes indicates that market mechanisms are not always capable of bringing the system to a state of equilibrium. To avoid chaos, state regulation should be used.*

### 11 **Petrosyan V.S.** **Gas Trails of Motor Vehicles**

*Motor Vehicles emit numerous toxic compounds, which poison the air and soil, causing diseases in people and plants.*

## Kaleidoscope

2000: A Year of Draughts and Fires (17). – Floods in 2000 (17). – Hurricanes in 2000 (17). – Causes of 20th Century Warming Revisited (42). – Microraptor: The Smallest of the Dinosaurs (63). – Remains of «Antediluvian» Settlements on the Bottom of the Black Sea (63). – How to Secure an Airplane against a Volcano? (64). – A Heavy Blow Has Been Dealt to History and the Arts (64).

### 18 **Fokin S.I.** **The Kovalevskies, the Shevyakovs, and the Dogelis: The Intertwining of Destinies**

### 28 **Shevelev I.A.** **Wave Processes in the Visual Cerebral Cortex**

*The idea of alpha-wave scanning of visual information suggested more than 50 years ago has now been confirmed experimentally.*

## News from Expeditions

### 36 **Rogachev K.A. and Gogina L.V.** **Eddies of the Oyashio Current**

*These eddies extending along the Kuril-Kamchatka Trench play a major role in the rapid climatic changes in the North Pacific.*

### 43 **Zakharov I.A.** **The Ladybird's Sex Life**

*Although sexual behavior has been well studied, some of its aspects are of enormous interest from an evolutionary point of view.*

### 48 **Lein A.Yu., Ulyanova N.V., and Pimenov N.V.**

#### **Black Sea «corals»: Products of Mineralization of Microbial Mats**

## Notes and Observations

### 55 **Bulavintsev V.I.** **The Lesser Spotted Eagle's Family**

## Red Data Book

### 57 **Gladyshev A.I.** ***Ferula* sp. as Sources of Unique Medicinal Resins**

## Scientific Communications

### 65 **Basov I.A.** **A New Stage of Drilling in the Southwestern Pacific (181th Cruis of the «JOIDES Resolution»)**

## Science News

67 An Echo of the Big Bang (67). – A Ring Dance around a Black Hole. **Surdin V.G.** (67). – The Supercomet's Core Reveals an Unknown Planet? (69). – Does the Solar Wind Destroy the Atmospheres of the Planets? (69). – India: The First Research Satellite (70). – The State of the Ozonosphere in 2000 (70). – The Graphite Pod, the Fullerene Peas (71). – SESAME Found a Place for itself (72). What Spintronics Offers (72). – A Frost-resistant Earthworm (72). – The Three Sisters Are Threatening (73). – The Origin of Birds: The Picture Gets More Complicated (74).  
In Brief (27)

## Book Reviews

### 75 **Mirkin B.M.** **The Phenomenon of Nikolay Reimers**

## New Books

### 78

## Encounters with the Forgotten

### 80 **Bogdanov V.V.** **The Last Explorer of Nansen's and Amundsen's Stature** On the 100th Anniversary of the Birth of G.A.Ushakov

### 86 **Subject and Author Indexes to the 2001 Issues of Priroda**



# Компьютерное моделирование рыночных механизмов

В.В.Лебедев

**Н**ужно ли знать математику и ее приложения в области анализа социально-экономических процессов экономисту, социологу и другим представителям гуманитарных профессий? А если нужно, то в какой мере? Вопросы далеко не праздные: на практике при решении многих конкретных управленческих проблем часто берут верх неформализуемые факторы, а применение математики сводится к использованию лишь четырех действий арифметики. Сейчас в это трудно поверить, но всего 70 лет назад подобные же вопросы остро обсуждались при разработке учебных программ технических вузов. Выдающийся русский математик академик А.Н.Крылов, обосновывая необходимость глубокого математического образования инженеров, высказал в своем докладе «Прикладная математика» на состоявшейся летом 1931 г. чрезвычайной сессии Академии наук СССР следующий довод, который, думаю, будет интересен читателям: «...за тысячелетие от 500 до 1500 года мы можем проследить значительное развитие техники, хотя... даже правило простого сложения сил, называемое правилом параллелограмма сил, известно не



**Валерий Викторович Лебедев**, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой высшей математики Государственного университета управления. Область научных интересов — математическое моделирование социально-экономических процессов.

было. Это еще более укореняло сознание, что математика в сущности есть «переливание из пустого в порожнее», ибо все, что в ней есть, взято из ее основных аксиом, которые казались до тривиальности очевидными, например, две вещи, порознь равные третьей, равны между собою, целое больше своей части и т.п. — значит, всеобъемлющий ум видел бы сразу в этих аксиомах и все их следствия, т.е. всю математику.

Да, но это видел бы ум всеобъемлющий, а известно, что ум человеческий ограничен — глу-

пость беспредельна; математика и нужна уму ограниченному как подспорье для правильных умозаключений» [1].

## Математика в экономике

Приложения математики в социально-экономических науках развивались параллельно с развитием самой математики, а первые опыты построения математических моделей в общественных науках связаны с использованием физических ана-

© В.В.Лебедев



логий при изучении социальных процессов в XVII—XVIII вв., которые заложили основу «социальной физики». При этом, опираясь, например, на один и тот же закон гравитации, различные ученые приходили к разным социальным моделям. Так, голландский социолог Г.Гроций (1583—1645) полагал, что люди по своей природе тяготеют друг к другу, а Б.Спиноза (1632—1677) считал, что они друг друга отталкивают. Многие современные понятия экономики тоже имеют давнюю историю. Например, еще в статье Д.Бернулли о Санкт-Петербургском парадоксе (1738) был обоснован принцип «снижающейся предельной полезности».

Принято считать, что математическое моделирование как метод анализа макроэкономических процессов впервые применено лейб-медиком короля Людовика XV доктором Ф.Кенэ, который в 1758 г. опубликовал работу «Экономическая таблица». В ней была сделана первая попытка количественно описать национальную экономику.

Одно из первых логически последовательных изложений математической модели экономики было выполнено в книге О.Курно «Исследование математических принципов теории богатства», опубликованной во Франции в 1838 г. В этой работе, положившей начало современной математической экономике, впервые использованы количественные методы для анализа конкуренции между товарами при различных рыночных ситуациях (в частности, построена динамическая модель дуополии).

В последующие годы происходила интенсивная математизация экономической теории. Например, в книге У.Джевонса «Краткое описание общей математической теории политической экономии» (1862) изложена одна из первых версий теории полезности. О роли и значении метода математического

моделирования при исследовании экономических процессов во второй половине XIX в. лучше всего говорит следующий факт, приведенный современным историком экономической науки М.Блаугом: среди выдающихся экономистов этого периода «только Кларк и Бем-Баверк сумели внести фундаментальный вклад в экономическую теорию без использования или знания математики» [2]. Примечательно, что практически все лауреаты Нобелевской премии по экономике тоже обращались к математическим методам в своих научных исследованиях.

Успешное применение математики в экономике на рубеже XIX—XX вв. стимулировало математизацию и других общественных наук. Например, в это время Ф.Эджворт опубликовал книгу «Математическая психология», а В.Парето разработал основы теории элит.

Надо сказать, что вопросы объективного анализа социально-экономических процессов всегда были в центре внимания отечественных ученых. Несмотря на известные трудности послеоктябрьского периода, экономическая наука в России постоянно развивалась, а многие ее результаты стали достоянием мировой культуры. К ним прежде всего следует отнести: проведенный Е.Е.Слущким анализ модели поведения потребителя; открытие Н.Д.Кондратьевым длинных волн в экономике; разработку первого баланса народного хозяйства СССР за 1923—1924 гг., на основе которого была построена широко известная ныне модель В.В.Леонтьева; развитие Л.В.Канторовичем методов исследования линейных систем. К сожалению, до сих пор метод математического моделирования социально-экономических процессов применялся (и применяется) преимущественно в научных разработках, а рекомендации ученых зачастую попросту игнорировались на всех уровнях управления.

Причины пренебрежительного отношения к научному анализу последствий управленческих решений имеют глубокие корни (как объективные, так и субъективные), а сопротивление, которое встречает метод математического моделирования при анализе социально-экономических проблем, — более чем вековую историю. Например, в 1890-х годах против использования Л.Вальрасом математических моделей в курсе политической экономии выступало подавляющее большинство его коллег по Лозаннскому университету.

Основные преграды, стоящие на пути развития формализованных методов в социально-экономических науках, носят в большой степени субъективный характер. О главной из них сказал П.Л.Капица на международном симпозиуме по планированию науки еще в 1959 г. Размышляя о развитии общественных наук, он использовал аналогию с положением естественных наук в середине века, когда «церковь брала на себя монополию схоластически-догматического толкования всех явлений природы, решительно отметая все, что хоть в малейшей мере противоречило каноническим писаниям... Сейчас существует большое разнообразие государственных структур, которые признают за истину только то в общественных науках, что доказывает целесообразность этих структур. Естественно, что при таких условиях развитие общественных наук сильно стеснено» [3]. К сожалению, более чем за 40 лет эти слова не утратили своей актуальности.

Суть математического моделирования заключается в замене изучаемого экономического объекта (процесса) адекватной математической моделью и последующем исследовании свойств этой модели с помощью либо аналитических методов, либо вычислительных экспериментов. Слабое представление о возможностях мате-

математического моделирования приводит к эмоциональной реакции на несоответствие ожиданий и конкретных результатов социально-экономической политики, основанной на использовании неадекватных моделей: «экономические законы в России не действуют», «умом Россию не понять», «моделирование в наших условиях бессмысленно» и т.д. Но ведь это все равно, что рассчитывать траекторию движения баллистической ракеты по формуле из школьного учебника физики, а потом возмущаться расхождением теории и практики.

## Какими бывают модели

К настоящему времени в экономической теории прочно закрепились различные модели взаимодействия рынков рабочей силы, товаров и денег, модели однопродуктовой и многопродуктовой фирм, модель поведения потребителя и многие другие. Эти модели — результат развития математической экономики как части математической науки. О значении математической экономики, которая начала интенсивно развиваться только в начале XX в., замечательно сказал один из основоположников современной экономической теории А.Маршалл: «...когда приходится использовать слишком много символов, разбирать их становится трудно всем, кроме самого автора. Правда, гений Курно должен придать новый стимул умственной деятельности всех, кто испытывает на себе влияние его трудов, а равные ему по уровню математики в состоянии использовать свое излюбленное оружие, чтобы пробить себе дорогу к самой сути тех труднейших проблем экономической теории, которые до сих пор затрагивались весьма поверхностно» [4].

Существенно, что подавляющее большинство экономичес-

ких процессов протекает во времени, вследствие чего математические модели, адекватные объекту исследования, должны быть динамическими. Один из традиционных подходов к прогнозу развития динамических экономических процессов — квазистационарный. В рамках такого подхода анализируется, как смещается точка равновесия соответствующей динамической модели при изменении тех или иных параметров последней. Прекрасно понимая, что экономические процессы следует изучать в динамике, Маршалл оправдывал использование квазистационарного подхода тем, что «наш анализ все еще пребывает в младенческом возрасте». При этом он отмечал, что слова «природа не делает скачков» особенно подходят в качестве эпиграфа к работам об основах экономической науки.

В макроэкономике квазистационарный подход опирается на ключевую концепцию классической политэкономии — «невидимую руку» Адама Смита. Эта концепция представляет собой гипотезу о существовании на конкурентных рынках автоматического равновесного механизма. Иначе говоря, при использовании квазистационарного подхода развитие любой сложной экономической системы (здесь слово «система» понимается не в политическом, а кибернетическом смысле) рассматривается как смена одного устойчивого состояния другим с кратким периодом перехода от одного к другому.

Следует подчеркнуть, что сложным экономическим системам соответствуют модели, существенно нелинейные. Поэтому квазистационарный подход эффективен лишь до поры до времени, пока в силу некоторых причин характер стационарного состояния не изменится кардинальным образом. Подобные изменения, называемые бифуркациями, принадлежат уже к области приложений методов нелинейного динамического ана-

лиза. Развитие этого направления исследований приводит ко все большему распространению точки зрения, согласно которой окружающий нас мир — это постоянное развитие, вечная неустойчивость, а периоды стабилизации — краткие мгновения на пути движения вперед.

Динамические математические модели, хорошо зарекомендовавшие себя сначала в физике, а затем в биологии, все шире применяются в социологии и экономике [5, 6, 7]. К настоящему времени методология анализа нелинейных динамических систем оформилась в новое научное направление, нацеленное на поиски общих принципов эволюции и самоорганизации сложных систем в различных областях знания. Общим звеном, связующим совершенно различные явления, и становятся нелинейные динамические математические модели\*. Понятия «катастрофа», «бифуркация», «предельный цикл», «странный аттрактор», «диссипативная структура», «бегущая волна» и т.д., возникшие при использовании сравнительно простых нелинейных моделей, позволяют глубже проникнуть в суть многих процессов. Физика, химия, биология многократно демонстрируют примеры успешного применения этой методологии. К ним можно отнести: волны горения; фазовые переходы между агрегатными состояниями вещества; структуры в средах при наличии автокаталитических реакций; турбулентные течения жидкости; колебания численности природных популяций и др.

Неудивительно, что эта универсальная методология, возникшая сравнительно недавно и хорошо зарекомендовавшая себя в естествознании, стала проникать в традиционно гуманитарные науки, и в первую очередь в экономику.

\* Подробно об истории и перспективах методов нелинейной динамики см.: Малинецкий Г.Г. Новый облик нелинейной динамики // Природа. 2001. №3. С.3—12.

Сложность поведения динамической системы обусловлена ее нелинейностью и многомерностью. Однако сложное и даже хаотичное (квазистохастическое) поведение могут демонстрировать и простейшие одномерные системы с дискретным временем, свойства которых описываются рекуррентными соотношениями нелинейных точечных отображений. Рассмотрим обобщенную динамическую макроэкономическую модель Кейнса—Фридмена, которая подробно описана в моей монографии [8].

## Об устойчивости рыночных механизмов

Классическая теория вплоть до первых десятилетий XX в. служила достаточно хорошо и для понимания макроэкономических процессов, и для обоснования государственной экономической политики. Общий принцип экономического поведения государства был сформулирован в виде принципа нейтральности по отношению к экономической деятельности частных лиц — как физических, так и юридических. Согласно этому принципу, государство должно было минимизировать неблагоприятные экономические последствия своей собственной деятельности и воздерживаться от непосредственного влияния на принятие решений субъектов, действующих в условиях конкуренции. Следовательно, задача государства в области экономической политики заключалась в обеспечении условий функционирования конкурентного рынка, при этом государственный бюджет должен был постоянно ориентироваться на равенство доходов и расходов.

Однако классическая теория не могла дать объяснений многих проблем, возникших после первой мировой войны, и особенно во время экономического кризиса 30-х годов. Так, напри-

мер, в соответствии с ней вынужденная безработица не должна была иметь места в Великобритании в 1931—1935 гг. Между тем в этот период безработица там ни разу не опускалась ниже 20%. Для объяснения новых экономических проблем делались различные попытки усовершенствовать теорию, но лишь теория английского экономиста Дж.М.Кейнса, утверждавшего, что экономика не может существовать на основе саморегулирования и что государство должно взять на себя задачу управления экономическими процессами, получила наибольшее признание.

Эта задача, по Кейнсу, сводилась главным образом к тому, чтобы поддерживать и стимулировать спрос, для чего необходимо создавать условия, при которых товаропроизводителям было бы выгодно делать инвестиции и расширять производство, увеличивая количество рабочих мест и тем самым сокращая безработицу. В короткий срок после опубликования Кейнсом своей теории [9] его идеи были приняты самыми широкими кругами специалистов, а экономическая политика почти всех западных стран стала опираться на анализ соответствующих моделей.

Надо сказать, что кейнсианская теория совокупного спроса довольно сложна, поскольку включает практически все агрегированные макропоказатели — как денежные, так и реальные. Основным допущением этой теории служит гипотеза: «Спрос создает предложение». Эта брошюра, а потому и хорошо запоминающаяся формула — по существу выражение другого, менее выразительного предположения, согласно которому «предпринимателям выгодно расширять производство (и следовательно, увеличивать предложение) при наличии избыточного спроса». Сказанное означает, что в теории Кейнса заложено условие, согласно которому национальная экономика

обладает потенциалом для расширения производства (например, имеется резерв рабочей силы, оборудования, материалов и т.д.). К сожалению, модель Кейнса часто применяется для обоснования путей перехода России к рынку, хотя ее основополагающее допущение заведомо не выполняется, и, следовательно, модель никакого отношения к реальной ситуации не имеет.

Гипотеза «спрос создает предложение» позволяет построить целую систему моделей, объясняющих функционирование рыночной экономики. Рассмотрим в качестве примера упрощенный вариант кейнсианской модели, который тем не менее дает наглядное представление о действии рыночных механизмов. В этой модели, которую часто называют также моделью мультипликатора, анализируется один макроэкономический рынок — рынок товаров и услуг, а состояние всей экономики описывается двумя переменными. Первая переменная  $Y_s$  — произведенный национальный доход, используемый на потребление и накопление. Эта переменная трактуется как предложение товаров и услуг. Вторая переменная  $Y_d$  — совокупный спрос на товары и услуги; она представляет собой сумму двух составляющих: спроса на инвестиции  $I$  и спроса на текущее потребление  $C$ :

$$Y_d = I + C. \quad (1)$$

Существенным допущением модели является то, что спрос на текущее потребление  $C$  есть возрастающая функция национального дохода:  $C = C(Y_s)$ . При этом считают, что спрос изменяется медленнее, чем национальный доход, вследствие чего производная функции потребления  $C'(Y_s)$  — так называемая предельная склонность к потреблению — удовлетворяет условию  $0 < C'(Y_s) < 1$ .

В дальнейшем для упрощения анализа модели примем, как обычно, что спрос на текущее

потребление  $C$  изменяется по линейному закону:

$$C(Y_s) = a + cY_s, \quad (2)$$

где  $a$  и  $c$  — положительные константы (поскольку здесь  $C'(Y_s) = c$ , то  $0 < c < 1$ ).

Пусть до некоторого момента времени  $T$  экономика находилась в состоянии равновесия, т.е. при  $t < T$  совокупный спрос был равен предложению:  $Y_D(t) = Y_S(t)$ . Что произойдет, если по какой-либо причине в момент  $T$  совокупный спрос увеличится (например, за счет роста спроса на инвестиции)?

Логика упрощенной (канонической) модели Кейнса, используемой для получения ответа на этот вопрос, такова. Во-первых, с увеличением спроса на инвестиции произойдет смещение линии совокупного спроса, вследствие чего система будет характеризоваться новым состоянием равновесия. Во-вторых, рост совокупного спроса приведет (в результате действия гипотезы Кейнса «спрос создает предложение») к увеличению предложения. Увеличившемуся предложению (национальному доходу), вызванному ростом производства товаров и услуг, соответствует увеличившееся значение совокупного спроса. Но так как предельная склонность к потреблению меньше единицы, разность между спросом и предложением сокращается. Эту разность  $E = Y_D - Y_S$  называют избыточным спросом на товары и услуги. Таким образом, положительный избыточный спрос на товары и услуги вызывает в каждый последующий момент времени рост их предложения, что приводит к сокращению избыточного спроса. Точно так же, если избыточный спрос отрицателен, происходит сокращение национального дохода.

При формализации описанного механизма в упрощенной модели Кейнса обычно исходят из того, что национальный доход в момент  $t+1$  равен совокупному спросу в предыдущий момент  $t$ , т.е.

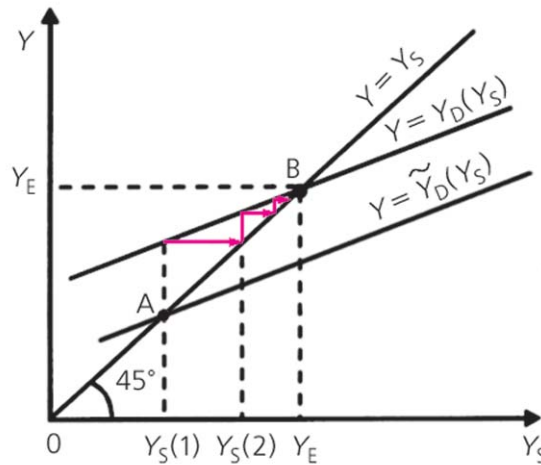


Рис.1. Мультипликативный процесс. Сначала спрос характеризовался прямой  $Y = \tilde{Y}_D$ , и система находилась в состоянии равновесия A. Затем спрос вырос (прямая  $Y = Y_D$ ), и в результате итерационного процесса (соответствующие переходы показаны цветом) система перешла в новое состояние равновесия B.

$$Y_S(t+1) = Y_D(t), \quad (3)$$

где  $t = T, T + 1, \dots$

Математики говорят, что уравнение (3) задает итерационный процесс (одномерное отображение). Возникает вопрос, приведет ли этот процесс к новому равновесному значению национального дохода  $Y_E$ ? Для получения ответа удобно ввести новую переменную  $y_t = Y_S(t) - Y_E$ , которая равна отклонению текущего значения национального дохода от его нового равновесного значения  $Y_E$ . Можно показать, что динамика этой переменной в силу уравнений (1), (2) и (3) описывается формулой геометрической прогрессии:

$$y_{t+1} = cy_t. \quad (4)$$

А поскольку предельная склонность к потреблению удовлетворяет условию  $0 < c < 1$ , то, как известно из школьного курса алгебры, уравнение (4) задает бесконечно убывающую геометрическую прогрессию, вследствие чего  $y_t \rightarrow 0$  при  $t \rightarrow \infty$ . Поэтому национальный доход  $Y_S(t)$  устремляется к своему новому равновесному значению  $Y_E$ .

Рассмотренная нами динамика национального дохода носит название «мультипликативный процесс». Графически этот процесс изображается в виде ломаной линии с помощью так называемого креста Самуэльсона—Хансена (рис.1). Здесь линия  $Y = Y_S$  (биссектриса координатного угла) является графиком функции предложения, а линия  $Y = Y_D(Y_S)$ , где  $Y_D(Y_S) = C(Y_S) + I$  — графиком функции совокупного спроса.

Итак, действие гипотезы «спрос создает предложение» приводит макроэкономическую систему (в данном случае рынок товаров и услуг) к новому состоянию равновесия. Поэтому в методологическом плане упрощенная модель Кейнса используется в экономической теории для демонстрации тезиса о действии рыночных механизмов, приводящих систему в состояние равновесия, если товаропроизводителям выгодно делать инвестиции и расширять производство при наличии избыточного спроса. Напомним, что ключевая гипотеза Кейнса «спрос создает предложение» выражает действие именно этого механизма.



Упрощенная модель Кейнса, изложенная в таком виде практически во всех учебниках макроэкономики, формирует у читателей убеждение, что макроэкономическая система всегда устойчива в указанном выше смысле и любое изменение точки равновесия связано в конечном итоге со смещением функции спроса. Оказывается, однако, что одного действия рассмотренного механизма недостаточно: новое состояние равновесия, как мы увидим дальше, может и не наступить.

### Рождение хаоса

Статистические данные, характеризующие динамику национальной экономики, говорят о неравномерности развития: темпы экономического роста изменяются во времени. Открытие Кондратьевым «длинных волн экономики» (об этом свидетельствуют периодические спады и подъемы темпов роста макроэкономических показателей приблизительно через каждые 50 лет) дало импульс для развития теории циклов, в результате чего в экономической теории были разработаны разнообразные модели, обладающие свойством цикличности.

К их числу относится, например, модель Самуэльсона—Хикса, в которой колебания национального дохода объясняются единственной причиной — колебаниями совокупного спроса. Однако действие гипотезы Кейнса может и без дополнительных допущений приводить к циклической, а то и хаотической динамике переменных.

В качестве примера рассмотрим следующую модификацию упрощенной модели Кейнса, для построения которой снова вернемся к ее ключевой гипотезе. Как было сказано, традиционная, более того — общепринятая трактовка этого принципа формализуется с помощью уравнения (3). Однако из гипотезы Кейнса вовсе не следует, что значение предложения (национального дохода) в каждый последующий момент времени должно быть равно значению спроса в предыдущий момент. Строго говоря, она определяет лишь направление изменения национального дохода, поэтому более последовательной и общей является такая ее формализация: знаки приращений национального дохода и избыточного спроса совпадают. В этом случае рост национального дохода происходит, если спрос выше предложения,

а снижение национального дохода — если спрос ниже предложения. Такому условию удовлетворяет не только рассмотренная модель, но и следующее, уже нелинейное, одномерное отображение:

$$Y_s(t+1) = Y_s(t) \exp\{g[Y_d(t) - Y_s(t)]\}, \quad (5)$$

где  $g > 0$  — коэффициент реакции экономики на дисбаланс между спросом и предложением. Уравнение (5) может быть сведено чисто формально к уравнению Риккера, задающему итерационный процесс:

$$y_{t+1} = Ay_t \exp(-y_t). \quad (6)$$

Здесь  $y_t = qY_s(t)$ , где  $q = g(1 - c)$ ,  $A = \exp(qY_e)$ .

Уравнение Риккера (6) впервые было использовано в математической биологии при анализе динамики популяций. Оно обладает свойством бифуркации удвоения периода, которое заключается в следующем: при сравнительно малых значениях бифуркационного параметра  $A$  равновесное решение уравнения устойчиво; при увеличении этого параметра равновесие нарушается — возникают циклы периода 2, 4, 8 и т.д., а при еще больших значениях бифуркационного параметра наступает детерминированный хаос. Это хорошо видно на рис.2 и рис.3 (слева), где итерационный процесс (6) изображен на плоскости при различных значениях бифуркационного параметра  $A$  с использованием графиков функций  $y = xAe^{-x}$  и  $y = x$ . Здесь используется тот же прием, что и при рассмотрении динамики национального дохода в упрощенной модели Кейнса (см. рис.1).

Рассмотрим внимательно рис.3 (справа), где показана динамика переменной  $y_t$  на небольшом временном промежутке. У читателя может сложиться впечатление, что здесь переменная  $y_t$  изменяется случайным образом, хаотично. Но так как динамика системы описывается детерминированным уравнением

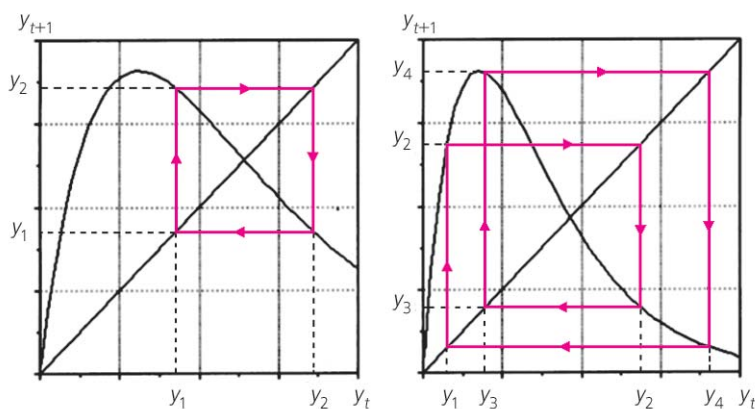


Рис.2. Динамическая спираль — циклы периода 2 (слева) и 4. Здесь со временем устанавливаются циклы: переменная  $y_t$  принимает последовательно значения  $y_1$  и  $y_2$  (в первом случае) или значения  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $y_3$  и  $y_4$  (во втором). Переходы при итерационном процессе показаны цветом.

ем (6), эту особенность стали называть детерминированным хаосом.

Для иллюстрации свойства бифуркации удобно использовать бифуркационные диаграммы, которые в случае одномерного отображения представляют собой множество точек плоскости, абсциссы которых равны значениям бифуркационного параметра, а ординаты — установившимся значениям рассматриваемой переменной (рис.4). На рисунке видно, как по мере роста параметра  $A$  меняется характер решения. Сначала решение соответствует состоянию равновесия, затем становится периодическим, с циклическими колебаниями переменной  $y_t$  между двумя значениями (кривая «раздваивается»), и, наконец, переходит к детерминированному хаосу (тонируемая область на диаграмме).

До сих пор мы говорили об одномерном отображении, которое возникало при моделировании динамики национального дохода в духе упрощенной модели Кейнса. Однако макроэкономика — сложная система, и ее развитие характеризуется многими переменными. Мы разработали различные нелинейные динамические модели, в которых рассматривалась динамика ряда макропеременных, в том числе ставки процента и уровня цен. Естественно, что усложнение объекта исследования (в частности, учет взаимовлияния товарного и денежного рынков) приводило к усложнению модели: увеличивалась не только размерность отображения, но и число бифуркационных параметров.

Выполненные нами вычислительные эксперименты свидетельствуют: при увеличении размерности модели усложняется поведение рассматриваемой динамической системы, что видно из сравнения рис.4 и 5. Однако основное свойство одномерного отображения (6) — свойство бифуркации — также присуще построенным двумер-

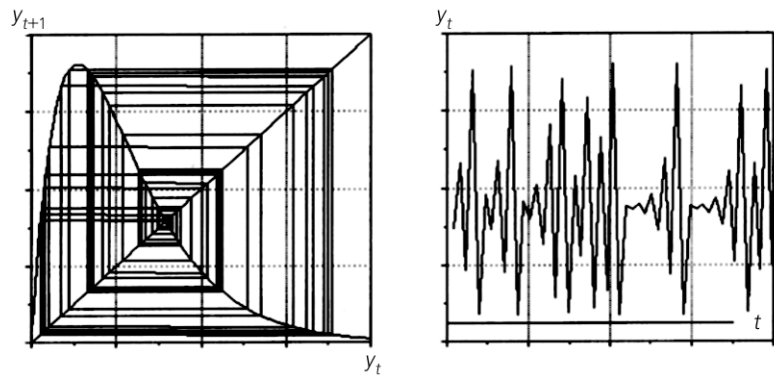


Рис.3. Детерминированный хаос. Слева изображена фазовая диаграмма, характеризующая динамику переменной  $y_t$ . Справа — соответствующее изменение  $y_t$  во времени.

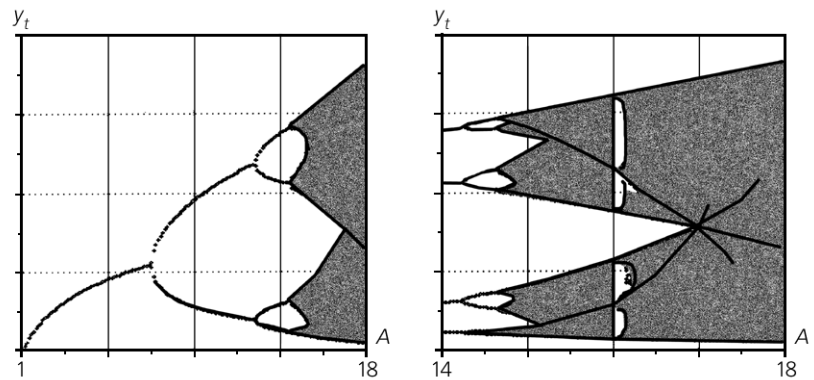


Рис.4. Бифуркационная диаграмма одномерного отображения (6) и ее увеличенный фрагмент (справа). По оси абсцисс откладываются значения параметра  $A$ , по оси ординат — значения переменной  $y_t$ , при  $4900 < t < 5000$ .

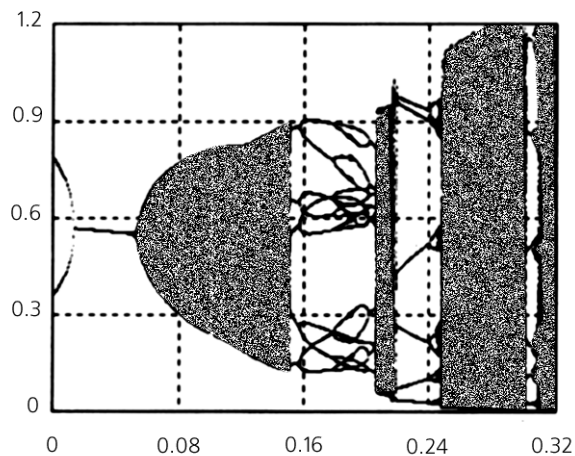


Рис.5. Проекция бифуркационной диаграммы трехмерного отображения (случай взаимовлияния ставки процента, уровня цен и конечного продукта). По оси абсцисс откладываются значения коэффициента реакции уровня цен, по оси ординат — значения ставки процента.

ному и трехмерному точечным отображениям, моделирующим взаимовлияние конечного продукта, уровня цен и ставки процента. Здесь, как и в одномерном случае, состояние равновесия макроэкономической системы сменяется циклами периодов 2, 4, 8 и т.д., которые переходят в область хаоса; хаотичное изменение сменяется на циклическое с периодами 5, 6 и выше, после чего период может снизиться, потом снова возможно хаотичное поведение и т.д. При этом область устойчивости равновесного решения достаточно узкая (см. рис.5).

## Подводя итоги

Исследование экономических процессов с помощью многомерных нелинейных отображений, характеризующих динамику макроэкономических переменных, приводит к заключению, что этим процессам присущи, в зависимости от значений параметров, многообразные динамические режимы: равновесие, цикличность и достаточно сложное квазистохастическое поведение (детерминированный хаос). При относительно небольших значениях коэффициентов реакций цены и ставки процента на дисбаланс между спросом на товары и их предло-

жением, а также коэффициентов реакции экономики на несоответствие спроса и предложения, система в перспективе ведет себя просто: со временем устанавливается либо равновесие, либо периодические колебания с малым периодом. Однако при увеличении даже одного из коэффициентов реакции происходит усложнение динамики переменных модели. Это означает, что в общем случае равновесное решение неустойчиво, а динамика переменных обобщенной макроэкономической модели может быть достаточно сложной и при некоторых значениях параметров приобретает стохастические свойства. Следует отметить, что сложный характер решений не следствие внешнего случайного воздействия, а внутреннее свойство используемой детерминированной модели.

Более того, анализ динамики рассмотренных моделей позволяет предположить: сложное поведение переменных (цикличность, хаотичность и др.) есть неотъемлемое свойство самой моделируемой макроэкономической системы. Поэтому использование квазистационарного подхода к прогнозированию макроэкономики может иметь смысл лишь в том случае, когда коэффициенты реакции соответствующей динамичес-

кой модели лежат в области устойчивости ее равновесного решения. Это происходит, например, при таком государственном регулировании изменений процентной ставки и уровня цен и такой реакции экономики на отклонение системы от равновесия, при которых не допускаются резкие взлеты и падения макроэкономических переменных.

Сказанное означает, что квазистационарный подход может быть эффективен лишь при анализе макроэкономических тенденций сложившейся, эволюционно изменяющейся экономики, в которой действуют механизмы государственного регулирования, направленные не только на стимулирование спроса, но и на устранение отклонений макроэкономической системы от траектории эволюционного развития. По-видимому, лишь в этом случае можно говорить об «автоматическом действии» равновесных рыночных механизмов, которые, как и «невидимая рука» А. Смита, обеспечивают устойчивость равновесия макроэкономических рынков. ■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 98-06-80085.**

## Литература

1. Крылов А.Н. Прикладная математика и ее значение для техники. М.; Л., 1931. С.6.
2. Блауг М. Экономическая мысль в ретроспективе. / Пер. с англ. М., 1994. С.277.
3. Катица П.Л. Эксперимент, теория, практика: Статьи и выступления. М., 1987. С.417.
4. Маршалл А. Принципы экономической науки / Пер. с англ. М., 1993. Т.1. С.49—50.
5. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. М., 1997.
6. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математического моделирования экономики. М., 1996.
7. Тихомиров Н.П., Райцин В.Я., Гаврилец Ю.Н., Спиридонов Ю.Д. Моделирование социальных процессов. М., 1993.
8. Лебедев В.В. Математическое моделирование социально-экономических процессов. М., 1997.
9. Кейнс Дж. М. Избранные произведения / Пер. с англ. М., 1993.

# Газовые шлейфы автотранспорта

В.С.Петросян

## Топливо и выхлопные газы

Автомобиль не роскошь, а средство передвижения, говорил небезызвестный читателю Остап Бендер. Количество этих средств увеличивается повсюду, не составляет исключения и Москва. К январю 2001 г. московский автопарк насчитывал около 3 млн единиц, что составляло ~10% от всех автомашин Российской Федерации. По сравнению с 1996 г. общее число автомобилей в Москве увеличилось примерно в четыре раза, причем количество легковых машин выросло больше, чем грузовых и автобусов (табл.1). Виды топлива остались теми же, но больше всего потреблялось бензина (70%), на долю дизельного топлива приходилось примерно 29%, а газа — всего около 1%.

Что, помимо выигрыша в скорости и времени, приносят людям железные кони? Это знает каждый — загрязнение атмосферы выхлопными газами, которые образуются при сгорании моторного топлива. От его вида и качественных характеристик зависит степень полноты сгорания, состав отработавших газов, количество и состав углеводородов, попадающих в атмосферу за

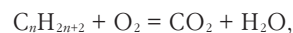


*Валерий Самсонович Петросян, доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией физической органической химии химического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова, член комитета «Химия и окружающая среда» Федерации европейских химических обществ и Международного совета ученых и инженеров за глобальную ответственность. Научные интересы — химия и токсикология окружающей среды, физическая органическая химия и металлоорганическая химия.*

счет испарения, утечек и т.д. Рассмотрим с этих позиций традиционные виды топлива.

**Бензин** представляет собой смесь жидких углеводородов (пентана, гексана, гептана, октана, нонана, декана) с температурами кипения 20—180°C, а **дизельное топливо** — углеводородов с длиной цепи от C<sub>13</sub> до C<sub>25</sub>, температуры кипения которых лежат в интервале 220—370°C. Теоретически при сгорании и того и другого топлива в присутствии кислорода долж-

ны образовываться лишь диоксид углерода и вода:



где  $n$  составляет 5—10 для бензинов и 13—25 для дизельного топлива. В действительности же продуктов сгорания в выхлопных газах гораздо больше (табл.2). Причина этого — неравновесные условия горения топлива, присутствие в нем разных примесей (в том числе органических производных азота и серы), остающихся при пере-

© В.С.Петросян



**Таблица 1**

**Московский автопарк в 1986–1999 гг.**

Год	Количество автомашин			
	грузовых	автобусов	легковых	всего
1986	134603	24576	515998	675177
1991	131444	25300	701688	858432
1992	146340	25587	784077	956004
1993	165526	31477	922607	1119610
1994	160804	36120	1104213	1301137
1995	180327	39303	1329553	1549183
1996	196062	42271	1491086	1729419
1997	202457	43838	1642137	1888432
1998	205191	43720	1766726	2017637
1999	211994	39471	1873138	2124603

**Таблица 2**

**Загрязняющие вещества, выброшенные автотранспортом Москвы в 1998 г.**

Загрязняющее вещество	Объем выбросов, т/сут	Выброс на одну автомашину, г/км пробега
СО	3607.5	32.604
СН <sub>x</sub> (углеводороды)	744.1	5.927
Оксиды азота	281.4	1.852
Оксиды серы	27.5	0.148
Свинец	0.155	0.009
Сажа	45.6	0.044
Всего	4704.155	40.584

Примечание. Приведены расчетные величины.

**Таблица 3**

**Выбросы вредных веществ с отработавшими газами грузовых автомашин**

Вид топлива	Выбрасываемое вещество, г/кВт·ч					
	СО	СН <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	пыль	ПАУ*	альдегиды
Новый автомобиль						
Дизельное топливо	3.5–4.5	2.0–3.0	11.0–14.0	0.3–0.4	0.00075	0.08
Бензин	85.0–95.0	8.0–10.0	15.0–17.0	0.05	0.07500	0.65–1.0
Автомашина, бывшая в эксплуатации						
Дизельное топливо	7.0–12.0	2.5–4.0	10.0–14.0	0.5–0.8	0.00400	0.2–0.4
Бензин	120–130	12.0–14.0	15.0–17.0	0.1	0.25000	2.0–3.0

\* ПАУ — полиароматические углеводороды.

гонке нефти, а также добавление в качестве антидетонатора тетраметил- и тетраэтилсвинца.

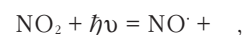
Состав и свойства токсичных веществ, поступающих в атмосферу города с выхлопными газами, существенно зависят не только от вида топлива, но и от типа, модели, технических параметров автомашин, в том чис-

ле от степени их изношенности (табл.3).

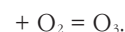
В смеси полиароматических углеводородов обнаружены перилен, хризен, пирен, бензпирен и фенантрен, а в числе альдегидов — формальдегид, ацетальдегид и акролеин, сюда же отнесен и ацетон, хотя он, конечно же, не альдегид, а ке-

тон. Среди углеводородов (СН<sub>x</sub>) помимо бензола, толуола и ксиололов присутствуют еще семь соединений (табл.4).

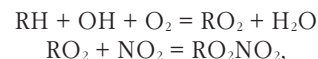
Кроме непосредственно попадающих в атмосферу загрязнителей в них могут превращаться (в ходе фотохимических реакций) и вполне безобидные вещества, содержащиеся в выхлопных газах. Например, оксид азота под действием света дает атомарный кислород



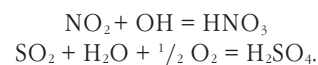
который вступает в реакцию с атмосферным кислородом, в результате чего образуется озон



При окислении углеводородов и дальнейшем взаимодействии с диоксидом азота образуется пероксиацетилнитрат, вызывающий, как и озон, слезотечение и раздражение дыхательных путей:



где R = СН<sub>3</sub>СО. Это известный в литературе фотохимический (или лос-анджелесский) смог. Кислый (лондонский) смог обусловлен взаимодействием оксидов азота и серы с влагой воздуха:



В настоящее время вклад автомобильного транспорта в загрязнение атмосферного воздуха мегаполисов очень велик: в Санкт-Петербурге в 1997 г. он равнялся 78%, а в Москве в последние годы — от 85 до 90%. Выбросы всего московского автопарка вместе с выбросами других источников и составляют общий уровень загрязнения. В последние годы, как следует из данных Московского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, средний уровень оставался довольно высоким (табл.5).

Если судить по предельно допустимым концентрациям (ПДК), то к главным загрязните-

лям московского воздуха следует отнести оксиды азота, аммиак и формальдегид, которые устойчиво превышают ПДК в 2–2.5, 1.25–3.25 и 2–4 раза соответственно. Чтобы охарактеризовать различные конкретные ситуации, обычно пользуются суммарным индексом загрязнения атмосферы, весьма часто им оперируют и лица, принимающие решения.

Каковы же последствия воздействия смеси выхлопных газов автотранспорта на здоровье населения? Остановимся на влиянии лишь некоторых компонентов этой смеси.

**Углеводороды** бензинового ряда вызывают нарушения функционального состояния центральной нервной системы, поскольку обладают наркотическим действием. В очень низких концентрациях они приводят к неврастению — вспыльчивости и раздражительности, развитию астенического синдрома; в легких случаях — к сильному головокружению при резких движениях головой.

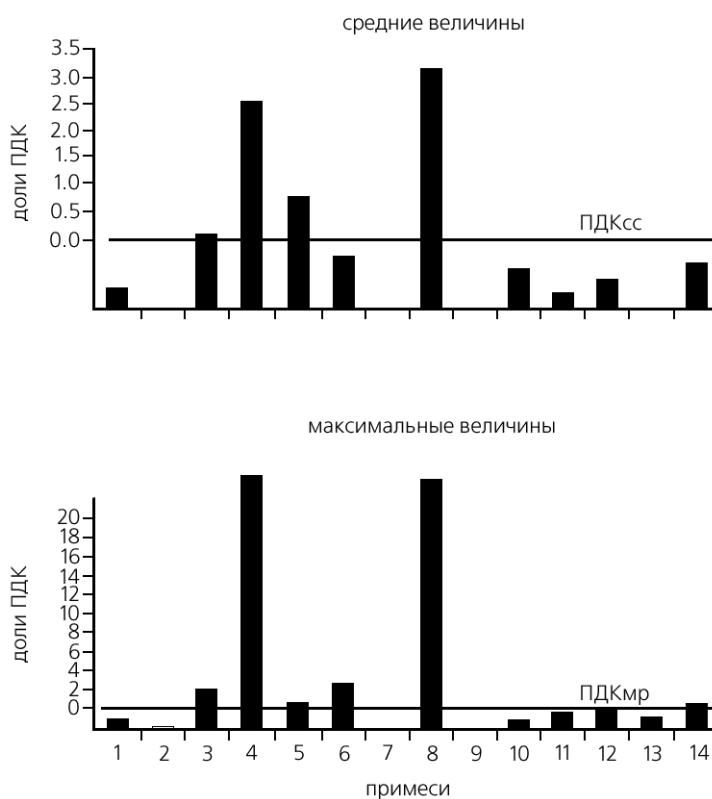
**Сажа** — продукт частичного сгорания органического топлива — не просто загрязняет кожные покровы людей. Сорбированные на ее поверхности углеводороды, в первую очередь полициклические ароматические соединения, обладают канцерогенным действием. Если учесть, что органические компоненты сажи, выбрасываемые при сгорании дизельного топлива, составляют более 16.5% от ее массы, а в среднем за сутки с выхлопными газами дизельных автомашин и автобусов поступает около 40.5 т сажи, то количество органических компонентов окажется равным 6.475 т. Это значит, что на 1 км московской улично-дорожной сети их выбрасывается 1.551 кг/сут.

Из **полиядерных ароматических углеводородов** особенно опасен бензпирен — сильное канцерогенное соединение. Он чрезвычайно стабилен и всегда присутствует в их

**Таблица 4**

**Углеводородные компоненты отработавших газов автомашин**

Углеводороды	Концентрация (мг/м <sup>3</sup> )		ПДК (мг/м <sup>3</sup> )
	бензин	природный газ	
Бензол	1.7	0.075	0.1
3-Метилгексан	1.2	0.013	Нет
Толуол	5.5	0.03	0.6
Этилбензол	1.59	0.0039	0.02
Мета- и пара-ксилолы	4.32	0.018	0.2
Пропилбензол	0.503	0.0001	Нет
Триметилбензол	2.58	0.187	Нет
Тетраметилбензол	0.3	0.067	Нет
Метилэтилбензол	2.086	0.0001	0.04
Нафталин	0.379	0.001	0.003



*Средние и максимальные концентрации вредных примесей в воздухе Москвы. 1 — пыль, 2 — диоксид серы, 3 — оксид углерода, 4 — диоксид азота, 5 — оксид азота, 6 — фенол, 7 — хлористый водород, 8 — аммиак, 9 — формальдегид, 10 — бензол, 11 — ксилол, 12 — толуол, 13 — сероводород, 14 — бензпирен. ПДКсс и ПДКмр — соответственно среднесуточные и максимально разовые предельно допустимые концентрации.*

Таблица 5

Средний уровень загрязнения атмосферы в Москве некоторыми токсичными веществами в 1995–1999 гг.

Загрязняющее вещество	Год				
	1995	1996	1997	1998	1999
Пыль	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Диоксид серы	0.001	0.003	0.002	0.003	0.002
Оксид углерода	4	4	3	3	3
Диоксид азота	0.10	0.11	0.09	0,12	0.10
Оксид азота	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10
Фенол	0.002	0.002	0.004	0.002	0.002
Хлористый водород	0.05	0.05	0.09	0.08	0.07
Аммиак	0.04	0.05	0.04	0.12	0.06
Формальдегид	0.006	0.010	0.008	0.006	0.007
Бензол	0.19	0.22	0.07	0.05	0.04
Ксилол	0.10	0.12	0.06	0.05	0.04
Толуол	0.35	0.35	0.18	0.23	0.21
Сероводород	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Бензпирен ( $\cdot 10^{-6}$ )	1.3	0.6	0.8	0.6	0.7
ИЗА <sub>5</sub>	13.06	16.18	10.84	11.55	10.41

Примечание. Содержание токсикантов выражено в мг/м<sup>3</sup>; ИЗА<sub>5</sub> — индекс загрязнений атмосферы (суммарный).

смеси. При сжигании литра бензина образуется от 50 до 81 мкг бензпирена, а литра дизельного топлива — от 2 до 170 мкг. И все это поступает в атмосферу города с выхлопными газами.

**Оксид углерода (CO)** образуется при неполном сгорании органических соединений, его ПДК в атмосферном воздухе составляет 0.0008 объемных %. Попав с воздухом в легкие, CO проникает в кровь почти с той же скоростью, что и кислород, замещает его в молекуле оксигемоглобина, и тот превращается в карбоксигемоглобин. Это ведет к кислородному голоданию клеток и тканей, особенно опасному для клеток нервной системы.

**Оксиды азота (NO, NO<sub>2</sub>)** образуются в процессе горения топлива в воздушной среде. ПДК этих оксидов в воздухе еще ниже, чем оксида углерода —  $9 \cdot 10^{-6}$  объемных %. Общий характер их действия зависит от соотношения моно- и диоксида в смеси. При контакте с влажной поверхностью из оксидов образуются кислоты — азотистая и азотная, которые

поражают слизистые оболочки, бронхи, альвеолярную ткань легких и т.д.

**Диоксид серы (SO<sub>2</sub>)** тоже попадает в атмосферу с выхлопными газами автомобилей. В Великобритании, США и Японии установлено, что вслед за появлением в городском воздухе этого оксида даже на уровне 100 мкг/м<sup>3</sup> количество заболеваний дыхательных путей резко возросло. Кроме того, установлено, что диоксид серы увеличивает частоту новообразований, вызванных бензпиреном.

Многолетние наблюдения позволили надежно установить связь заболеваемости населения Москвы с автомобильными выбросами: по мере увеличения городского автопарка растет число заболевших бронхиальной астмой, хроническим бронхитом и даже ишемической болезнью сердца.

Загрязнение атмосферы выхлопными газами автомобилей сказывается не только на заболеваемости людей, но и на состоянии городской растительности. Например, больше всего страдают деревья, растущие

вдоль автодорог центральной части Москвы. Наиболее агрессивны для растений диоксид серы, многие углеводороды, оксид углерода и оксиды азота.

Оксиды азота и серы — это источник кислотных дождей. Попадая в почву, они вымывают соединения магния, калия и кальция, в результате растения не получают эти вещества в достаточном для фотосинтеза количестве и листья желтеют. Раньше других от такого голода страдают хвойные. Ослабленные деревья становятся чувствительнее к резким колебаниям температуры, подвергаются болезням, на них нападают насекомые-вредители.

Диоксид азота непосредственно действует на листья, вызывая частичное закрывание устьиц, за счет чего замедляется транспирация и как следствие — снижается интенсивность фотосинтеза. Диоксид серы поглощается растением через устьица и в малых концентрациях способствует их открыванию, а в повышенных приводит к дезорганизации клеток. Это связано с тем, что в клетке из этого диоксида образуются сульфиты, гидросульфиты и другие соединения серы, токсичные для биохимических и физиологических процессов.

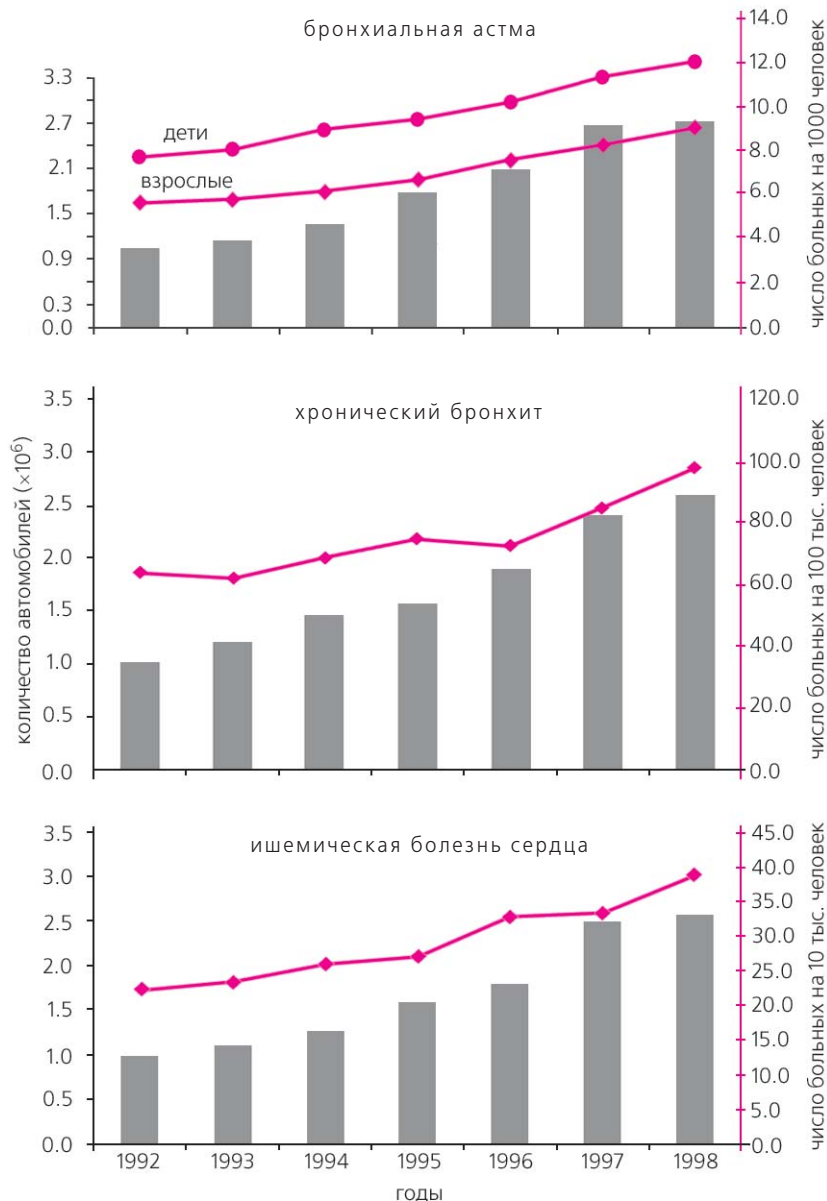
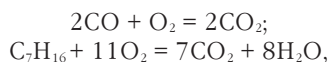
Заболевания растений вызывает не только недостаток питательных веществ, но и избыток элементов, особенно тяжелых металлов. Большинство выбрасываемых автотранспортом токсических соединений аккумулируется в почве, за счет чего изменяются ее физико-химические свойства. Содержание тяжелых металлов в почве газонов, расположенных вдоль автомагистралей, возрастает по мере приближения к центру города. Все эти загрязнители (выбрасываемые транспортом в виде оксидов) в конечном счете угнетают фотосинтетические процессы и вызывают замедление роста растений. В целом же все это привело к тому, что в Москве

здоровых насаждений практически не осталось.

В связи с единой точкой зрения на опасность автомобильных выхлопных газов для здоровья людей многие страны уже приняли законодательные акты, жестко ограничивающие состав газовых выбросов. Лидируют в этом США, административные органы которых очень тщательно проверяют работу новых автомобилей, прежде чем выпустить их на дороги страны. Повышаются требования и к эксплуатируемым автомобилям. В Калифорнии, например, с 2000 г. автовладельцам вменено в обязанность придерживаться тех предельно низких выбросов, которые установлены для автомобилей, даже если их пробег уже составляет более 160 тыс. км.

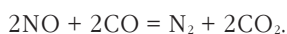
## Нет в мире совершенства

Все эти запреты и требования хороши, но недостаточны для радикальной борьбы с выхлопными газами автомобилей. Во всем мире поиск новых способов защиты окружающей среды от такого загрязнения идет непрерывно. Сейчас один из путей видится в изменении конструкции двигателя и применении каталитических нейтрализаторов (конвертеров). Конструкционные модификации должны обеспечить стехиометрическое соотношение воздуха, вернее, кислорода, и топлива, чтобы оно сгорало полностью. Каталитические конвертеры привлекательны тем, что могут использоваться и с традиционным топливом, и с альтернативными его видами. В этой области достигнуты выдающиеся успехи: тройные системы нейтрализации позволяют не только дожигать оксид углерода и углеводороды (включая полиядерные ароматические, а также алканы и бензолы)



Увеличение автопарка (показано столбиками) и заболеваемость (кривые) населения в Москве.

но и восстанавливать оксиды азота



В этих реакциях, осуществляемых на платиновых или родиевых катализаторах, химические загрязнители превращаются в обычные компоненты атмосферного воздуха. Однако тройную систему можно применять, во-первых, только в двигателях

с тщательно контролируемым стехиометрическим составом горючей смеси, а во-вторых, лишь при отсутствии в топливе соединений свинца.

Появляются и небольшие, но весьма полезные технические новшества. Адсорбционная ловушка, например, поглощает углеводороды при низкой температуре и десорбирует их при нагреве двигателя, когда они до-



жигаются до углекислого газа. Этой новинкой удастся уменьшить количество углеводородов, выбрасываемых во время запуска холодного двигателя.

Уменьшить загрязнение окружающей среды выхлопными газами автомобилей можно не только улучшением качества традиционных видов моторного топлива, но и снижением концентрации в бензинах высокотоксичных антидетонаторов — тетраметил- и тетраэтилсвинца. В России до настоящего времени более 50% торговых марок бензинов содержат эти производные свинца, причем их концентрация нередко доходит до 0,37 г в литре.

В США, Германии, Швейцарии, Японии и других странах содержание таких соединений в бензинах доведено до 0,15 г/л и менее, в ближайшее время свинцовые антидетонаторы вообще не будут использоваться. У нас планировалось полностью отказаться от этилированного бензина к 2000 г., для чего требовалась модернизация технологических процессов переработки нефти. Однако из-за трудностей подобных изменений планы пока не выполнены.

Сами бензины содержат много (до 40%) бензола и его производных — толуола, ксилолов. Бензол оказывает сильное наркотическое действие на центральную нервную систему и нарушает кровообращение. Такими же свойствами обладает и толуол, но в меньшей степени. Однако все эти соединения, а также содержащийся в бензинах бутан представляют собой высокоактивные компоненты топлива, поэтому снижать их концентрацию можно только до определенного предела. Заметим, бутан, попадающий в атмосферу при испарении из автомобильных баков, обуславливает образование озона и фотохимического смога.

Из приведенных характеристик бензинов, состава выхлопных газов и их действия на чело-

века напрашивается вывод: нужно искать другое, экологически более чистое топливо. Пока в этом качестве используются лишь метиловый спирт  $\text{CH}_3\text{OH}$  (в смеси с бензином) и природный газ. В чем их преимущества, и есть ли недостатки?

Метиловый спирт дешев, не содержит тех углеводородных примесей, которые имеются в бензине, сгорает в двигателе полнее, потому в атмосферу попадает гораздо меньше оксида углерода. Кроме того, он менее взрывоопасен при столкновении автомобилей — недаром его применяют в гонках «Формула-1». Для замены традиционного топлива на этот спирт нужны лишь небольшие конструктивные изменения в двигателе и топливном насосе. Но и недостатков это топливо не лишено. Основной из них — плохое смешивание неполярного бензина с высокополярным спиртом. Чтобы преодолеть этот недостаток, в Германии используют третичный бутиловый спирт  $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$ , растворяющийся и в бензине, и в метиловом спирте. Другой недостаток — гигроскопичность горючей смеси. Дело в том, что метиловый спирт, насыщенный парами воды, вызывает коррозию деталей двигателя. Наконец, при сгорании образуется на 40% энергии меньше, и значит, чаще придется заправлять автомобиль. И уж конечно нельзя не учитывать того, что это сильный яд: метиловый спирт действует на нервную систему и кровеносные сосуды, его парами раздражаются дыхательные пути и слизистые оболочки глаз, поражаются зрительные нервы и может наступить слепота.

Что дает переход от бензина к природному газу? Использование сжиженной смеси пропана с бутаном или сжатого природного метана удастся существенно снизить загрязнение окружающей среды. Как показывает практика, особенно эффекти-

вен в этом отношении сжатый газ. Работающий на нем и снабженный конвертером автомобиль выбрасывает в атмосферу много меньше оксидов углерода, азота и серы, бензола и его производных, сажи и многоядерных ароматических углеводородов. Но природный газ высоколетуч, взрывоопасен, и его утечки усиливают парниковый эффект, а при работе на этом топливе снижается мощность двигателя на 10—15%. Следовательно, и оно не идеально для достижения главной цели — защиты нашей среды обитания от токсических веществ. Имеющиеся ныне данные по эксплуатации автомобилей на газовом топливе все же позволяют считать, что будущее за ним. Но при этом необходимо продолжать совершенствование конструкций отдельных узлов машин.

Представить жизнь современного человека без автотранспорта невозможно. Однако, загрязняя атмосферу токсичными веществами и шумовыми эффектами, он наносит вред здоровью населения. Больше всего страдают жители мегаполисов, в которых число автомобилей достигает нескольких миллионов. Борьба с выхлопными газами автотранспорта — серьезная социальная проблема, просто и дешево ее не решить. Казавшаяся когда-то близкой перспектива перехода к электромобилям все еще весьма далека от реальности. Достаточно сказать, что из уже созданных в развитых странах сотен тысяч таких средств передвижения более 90% используются, например, как тележки для перевозки мелких грузов и продуктов. Основные недостатки электромобилей — их малая скорость и необходимость ежедневной зарядки аккумуляторных батарей. Важен, безусловно, и экономический фактор: стоимость бензиновых двигателей существенно ниже. Выходит, альтернативы автомобилю, увы, пока нет. ■

## 2000-й — год засух и пожаров

По данным Всемирной метеорологической организации (World Meteorological Organization Statement on the Status of the Global Climate in 2000 // WMO. 2001. №920. P.7. Geneva. Швейцария), жестокие засухи в 2000 г. охватили значительную часть Юго-Восточной Европы, Средний Восток и огромный регион от Центральной Азии до Северного Китая. Особенно сильно пострадали Афганистан, Болгария, Ирак, Иран и отдельные районы КНР.

Для Ирана это была самая катастрофическая засуха более чем за 30 последних лет. Большая часть урожая и рогатого скота погибли. В Северо-Западной Индии эта засуха — вторая подряд, вызванная отсутствием обычных муссонных дождей.

В Болгарии жара и иссушение почвы привели к 1400 лесных и других пожаров, в результате которых потеряна растительность на площади в 58 тыс. га и сожжены сотни жилых домов.

Огонь причинил значительные убытки на территории Греции, особенно на о.Самос, одна пятая которого выгорела полностью.

В Северной Америке в продолжение нескольких месяцев температура заметно превышала средние многолетние. В Северной Мексике и почти на всем юге и западе США осадки были незначительными. Следствие — лесные и кустарниковые пожары наиболее высокой за последние полвека интенсивности. К концу лета жесткая засуха охватывала 36% всей территории США.

Третья подряд засуха отмечалась на площади Африканского Рога (Сомали, часть Танзании, Джибути, Эритрея, юго-восток Эфиопии); это вызвало массовый голод, от которого пострадали миллионы людей.

## Наводнения в 2000 году

Многие районы мира пострадали в 2000 г. от обильных осадков, приведших к наводнениям и оползням (WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2000 // WMO. 2001. №920. P.8. Geneva. Швейцария). В Южной Индии, Бангладеше, Камбодже, Таиланде, Лаосе и Вьетнаме в связи с этими природными катастрофами отмечены человеческие жертвы и серьезные разрушения (только в одной Индии число погибших превысило 650 человек).

В мае и июне мощные осадки вызвали оползни в странах Центральной и Южной Америки (например, в Никарагуа р.Рама поднялась на 4,5 м выше ординара и затопила город с населением 10 тыс. человек). Сильнейшее наводнение охватило в июне—августе Колумбию. В отдельных районах Чили выпали в июне дожди, равных которым не было 80 лет.

Рекордным по количеству дождей был январь—август в западной части австралийского штата Квинсленд. По объему осадков на всей Австралии этот год занял второе место после рекордного 1900 г.

В Англии и Уэльсе апрель оказался самым влажным из таких месяцев за 235 лет наблюдений; то же можно сказать и о трехмесячном периоде с октября по декабрь.

Потопам подверглась в октябре Северо-Восточная Италия и Южная Швейцария, где произошли опасные оползни.

Для Норвегии 2000 г. оказался самым влажным с 1895 г.: ноябрьские осадки были впятеро обильнее месячной нормы, а в Рейкьявике (Исландия) этот же месяц был самым засушливым с 1920 г.

В июле на Канаду обрушилось торнадо. В октябре на о.Ньюфаундленд вышел с Атлантики ураган, чего здесь давно не было. Жители Аляски 20 июня были поражены грозой в райо-

не Барроу (побережье Ледовитого океана). Метеостанция на Гавайских о-вах в начале ноября зарегистрировала за одни сутки 692 мм осадков, чем был побит прежний рекорд — 566 мм.

## Ураганы в 2000 году

Над Атлантическим океаном в 2000 г. пронесли 15 ураганов и тропических штормов (в полтора раза больше среднего многолетнего); в Тихом океане их число составило 22 при среднем значении 28 (WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2000 // WMO. 2001. №920. P.8. Geneva. Швейцария).

Ураган Кейт (октябрь) привел к огромным убыткам в странах Центральной Америки; тайфун Прапирун обрушился за западное побережье Корейского п-ова в августе—сентябре, оставив за собой многочисленные разрушения; в Японии тайфун Саомаи (сентябрь) вызвал рекордное выпадение осадков. В начале того же месяца тропический шторм усугубил муссонное наводнение в дельте р.Меконг (Вьетнам). Циклон Стив в феврале—марте прошел необычно длинный путь по Австралии, принес с собой череду наводнений. На Филиппинах в конце октября наблюдался тайфун, приведший к человеческим жертвам. В конце ноября крупный циклон сформировался над Бенгальским заливом и, сопровождаемый ливнями, вышел затем на п-ов Индостан, где вызвал крупные разрушения.

Наиболее тяжелыми по своим последствиям следует назвать февральско-апрельские циклоны Леон-Элайн, Глория и Худа, обрушившиеся на Мадагаскар, Мозамбик и на некоторые районы Южной Африки.

Таким образом, количество экстремальных метеорологических явлений в 2000 г. можно считать крайне высоким.

# Ковалевские, Шевяковы, Догели. Сплетение судеб

С.И.Фокин

Фамилии, вынесенные в заголовок, хорошо известны современному биологу. Александр Онуфриевич Ковалевский, Владимир Тимофеевич Шевяков, Александр Станиславович и Валентин Александрович Догели оставили яркий, хотя и неравнозначный, след в истории биологии. Они были личностями, притягивавшими к себе не только научным талантом, но и высокими нравственными и душевными качествами, что особенно важно для университетских профессоров.

В то время как научные заслуги этой четверки широко признаны, обстоятельства их жизни мало привлекали внимание исследователей. Между тем я уверен, что феномен человеческой личности может быть в полной мере оценен только в контексте обычных жизненных проявлений: общения, дружбы, любви...

Люди, лично знавшие А.О.Ковалевского, В.Т.Шевякова и А.С.Догеля, уже давно сошли с жизненной сцены. Прямых учеников В.А.Догеля, т.е. Догеля-младшего, и людей, близко его знавших, тоже становится все меньше и меньше. Остаются архивы. К счастью, благодаря стараниям родных, друзей и работников-архивистов документы,



*Сергей Иванович Фокин, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Биологического научно-исследовательского института Санкт-Петербургского университета. Автор более 140 публикаций в отечественных и международных изданиях по протозоологии. Председатель Петербургского отделения Российского общества протозологов, член Международного протозоологического общества, Международного общества симбионтологов и Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей. Опубликовал ряд статей по истории зоологии.*

касающиеся героев этой статьи, собраны в личные архивные фонды, на которые я буду ссылаться. При ознакомлении с ними мне удалось обнаружить некоторые новые материалы и сопоставить их с тем, что уже известно...

Многое в истории вообще, и в истории человеческих отношений в частности, объясняют иногда Божьим промыслом, или Судьбою. В отношениях между семьями Ковалевских, Шевяковых и Догелей, которые начались с 90-х годов XIX в. и продолжались в течение поч-

ти 50 лет, такая особая миссия, несомненно, была возложена на великого русского зоолога, эмбриолога и эволюциониста А.О.Ковалевского (1840—1901)\*, без активных действий которого судьба упомянутых трех семейств, очевидно, сложилась бы иначе. Александр Онуфриевич не создал своей

\* Литература об А.О.Ковалевском обширна. В качестве примера упомяну прекрасную книгу В.А.Догеля [1] и исследование О.Я.Пилипчука [2]. Однако они отражают прежде всего его жизнь в науке. Исключением служат короткие мемуары нескольких авторов, опубликованные в «Природе» [3], и воспоминания К.Н.Давыдова [13].



школы — учеников у него практически не было, но он, всецело преданный науке, всю жизнь помогал выдвижению талантливых коллег.

Академик Императорской Академии наук, Ковалевский формально считается питомцем столичного, Санкт-Петербургского университета. Он закончил курс экстерном в 1862 г., проучившись на физико-математическом факультете лишь около года (1858—1859), и затем дважды, хотя и не подолгу, там работал [4, 5]. В 1866/67 учебном году он был приват-доцентом зоотомического кабинета (теперь кафедра зоологии беспозвоночных), где тогда же защитил свою докторскую диссертацию «Анатомия и история развития *Phoronis*».

Спустя годы Ковалевский снова появился в Петербурге в связи с избранием его в Академию наук летом 1890-го. Однако на тот момент Александр Онуфриевич еще не имел 25-летнего стажа преподавательской деятельности, необходимого для присвоения звания «заслуженный профессор». Таким образом, он не имел права на пенсию, а избранный академиком сверх штата, не получал жалования и в академии. «Ковалевский человек положительно небогатый и без содержания казенного существовать не может», — было сказано в справке для Министерства народного просвещения [6]. Встал вопрос о возможности получения Ковалевским места профессора в Петербургском университете для выслуги недостающих до пенсии нескольких лет. В результате в конце января 1891 г. «Государь император по всеподданнейшему докладу <...> высочайше соизволил на производство д. ст. советнику Ковалевскому содержания по должности ординарного академика» [7; Оп.142. Д.1144. Л.31], а вскоре последовало и решение назначить Ковалевского сверхштатным профессором при Петербургском университете.



*Семья Ковалевских. Александр Онуфриевич, Татьяна Кирилловна, дочери Вера (слева) и Лида, сын Владимир. Одесса, около 1890 г.*

Ковалевский возглавил анатомо-гистологический кабинет при физико-математическом факультете, образовавшийся в 1888 г. в результате раздела физиологического кабинета. Формальное создание кафедры цитологии и гистологии, существующей ныне, завершилось в послереволюционное время.

Фактически анатомо-гистологический кабинет оформился при преемнике Александра Онуфриевича на этом посту А.С.Догеле, приглашение которого в университет было целиком заслугой Ковалевского.

Известный русский биолог, основатель нейрогистологии, член-корреспондент Академии



наук Александр Станиславович Догель (1852—1922)\* окончил медицинский факультет Казанского университета в 1879 г. Через два года он женился. Его жена, Екатерина Алексеевна Малыгина, во многих отношениях замечательная\*\*, была близкой подругой С.В.Карчевской, будущей жены И.П.Павлова. В 1881 г. Павлова писала Екатерине Алексеевне: «...то, что касается любви, то есть уже доказательство <...>. Дай Бог, чтобы будущие Ваши дети были похожи на Вас и добрейшего Догеля» [11; Оп.1. Д.52. Л.11]. В конце февраля 1882 г. в семье Догелей родился единственный, как потом оказалось, сын Валентин. Забегая

\* Литература о В.А.Догеле освещает в основном его научный путь [8]. Мне известна лишь одна статья, посвященная Догелю как человеку и учителю [10].

\*\* В молодости Екатерина Алексеевна принимала участие в Балканской кампании 1877—1878 гг. в качестве сестры милосердия и была награждена за храбрость при спасении раненых.

вперед, скажем, что пожелание подружки сбылось.

В 1888 г. семья переезжает в Томск, куда Догель был назначен экстраординарным профессором по кафедре гистологии. Вскоре он был назначен и деканом факультета. Некоторое время исполнял обязанности ректора.

Административная деятельность оказалась для Догеля старшего источником неприятностей. В 1894 г. Александр Станиславович писал представителю министра просвещения В.К.Анрепу: «Вообще я должен откровенно сознаться перед Вашим Превосходительством, что жизнь моя в Томске <...> есть тяжелое испытание, а потому я еще раз покорнейше прошу о переводе меня из Томска в один из университетов России при первой открывшейся вакансии» [7; Оп.150. Л.413].

Эта ситуация была известна Ковалевскому, который сначала выступил инициатором пред-

ставления трудов Догеля на Бэрдовскую премию, а по получении этой премии Александром Станиславовичем стал хлопотать о переводе Догеля в Санкт-Петербург. «Многоуважаемый Александр Станиславович, я ужасно рад, что удалось Вам присудить Бэрдовскую премию, я очень боялся, что ее придется разделить между Вами и В.Я.Данилевским. <...> Коржинский предложил Вас в члены-корреспонденты, и сначала некоторым показалось, что два отличия сразу уж слишком, но вскоре согласились», — писал в Томск в конце 1894 г. Ковалевский. «Я из университета выхожу. Так как я был сверхштатным, то никакой кафедры и не освобождается, но, может быть, при больших хлопотах и удалось бы создать сверхштатную экстраординатуру по гистологии, особенно если Вы согласитесь читать и краткий курс анатомии. Как бы Вы отнеслись к подобному проекту?» [11; Д.19. Л.1]. Хлопоты увенчались успехом, и в июне 1895 г. Догель был переведен в Петербург сначала как экстраординарный профессор по кафедре зоологии и сравнительной анатомии, а в октябре того же года он возглавил анатомо-гистологический кабинет.

Вот как описывала первый визит Догелей к Ковалевским жена Александра Онуфриевича, Татьяна Кирилловна: «Вчера у нас были Догели, жена его такая болтушка, и очень веселая и красивая дама; папа в восторге, я за него рада, что будет хоть один человек, с которым ему будет приятно водиться» [12; Д.63. Л.8, 9]. Между семьями установились дружеские отношения. «Дорогой Александр Станиславович, — пишет Ковалевский через несколько лет, только что приехав из Одессы, — я с самого момента приезда порывался к Вам, и все не могу, а теперь простудился и должен сидеть дома. Не признаете ли Вы возможным навестить меня, как недужного, чем нас очень и очень обяжете. Нижайший поклон от



А.С. и Е.А.Догели. Гундсбург, скорее всего 1913 г. Публикуется впервые.

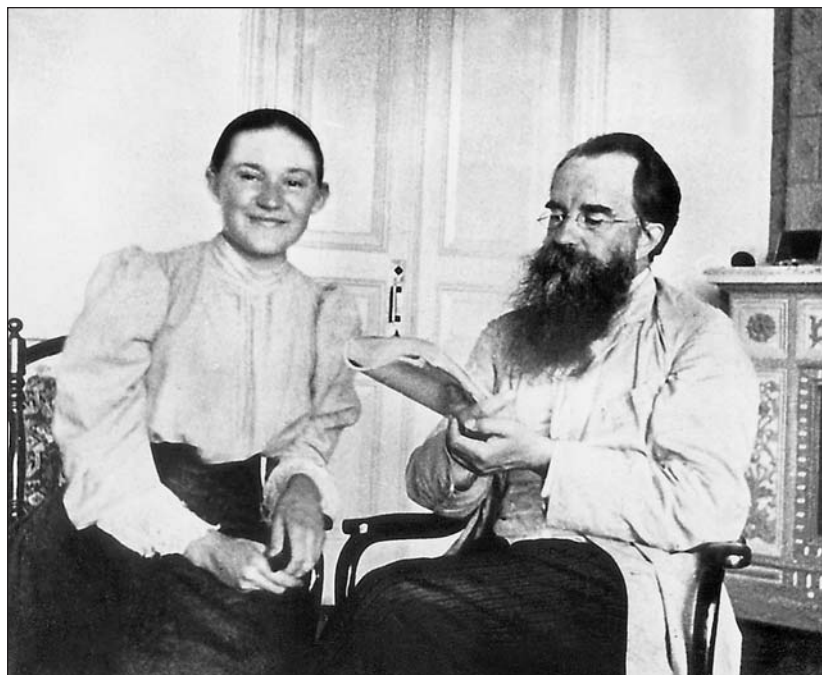
меня и жены Екатерине Алексеевне, и если и ее милость будет, то будем вдвойне рады. Как дела Вали? Есть разные марки и возможность их получения из страны, его специально интересующей...» [12; Д.20. Л.9].

По воспоминаниям ученика Александра Онуфриевича, К.Н.Давыдова, которые, правда, в некоторых деталях грешат против истины, Ковалевский в последний (петербургский) период своей жизни не имел близких друзей. «Думаю, что настоящие дружеские чувства, — пишет Давыдов, — А.О. питал лишь к Мечникову и Сеченову. Может быть, это мнение отчасти и соответствовало действительности, однако Константин Николаевич добавляет: «В сношениях с людьми, которым А.О. симпатизировал, он был не только доброжелателен, но временами проявлял трогательную сердечность и теплоту» [13].

Практически в это же время (1893—1894) Ковалевский хлопочет о возможности возвращения в Петербургский университет и В.Т.Шевякова (1859—1930), который в 1884 г., не окончив курса по зоотомическому кабинету у профессора Н.А.Вагнера, уехал в Германию. Блестяще завершив образование в Гейдельбергском университете, Шевяков уже там заявил о себе как серьезный ученый-протистолог. С 1892 г. он работал приват-доцентом и был ближайшим помощником всемирно известного зоолога Отто Бючли\*.

Познакомившись с Владимиром Тимофеевичем в Неаполе в 1890 г., когда Шевяков возвращался в Германию из кругосветного путешествия, Александр Онуфриевич сумел разглядеть в нем будущего крупного ученого и всячески способствовал его возвращению в Россию. Делая это, он, очевидно, не предполагал, что Шевяков станет мужем его младшей дочери Лиды. В этой ситуации Ковалевский

\* О В.Т.Шевякове, как, впрочем, и о А.С.Догеле, вообще написано очень мало [9, 14, 15].



*А.О.Ковалевский с дочерью Лидой. Севастополь, примерно 1892 г. Публикуется впервые.*

показал себя человеком высоких моральных принципов, которыми он руководствовался всю жизнь.

Итак, еще не зная, чем закончится пребывание дочери в Гейдельбергском университете, где она год занималась зоологией под руководством Шевякова, Ковалевский хлопотал о возможности службы Владимира Тимофеевича в Петербурге. Он предлагал Шевякову устроиться ассистентом в Академии наук. Затем, возможно, ему удалось бы получить кафедру в университете и стать адъюнктом академии. «И в это время, — пишет Лидия Александровна, — я и сказала папе о своем выборе! Тут он пришел в полное отчаяние — что же ты со мной сделала? — А что? — Так теперь же я не могу ввести его в академию. Не могу же я хлопотать за своего зятя — а немцы академии славились тем, что они потихонечку да полегонечку проводили своих зятьев в академики. И вот поэтому я потом дразнила моего мужа, что я его драгоцен-

ная супруга, которая стояла ему академиком, т. к. папа так его и не провел» [16].

Шевяковы прожили вместе 35 лет в любви и согласии. Первоначально Лидия Александровна собиралась продолжить занятия зоологией. «Володя, а я серьезно очень хочу заниматься и далее, если возможно, держать экзамен на доктора, но не торопясь и потихонечку. <...> Ты будешь смеяться, скажешь, что я глупая, но я вправду думаю, что она — зоология — даст вероятность определить, наконец, что же такое жизнь...» — писала она будущему мужу осенью 1894 г. [16; Д.111. Л.138].

Лидия Александровна не смогла продолжить свое образование — семейные заботы отнимали слишком много времени и сил (у Шевяковых родилось пятеро детей). Однако она всегда помогала мужу в работе и, по его признанию, должна считаться соавтором его последней монографии «*Acantharia* Неаполитанского залива». Заканчивая полевые исследования радиоля-



*В.Т.Шевяков. Петербург, 1898 г.*

рий на Неаполитанской зоологической станции в 1925 г., Владимир Тимофеевич писал своему бывшему студенту, ученику и другу Догелю: «Очень я доволен, что жена со мною, во-первых, я не один, во-вторых, она не меньше меня любит Неаполь и станцию, и, в-третьих, она существенно помогает мне. Она целый день на станции — просматривает и ведет журнал ежедневного лова материала и, коли что интересное, — показывает мне, затем просматривает текст, сверяет ссылки на таблицы, <...> нумерацию — словом, несет такую же работу, как и я, — теперь она знает всех акантометрид по имени и отчеству. Также наводит и критику, а язычок у нее востренький — но это хорошо» [16].

До того как в 1908 г. Шевяков, уже после смерти Ковалевского, был избран членом-корреспондентом Академии наук, им были защищены в стенах университета магистерская и докторская диссертации по протозоологии (науке об одноклеточных организмах) и полностью реорганизована вся научно-педагогическая работа в зоотомическом кабинете, там, где Валентину Александровичу Догелю (1882—1955), четвертому герою этого очерка, пред-

стояло появиться осенью 1900 г. в качестве студента.

Вот что писал Александр Онуфриевич своему другу и соратнику И.И.Мечникову весной 1894 г. в связи с магистерской защитой Шевякова: «У нас было довольно много разговоров о диссертации Шевякова; Шимкевич и я настаивали, чтобы ему дали прямо доктора, но Вагнер был против, и формалисты факультета тоже, так что дадим после диспута магистра — это обидно и несправедливо» [18]. Баталии эти были вызваны тем, что в 1894 г., после заявления заведующего зоотомическим кабинетом профессора Вагнера об оставлении им службы, в университете освободилась кафедра зоологии беспозвоночных.

Илья Ильич, между прочим, писал профессору В.М.Шимкевичу, формально возглавившему зоотомический кабинет после ухода Вагнера, так как Шевяков еще не имел докторской степени: «Вы спрашиваете мое мнение о г-не Шевякове. С появлением в печати первых работ его, я тотчас отметил его как молодого ученого, в высшей степени талантливого и в то же время очень точного. Дальнейшая его научная деятельность вполне подтверждает мой диагноз. Каждое его исследование носит печать оригинальности, глубины и необыкновенной тщательности. Везде у В.Т.Шевякова видны и самостоятельность, и в то же время превосходная школа» [17; Д.99. Л.21].

Оба великих биолога оказались правы в своих оценках Шевякова. С 1896 по 1911 г., когда он возглавлял зоотомический кабинет, преподавание зоологии беспозвоночных улучшилось необычайно. Им была проведена полная реорганизация учебного процесса и переоборудован зоотомический кабинет. Сотни учебных препаратов, таблиц и приборов были выписаны из-за границы. Шевяков собрал превосходную коллекцию микроскопических препаратов, многие из которых были

сделаны им самим. Даже кафедра мебель (в значительной мере существующая и поныне) — музейные шкафы и витрины, столы для практических занятий и т.д. — заказаны по его собственным проектам. Одним словом, кафедра совершенно преобразилась по образцу лучших университетов Европы. Современники признавали, что зоотомический кабинет при Шевякове несомненно стал лучшим в России учреждением подобного рода.

Владимир Тимофеевич всю жизнь занимался простейшими, прежде всего инфузориями и радиоляриями. Три его монографии (1893, 1896 и 1926) стали всемирно признанными руководствами по этим группам. Однако меньшую известность он снискал своими педагогическими новациями. Большой заслугой его стало введение практических занятий. Они были в то время новинкой и пользовались огромным успехом у студентов. Важное значение имела также организация «большого» практикума для лиц, специализировавшихся по зоологии беспозвоночных. Каждый проходивший практикум работал большей частью самостоятельно, лишь консультируясь у прикрепленного к нему преподавателя. Такая практика служила непременным условием для перехода к собственно научной работе. Эта форма обучения студентов оказалась настолько результативной, что в основных своих чертах сохранялась на кафедре почти 100 лет. Шевяковым же был организован первый студенческий семинарий, много позднее, при Догеле, получивший роль важного педагогического звена.

Все это привело к необычному успеху преподавательской деятельности: за годы руководства Шевяковым кафедру закончили ставшие впоследствии крупными учеными в различных отраслях биологии М.П.Римский-Корсаков, С.И.Метальников, П.Ю.Шмидт, П.П.Иванов,

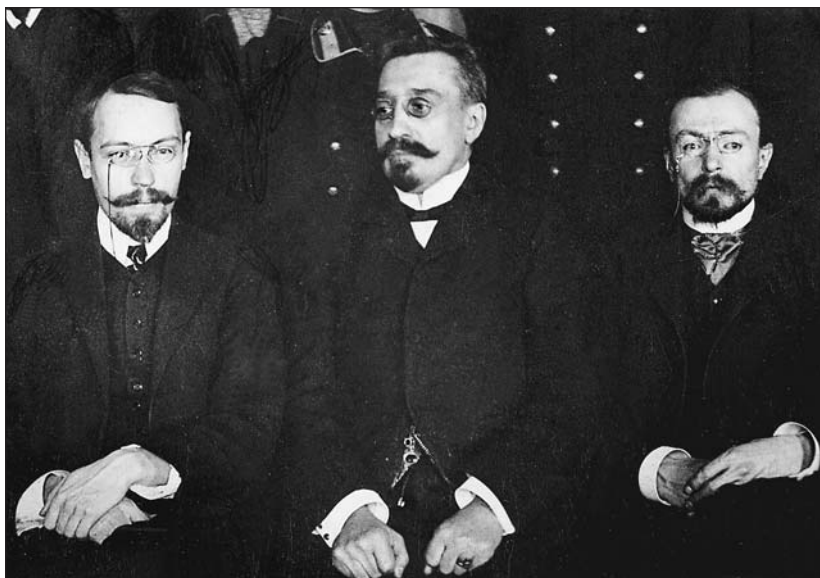


К.Н.Давыдов, С.В.Аверинцев, Ю.А.Филипченко, В.Д.Зеленский, В.А.Догель, И.И.Соколов, Б.П.Уваров, И.П.Филипьев, В.Н.Беклемишев, А.А.Любищев, Д.М.Федотов и некоторые другие.

Профессор Беклемишев вспоминал: «В эти годы среди молодых зоологов и студентов, группировавшихся вокруг зоотомической лаборатории, создалась атмосфера исключительного научного энтузиазма и совершенной преданности науке, согретая культом дружбы и товарищества» [19].

В эту атмосферу и попал Догель, поступив на естественное отделение физико-математического факультета Петербургского университета осенью 1900 г. и начав специализироваться по зоологии беспозвоночных у профессора Шевякова.

Все три семейства жили на Васильевском острове: Ковалевские на 7-й линии, Шевяковы на 5-й и Догели на углу 3-й линии и Большого проспекта. Доста-



*В.Т.Шевяков (в центре) со своими ближайшими сотрудниками по зоотомическому кабинету. Слева — В.А.Догель, справа — М.Н.Римский-Корсаков (старший сын композитора). Петербург, 1909 г.*



*Преподаватели (первый ряд слева направо) В.А.Догель, В.Т.Шевяков, М.М.Иванова (Берг), И.Н.Филипьев и студентки Женского Императорского педагогического института. Петербург, 1910 г. Публикуется впервые.*





*А.С. и В.А.Догели. Петербург, вероятно, 1900 г.*

точно частые деловые и семейные встречи профессуры дают основание полагать, что Догель познакомился со своим будущим шефом и учителем еще за несколько лет до поступления в университет. Однако они стали близко общаться, лишь когда младший Догель стал студентом второго курса.

Очевидно, что перед Валентином Александровичем не стоял вопрос, куда идти после гимназии, — еще в Томске он стал серьезно интересоваться зоологией. Пример отца и других профессоров университета, прежде всего зоологов Шевякова и Шимкевича, был у него постоянно перед глазами.

После второго курса, в 1902 г., Догель решает, чтобы не терять времени, продолжить (на каникулах) изучение беспозвоночных на Неаполитанской зоологической станции, где все лето собирался работать и профессор Шевяков. Вот как Владимир Тимофеевич характеризует Валентина Александровича (приглашенного в Неаполе жить в семье Шевяковых) в письме к его отцу: «Валей я очень доволен. Он серьезно и толково занимается, и видно, что дело интересует его. Дай Бог, чтобы и впредь так было. Что мы с Вами занимаемся по целым дням наукой — это не удивительно, а что он, молодой человек, время каникул просиживает на станции и учится — это очень отраднo. Если бы зависть вообще была свойственна мне — я позавидовал бы Вам, что у Вас такой сын. От души желаю, чтобы мои дети пошли в него. Передайте, пожалуйста, глубокоуважаемой Екатерине Алексеевне, что познакомившись ближе с Валей, я почувствовал большое уважение к Вашей супруге. Валя многим обязан ей и, если в умственном отношении он многое унаследовал от Вас, то в нравственном отношении только мать может воспитать такого сына. Надеюсь, не сочтете это за фразу. <...> Он прошел здесь по зоологии столько, сколько у нас студенты в лаборатории проходят за год» [11; Д.41. Л.1]. В ответ Екатерина Алексеевна пишет сыну: «Письмо Шевякова относительно тебя меня обрадовало несказанно... Итак, дорогой, ты, видимо, понравился им, и я так рада, так рада этому. Эта похвала хорошей марки, ведь они, и особенно она, очень хорошие люди» [20].

Необходимость и полезность полевой работы для студентов была очевидна, и профессор Шевяков стремился всячески способствовать поездкам своих воспитанников на различные биологические станции. Летом 1903 г. Догель был командирован на Мурманскую биологичес-

кую станцию. Там же он работал и на следующий год. Позднее (в 1909 г.) он напишет: «Ну вот я опять на Мурмане, на милом старом Мурмане. Мне кажется, что только здесь я всегда чувствую себя вполне удовлетворенным и довольным» [11; Д.50. Л.142].

В то время студенты не должны были писать дипломную работу, а вместо этого сдавали несколько специальных экзаменов. В 1904 г. Валентин Александрович заканчивает Петербургский университет с дипломом первой степени и, по предложению Шевякова, остается при зоотомическом кабинете для приготовления к профессорскому званию. Под влиянием учителя Валентин Александрович первоначально занимался в основном протозоологией.

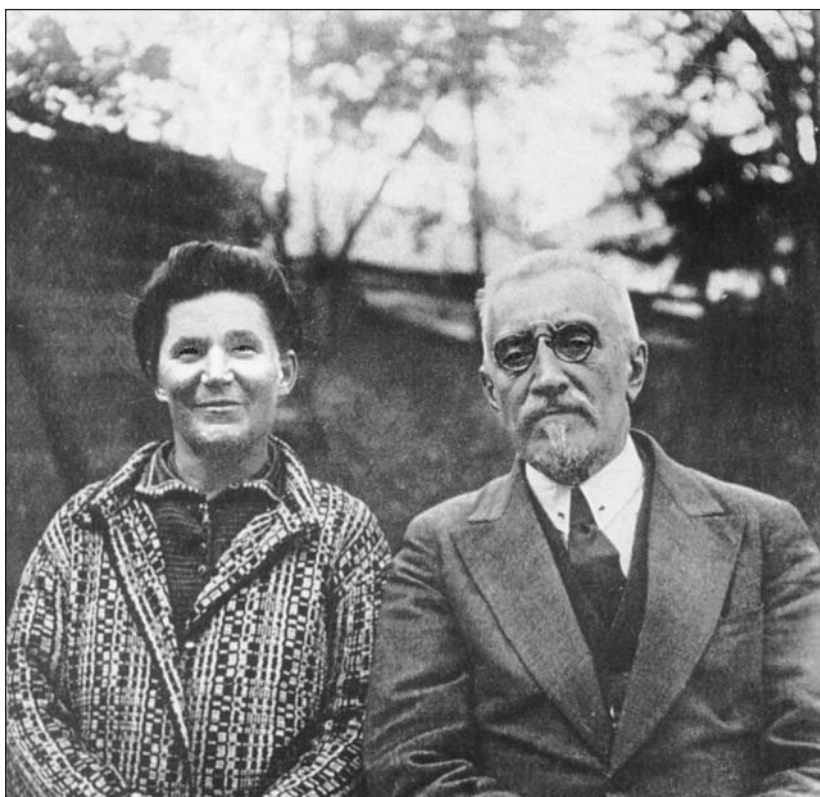
В 1905 и 1908 г. Догель снова работает в Неаполе, где Шевяков продолжает свое знаменитое исследование радиолярий. «Теперь много времени приходится проводить с Шевяковыми, — пишет Валентин Александрович отцу, — они относятся ко мне очень хорошо, прямо как к родному» [11; Д.50. Л.65]. По-видимому, профессором и был предложен объект — морские панцирные жгутиконосцы (*Peridinea*), исследованием размножения которых занялся в тот сезон Валентин Александрович. Кроме того, он продолжает изучение фауны грегарин — паразитов морских беспозвоночных.

Работая летом 1906 г. на станции в Бергене, Догель обнаруживает неизвестный род микроскопических паразитов — колечцов, — названный им *Haplozoon*. Исследование этих (как потом оказалось) *Dinoflagellata*, обнаруженных Догелем позднее также близ Мурмана, Тронхейма и Неаполя, составляет его магистерскую диссертацию, защищенную в 1910 г.

В справке о Валентине Александровиче, написанной, видимо, для получения им доценту-



На балконе Севастопольской биологической станции. Слева направо: Минкевич, К.Н.Давыдов, А.С.Догель, Т.К.Ковалевская, А.О.Ковалевский, В.А.Ковалевская, Г.А.Шнейдер. Примерно 1899 г. Публикуется впервые.



В.Т. и Л.А.Шевяковы. Иркутск, вероятно, 1927 г. Публикуется впервые.





В.А.Догель. Ленинград, 1930 г.  
Публикуется впервые.

ры в 1911 г., Шевяков отмечает: «Мой ученик В.А.Догель начал работать в заведомой мною лаборатории С.-Петербургского университета с 1901 года и еще на студенческой скамье зарекомендовал себя серьезным отношением к делу. <...> Работы его очень интересны и изобличают не только хорошего наблюдателя, но и вдумчивого ученого, стремящегося обсудить и обобщить сделанные наблюдения» [17; Д.109. Л.77].

От своего учителя Догель воспринял искусство рисовать во время лекций. Изображение разных систем органов животного мелкими разного цвета стало после Шевякова своего рода кафедральной традицией.

С 1908 г. Догель становится хранителем зоотомического кабинета. Тогда же Шевяков привлекает его к работе в качестве ассистента в Женском педагогическом институте. Преподавать Догель начал еще раньше: уже в 1905/06 учебном году он состоял ассистентом на Стебутовских женских сельскохозяйственных курсах и вел там практические занятия по зоологии.

Покинув в 1911 г. университет\*, Шевяков мог быть спокоен за судьбу кафедры — он вырастил себе замечательную смену. После революции Шевяков жил и работал в Иркутске. Побывав в Ленинграде, он писал Догелю: «С удовольствием вспоминаю мое посещение Вашего Кабинета — так отрадно было видеть, что все сохранилось и сохранилось в образцовом порядке. Спасибо Вам за это» [16].

Валентин Александрович, любимый ученик Шевякова, воспитал целую плеяду протозологов, составивших советскую школу протозологии. Ярчайшие ее представители — Ю.И.Полянский, А.А.Стрелков, Е.М.Хейсин, И.Б.Райков и Л.Н.Серавин — в свою очередь были учителями почти всех отечественных ученых, кто ныне работает в области протистологии, и многих ученых сопредельных стран.

Член-корреспондент АН СССР Валентин Александрович Догель развил на кафедре и другие научные направления. Сравнительно-анатомические и эколого-паразитологические исследования «патрона» и его учеников прославили кафедру зоологии беспозвоночных Ленинградского университета.

Он всемерно помогал Шевякову организовать в Иркутске первоклассный зоотомический кабинет. «Я все со своими нуждами! — писал Владимир Тимофеевич в 1925 г. в Ленинград. — Хотя у меня теперь и неплохой кабинет и с Вашей легкой руки имеется недурная демонстративная коллекция, но многого и очень многого даже нет. Выписать от Фрича или от других «Naturalienbandlungen», или же из Неаполя нет никакой возможности, во-первых из-за расстройств способов пересылки, а главное ввиду недостатка средств. Ну и приходится поби-

\* С 1911 по 1917 г. Шевяков был товарищем министра народного просвещения России. На этом посту он сделал много полезного для высшего образования. Одна из его личных заслуг — открытие Пермского университета.

раться» [15]. Вот другой отрывок из письма 1927 г.: «Избрание меня по Вашему предложению в почетные члены Общества естествоиспытателей очень польстило мне — это большая честь, которой я дорожу. На днях получил официальное известие и не сегодня завтра собираюсь благодарить президента, а также и секретаря К.М.Дерюгина; передавайте ему мой привет и благодарность за известие. Относительно представления моей работы вполне разделяю Ваше мнение и сердечно благодарю за хлопоты. Если будет положительный результат, то, конечно, поездка моя в Неаполь обеспечена».

Смерть Шевякова в октябре 1930 г. не разрушила теплых отношений между его вдовой Лидией Александровной и семьей Догелей. Более того, оказавшись высланной в Галич в связи с арестом сына\*\* в 1933 г., она ежегодно нелегально гостила у Догелей и в семье вдовы своего брата, В.А.Ковалевского, — Екатерины Федоровны Виноградовой. В 30-х годах такое гостеприимство требовало определенного мужества.

Лидия Александровна оказалась в Ленинграде летом 1941 г. Когда Догеля в числе ряда деятелей науки в приказном порядке эвакуировали с семьей из Ленинграда, его мать, Екатерина Алексеевна, лежала со сломанной ногой. Вывезти ее на самолете, на котором семью Валентина Александровича (с минимумом багажа) отправили сначала в Москву, а через несколько недель, уже поездом, в Алматы, оказалось невозможным. Лидия Александровна осталась с матерью Догеля и ухаживала за ней в самую страшную, первую блокадную зиму. Она покинула Ленинград только весной 1942 г., после смерти Екатерины Алексеевны, видимо, уже безнадежно подорвав свое здоровье.

\*\* Борис Шевяков, художник-реставратор, был арестован по делу Новгородского общества любителей древности и погиб на Соловках.

Спустя несколько месяцев Шевякова умерла в больнице Галича. С ее смертью оборвалась более чем 45-летняя прочная дружеская связь трех русских семей — Ковалевских, Шевяковых и Догелей, давших так много отечественной биологической науке.

\* \* \*

Я благодарен Л.В.Догель, Е.В.Догель, В.Б.Ковалевской, А.В.Зазерской и А.В.Ересковскому, а также сотрудникам архива РАН и РГИА за помощь в сборе материала для этого очерка. Обращаюсь ко всем лицам, обладающим какими-либо сведе-

ниями о жизни и деятельности героев настоящего очерка, и прежде всего о профессоре В.Т.Шевякове, с нижайшей просьбой откликнуться. (199053, Санкт-Петербург, Тучков пер. 3, кв. 6. С.И.Фокину. Тел. 321-14-23; e-mail: fokin@peterlink.ru.) ■

## Литература

1. Догель В.А. А.О.Ковалевский. М.; Л., 1945.
2. Пилипчук О.Я. А.О.Ковалевский. Киев, 1990.
3. Ковалевская-Чистович В.А. Александр Онуфриевич Ковалевский (Воспоминания дочери); Заболотный Д.К. Академик А.О.Ковалевский; Метальников С.И. Памяти А.О.Ковалевского; Мечникова О.Н. Дружба между А.О.Ковалевским и Ил.Ил.Мечниковым // Природа. 1926. №7—8. С.6—38.
4. Макарова Т.В. А.О.Ковалевский в Петербургском университете (1859—1867 гг.) // Вестн. ЛГУ. Биология. 1957. №3. С.73—84.
5. Макарова Т.В. Александр Онуфриевич Ковалевский в Петербургском университете // Тр. ИИЕТ. 1958. Т.24. Вып.5. С.222—254.
6. Штрайх С.Я. Новое из биографии А.О.Ковалевского // Успехи соврем. биологии. 1945. Т.20. Вып.1. С.61.
7. Российский государственный исторический архив (РГИА). Ф.733.
8. Мазурмович Б.Н., Полянский Ю.И. Валентин Александрович Догель. М., 1980.
9. Дейнека Д.И. Профессор А.С.Догель // Рус. арх. анат., гист., эмбр. 1924. Т.3. Вып.2. С.117—124.
10. Полянский Ю.И. «Мы — ученики Догеля» // Природа. 1982. №5. С.57—61.
11. Петербургский филиал Архива Российской академии наук (ПФА РАН). Ф.960.
12. ПФА РАН. Ф.300.
13. Давыдов К.Н. А.О.Ковалевский как человек и как ученый // Тр. ИИЕТ. 1960. Т.31. Вып.6. С.326—363.
14. Мазурмович Б.Н. Выдающиеся русские зоологи. М., 1960.
15. Fokin S. I. Professor W. T. Schewiakoff: Life and Science // Protist. 2000. V.151. P.181—189.
16. Архив кафедры зоологии беспозвоночных Санкт-Петербургского университета. Ф.2.
17. РГИА. Ф.1129. Оп.1.
18. Письма А.О.Ковалевского к И.И.Мечникову. М.;Л., 1955. С.213.
19. Беклемишев В.Н. Дмитрий Михайлович Федотов // Тр. ИЭМЖ. 1959. Вып.27. С.5.
20. ПФА РАН. Ф.923. Оп.3. Д.119. Л.1.

Недавно австралийские океанологи определили возраст Большого барьерного рифа, протянувшегося вдоль северо-восточного побережья Австралии более чем на 2000 км. Оказалось, что гигантскому подводному сооружению из коралловых рифов и островов 600 тыс. лет. Такая датировка получена при изучении кернов из двух буровых скважин глубиной 86 и 210 м. Независимый анализ по соотношению изотопов стронция подтвердил этот возраст,

а магнито-стратиграфическое исследование показало, что после последней инверсии магнитного поля Земли коралловое сооружение продолжало расти. Sciences et Avenir. 2001. №653. P.40 (Франция).

Наблюдая за поведением 120 королевских пингвинов (*Aptenodytes patagonica*), Ж.Девасм (G.Dewasmes; Университет им.Ж.Верна, Амьен, Франция) и его коллеги установили,

что нагрузка на верхний отдел позвоночника у спящих животных в 20 раз выше, чем на лапы у бодрствующих. Тем не менее они спокойно спят в условиях непрерывно шумящей колонии, не реагируя на толчки и удары соседей. Лапы же пингинов намного чувствительнее — ведь именно с их помощью они насиживают яйца и пестуют птенцов.

Antarctic. 2000. V.18. №1. P.2 (Новая Зеландия).

Зерцало



# Волновые процессы в зрительной коре мозга

И.А.Шевелев

В 1920-х годах немецкий электрофизиолог и психиатр Г.Бергер (1873—1941) впервые зарегистрировал биоэлектрическую активность (в виде колебаний потенциалов) мозга человека. С тех пор приложено много усилий, чтобы понять, имеют ли такие колебания какое-то функциональное значение или всего лишь сопутствуют нейронной активности и служат индикатором состояния мозга. Сегодня мы знаем, что работа этого важнейшего органа человека основана на передаче электрических сигналов, которые одновременно генерируются множеством нервных клеток. Электрическую активность всего мозга можно представить как шум огромной толпы, миллиарды членов которой разговаривают одновременно. Ни у кого не вызывает сомнений, что голос отдельного нейрона важен в этом общем шуме — ведь именно нервная клетка участвует в анализе и переработке информации. А вот относительно всей многоголовой ясности нет до сих пор.

Суммарная электрическая активность мозга (шум огромной толпы) записывается с помощью электроэнцефалографа, который регистрирует колебания электрических потенциалов



*Игорь Александрович Шевелев, академик РАН, директор Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН. Научные интересы связаны с нейронными механизмами опознания зрительных образов, ролью альфа-ритма и визуализацией активности мозга по его инфракрасному излучению. Монографии: «Динамика зрительного сенсорного сигнала» (М., 1971); «Нейроны зрительной коры: адаптивность и динамика рецептивных полей» (М., 1984); «Термоэнцефалоскопия» (с коллективом соавторов; М., 1989).*

в нескольких частотных диапазонах, или ритмах. Все вместе они формируют электроэнцефалограмму (ЭЭГ), анализируя которую, нейрофизиологи пытаются понять, как работает мозг.

Здесь речь пойдет только об одной его функции — зрительной — и об одном виде электрической активности, отраженной на ЭЭГ, о так называемом альфа-ритме, т.е. колебаниях электрических потенциалов с частотой от 8 до 13 Гц. В этом диапазоне частота ритма индивидуальна, но есть он практически у каждого человека и особенно мощно

проявляется в зрительной области (она находится в затылочной части обоих полушарий) коры большого мозга в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами.

Альфа-ритм, как и электрическая активность мозга в диапазоне других частот, многие годы был предметом фундаментальных исследований, но теперь переключался в прикладные и полуприкладные работы. Это связано, видимо, с тем, что большинство подходов к анализу его роли исчерпали себя и оказались непродуктивными.

Несмотря на множество специальных руководств и ряд журналов, заполненных статьями по ЭЭГ, значение альфа-ритма для работы мозга до сих пор дискуссионно, если не сомнительно.

Неясны и механизмы генерации этого ритма. Так, все еще преобладает точка зрения, что альфа-ритм — это колебания потенциалов, синхронно развивающиеся во всей зрительной коре, т.е. стоячая волна. Между тем много лет назад американские исследователи — математик У.Питс и невролог У.Мак-Каллок — предложили гипотезу сканирования, связанную именно с этим ритмом [1]. По их мнению, альфа-ритм отображает сканирование зрительной коры, считывание с нее информации движущейся волной возбуждения. Напомним, что в первичной проекционной области зрительной коры, куда приходят сигналы из сетчатки глаза через подкорковый зрительный центр, соблюдается так называемая ретинотопия. Это означает, что видимый мир, спроецированный на сетчатку (ретину) оптической системой глаза, отображается в коре принципиально такой же картиной возбуждения. Недаром зрительную кору называют корковой экранной структурой.

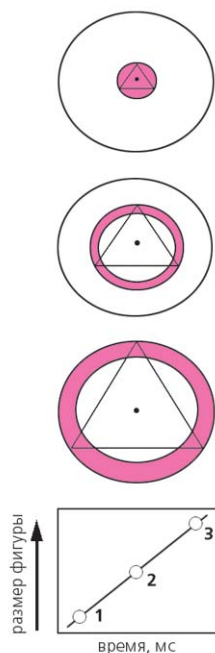
Авторы гипотезы сканирования предположили, что через каждые 100 мс в центре этого коркового экрана возникает волна возбуждения, которая распространяется за такое же время до его границ. Эта движущаяся волна суммируется в каждом нейроне с возбуждением, пришедшим из сетчатки глаза, тем самым повышая уровень деполяризации нервных клеток, расположенных все дальше от центра зрительной коры. В результате с корковой экранной структуры последовательно считывается, сканируется, зрительная информация, которая передается затем в другие области коры, где производится дальнейший анализ информации и опознание образов. Авторы придавали весьма большое значение альфа-ритму

и без излишней скромности называли свою статью «Как мы познаем Вселенную. Восприятие слуховой и зрительной информации»\*.

Мысль о сканирующей волне возникла не на пустом месте. Авторы заметили сходство структуры основных пучков нервных волокон в зрительной и слуховой коре со схемами устройств для автоматического управления зенитным огнем, разработанных в конце второй мировой войны. На это интересное совпадение обратил внимание и отец кибернетики Н.Винер, давший теоретической работе Питса и Мак-Каллока высокую оценку.

Несомненно, что эта идея, окажется она верной, была бы очень важна как для понимания последовательности переработки зрительной информации, так и для оценки функционального значения альфа-ритма. Однако

\* Позже, через 10 лет, Питс и Мак-Каллок стали соавторами знаменитой статьи Дж.Леттвина и Т.Матурано «Что глаз лягушки рассказывает мозгу лягушки», в которой были впервые описаны нейроны-детекторы. К сожалению, это замечательное достижение не удостоилось Нобелевской премии вместе с Д.Хьюбелом и Т.Визелом (о них см.: Лауреаты Нобелевской премии 1981 года. По медицине — Р.Сперри, Д.Хьюбел, Т.Визел // Природа. 1982. №1. С.105—107).



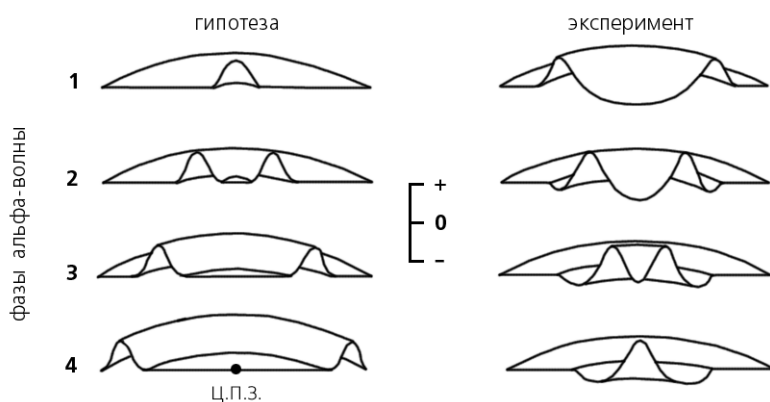
строгие доказательства гипотезы отсутствовали. Экспериментально сам сканирующий процесс не был обнаружен, а косвенные данные оказались противоречивыми — одни из них подтверждали следствия, вытекающие из гипотезы, другие — нет.

Чтобы подтвердить или опровергнуть гипотезу Питса и Мак-Каллока, в середине 80-х годов мы начали специальные опыты.

### Четыре косвенных доказательства

**Опознание формы геометрических фигур.** В то время проверить гипотезу об альфа-сканировании можно было лишь косвенно, так как существовало много методических ограничений. Мы провели 285 управляемых компьютером экспериментов, в которых перед испытуемыми (их было 29 человек) ставилась задача опознать форму геометрических фигур разного углового размера. Мы исходили из простого следствия гипотезы: если альфа-ритм распространяется из центра зрительной коры, то мелкие изображения, контур которых там и проецируется, бу-

*Гипотетическая связь размера опознаваемых треугольников с ходом распространения альфа-волны (показана цветом) и с последовательностью ее фаз (внизу). По гипотезе Питса и Мак-Каллока, волна движется из центра коры к периферии, последовательно считывая информацию о зрительном образе. Поэтому мелкие фигуры должны опознаваться раньше других (фаза 1), а крупные — позже всех (здесь фаза 3).*



Распространение альфа-волны по зрительной коре. Согласно гипотезе Питса и Мак-Каллока, эта волна начинает свой ход (фаза 1) из центра корковой проекции поля зрения (ц.п.з.) к периферии. Однако экспериментальные результаты показывают обратное направление — от периферии к центру.

дуг опознаваться лучше при их предъявлении испытуемому на ранних фазах альфа-волны, а более крупные, «локализованные» на периферии, — на относительно поздних\*.

В экспериментах компьютер в случайном порядке, на короткое время, предъявлял на экране геометрические фигуры разной формы и углового размера (от 0.7 до 16°) во время одной из четырех фаз альфа-волны или же — в контрольной серии — вне всякой связи с какой-либо из них.

Как мы и предполагали, вероятность опознания фигуры увеличивалась, если ее запуск производился в соответствующую ее размеру фазу [2, 3]. Но что было неожиданным, так это противоположная предсказанной связь между размером фигуры и фазой волны: если изображения на экране возникали в ранние фазы, лучше опознавались более крупные фигуры, а в поздние — наоборот, мелкие.

\* Точные фазы волны в то время было невозможно установить, поскольку сигналы от изображений разного размера приходят в зрительную кору с разной задержкой. Но это не имело принципиального значения для наших опытов, поэтому здесь говорится только о последовательности фаз альфа-волны — относительно ранних или относительно поздних.

Таким образом, мы косвенно подтвердили следствие гипотезы Питса и Мак-Каллока о распространении волны возбуждения по зрительной коре. Однако из наших опытов следовало, что альфа-волна движется не от центра к периферии корковой проекции поля зрения, как предполагали авторы гипотезы, а наоборот — от периферии к центру. Мы полагаем, что каждые 80–120 мс (период альфа-ритма у разных испытуемых) в корковой проекции ближней периферии поля зрения (9–12° от его центра) генерируется волна, которая равномерно перемещается к центру и достигает его за три четверти альфа-периода, т.е. примерно за 75 мс.

**Распознавание направления движения стимула.** Естественно было предположить, что с фазами альфа-волны связано распознавание не только формы изображения, но и направления его движения. Чтобы выяснить, так ли это, вызванная быстро движущимся по экрану световым пятном волна коркового возбуждения пускалась либо в одном направлении с распространяющейся альфа-волной, либо — навстречу ей. Испытуемые должны были ответить, к центру экрана или к пе-

риферии движется световое пятно, создаваемое компьютером. В этой серии экспериментов соблюдались те же условия: в опыте начало движения зрительного стимула совпадало с одной из фаз альфа-ритма, в контроле синхронизация полностью отсутствовала.

Известно, что человек лучше опознает центростремительное направление. (Это связано, по-видимому, с большей биологической значимостью для человека сигналов, которые появляются на периферии поля зрения в связи с их новизной и возможной опасностью.) В контроле так и было. Но в опыте это предпочтение сменялось на противоположное: испытуемые лучше распознавали центробежное направление — навстречу альфа-волне [4, 5]. Такое предпочтение в опознании вполне объяснимо. Известно, что восприятие движения основано на активации нейронов зрительной коры, обладающих высокой чувствительностью к его направлению. А поскольку активация зависит от пространственно-временного градиента входного сигнала, который бывает наибольшим при встречном движении двух волн (центростремительной альфа-волны и центробежной волны, вызванной светом), то естественно, что именно в этом случае и улучшаются показатели распознавания. Так подтвердилось еще одно следствие гипотезы Питса и Мак-Каллока.

**Возникновение зрительных иллюзий.** Из гипотезы сканирования вытекает еще одно следствие: ритмическая фотостимуляция с частотой альфа-ритма может создать в зрительной коре квазистробоскопический эффект. Мы решили проверить, способны ли ритмические вспышки света, создающие в зрительной коре диффузную волну возбуждения, «заморозить», остановить альфа-волну в некий момент движения и тем вызвать ее зрительное восприятие как неподвижного изображения. Следует сказать, что еще

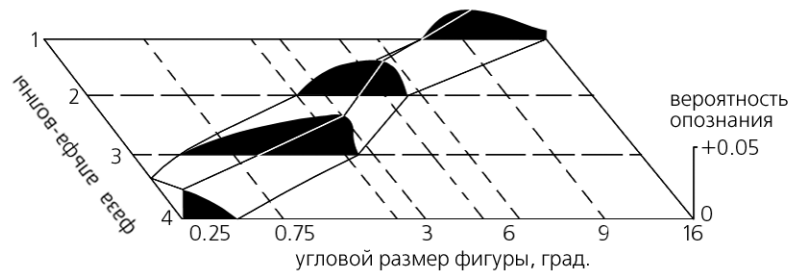
в 50-х годах английский нейрофизиолог У.Уолтер описал появление некоторых иллюзорных зрительных образов при вспышках света.

В наших опытах человек сидел с закрытыми глазами перед лампой стробоскопа, частоту вспышек которого компьютер менял в случайном порядке. При возникновении зрительной иллюзии испытуемый нажимал на ключ и компьютер фиксировал частоту, на которой образ появлялся. Судя по словесным описаниям и зарисовкам восприятий, испытуемые видели светящиеся кольца, круги, спирали или решетки с косо пересекающимися линиями [6, 7]. Примечательно, что в многократных повторах у каждого испытуемого преобладал один и тот же тип иллюзии. Раз возникнув, она могла двигаться: спираль или диск медленно вращались, образ пульсировал, удаляясь или смещаясь в сторону, менял цвет.

Индивидуальная, доминирующая в спектре мощности ЭЭГ, частота альфа-ритма и оптимальная частота стимуляции (ее диапазон у разных людей колебался от 6.5 до 13.8 Гц) для получения четкого иллюзорного эффекта оказались тесно связанными. Характерно, что вероятность восприятия круга и спирали значительно снижалась даже при небольшом изменении частоты стимуляции, а образ решетки возникал на частотах более низких или высоких по сравнению с теми, которые вызывали иллюзии круга и спирали.

Итак, в этой серии опытов подтвердилось третье следствие исходной гипотезы. Наши испытуемые «увидели», т.е. иллюзорно восприняли как реальный зрительный образ собственную волну альфа-ритма, как бы остановленную в тот или иной момент ее распространения по зрительной коре.

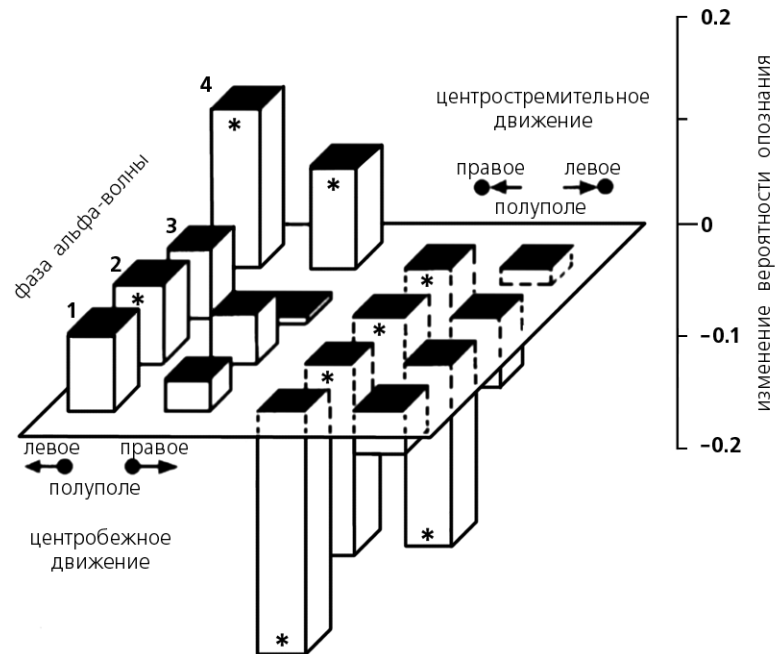
На чем основан этот эффект? Можно думать, что возбуждение, создаваемое вспышками, изоритмичными с альфа-волной,



*Зависимость вероятности (отложена по вертикали) опознания геометрических фигур разного размера от момента их предъявления, т.е. от фазы альфа-волны. При хаотическом предъявлении в контрольных опытах эта вероятность одинакова и принята за ноль (координатная плоскость). Видно, что распознавание более крупных фигур улучшается по сравнению с контролем, если они предъявляются на ранних фазах альфа-ритма, а более мелких — на поздних фазах.*

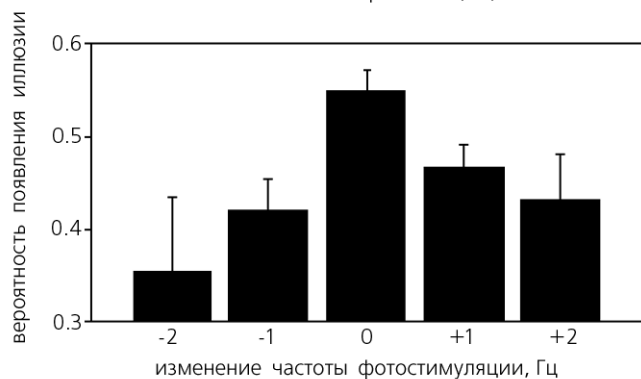
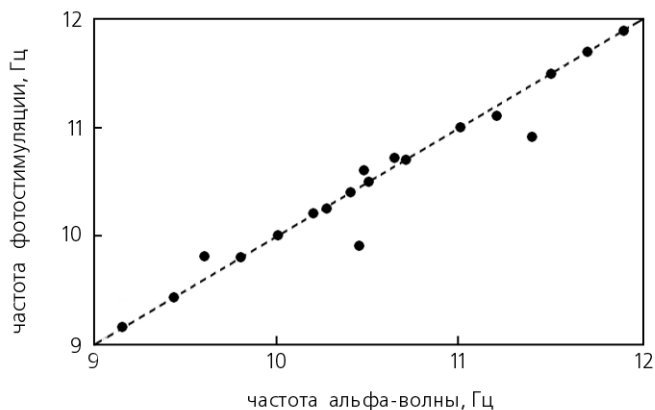
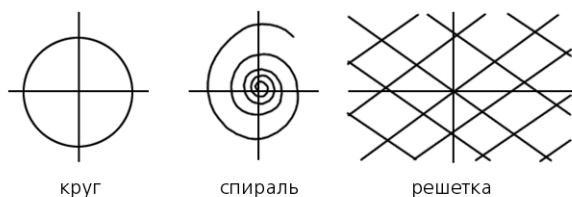
доводит до порога восприятия обычно невидимое (подпороговое) ее распространение. Наши результаты свидетельствуют в пользу кольцевой формы сканирующей волны, так как имен-

но круг или кольцо были наиболее характерными иллюзиями у испытуемых. Что касается спирали, то она чаще возникала при небольшом рассогласовании частот стимуляции и альфа-



*Опознание центростремительного и центробежного движений. При совпадении времени запуска движущегося светового пятна с какой-либо фазой альфа-волны центробежное направление опознается лучше по сравнению с контролем (нулевая плоскость), а центростремительное — хуже. Предпочтение выражено сильнее, когда пятно начинает движение из левого полуполя зрения. Звездочками на схеме отмечены достоверные ( $p < 0.05$ ) отклонения в опознании.*





*Возникновение зрительных иллюзий. При фотостимуляции с частотой альфа-ритма обычно появляются иллюзии в виде круга, спирали или решетки (вверху), причем четко проявляется связь частоты фотостимуляции для их вызова с доминирующей у каждого испытуемого частотой альфа-ритма (в середине). Примечательно, что рассогласование этих частот на 1–2 Гц приводит к снижению вероятности возникновения любой иллюзии, особенно — круга (внизу).*

ритма, в то время как решетка — при более значительном их отличии.

**Движущиеся волны и зрительные иллюзии.** Мы решили проверить также, связаны ли описанные иллюзии с движущимися волнами ЭЭГ, так как казалось логичным, что и эти волны могут отражать работу сканирующего механизма. Дело в том, что движение волны возбуждения в зрительной коре может

вызвать последовательное смещение максимума потенциала по поверхности коры большого мозга. В электрофизиологии это смещение и принято называть движущимися волнами. На динамических картах альфа-потенциалов мозга удается выделить несколько фокусов, или полюсов, каждый из которых перемещается по своей траектории. Если проанализировать такие карты, можно выяснить, совпадает

ли с каким-либо направлением движения та или иная иллюзия, вызванная у испытуемых ритмической фотостимуляцией.

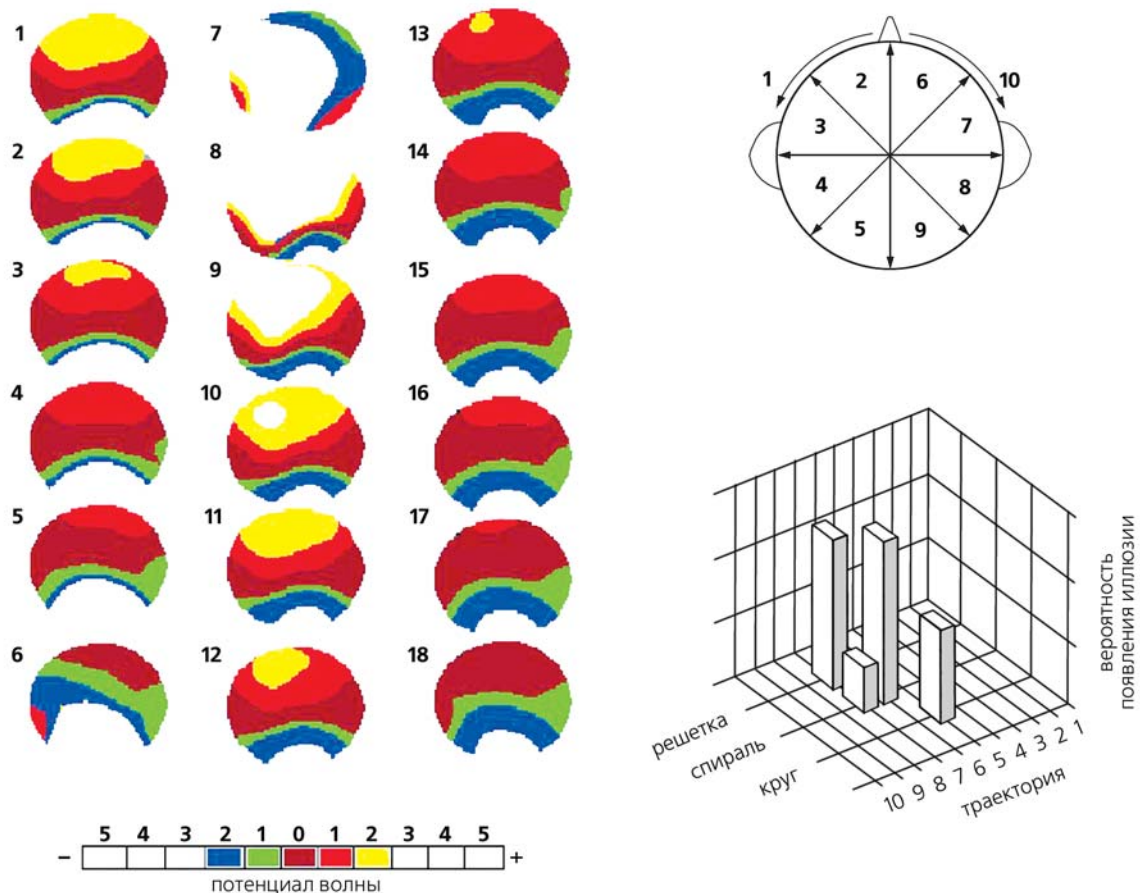
Карты альфа-потенциалов (с шагом 4 мс) мы строили на основе ЭЭГ испытуемых, которые находились в условиях наибольшего проявления альфа-ритма, т.е. спокойно сидели закрыв глаза. Движущиеся волны обнаруживали, сравнивая ЭЭГ, полученные до и во время фотостимуляции, и ранжировали их по 10 траекториям. Каковы же были результаты?

Во-первых, на серии динамических карт, отражающих волну, которая двигалась от затылка к лбу, мы увидели, что отрицательный полюс потенциала, находящийся в затылочной области коры, распространяется в том же направлении [8]. Во-вторых, удалось выявить, что конкретные иллюзии возникали на фоне определенной траектории волны. Например, круг и спираль появлялись в том случае, если волна двигалась от затылка к лбу, а решетка — при траектории, направленной от левой затылочной области коры к правой лобной. Следовательно, связь между видом иллюзии и направлением движения альфа-волны существует.

## Прямое доказательство

Теперь мы уже знали, что от фазы альфа-волны зависит распознавание формы геометрических фигур и направления движения зрительного стимула, что эту волну можно «остановить», вызвав ее иллюзорный зрительный образ; увидели, что она распространяется по нескольким траекториям, с которыми связан определенный вид иллюзии. Но все это — косвенные доказательства. Как же получить прямые подтверждения теоретическим построениям Питса и МакКаллока?

Исходя из зависимости вида иллюзии от траектории смеще-



Движущаяся волна альфа-ритма и ее траектории. На картах поля альфа-потенциалов мозга (три левых колонки) одного из испытуемых видно, что она распространяется от затылочной области мозга к лобной. Возможны несколько траекторий (на правой части рисунка их показано 10). На фоне определенной траектории и возникает конкретная зрительная иллюзия (справа внизу).

ния максимума потенциала, мы предположили, что эта траектория может отражать и движение источника альфа-ритма. Обнаружив это, мы тем самым непосредственно доказали бы гипотезу сканирования.

Регистрация электрической активности мозга от набора электродов, расположенных в разных участках головы человека, позволяет судить о распределении потенциалов на двумерной поверхности. Известно, однако, что в энцефалограмму существенный, а иногда и определяющий вклад вносят генераторы потенциалов из глубинных структур мозга. Обнаружить и установить местоположение таких генераторов позволяют

методы трехмерного анализа ЭЭГ, основанные на решении обратной задачи. Для этого разработаны специальные компьютерные программы.

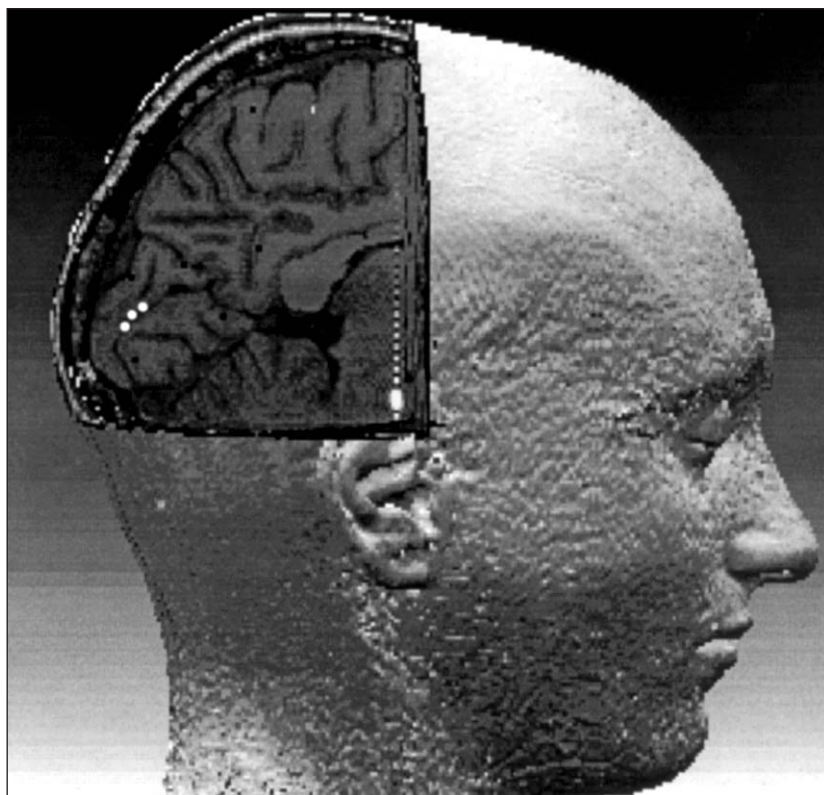
Считается, что за распределение альфа-потенциалов по поверхности головы отвечает эквивалентный токовый диполь альфа-ритма [9]. Наша задача состояла в том, чтобы выявить последовательный сдвиг диполя по зрительной коре во время развития альфа-волны, которая регистрируется от поверхности головы.

Для этого анализировали ЭЭГ испытуемых (в опытах с ритмической фотостимуляцией, вызывающей зрительные иллюзии), решая обратную задачу для

трехслойной сферической модели головы. В результате в затылочных долях мозга удалось выявить и последовательный сдвиг диполя, и поворот его вектора [10]. При движении альфа-волны от затылочной области к лобной источник альфа-ритма смещался в медиальном направлении и вниз, а его дипольный момент поворачивался против часовой стрелки в горизонтальной плоскости и по часовой стрелке — в сагиттальной. Эти результаты указывают на быстрое смещение источника альфа-ритма в области мозга, которая совпадает с первичной зрительной корой, и подтверждают гипотезу о ее сканировании распространяющейся волной.



*Положение токового диполя альфа-ритма и его векторов в динамике (шаг 2 мс). Токовый диполь (черные точки) — источник альфа-ритма — локализован в затылочной области, в какой бы плоскости профиля головы он ни был выявлен, и его позиция меняется по мере движения волны. Происходит и поворот вектора диполя (линии, исходящие из точек).*



*Точная локализация токовых диполей в мозге человека. На трехмерной карте мозга, полученной по данным ЯМР-томографии, расчетным методом виртуальной хирургии удалена часть затылочного полюса правого полушария. На внутренней, «обнажившейся» поверхности левого полушария показаны три последовательных положения дипольного источника альфа-ритма (белые точки). Находятся они на шпорной борозде — первичной проекционной области зрительной коры (другие дипольные источники располагаются глубже и на срезе не видны). Из-за сложности рельефа этой борозды поворот вектора диполя становится неизбежным.*

Таким образом, последовательный сдвиг диполя во время альфа-ритма прямо отражает движение волны возбуждения по зрительной коре. Поворот же вектора диполя при этом становится неизбежным, ведь она движется не по ровной поверхности, а по сложно упакованной шпорной извилине в первичной проекционной области зрительной коры.

Поскольку локализация источника альфа-ритма проводилась на «обобщенной» трехмерной модели головы, мы сочли необходимым подтвердить его местоположение для каждого испытуемого с помощью ЯМР-томографии. Полученные трехмерные карты структур мозга (с пространственным разрешением около 1 мм) каждого конкретного человека, участвовавшего в опыте, совмещали по определенной программе с картами, которые отражали локализацию диполей альфа-ритма. Благодаря такому наложению двух видов трехмерных карт впервые удалось прямо выявить, что дипольный источник альфа-волны во время ее движения последовательно смещается по шпорной извилине. Это непосредственно, а не косвенно, свидетельствует в пользу гипотезы сканирования.

## Механизмы генерации и распространения альфа-волны

Теперь, имея доказательства гипотезы Питса и Мак-Каллока, попробуем разобраться в механизмах, которые обуславливают возникновение и движение альфа-волны.

В принципе полученные в наших экспериментах эффекты можно было бы попытаться объяснить и без привлечения идеи о движении альфа-волны по зрительной коре. Однако если предположить, что одновременно вся эта кора просто «дышит» с частотой альфа-ритма, то нельзя было бы связать зави-

симось опознания геометрических фигур разного размера с фазой альфа-волны. Необъяснимым осталось бы и появление оформленных зрительных иллюзий при фотовспышках с альфа-частотой.

Часто критики гипотезы сканирования справедливо напоминают, что альфа-ритм наиболее выражен в темноте и при закрытых глазах, а воздействие света подавляет его, и он сменяется асинхронными колебаниями на более высоких частотах. Но противоречие этого известного факта с гипотезой Питса и Мак-Каллока только кажущееся, и авторы, кстати, сами упоминали о нем. Можно думать, что активация альфа-ритма при закрытых глазах — это эффект «холостого хода» сканирующего механизма. Тогда снижение на свету мощности альфа-ритма свидетельствует не об его истинном уменьшении, а об интерференционной маскировке. В самом деле, пришедшие из сетчатки глаза сигналы о многообразном внешнем мире поразному активируют корковые нейроны, которыми эти сигналы (точнее, зрительная информация) перерабатываются. В результате создается множество волн возбуждения не синхронных с альфа-ритмом, потому и возникает впечатление, что он затухает при активном зрительном восприятии.

Питс и Мак-Каллок считали, что благодаря сканированию

зрительной коры альфа-волной человек распознает объекты внешнего мира независимо от изменения их размера и поворота в пространстве. (Все мы узнаем стул, большой он или маленький, стоит на ногах или лежит на боку.) Кроме того, авторы гипотезы утверждали, что последовательное сканирование выгодно для представления на выходе зрительной коры информации не только в пространственном коде, но и во временном. К тому же сканирование, считали они, может обеспечить компактность «кабеля», который связывает первичную зрительную кору с другими корковыми полями мозга. И этот «кабель» не требует того громадного числа нервных волокон, которое было бы необходимо для восприятия зрительной информации без сканирующего процесса. Благодаря ему, утверждали Питс и Мак-Каллок, такой «кабель» может быть упакован в отведенное ему ограниченное место в белом веществе затылочных долей мозга. Трудно добавить что-либо новое и существенное к этим весьма развитым умозрительным построениям, высказанным 50 лет назад. И хотя их все еще трудно обсуждать в деталях, аналогии можно найти. Отечественный физиолог М.Н.Ливанов (1907—1986) говорил о пользе сонаторики ритмов активности разных структур мозга для обеспечения функциональной связи

между ними. За счет такой связи и повышается эффективность двигательной реакции на сенсорный стимул у животных и человека.

Известно, что волны возбуждения могут генерироваться как внутри коры мозга, так и в подкорке, т.е. в структурах, внешних по отношению к ней. В самой коре волны, движущиеся со скоростью нескольких метров в секунду (такова скорость и сканирующей волны), до сих пор прямо не визуализированы. Правда, благодаря применению все более совершенных технических устройств в нейрофизиологических исследованиях уже удалось увидеть более медленные, чем сканирующая альфа-волна, волны (со скоростями до нескольких десятков мм/с) в зрительной коре [11] и обонятельной луковице [12]. Мы надеемся, что удастся увидеть, а не иллюзорно воспринять, и движущуюся альфа-волну. Мы уверены, что ее визуализация позволит лучше понять последовательность операций по переработке зрительной информации в коре большого мозга. ■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 93-04-21450, 97-04-48415), Российского гуманитарного научного фонда (проект 98-06-08027а), а также программы «Интеграция» (проект 429).**

## Литература

1. Pitts W., McCulloch W.S. // Bull. Math. Biophys. 1947. V.9. P.127—147.
2. Шевелев И.А. и др. // Физиология человека. 1985. Т.11. №5. С.707—711.
3. Shevelev I.A. et al. // Int. J. Psychophysiol. 1991. V.11. P.195—201.
4. Шевелев И.А. и др. // Сенсор. системы. 1991. Т.5. №3. С.54—59.
5. Shevelev I.A. et al. // Febs Lett. 1996. V.392. P.169—174.
6. Шевелев И.А. и др. // Журн. высш. нерв. деятельности. 1996. Т.46. №1. С.34—39.
7. Каменкович В.М. и др. // Журн. высш. нерв. деятельности. 1998. Т.48. №3. С.449—457.
8. Shevelev I.A. et al. // Int. J. Psychophysiol. 2000. V.39. P.9—20.
9. Верхлютов В.М. и др. // Журн. высш. нерв. деятельности. 1999. Т.49. №1. С.3—11.
10. Shevelev I.A. // Brain Topogr. 1993. V.5. №2. P.77—85.
11. Shevelev I.A., Tsicalov E.N. // Neuroscience. 1997. V.76. №2. P.531—540.
12. Delaney K.R. et al. // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 1994. V.91. P.669—673.



# Вихри течения Ойясио

К.А.Рогачев,

кандидат физико-математических наук

Тихоокеанский океанологический институт Дальневосточного отделения РАН

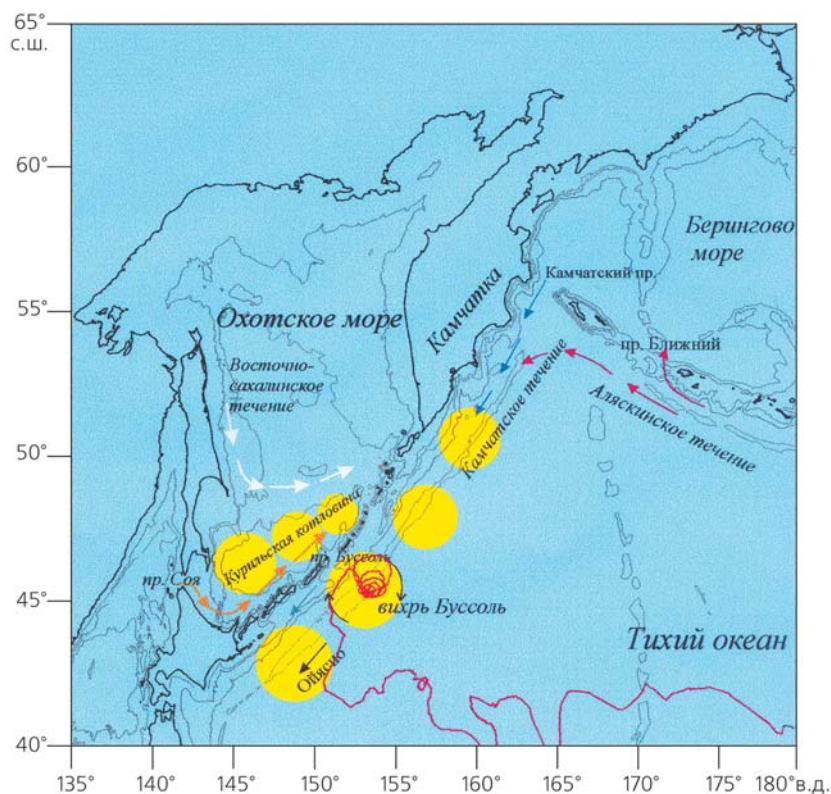
Л.В.Гогина

Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения РАН

Владивосток

Как известно, погода зависит от проходящих атмосферных вихрей — циклонов и антициклонов. Так, тайфуны — тропические циклоны в Тихом океане со скоростью ветра до 250 км/ч — приносят на побережье ливневые осадки, приводящие к катастрофическим наводнениям. В океане также есть синоптические вихри, их называют циклонами и антициклонами, если вода в них вращается соответственно против или по часовой стрелке [1]. Однако эти вихри сильно отличаются от тех, которые непосредственно формируют погоду. Океанические антициклоны живут довольно долго, охватывая всю толщу вод от поверхности до дна и перемещаясь вместе с течениями или против них.

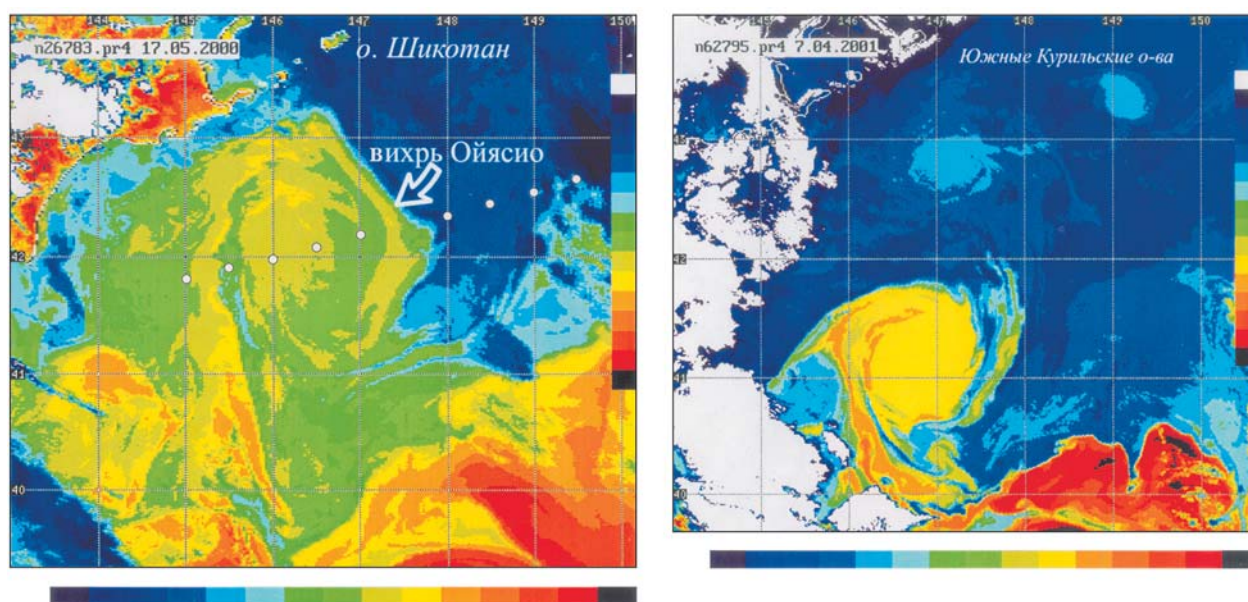
В Тихоокеанском океанологическом институте РАН уже около 20 лет ведутся наблюдения за большими антициклоническими вихрями, формирующимися на западе Тихого океана, в зоне слияния двух главных течений этого региона: Ойясио и Куроисио [2–4]. Растянутые вдоль всей длины Курило-Камчатского желоба, эти вихри медленно движутся на северо-восток, против основного потока Ойясио, в субарктические воды. Свойства вихрей (их размеры, температура



Антициклонические вихри (желтые круги) движутся вдоль Курило-Камчатской котловины к северо-востоку. Красная линия — траектория движения буя, установленного в вихре Буссоль.

и соленость в ядре) не постоянны. Изменчивость такого масштаба оказалась самой большой из наблюдавшейся где-либо еще в океане. Кроме того, вихри стали новым индикатором вариаций климата океана.

Один из них, названный WCR86B (вихрь Куроисио 1986 г. с теплым ядром), отделился от течения Куроисио примерно у 37° с.ш. и двигался вдоль желоба против течения на северо-восток со скоростью около 1–2



Вихри у южных Курильских о-вов. Инфракрасное изображение, полученное со спутника НОАА в Центре приема спутниковой информации Института автоматики и процессов управления ДВО РАН. Шкала цвета соответствует увеличению температуры слева направо и снизу вверх. Белые точки — положение океанографических станций на разрезе через вихрь Ойясио. Слева — в мае 2000 г., когда здесь располагался самый крупный антициклонический вихрь, который наблюдался в регионе; справа — в апреле 2001 г.

см·с<sup>-1</sup>. В сентябре 1990 г. он достиг широты пролива Буссоль (46,5°с.ш.), отделяющего южную группу Курильских о-вов от средней. Даже так далеко от места своего появления он содержал теплое и соленое ядро в верхнем слое воды (что обычно для вихрей Куроисио у побережья Японии) и ядро низкой солености в промежуточных слоях (250—600 м). (Из-за этого вихри Ойясио называют вихрями с пресным ядром.) Слежение за вихрем проводилось с помощью последовательных съемок [2—6] на судах Тихоокеанского океанологического института (ТОИ) и непрерывных спутниковых изображений, принятых и обработанных в Институте автоматики и процессов управления ДВО РАН.

Подобные вихри (а каждый год у пролива Буссоль находится новый антициклон) — индикатор быстрых изменений, происходящих в холодных водах Тихого океана в последнее де-

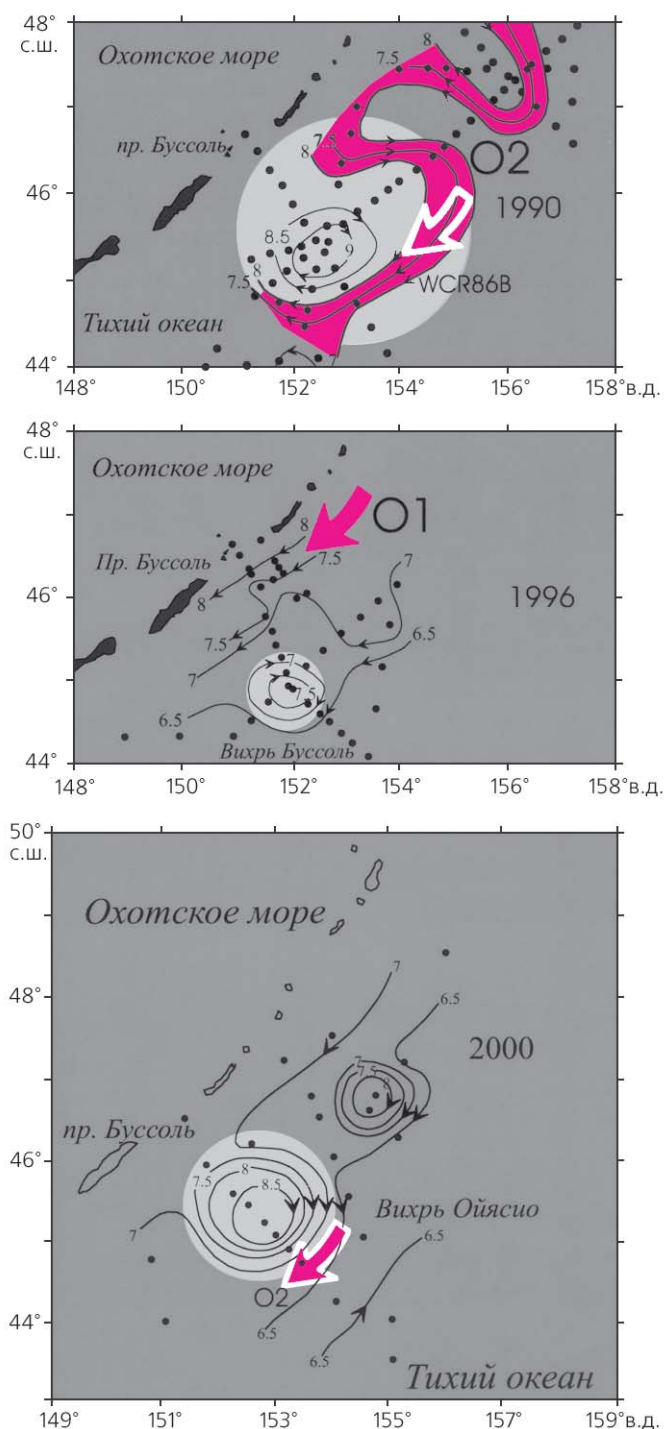
сятилетие и названных климатическим сдвигом [3—5]. Каким же образом вихри связаны с процессами, определяющими климат?

### Вихри и вариации климата океана

Накопленное верхними слоями океана в низких широтах солнечное тепло переносится летом теплыми течениями (такими, как Куроисио) в умеренные. В холодный период года океан в высоких широтах отдает его в атмосферу. Это один из основных механизмов воздействия океана на климат. Самый длинный ряд инструментальных наблюдений за температурой и осадками относится к континентам, и только в последние годы благодаря специальному проекту Всемирной метеорологической организации появились первые данные об осадках над океаном.

Количество осадков прямо зависит от температуры поверхности океана и тепла, переносимого главными океанскими течениями. Однако во фронтальной зоне (т.е. в области больших градиентов температуры и солености) тепло и соль переносят не только течения, но и синоптические вихри океана, характеристики которых свидетельствуют помимо прочего об изменениях в системе течений (циркуляции вод в океане).

Считается, что в 1976 г. в Тихом океане произошла смена режима океана [3]. Но, несмотря на более чем десятилетние исследования, ее механизмы до сих пор не ясны. В Приморском крае в 1976—1977 гг. разразилась драматическая засуха, а зимы были самыми продолжительными. Похожая ситуация сложилась в 1996—1997 гг. В период с 1988 по 1992 г. количество осадков превышало их сумму за 1976 г. в четыре раза. Эти на-



Динамическая топография (возвышения поверхности океана из-за разного распределения плотности) вихрей у пролива Буссоль в разные годы. Серым цветом показаны вихри Ойясио, красными стрелками — положение струй Ойясио. Хорошо заметно изменение размеров вихрей и смена главных струй течения: с морской (O2 – 1990 г.) на прибрежную (O1 – 1996 г.) и снова на морскую (в 2000 г.). Рисунок из работы [4].

блюдения свидетельствуют о сильной декадной (10-летней) изменчивости осадков, и именно она «ответственна» за рост суммы осадков в 1989–1991 гг. и в 2000-м. Нужно отметить, что стратификация и циркуляция субарктических вод в значительной степени определяются солечностью, и поэтому они должны сильно зависеть от притока пресной воды в океан, а его изменчивость в Субарктике Тихого океана до сих пор не изучалась.

В 2000 г. проливные дожди и наводнения начались для Приморья довольно рано, в конце июля, с выходом в Японское море тайфуна Болавин. Не только в Приморье, но и в Японии и Корее сумма осадков в том году оказалась рекордной за всю историю наблюдений, что связано со стационарным сезонным фронтом и тайфуном Саомай. В центральных районах Японии в течение двух дней выпало более 80 см осадков. Примерно столько же Владивосток обычно получает в течение всего года. Кроме того, поздней осенью 2000 г. на северо-западе Тихого океана сформировался очень глубокий циклон с давлением в центре около 950 мб. Его последствием стала гибель теплохода «Рязань» — он затонул в Беринговом море 6 ноября.

Что происходило во время этих погодных вариаций в океане? Регулярные наблюдения за течениями и вихрями начались в 90-е годы в рамках программы (совместной с Канадским тихоокеанским океанологическим институтом) по изучению климата северной части Тихого океана. Детальными съемками была охвачена обширная область субарктических вод у Курильских островов и Камчатки — так называемых западных пограничных течений: Камчатского и Ойясио. Одной из задач был поиск океанографических индикаторов, способных дать достаточно полное представление о происходящих изменениях климата и одновременно не требующих



больших затрат судового времени. Исследования позволили выделить все детали основных течений, включая протяженную цепь больших антициклонических вихрей Ойясио, растянутых вдоль глубоких желобов у Японии, Курил и Камчатки. После длительного перерыва наблюдения были продолжены в 2000 г. в экспедиции Японского центра морских наук и технологий с участием сотрудников ТОИ на судне «Мирай».

В целом с 1990 по 2000 г. были изучены характеристики около двух десятков вихрей пограничных течений и семь различных антициклонических вихрей Ойясио у пролива Буссоль. В 1990 г. у пролива находился уже упомянутый самый большой вихрь WCR86B с теплым соевым ядром.

В серии следующих друг за другом вихрей Ойясио с 1990 по 1996 г. их ядра, расположенные на глубине 100–400 м, постепенно становились холодней, а соленость в них уменьшалась. Если в 1994–1996 гг. горизонтальные и вертикальные размеры вихрей значительно сократились, а их динамический уровень (возвышение поверхности океана из-за вариаций плотности) упал, то, по наблюдениям 2000 г., эти характеристики в последние четыре года выросли. За истекшее время произошло возвращение пограничных течений в прежнее состояние, а вихри Ойясио стали большими и глубокими, при этом выросла их динамическая высота. Вместе с переменами на континенте смены в океане указывали на существование быстрой изменчивости климата в регионе.

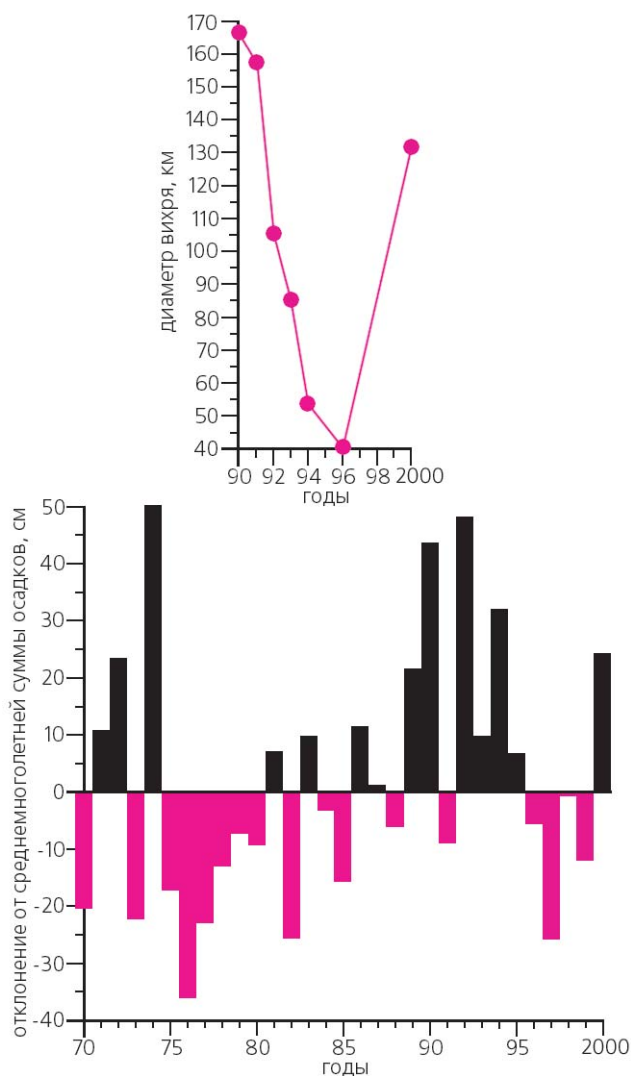
Другими словами, размеры, глубины и структура вихрей могут служить новым климатическим индексом, способным дать представление о процессах, происходящих в океане. Первоначально именно наблюдения за вихрями позволили сделать вывод о быстром изменении климата в Субарктике Тихого океана, которое было названо

термохалинным переходом. Главным его последствием стала смена циркуляции в океане [4–5]. Она согласуется с похожими процессами на северной границе субарктического круговорота [5]. Стало ясно, что субполярный круговорот в океане с горизонтальным масштабом около 4000 км может характеризовать вихри диаметром около 200 км. На спутниковых снимках к востоку от Куриль-

ских о-вов всегда можно увидеть несколько таких больших антициклонических вихрей.

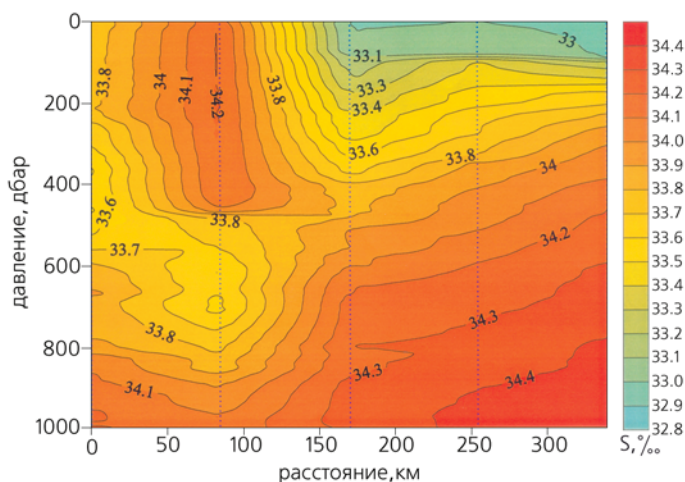
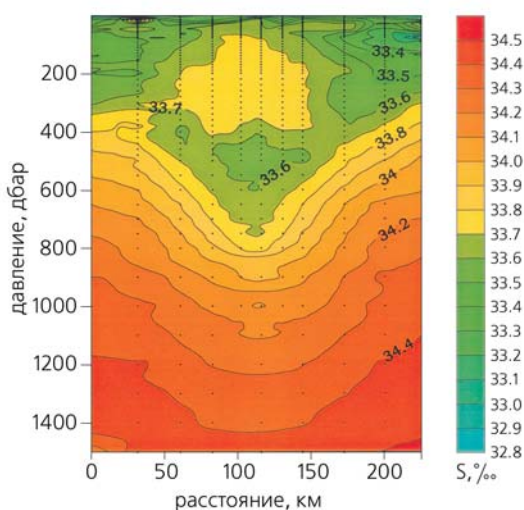
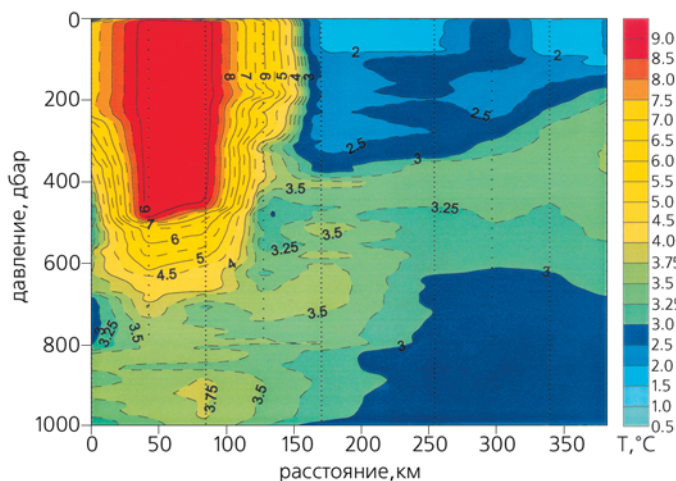
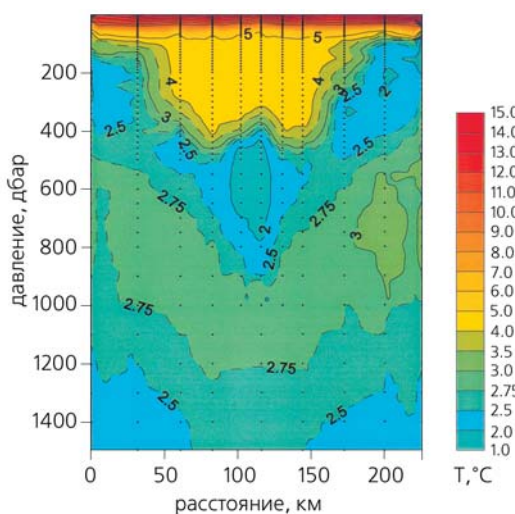
## Ловушка длинных волн

Данные дрейфующих буев и акустические наблюдения за глубиной звукорассеивающих слоев показывают, что у антициклонических вихрей сложная



Изменение диаметра вихрей Ойясио (вверху) и аномалии осадков (отклонение от среднемноголетней суммы) во Владивостоке. Цветом показаны отрицательные аномалии, соответствующие засухе, особенно сильной в 1976 и 1997 гг.; черным — отмечены годы с положительной аномалией, во время которых случались наводнения.





Температура ( $^{\circ}\text{C}$ ) и соленость ( $\text{‰}$ ) в вихрях Ойясио (числа на изолиниях) в сентябре 1989 г. (слева) и в феврале 2000 г. На разрезах слева хорошо заметно холодное и пресное ядро, расположенное под теплым и соленым. На рисунках справа видно, что вихрь содержит мощное теплое и соленое ядро. Диаметр вихря превышает 200 км, а глубина ядра больше 700 м. Разрезы построены с использованием данных научно-исследовательского судна «Мирай» (Японское агентство по морским наукам).

внутренняя структура: они способны захватить и держать в своем ядре длинные волны большой амплитуды, которые называют инерционными. Течения, вызываемые такими волнами, вместе с приливными движениями вносят значительный вклад в перемешивание верхнего слоя океана [7].

Самые интересные наблюдения дали три буя (дрифтера), установленные осенью 1990 г. на участке, проходящем у про-

лива Буссоль через центр антициклонического вихря (эти приборы были предоставлены нам канадским океанологом П.Леблонем). Они не только вращались в вихре, но и совершали большие регулярные петли. Один из этих буев показал инерционные движения очень большой амплитуды. В ядре вихря он дрейфовал со средней скоростью около  $40\text{--}45\text{ см}\cdot\text{с}^{-1}$  и радиусом вращения  $15\text{--}20\text{ км}$ . На это среднее вращение накла-

дывались инерционные петли с периодом, близким к суткам, и радиусом  $7\text{--}8\text{ км}$ . Скорости течений достигали  $140\text{ см}\cdot\text{с}^{-1}$  в центре вихря и заметно уменьшались на его границах. Вместе с изменением амплитуды этих возмущений менялся инерционный период.

Принято считать, что инерционные возмущения возникают при резкой смене ветра. В Северном полушарии вектор скорости таких течений враща-

ется так же, как в приливной волне — по часовой стрелке. Инерционные силы в таких движениях — сила Кориолиса и центробежная, связанная с траекторией частиц воды, поэтому инерционный период определяется шириной места. Например, на широте пролива Бусоль он должен составлять около 17 ч. Однако в вихре инерционный период был гораздо больше.

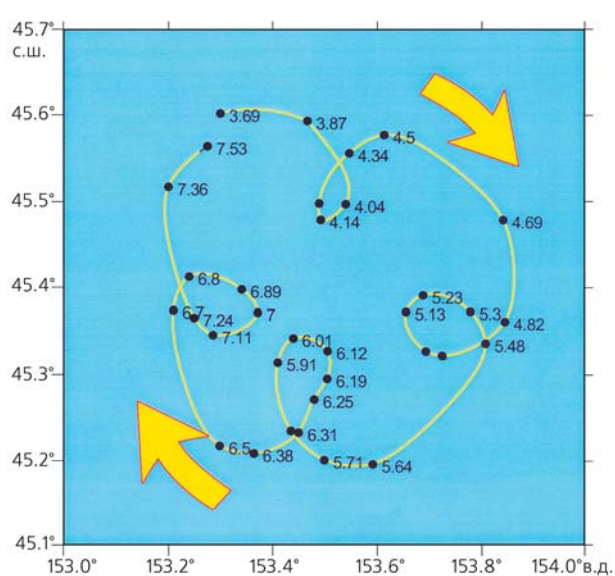
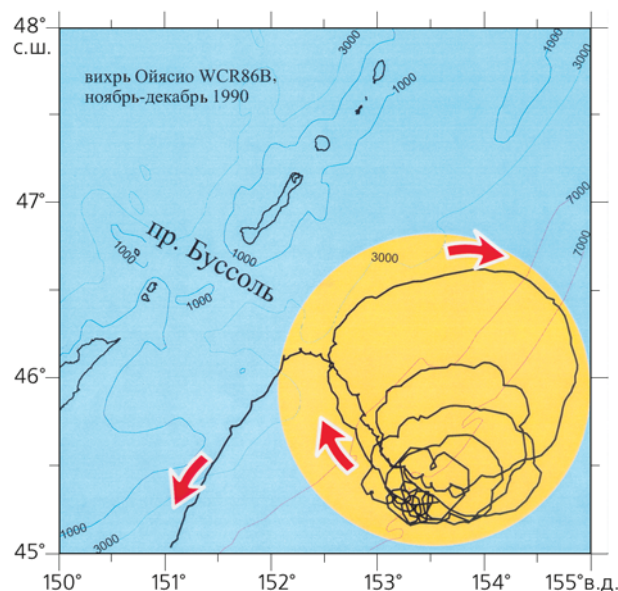
Дело в том, что в антициклоническом вихре вращение противоположно направлению вращения Земли. Тем самым создаются особые условия для инерционных волн — вихрь меняет относительную завихренность (из-за собственного вращения). В результате понижается локальная инерционная частота волн внутри вихря. По сути волны чувствуют не только вращение Земли, но и его вращение. Кроме того, свободно распространяться могут только волны, частота которых больше локальной инерционной. Ее понижение в центре вихря и обеспечивает захват волн внутрь него, они уже не могут покинуть созданную им ловушку.

Но как только локальная инерционная частота (ее можно назвать эффективной) становится близкой к частоте суточного прилива, оказывается возможным захват приливной энергии. Точно так же вихри способны накапливать и использовать энергию ветра, когда захватывают инерционные волны, возбужденные им. Усиление таких движений в ядре вихря ведет к генерации турбулентности, поэтому степень перемешивания в его ядре должна меняться вместе с внешним воздействием, например при прохождении глубоких атмосферных циклонов.

Возбуждение инерционных движений, таких как в вихре Ойясио, требует сильного внешнего воздействия. Возможные источники таких волн — ветер и приливные течения. Глубокий циклон действительно прошел во время постановки буев в вихре Ойясио, в ноябре 1990 г., но, к сожалению, буй довольно быстро его покинул. Механизм возбуждения волн приливными течениями рассматривается пока как гипотеза, поскольку нет достаточного количества дан-

ных о двухнедельных циклах, таких как полученные на банке Кашеварова [8]. На этом этапе наших знаний можно полагать, что оба механизма генерации инерционных движений (ветер и приливы) равносильны. Правда, сравнение с другими наблюдениями [9] показывает, что сильные шторма не вызывают волн такой амплитуды. Так, тайфун Нельсон со скоростью ветра, достигавшей 43.5 м/с, в 1989 г. перемешал слой воды глубиной 100 м. Он прошел в 50 км к северу от заякоренного буя с инструментами, измерявшими скорость течения. Амплитуда скорости инерционных возмущений составила «только» около  $80 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$ , т.е. гораздо меньше, чем в вихре Ойясио [9]. Еще один аргумент в пользу приливной генерации волн — совпадение времени установки буя в вихре Ойясио с максимальной амплитудой приливных течений и уменьшением размеров инерционных петель при их ослаблении.

Особенно интересна продолжительность жизни вихря Ойясио. Казалось бы, он должен разрушаться из-за турбулент-



Траектория буя, установленного в вихре Ойясио (слева), и ее фрагмент во время стандартного оборота с петлями инерционных волн. Числа — время в сутках с начала наблюдений.

ной диссипации (так, антициклонические ринги Гольфстрима в Северной Атлантике живут только 3–6 мес). Вместе с тем, вихрь Ойясио WCR86B продолжал двигаться вдоль Курило-Камчатского желоба еще в конце 1991 г., т.е. существовал более пяти лет. Инерционные волны, генерируемые ветром или при-

ливом, могут не только продлевать жизнь вихря, но и регулярно поставлять энергию для перемешивания его ядра.

Хотя в жизни больших антициклонических вихрей течения Ойясио еще много загадок (как вообще в глубоком океане), ясно, что их характеристики могут быть новым индексом кли-

матической изменчивости, способным достаточно полно дать представление о происходящих изменениях. ■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 01-05-96902.**

## Литература

1. Кошляков М.Н. Синоптические вихри открытого океана // Природа. 1997. №6. С.17–20.
2. Лобанов В.Б., Рогачев К.А., Булатов Н.В. и др. // Докл. АН СССР. 1991. Т.317. №4. С.984–988.
3. Рогачев К.А. Быстрые изменения в холодных водах Субарктики Тихого океана // Рос. наука: день нынешний и день грядущий: Сб. науч.-поп. статей. М., 1999.
4. Rogachev K.A. // Journ. of Geophysical Research. 2000. V.105. C4. P.8513–8526.
5. Rogachev K.A. // Progress in Oceanography. 2000. V.47/2–4. P.299–336.
6. Rogachev K.A., Carmack E.C., Salomatin A.S. // Journ. of Marine Systems. 2000. V.26. P.239–258.
7. Рогачев К.А., Саломатин А.С., Юсупов В.И. и др. // Океанология. 1996. Т.36. №3. С.347–354.
8. Рогачев К.А. Полярный банк Кашеварова // Природа. 2001. №3. С.33–38.
9. Taira K., Kitagawa S., Otake H., Asai T. // Journ. Oceanography. 1993. V.49. P.397–406.

### Еще раз о причинах потепления в XX веке

С 1860 г. по настоящее время на Земле было два периода потепления, при которых среднегодовая температура воздуха на планете повышалась на  $(0.6 \pm 0.2)^\circ\text{C}$ : в 1910–1945 гг. и с 1976 г. (этот период еще продолжается)<sup>1</sup>. Между этими отрезками времени было похолодание.

Группа английских специалистов из Центра климатологического прогноза и исследований им.Хадли и Лаборатории им.Резерфорда и Эплтона во главе с П.Стоттом (P.Stott) построили модель, позволяющую рассмотреть воздействие различных факторов на климат XX в. (Science. 2000. V.290. №5499. P.2081, 2133. США). Она

учитывает, с одной стороны, концентрации удерживающих тепловую энергию парниковых газов (в том числе озона), а с другой — сульфатных аэрозолей, способствующих похолоданию (они рассеивают солнечное излучение и отражают его обратно в околоземное пространство, а также изменяют отражательную способность облачного покрова и время его существования). Общий вывод английских ученых таков: температурные колебания на Земле в XX в. можно объяснить только совместным действием естественных и антропогенных факторов. Исследователи составили карту крупномасштабного пространственного распределения этих вариаций.

Есть у модели и серьезные неточности. Так, учитывалась

только половина выбросов сульфатных аэрозолей над Европой, а иные виды аэрозолей, также дающие заметный эффект, вообще не принимались во внимание. Слабо учтено влияние на климат и некоторых естественных факторов, в том числе солнечной и вулканической активности: данные по вариациям излучения Солнца охватывают лишь два его последних цикла активности (около 22 лет), а инструментальные наблюдения за аэрозолями, выделяемыми при извержениях, проводились только два последних десятилетия. Остались без внимания и такие важнейшие явления, как Эль-Ниньо—Южная осцилляция и недавно открытая Североатлантическая осцилляция.

<sup>1</sup> См.: Самое жаркое десятилетие // Природа. 1998. №1. С.101.



# Сексуальная жизнь божьей коровки

И.А.Захаров

Предмет этих заметок может показаться занятным неспециалисту. Для биолога же проблема полового размножения в тех конкретных формах, в которых оно осуществляется у разных организмов, не просто любопытна, а представляет огромный интерес с позиций эволюционной теории. Действительно, каждый отдельный организм смертен, а их совокупность, т.е. биологический вид, — потенциально бессмертна. Смысл существования организма (не будем здесь рассуждать о смысле жизни человека) — сохранение своих генов в потомстве. Для успешного решения этой задачи нужно произвести как можно больше потомков, в той или иной степени обеспечить их ресурсами и, наконец, соединить свои гены с генами наиболее подходящего партнера (поскольку большинство высших организмов размножается половым путем). Каждый вид по-своему решает эти общие задачи. Неудачные способы отбрасываются в ходе эволюции, а то огромное разнообразие форм взаимодействия мужских и женских особей разных видов, наблюдаемое биологами, хотя, без сомнения, и обеспечивает сохранение генов в потомстве, но далеко не всегда нам понятно.



*Илья Артемьевич Захаров, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук. Заместитель директора Института общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН. Автор более 200 печатных работ по различным разделам генетики (радиационной генетике, мутагенезу, генетике микроорганизмов, цитоплазматической наследственности, истории генетики), в том числе нескольких монографий и учебников. С 1975 г. изучает генетику и популяционную биологию жуков-кокциinelлид (божьих коровок). Заслуженный деятель науки РФ (1999).*

Речь пойдет о насекомых, а именно о тех ярко окрашенных и симпатичных жуках, которых называют божьими коровками\*. Это народное название очень старое, повторяющееся в разных вариантах на нескольких европейских языках и санскрите и отражающее какие-то древние верования. В них улетающее в небо красное насекомое воспринималось как животное, принадлежащее Богу и возвращающееся к нему. Поведение божьих коровок при размножении хорошо изучено; порой оно сходно с поведением других насекомых,

\* Подробнее см.: Захаров И.А. Красное и черное // Природа. 1992. №5. С.46—51.

отдельные же из описываемых ниже явлений совершенно своеобразны.

## Встреча полов, ухаживание и спаривание

У некоторых видов божьих коровок, например у сибирской хармонии, самцы и самки легко различимы: голова самца белая, самки — черная с белым пятнышком. Самцов и самок европейских видов внешне отличить трудно или даже невозможно. Для этого их приходится умерщвлять и вскрывать, а то





Пара жуков хармония. Сверху — самец, под ним — самка. Спаривание происходит в лаборатории, жуки находятся в чашке Петри.

и дождаться момента спаривания, когда самец занимает определенную позицию — сверху, на спинке самки.

Если самцов и самок на несколько дней изолировать, а потом соединить, поместив в прозрачную чашку Петри, спаривание может произойти в течение нескольких секунд. Распознавание партнера происходит почти мгновенно, и если самка зрелая, уже имевшая сексуальный опыт, то сколько-нибудь продолжительного «ухаживания» не требуется. Напротив, при встрече готового к спариванию самца и молодой, еще девственной самки разыгрываются душещипательные сцены обольщения, преследования, борьбы и, наконец, лишения невинности.

Опишем, как это происходит у наиболее часто встречающейся в Европе и особенно хорошо изученной двуточечной божьей коровки (*Adalia bipunctata*).

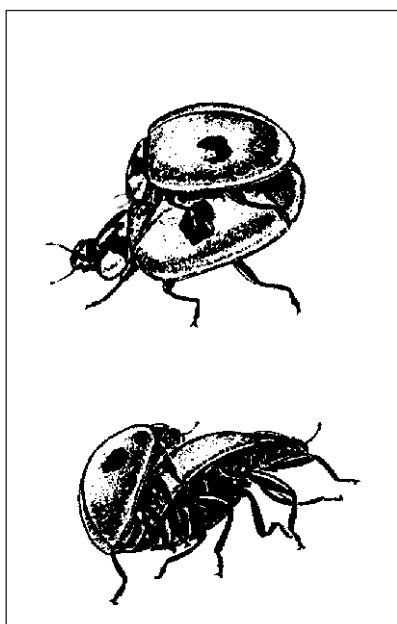
При встрече с другим жуком самец адалии старается забраться на спину. Если под ним оказался жук иного вида или не женского пола, самец немедленно слезает. Если же это самка, он делает попытку спариться с ней.

Во время спаривания самка не занимается активными поисками пищи, хотя и не отказывается от нее. Самец адалии во время спаривания обычно не двигается, а если он относится к более крупным видам (например, семиточечным коровкам), ведет себя темпераментно, «страстно», периодически резко раскачиваясь слева направо, так что наблюдать за этими парами малолетним детям не рекомендуется.

Адалии — чуть ли не единственный вид животных, самцы которого способны во время одного спаривания эякулировать два-три раза. Спаривание у них, как и у других божьих коровок, продолжается исключительно долго — от одного до нескольких (чуть ли не до восьми-девяти) часов. Адалии в благоприятных условиях способны спариваться ежедневно и, вероятно, даже по нескольку раз в день.

Каков биологический смысл такой длительной, многочасовой копуляции? Казалось бы, она вредна: жуки, во всяком случае самцы, при этом не питаются, пары малоподвижны и на них могут напасть хищники. Почему же эволюция растянула процесс спаривания на столь длительное время? На этот вопрос сейчас можно дать только один ответ: это выгодно самцу; он препятствует спариванию самки с другими жуками и тем самым увеличивает шансы на передачу своих генов потомству. Если самцы млекопитающих обычно придерживаются активной тактики, отгоняя конкурентов от своей избранницы или своего гарема, то тактика самцов божьих коровок пассивная — просто долго сидеть на самке, не прерывая с ней контакта и тем самым лишая конкурентов возможности спаривания.

Запаса спермы, который получает самка адалии, хватает для откладки около 550 оплодотворенных яиц. При обычном размере кладки в 15–20 штук (максимально — до 40) однократно оплодотворенная самка



Спаривание жуков адалия: самка приподнимает брюшко, препятствуя самцу осуществить эффективное спаривание (вверху); самка пытается сбросить самца (внизу).



Спаривание красных адалий с различным рисунком на надкрыльях.

оставляет способные к развитию яйца в течение примерно месяца. При повторных спариваниях за сезон она может отложить более 1000 штук.

Если спермы, полученной от одного самца, хватает на оплодотворение большого числа яиц в течение длительного времени, то каков биологический смысл повторных и многократных спариваний божьих коровок? Выгода для самца очевидна — он реализует свое стремление передать гены как можно большему числу потомков. Для самки ответ не столь ясен; вероятно, оставляя от каждого самца потомство, она разнообразит ту «генетическую среду», в которую будут включены ее гены. Один из многих партнеров может оказаться особенно хорошим производителем, и именно от него появится наиболее удачное потомство, которое в свою очередь сохранит и воспроизведет ее гены.

## Выбор партнера

Для биолога вид *Adalia* интересен тем, что он — полиморфный: в одной и той же местности обитают жуки совершенно разной окраски, образующие единое сообщество\*. В европейских популяциях встречаются два типа окраски надкрыльев —

\* Подробнее см.: Захаров И.А. // Генетика. 1995. Т.31. №2. С.149—161.

красный с двумя черными точками и черный с четырьмя или шестью красными пятнами. В разных местах численно преобладают либо красные (например, в Москве более 90%), либо черные (в Петербурге 80%). Если в Ялте, например, черных в популяции 60% и жуки спариваются случайно, не обращая внимания на окраску партнера, то следует ожидать образования пар: красная самка и красный самец в 16% случаев, черная самка и черный самец в 36% случаев и с разной окраской партнеров в 48% случаев.

Как происходят спаривания адалий в природе, впервые изучили еще в начале прошлого века в Германии, а в 1961 г. советский зоолог и генетик Янис Янович Лусис опубликовал результаты обширных наблюдений, полученные им в Москве и в Риге. Его данные свидетельствовали о неслучайном образовании пар.

Наилучшее место для проведения таких исследований — морская набережная Ялты. На несколько сотен метров вдоль берега моря тянется полоса кустарника тамариска, на котором в июне в солнечные дни образуется великое множество пар. Согласно нашему учету, смешанные пары с участием красных и черных жуков здесь возникают значительно чаще, чем ожидается, — не в 48% случаев, а в 62%.

Помимо этого был получен еще один интересный результат. Мы изучили образование пар не только в Ялте, но и в Севастополе, где черных жуков в популяции значительно меньше — 25%. Оказалось, что в обоих городах наиболее часто спариваются жуки более редкой окраски: в Ялте — красные, в Севастополе — черные. Иными словами, более редкая для данного сообщества внешность пользуется большим успехом.

Английские исследователи в серии работ тщательно изучили формирование пар как в природе, так и в лаборатории. Они выявили, что, независимо от собственной окраски, самки адалии предпочитают спариваться с черными, а не красными самцами. Степень такого предпочтения удалось измерить и выразить количественно. Для самок, собранных в природе, она оказалась равной примерно 20%. Далее проводился отбор на большую склонность спариваться именно с черными самцами. К десятому поколению предпочтение возросло до 60%. Успех искусственного отбора по такому сложному поведенческому признаку показал, что влечение самок к черным самцам определяется их генами. Из этих опытов также следует, что коровки различают цвета партнеров. Удалось экспериментально смоделировать ситуацию поло-

вого отбора — важного, открытого Ч.Дарвином механизма эволюции, который действует в разных группах организмов, создавая такие украшения особей, как пышные хвосты или яркую окраску самцов у птиц, рога у оленей, бороды у мужчин и пр.

## Сколько же нужно самцов

Если один самец может оплодотворить несколько десятков самок, то сколько же нужно самцов в популяции? При рождении их обычно появляется 50%, так как у жуков, как и у человека, пол определяется половыми хромосомами, X и Y, и такой хромосомный механизм обеспечивает соотношение полов 1:1, т.е. равную долю самцов и самок. При избытке ресурсов самцы не конкурируют за пищу с самками и их присутствие в значительном числе для сообщества не вредно. Однако при ограниченности ресурсов самцы на всех стадиях жизни конкурируют с самками, от количества и плодовитости которых зависит появление в достаточном числе особей следующего поколения. Учитывая высокую сексуальную активность самцов, можно предположить, что в неблагоприятных условиях их доля могла бы быть значительно меньше 50%, например 10%. В действительности надо учитывать еще один фактор: при малом числе самцов резко увеличивается вероятность их спаривания с сестрами и дочерьми, а в таких кровосмесительных браках потомство оказывается нежизнеспособным, что и было показано для двуточечной божьей коровки в многочисленных экспериментах.

Таким образом, оптимальная доля самцов в сообществе определяется наличием ресурсов, их половой активностью и вредными последствиями близкородственных скрещиваний. От экологических условий

явно должен зависеть первый фактор. И действительно, изучение полового состава популяций адалии в различных точках Европы показало, что и в Западной и в Восточной Европе доля самцов уменьшается с юга, более богатого ресурсами, к северу. Если на юге Франции и в Крыму соотношение самцов и самок 50:50, то в Петербурге самцов 30%, а в Стокгольме их всего 18%!

Каким образом регулируется соотношение полов? Большая часть самок оставляет в потомстве равное число самцов и самок в соответствии с хромосомным механизмом определения пола. Однако, как писал еще в 1947 г. Лусис, часть самок производит чисто женское потомство. Эта особенность оказалась наследственной, дочери и внуки исключительных самок также дают однополое потомство, спариваясь с самцами из нормальных семей.

Открытие Лусиса не привлекало особого внимания до начала 90-х годов, когда работающая в Кембридже группа английских исследователей не только воспроизвела его наблюдения, но и определила действующий фактор, вызывающий появление чисто женского потомства. Оказалось, что в цитоплазме клеток адалии обитают бактерии, для самок — безвредные симбионты, а для самцов — убийственный патоген. Как бактерии узнают пол зародышей, в клетки которого они попадают, до сих пор не известно, как не ясен и механизм, посредством которого они умерщвляют самцов.

Обнаруженные в Англии бактерии относятся к риккетсиям, которые широко известны (к риккетсиям принадлежит и возбудитель такой страшной болезни человека, как сыпной тиф). Риккетсии божьих коровок, однако, никакой опасности для теплокровных, в том числе и для мужчин, не представляют.

Проводившиеся нами начиная с 1994 г. исследования со-

отношения полов у адалий России дали совершенно неожиданный результат — тот же самый эффект, т.е. передающаяся в поколениях способность производить чисто женское потомство вызывается совершенно другими, чем в Англии, бактериями\*. Риккетсия, правда, тоже была найдена, но встречается она очень редко, а преобладают две другие бактерии — спироплазма и вольбахия. В Москве одной из этих бактерий заражена каждая десятая самка адалии; в Санкт-Петербурге примерно 40% самок заражены спироплазмой, а в Стокгольме спироплазма обнаружена не менее чем у половины самок. Понятно, что если половина всех самок производит только дочерей, а другая половина — и дочерей, и сыновей, то соотношение полов в популяции окажется сдвинуто: действительно, как уже говорилось, в Стокгольме нашли только 18% самцов.

Инфицированность андрокцидными (убивающими мужской пол) бактериями и есть тот способ, которым регулируется в оптимальном направлении соотношение полов. На севере, где условия существования адалии хуже, зараженность встречается чаще и соотношение полов в пользу самок сдвигается сильнее, чем в средней полосе или на юге. Заметим, что андрокцидные бактерии известны и у ряда других насекомых. Однако их нет у позвоночных: все болезнетворные бактерии, например у человека, одинаково действуют и на мужской, и на женский пол.

## Извращения

Без них не обходятся и божьи коровки. В лабораторных условиях нередко можно наблюдать некрофилию: самцы спариваются с умершими самка-

\* Подробнее см.: Захаров И.А. Бактерии управляют половым размножением насекомых // Природа. 1999. №5. С.28—34.

ми (а иногда и с мертвыми самцами). Спаривание в этом случае может продолжаться долго, столь же долго, как и с живым партнером.

Содомию (скотоложество) изредко можно заметить у божьих коровок в природе. Самцы одного вида могут спариваться с самками другого. В некоторых случаях результат такого извращения бывает трагическим — из-за несоответствия формы половых органов партнеры пытаются, но не могут разойтись, травмируя друг друга. Межвидовые скрещивания не дают потомство, и спаривание самца с самкой другого вида может считаться биологически бессмысленным и даже вредным.

Божьим коровкам, несмотря на их название и их симпатичную внешность, свойственна склонность к каннибализму. Особенно она проявляется у личинок. Но и взрослые особи не брезгают себе подобными, нередко поедая яйца своего вида. Яйца съедаются даже отложившей их самкой, если она не находит другой пищи. Как следует трактовать такое поведение? Нехватка пищи свидетельствует о том, что ее может не найтись и для личинок, которые вылупятся из яиц и без корма скоро погибнут. Съедая яйца, самка пополняет свои ресурсы, необходимые для откладки последующих порций яиц, в более удобное время. У голодающей самки возможна задержка яйцекладки, и она не сможет воспользоваться более благоприятной для ее потенциального потомства ситуацией. Таким образом, материнский каннибализм имеет больше биологического смысла, чем склонность самцов к содомии или некрофилии.

## Венерическая болезнь

Половая распущенность, как оказалось, наказуема не только у людей, но и у божьих коровок: у адалии обнаружена чрезвычайно редкая в мире беспозвоночных венерическая болезнь.

При изучении адалий, собранных на стенах Института общей генетики в Москве во время их осеннего лета на зимовку, выяснилось, что почти половина жуков заражена клещами. Клещи находятся на внутренней поверхности надкрылий. Они желто-оранжевого цвета, имеют крестообразную форму и неподвижны. К активному передвижению способны только личинки. Сидящие под надкрыльями самки клещей обычно окружены скоплением беловатых яиц. На одном жуке можно насчитать до 20 взрослых клещей. Ранее подобные паразиты были найдены на тропических божьих коровках и получили название «кокциполипс».

При изучении московских клещей в Кембридже (в Англии их почему-то нет) выявилось два важных факта. Во-первых, среди коровок клещи распространяются в основном половым путем, чему чрезвычайно благоприятствует длительная копуляция: подвижные личинки клещей переползают с самца на самку или с самки на самца во время спаривания. Во-вторых, хотя клещи заметно не влияют на поведение жуков и продолжительность их жизни, они радикально изменяют физиологию самок: оплодотворенная и ранее плодовитая самка начинает откладывать неспособные к развитию яйца. Передача клещей при спаривании и патологические изменения у зараженных самок позволяют рассмат-

ривать отношения паразита (кокциполипса) и хозяина (адалии) как случай передающейся половым путем (венерической) болезни. Такие хорошо известные у человека болезни почти совсем не встречаются у низших организмов. Свойственные адалиям массовые и беспорядочные спаривания, несомненно, способствуют распространению клещей. В отдельные сезоны почти 100% адалий может быть заражено клещами.

\* \* \*

Возможно, что-то из рассказанного о личной жизни божьих коровок напомнит читателю некоторые проявления сексуальной жизни людей. Такому сходству можно дать два объяснения. Половое размножение у всех животных преследует одни и те же цели и осуществляется в форме взаимодействия двух функционально различных партнеров. Вероятно, те или иные черты сходства полового процесса у совершенно разных организмов возникали в эволюции независимо и повторно, поскольку Природа с ограниченным набором средств решала одни и те же задачи. Однако возможно и другое объяснение. При прочтении генома человека оказалось, что значительная часть его генов имеется и в уже расшифрованных геномах беспозвоночных — мухи-дрозофилы и червя-нематоды. Не общие ли гены программируют сходное поведение как насекомых, так и высших позвоночных? ■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 96-04-49072, 96-15-97781, 99-04-48193, 00-15-97777.**



# Черноморские «кораллы» — продукт минерализации микробных матов

А.Ю.Леин,

доктор геолого-минералогических наук

Н.В.Ульянова

Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН

Н.В.Пименов,

кандидат биологических наук

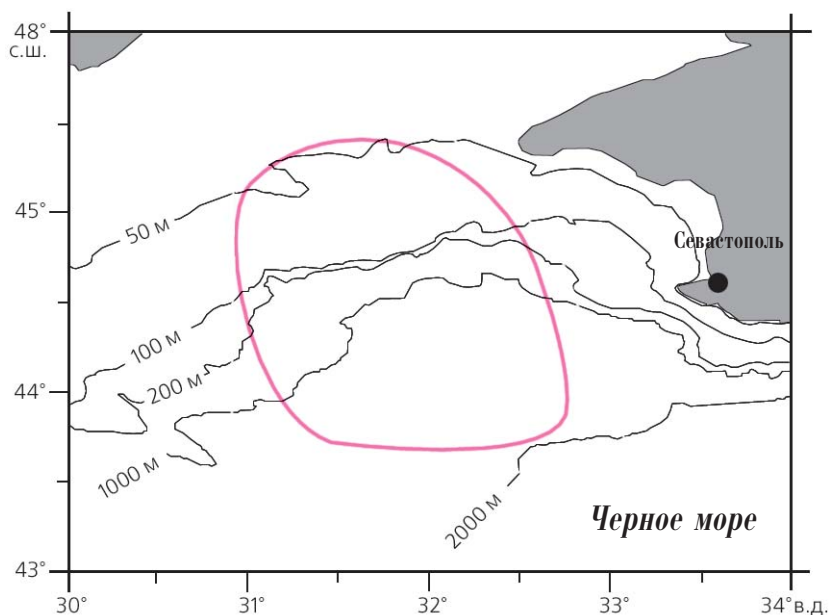
Институт микробиологии РАН

Москва

На границе континентальной и океанической коры и в некоторых других приконтинентальных участках морей и океанов происходит разгрузка метана из нижележащих отложений, сопровождающаяся образованием аутигенных (сформировавшихся на месте, *in situ*) карбонатов, которые после довольно быстрого прекращения выделений метана остаются единственными «свидетелями» этого явления. Итак, если обнажить дно на глубинах до 1–1.5 км, можно увидеть невысокую (0.3–0.5 м) зубчатую прерывающуюся на многие километры карбонатную стену, окружающую континенты.

О широком распространении полей метановых газовывделений на дне океана нам уже доводилось писать в «Природе» [1, 2]. Все известные метановые сипы встречаются на дне бассейнов с нормальным кислородным (аэробным) режимом и заселены бентосными микроорганизмами и животными. Только в Черном море обнаружены карбонатные постройки на активных метановых сипах, образующиеся в бескислородных (анаэробных) условиях [3].

© А.Ю.Леин, Н.В.Ульянова,  
Н.В.Пименов



Район метановых сипов в Днепровском каньоне (северо-западная часть Черного моря). Оконтуры места отбора проб с подводной биологической лаборатории «Бентос-300» (декабрь 1990 г.) и с борта научно-исследовательского судна «Профессор Водяницкий» (октябрь 1993 г., июнь 1994 г.) при помощи донного траля.

Первые визуальные наблюдения с борта подводной лаборатории «Бентос-300» в декабре 1990 г. показали, что поля газовывделений приурочены к вершинной части пологих поднятий (гряд), осложняющих стен-

ки Днепровского каньона на глубинах от 60 до 260 м. В последующих экспедициях в октябре 1993 г. и в июне 1994-го на научно-исследовательском судне «Профессор Водяницкий» удалось достать с помощью тра-



Карбонатные постройки с полями метановых сипов в Днепровском каньоне. Вверху — фрагмент карбонатной плиты (с глубины 180–200 м), состоящей из отложений новозэксинского времени с обломками раковин *Dreissena rostriformis*, сцементированных микрокристаллическим Mg-кальцитом (слева) и коралловидная арагонитовая постройка (с глубины 230 м) высотой 30 см; внизу — фрагмент верхушки арагонитовой постройки (с глубины 236 м), в левом нижнем углу видна ниша, в которой был газовый шар, обросший микробными матами.

Здесь и далее фото авторов

ла карбонатные постройки и микробные маты с глубин от 180 до 590 м [4].

По морфологии карбонатные постройки делятся на плитообразные, поднятые с глубин 60–160 м, и коралловидные (древовидные), встречающиеся на больших глубинах в строго анаэробных условиях сероводородного заражения (концентрация  $H_2S$  — 140 мкМ/л).

Плитообразные постройки площадью до 3 м<sup>2</sup> представляют собой осадочные отложения, сцементированные микрокристаллическим Mg-кальцитом ( $CaCO_3$  — 30–40%;  $MgCO_3$  —

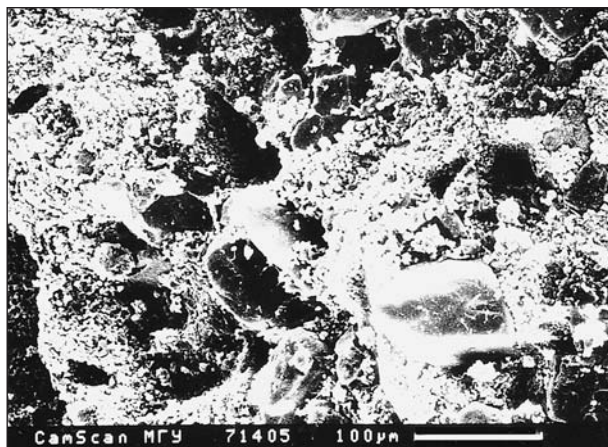
7–10%;  $SrCO_3$  — 0.2%), а в поверхностном слое еще и арагонитом (другой полиморфной модификацией  $CaCO_3$ ). В формирующихся в водной толще небольших коралловидных наростах на плитах основной минерал уже арагонит.

Коралловидные постройки состоят практически из мономинерального арагонита ( $CaCO_3$  — 96–98%;  $MgCO_3$  — 0.3%;  $SrCO_3$  — 0.5–1.5%), представляющего собой оолитовые, с радиально-лучистым строением, образования и шестоватые, призматические, пирамидальные или игольчатые агрегаты.

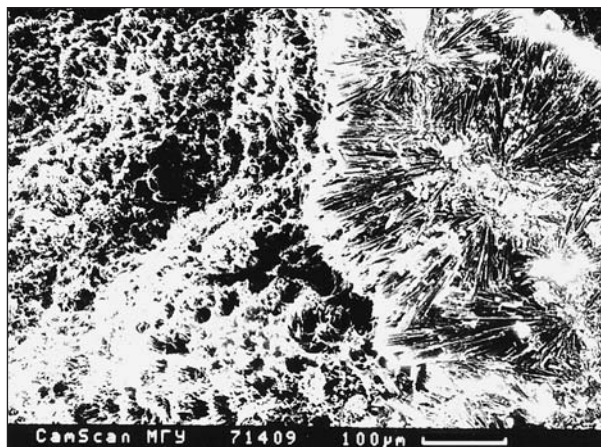
Характерны также двойниковые и тройниковые сростания кристаллов.

Mg-кальцит и арагонит — типичные минералы многих известных аутигенных карбонатных образований в океане. Но столь определенно выраженная коралловидная морфология построек, состоящих из мономинерального арагонита и растущих в условиях анаэробного заражения, встречается только в Черном море. Значения  $\delta^{13}C$  и  $\delta^{18}O$  Mg-кальцита и арагонита лежат в области, характерной для аутигенных карбонатов, образующихся при окислении метана.





а



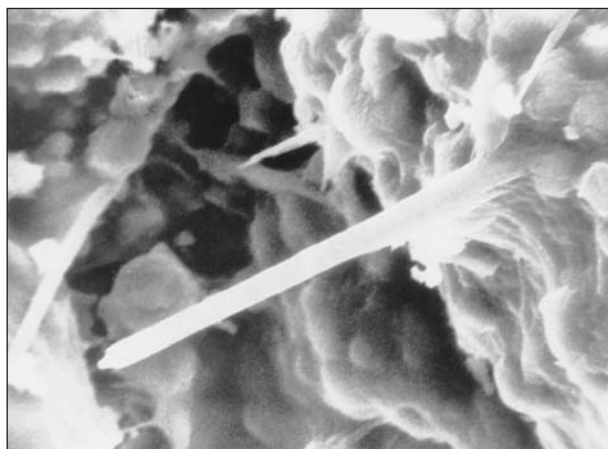
б



в



г

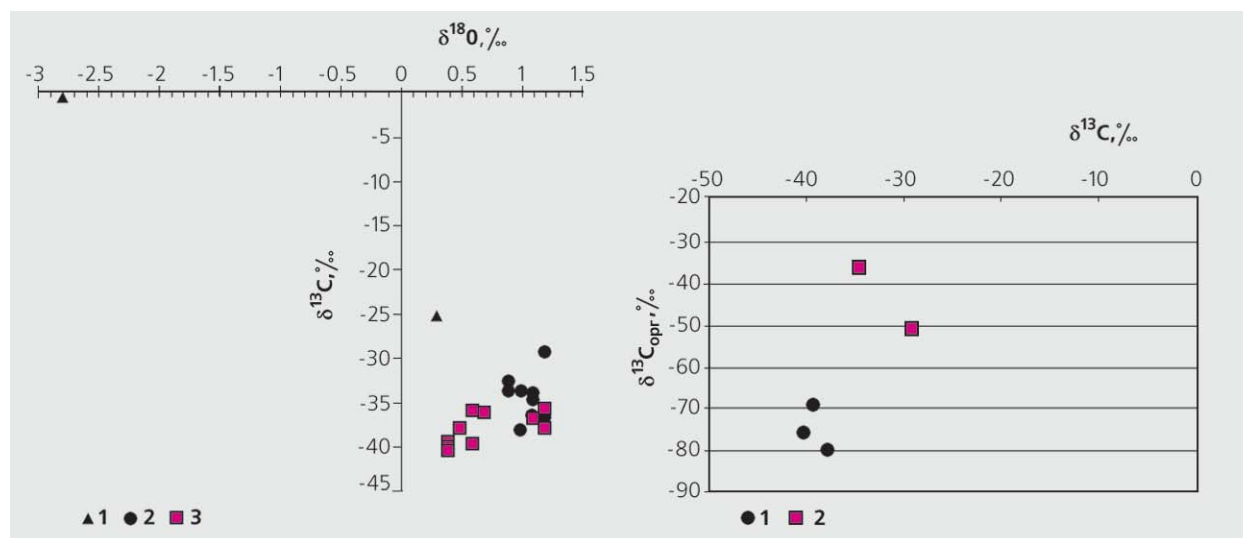


д



е

Текстурно-структурные особенности аутигенных карбонатов: а — микрокристаллический Mg-кальцит, цементирующий зерна окатанного терригенного кварца из плиты; б — фрагмент кораллоподобной верхушки, сложенной радиально-лучистым арагонитом и биомассой желеподобного микробного мата; в — призматические и г — шестоватые кристаллы арагонита; д — иголка арагонита, растущая из микробного мата; е — радиально-лучистый арагонит.



Изотопный состав углерода и кислорода карбонатов и органического материала. Слева — изотопный состав углерода ( $\delta^{13}\text{C}$ ) и кислорода ( $\delta^{18}\text{O}$ ) из: магнезиального кальцита карбонатных плит (1); арагонита коралловидных построек (2); раковинного материала с примесью магнезиального кальцита (3). Справа — значения  $\delta^{13}\text{C}$  углерода из розовых желеобразных микробных матов (1) и арагонитовых построек (2).

Каков же механизм образования черноморских «кораллов»?

Наблюдения с «Бентос-300» и исследования телеробота «Minirover» показали, что массовое скопление вертикально растущих построек, напоминающих деревья в лесу, приурочено к глубинам 188–236 м. Высота их достигает 3,5 м, диаметр у основания — 1,5 м. Постройки выступают из чашеобразных углублений в осадках, верхушки увенчаны полыми розетковидными отростками и мелкими губчатыми черными наростами, под тонким покровом которых обнажаются ярко-розовые желеподобные микробные маты. При надавливании пробоотборником из таких «губок» в течение 30–60 с выделялись пузыри газа. Сначала появлялись отдельные пузырьки (со средним диаметром 10 мм), переходящие затем в сплошной поток и постепенно затухающие [5]. Толщина слоя микробных матов достигает 5–6 см. Характерный розовый цвет внутренней части обусловлен присутствием

в мембранах микроорганизмов цитохрома С, а вот каротиноиды и хлорофилл в клетках микроорганизмов отсутствуют [6].

Внешняя часть мата, контактирующая с сероводородной водой, содержит тонкодисперсный черный гидротроилит ( $\text{FeS} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ). Поскольку содержание сероводорода в воде возрастает с глубиной, наиболее мощный черный слой (до 2 см) характерен для матов с глубин 590 м.

Вместе с карбонатными с глубины 198 м тралом были подняты практически мономинеральные пиритовые ( $\text{FeS}_2$ ) постройки [7].

Радиоизотопные исследования (по  $^{14}\text{C}$ ) показали, что в свежих микробных матах происходят активные процессы сульфатредукции и анаэробного окисления метана. Установлено также, что в микробном сообществе коралловидных построек доминируют организмы, морфологически сходные с метанобразующими археями — самыми древними обитателями Земли. При окислении углерод метана расходуется на образо-

вание углекислоты карбонатов и продуктов жизнедеятельности микроорганизмов.

То, что именно углерод метана составляет основу органического углерода микробных матов, следует из соотношения легкого  $^{12}\text{C}$  и тяжелого  $^{13}\text{C}$  изотопов в метане и органическом веществе бактериальных обрастаний арагонитовых построек. Значения  $\delta^{13}\text{C}$  углерода  $\text{CH}_4$  черноморских сипов лежат в интервале от  $-60$  до  $-70\text{‰}$ . Значения  $\delta^{13}\text{C}$  органического углерода микробных матов колеблются от  $-61.2$  до  $-83.8\text{‰}$ , т.е. они обеднены тяжелым изотопом даже больше, чем метан, за счет окисления которого они живут. Относительно тяжелый углерод, образующийся при микробном окислении метана, концентрируется в карбонатах. Здесь следует подчеркнуть, что имеются многочисленные геохимические доказательства микробного потребления (окисления) метана в анаэробных морских отложениях, базирующиеся на химических анализах  $\text{CH}_4$  в вертикальных разрезах осадков, экспериментах по определению

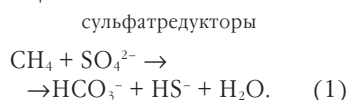




Микробные маты, толщиной до 5 см, с розовым внутренним и черным внешним слоями (с глубины 190 м).

скорости окисления метана с радиоизотопами (по  $^{14}\text{C}$ ) и на результатах анализа стабильных изотопов углерода метана и карбонатов. Весь вопрос в том, что до сих пор не выделены чистые культуры микроорганизмов, способных окислять метан в анаэробных условиях.

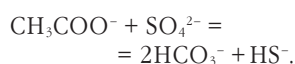
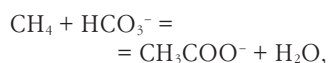
Некоторые исследователи, основываясь на аномальном изотопном составе углерода и кислорода аутигенных карбонатов, объясняют окисление  $\text{CH}_4$  в анаэробных условиях деятельностью сульфатредуцирующих бактерий, использующих для этого кислород сульфат-иона морской (иловой) воды по реакции



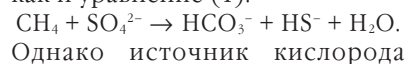
Предполагается, что углерод аутигенных карбонатов заимствуется из метана (и следовательно, обеднен изотопом  $^{13}\text{C}$  по сравнению с углеродом седиментационных карбонатов), а кислород — из сульфат-иона морской воды. Однако величины  $\delta^{18}\text{O}$  карбонатов и черноморской воды с растворенным в ней

сульфатом сильно различаются. И эти соединения нельзя рассматривать в качестве доноров кислорода при анаэробном окислении метана по уравнению (1), называемому сульфатзависимым окислением метана.

Обращает на себя внимание сходство значений  $\delta^{18}\text{O}$  аутигенных карбонатов и бикарбоната придонной воды. Принципиальная возможность использования кислорода бикарбоната при анаэробном окислении метана обоснована Д.Уалентайном и В.Рибургом [8]. Они предполагают, что реакция (1) может идти по пути окисления метана до ацетата с участием ацетокластических метаногенов и с последующим окислением ацетата сульфатредуцирующими бактериями:



Суммарное уравнение этих двух реакций выглядит так же, как и уравнение (1):



( $\text{HCO}_3^-$ ) и промежуточный продукт окисления метана ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ) существенно иные.

Итак, углерод арагонита состоит из изотопно-легкого углерода, образовавшегося при окислении метана, и изотопно-тяжелого — морской воды.

Микробиологи различных лабораторий мира отрицали возможность окисления  $\text{CH}_4$  в процессе восстановления сульфата, поскольку эта реакция энергетически не выгодна для чистых культур сульфатредуцирующих бактерий. Вместе с тем в природных экосистемах работают, как правило, сообщества (консорциумы) микроорганизмов, способные создавать специфические динамические условия для существования процессов, которые не происходят в лабораторных пробирках.

В последние годы при исследовании анаэробных природных экосистем получен ряд совершенно уникальных молекулярно-биологических и изотопных доказательств деятельности микробного консорциума, участвующего в процессе окисления метана. Так, при изучении микробных сообществ метановых сипов вблизи побережья штата Орегон в матах определены агрегаты метаногенных архей и сульфатредуцирующих бактерий. Ранее в лабораторных экспериментах было установлено, что при избытке метана в сфере реакции метаногенные микроорганизмы могут осуществлять и обратный процесс, т.е. окислять метан с образованием углекислоты и водорода:



Новообразованный водород — прекрасный субстрат для большинства микроорганизмов — может потребляться как метаногенами, так и сульфатредуцирующими бактериями.

Экстремально легкий изотопный состав органического углерода микробных сообществ ( $\delta^{13}\text{C} = -83\text{‰}$ ), покрывающих коралловидные черноморские постройки, согласуется с результа-

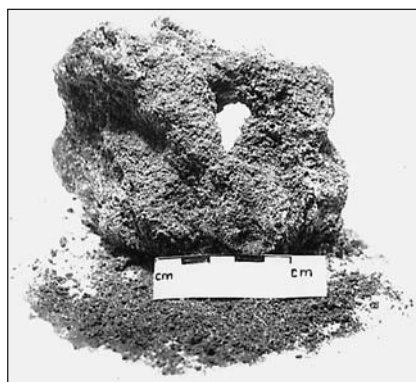
тами экспериментальных работ в области органической химии, которые показали, что липиды микроорганизмов, окисляющих метан, обеднены изотопом  $^{13}\text{C}$  ( $\delta^{13}\text{C} = -130\text{‰}$ ) [10]. Не так давно подобные изотопно-легкие ( $\delta^{13}\text{C} = -100 \pm 30\text{‰}$ ) липидные биомаркеры — изопреноиды и их ненасыщенные производные, принадлежащие метанобразующим археям, — были обнаружены и в черноморских микробных сообществах [11].

Приведенные факты позволяют сделать вывод о том, что черноморские коралловидные арагонитовые постройки, формирующиеся за счет анаэробного окисления метана, — по существу чистый продукт минерализации микробного сообщества. Уникальность этого явления интересна еще и тем, что впервые в природе удалось увидеть и изучить микробные маты, живущие за счет окисления метана в строго анаэробных условиях. Не вызывает сомнения, что в недалеком будущем черноморские метановые сипы станут классическим объектом исследования деталей механизмов окисления метана в бескислородной среде, поскольку, по имеющимся на сегодняшний день оценкам, анаэробное окисление метана — явление глобальное.

Согласно последним данным при анаэробных условиях в морских осадках окисляется до 94 Тг/год ( $1\text{Тг} = 10^6\text{т}$ ) метана, что составляет около 20% ежегодного глобального потока метана в атмосферу [12].

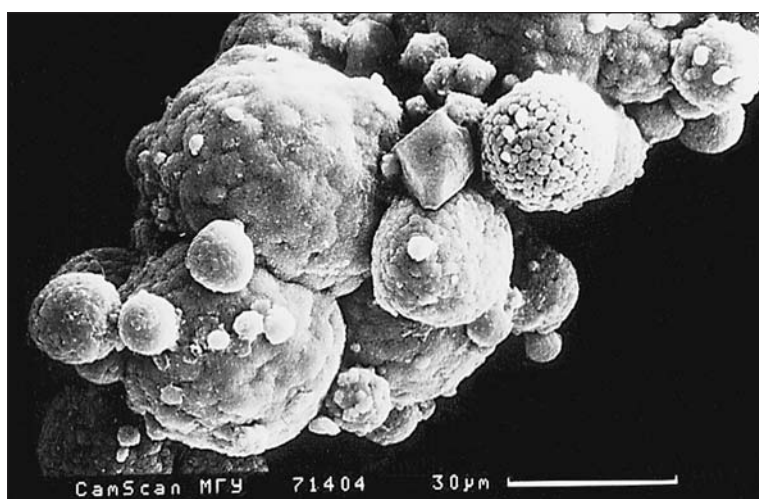
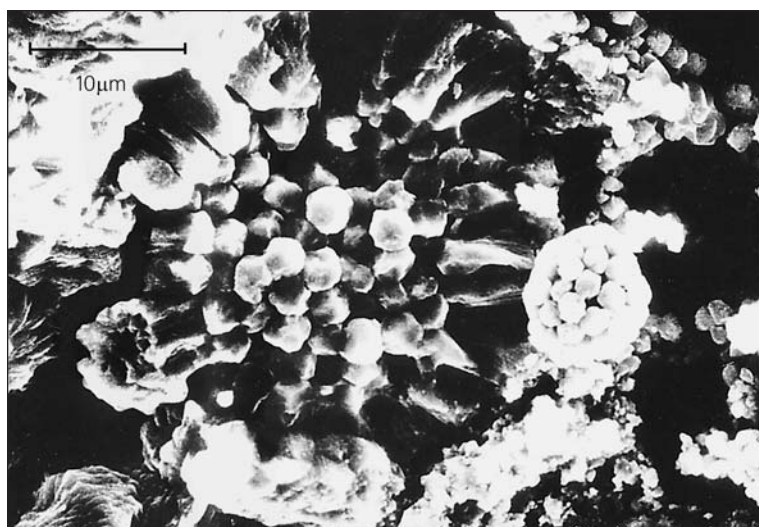
Результаты исследования экосистемы черноморских метановых сипов подводят черту длительным поискам загадочных микроорганизмов, способных окислять метан в анаэробных условиях.

В заключение надо добавить несколько печальных фраз, касающихся наших неосуществленных планов. Мы не смогли собрать 5 л метана, чтобы померить его возраст (по  $^{14}\text{C}$ ), не определили  $\delta\text{D}$  и concentra-



*Образцы сульфидных руд. Глубина 198 м. Сверху вниз — массивные руды; полая пиритовая трубка с желтым охристым налетом; фрагмент сульфидной трубы с внутренним каналом.*





Фрамбонды пирита (вверху) и фрагмент сульфидного «сталактита», состоящего из глобул  $FeS_2$ .

ции  $^3He$  в составе газа, дающие более точную информацию о генезисе метана. Прошло более 10 лет со времени первой подводной экспедиции на черноморские сипы. За эти годы мы не смогли осуществить задуманное. Минувшим летом в районе Черного моря должна была работать немецкая комплексная экспедиция с подводным обитаемым аппаратом «Яго». Доступные для него глубины — 400 м, т.е. как раз те, на которых обнаружены выходы  $CH_4$  и карбонатные постройки. За это время появились новые пробоотборники, новые приборы, способные работать *in situ*. Желая успеха немецким коллегам, мы можем только сожалеть, что открытые еще советскими учеными метановые сипы и кораллоподобные карбонатные постройки, расположенные в нескольких милях от восточной оконечности Крыма, будут детально изучать не российские и не украинские исследователи. ■

**Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 00-05-64082.**

## Литература

1. Иванов М.В., Пименов Н.В., Русанов И.И. и др. Роль анаэробных бактерий в экосистемах Черного моря // Природа. 1998. №6. С.97—102.
2. Леин А.Ю., Москалев Л.И., Богданов Ю.А., Сагалевиц А.М. Гидротермальные системы океана и жизнь // Природа. 2000. №5. С.47—55.
3. Иванов М.В., Поликарпов Г.Г., Леин А.Ю. и др. // Докл. АН СССР. 1991. Т.320. С.1235—1240.
4. Methane gas seep explorations in the Black Sea (MEGASEEBS), Project report, Berichte aus dem Zentrum für Meeres- und Klimaforschung, Hamburg, 1998.
5. Молисмология Черного моря / Под ред. Г.Г.Поликарпова. Киев, 1992.
6. Пименов Н.В., Русанов И.И., Поглазова М.Н. и др. // Микробиология. 1977. Т.66. С.421—428.
7. Леин А.Ю., Егоров В.Н., Пименов Н.В. и др. // ДАН. 1995. Т.340. №5. С.676—680.
8. Walentine D.L., Reeburgh W.S. // Environmental Microbiology. 2000. V.2. №5. P.477—484.
9. Zebnder A. J. B., Brock T. D. // J. Bacteriol. 1979. №39. P.420—432.
10. Elvert M., Suess E., Whiticar M.J. // Naturwissenschaften. 1999. Bd.86. S.295—300.
11. Thiel V., Peckmann J., Richnow H.H. et al. // Marine Chemistry. 2001. V.73. P.97—112.
12. Tyler S.C., Bilek R.S., Sass R.L., Fisher F.M. // Global Biochem. Cycles. 1997. V.11. P.323—348.



# Семья малого крикуна

В.И.Булавинцев,

кандидат биологических наук

Институт проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН  
Москва

Старая кряжистая сосна, растущая у края заболоченной просеки, исчерченной кабаньими тропами, не один год несла тяжесть огромного гнезда. Его хозяева, малые подорлики (*Aquila pomarina*), или крикуны, возвращались с зимовки рано, еще по последнему снегу, ко времени начала весенней тяги вальдшнепов. Тех птиц, что обосновались здесь первыми, давно уже не было. Теперь родовой сосной владела крупная самка, их дочь.

Орел появлялся у гнезда ненадолго, приносил корм для подруги, терпеливо согревавшей два крупных, цвета светлой глины в бурых пестринах, яйца, и, не задерживаясь, улетал на охоту в соседние луга, простертые зеленой вольницей в минуте-другой полета от орлиного дома. Последние несколько дней орлица беспокоилась, чувствуя, что приближается срок вылупления птенцов.

Первые капли дождя мягко, чуть слышно просыпались хрустальным бисером в кроны деревьев и травы. Бабочка чернушка, кофейно-коричневая, с красновато-кирпичной каймой и колечками-глазками на крыльях, резко качнулась и, почти падая, косо нырнула сухим листом в кустики черники, спасаясь от непогоды. Темная, налитая ненастьем туча подползла и зависла над лесом, словно примеряясь, и вдруг, разом, стегнула тяжелым дождем.

Орлица сидела на гнезде, прикрывая собой крошек-птенцов, еще совсем беспомощных, покрытых нежным белесым пухом. Первенец появился на свет три дня назад и был заметно крупнее сестры, вылупившейся только прошлой ночью. Старший беспокойно копошился, устраиваясь поудобней и бесцеремонно выталкивая сестру наружу, в холодный дождь. Мать и отец, расположившиеся неподалеку от гнезда на толстом обломке сухой, выбеленной дождями ветви, бесчинства не замечали. Жалобный писк малышки их не трогал. Слабый гибнет — таков закон орлиной жизни.

Две недели спустя орленок остался в гнезде один, вконец забив ослабевшую от недоедания сестру. Взрослые птицы продолжали исправно кормить уцелевшего птенца, приносили ему лягушек, полевок и мышей.

Поначалу они по очереди согревали птенца, но с появлением у него густого шерстисто-серого пуха стали оставлять одного, подолгу пропадая на охоте.

К началу июля природа расщедрилась на летнюю благодать. Разомлевшая негой земля дарила жизнью леса и луга. В травах на орлиной просеке вылезли, красуясь бархатисто-серыми шляпками, подберезовики. По сырым лесным полянам уже отцветали последние ночные фиалки.

Луговое раздолье началось сразу от опушки орлиного леса и тянулось изумрудным мавреом трав к дальнему горизон-

ту, темневшему полосой другого — чужого — леса. Еды было много, и далеко летать за кормом не приходилось. Самец покидал место ночлега первым. Шумно сорвавшись с края гнезда, летел низом по просеке, медленно набирая высоту, и уходил над самыми кронами к полосе сырых опушечных ивняков, а дальше за ними — в луга. Здесь, полоща крыльями, он шумно усаживался на сухое дерево, белесым скелетом торчащее в живом море луговой зелени, и надолго замирал в ожидании добычи — полевок и мышей, гонимых голодом в росные травы.

Ближе к полудню, когда высыхала роса, орлы охотились на земле, чинно, враскачку вышагивая меж лугового кочкарника, не брезгуя крупными кузнечиками, кобылками, жуками и улитками.

К середине дня распаренная на солнце земля возвращала небесам тепло, и можно было без особого труда подолгу парить в восходящих потоках воздуха, высматривая добычу сверху.

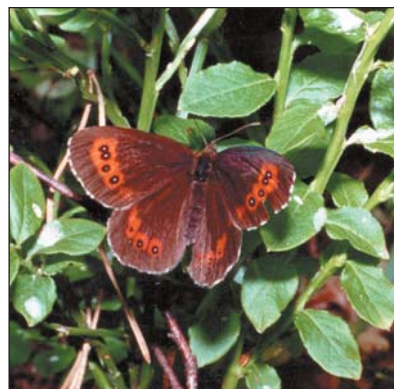
Так день за днем текла орлиная жизнь. Птицы были заняты постоянным поиском пищи для себя и быстро растущего птенца, теперь уже одетого коричневым, в белых пестринах, пером. Подросшему птенцу в гнезде не сиделось. Он перебирался, неуклюже ковыляя и помогая себе крыльями, на соседний толстый сук и подолгу сидел там нахохлившись, в сытой полудреме, откуда снова голод не возвращал его в реальность ок-



Молодой подорлик.



Лягушка и кузнечик (серый) — не такая уж крупная добыча для подорлика.



Бабочка чернушка — одна из обитательниц старого заболоченного леса.

Здесь и далее фото автора

ружающего мира, наполненную шумом леса и придушенно истошными криками серых цапель, что гнездились неподалеку в сосновом лесу.

Отлучки взрослых птиц становились все продолжительнее. Принесенную пищу они отдавали своему отпрыску целиком, не расклеванной. Орленок учился справляться с добычей, подолгу возясь с доставленными в гнезде лягушками, некрупными птицами, ящерицами, змеями и полевками.

К началу августа оперившийся и окрепший орленок уже мог перелетать с гнезда на соседние деревья, а к середине месяца стал сопровождать родителей в их охотничьих вылазках, не рискуя, правда, далеко улетать от опушки родного леса. Взрослые все еще подкармливали его, но все реже и реже.

В конце месяца дом орлов опустел. Птицы покинули родные места вместе, семейной группой. Но уже осенью, на пролете, молодой орел оставит родителей и, освоив азбуку вольной самостоятельной жизни, вернется, если повезет, после нескольких лет холостяцких скитаний на родину. И коли същется ему в положенный срок подруга, сложится на родной земле на долгие времена новый орлиный дом. ■



# Ферулы — источники уникальных лечебных смол

А.И.Гладышев,  
доктор биологических наук  
Российская академия сельскохозяйственных наук  
Москва

На исходе зимы, когда в пустынях на юге Туранской низменности только-только начинают зеленеть осоково-мятликовые пастбища, на песчаных буграх и западинах появляются удивительные растения, привлекающие внимание каждого, кто оказался там в это время. Стелющиеся розетки больших, красивых, трехлопастных темно-зеленых и сочных листьев быстро разрастаются и в первой декаде марта достигают диаметра более 1 м. На фоне еще довольно унылого ландшафта такие зеленые островки выглядят очень эффектно. Пройдет немного времени, и растения эти украсят пустыни более северных провинций региона, а также предгорья, горы и прилегающие к ним равнины.

Начала вегетации ферул, а речь идет именно о них, с нетерпением ждут люди и животные. Овцы и козы с охотой пощипывают зеленые листья, лакомятся ими крупные домашние животные. Человек, понимающий толк в лекарственных травах, тоже спешит собрать листья и молодые побеги, зная, что скоро ферулы засохнут и уйдут в покой до следующей весны.

В семействе сельдерейных, или зонтичных (Ariaceae,



Ферула вонючая.

Здесь и далее фото автора

© А.И.Гладышев



или Umbelliferae), род ферулы (*Ferula*) самый многочисленный — около 170 видов. Эти многолетние гигантские травы — эфемероиды, т.е. растения с коротким, обычно весенним, периодом развития. Одни из них, поликарпики, ежегодно цветут и плодоносят, другие, монокарпики, цветут лишь однажды в жизни и после плодоношения полностью отмирают. Монокарпики обычно в течение 6—10 лет образуют лишь розетки прикорневых листьев, накапливая питательные вещества в корне, а затем дают мощный цветущий стебель. К ним, в частности, принадлежат многие виды, распространенные в полупустынях и низкогорьях Средней и Западной Азии. Их высокие (до 1—2 м) толстые стебли с сильно разветвленным соцветием часто несут лишь значительно редуцированные влагалитические листья, у некоторых видов имеющие своеобразную чашевидную форму (например, у ферулы яйценогой — *F. oopoda*).

Все ферулы размножаются только семенами. Плодоношение, как правило, обильное, но в природе для дружного прорастания семян необходимо сочетание определенных условий: холодной и снежной зимы и теплой ранней весны. На фоне благоприятных условий обилие всходов с высокой степенью выживаемости семян может также варьировать в зависимости от конкретных эдафических (от греч. εδφοσ — почва) условий региона. Например, в Заунгузских Каракумах (север Туркмении) на одном квадратном метре может появиться 8—12 растений ферулы вонючей (*F. foetida*, или *F. assa-foetida*), а на юго-востоке в тех же Каракумах — 24—33. Способность ферул к активному семенному возобновлению и довольно длительная (в течение 5—10 лет) всхожесть семян — важные биологические свойства, которые обеспечивают растениям высо-

кую устойчивость и конкурентоспособность в естественных растительных сообществах, оказавшихся в жестких аридных условиях, дополнительно отягощенных антропогенной нагрузкой.

Развитие всех видов ферул надземное: семена прорастают двумя семядолями и далее формируют прикорневую розетку листьев. На первом же году вегетации главный корень достигает глубины 30—50 см; у трехлетних растений корневая система уже сформирована полностью и в дальнейшем там лишь накапливаются запасные питательные вещества. В результате у монокарпических растений обычно образуется овальное утолщение на главном корне, который проникает в почву на глубину до 2.5 м, у поликарпиков корневая система еще длиннее (3—4 м), а клубневидные утолщения появляются на главном и боковых корнях.

Таким образом, монокарпики представляют классический пример медленного прохождения первых двух фаз развития (от молодых растений до взрослых, но не плодоносящих) и быстрого, в течение одного вегетационного сезона, завершения жизненного цикла (цветение, плодоношение и отмирание). В последний год жизни растения отличаются исключительно высокими темпами роста и развития: суточный прирост генеративного побега достигает 20—25 см, на формирование соцветия и продукцию семян затрачиваются все жизненные силы и накопленная за долгие годы биомасса. После плодоношения корневая система полностью разрушается, и растения отмирают. Поликарпические ферулы, напомним, впервые начинают цвести и плодоносить на 4—8-й год и цветут ежегодно. И те, и другие растения зимуют, как все эфемероиды, с длительным периодом покоя: с июля до марта следующего года. У поликарпиков корневая шейка ежегод-

но углубляется в почву, благодаря чему сохраняются от вымерзания пазушные прикорневые почки возобновления. Полностью поликарпические формы отмирают на 10—15-м году жизни.

Ферулы — ярчайшие представители древнего средиземноморского флористического комплекса, который начал формироваться в неогене. В генезисе рода прослеживаются четкие связи с другими древними флорами. Однако в эволюции, казалось бы, близкородственных видов самого рода есть существенные различия. Так, монокарпичность ферул обосновывают особенностью их онтогенеза в период перехода от древесных типов к травянистым (минная кустарниковую стадию), а поликарпичность многостебельных жизненных форм — происхождением от кустарниковых типов [1].

Сложность путей эволюции рода отразилась на современном распространении видов в пределах их общего ареала, захватившего территорию от Канарских о-вов до Гималаев и от южной части Европы и Алтая до востока Африки и Аравии. Примечательно, что отдельные представители рода приурочены к различным геоморфологическим ландшафтам. Одни из них (например, ферула вонючая) предпочитают пустыни Ирана и Средней Азии, другие, коих большинство, — не столь «капризны» и могут жить как в пустынях, так и в предгорьях и даже горах (в основном на территории от Ирана до пригималайских стран). Особенно многообразны ферулы в горной Средней Азии, точнее — в Южном Памиро-Алае. Здесь они освоили разные экотопы и отличаются высокой степенью эндемизма. Максимум видов отмечается в среднем горном поясе (700—2200 м над ур.м.) — в зоне «шибляка» (ксерофильных и мезоксерофильных формаций из листопадных кустарни-

ков) и арчевого редколесья. Приуроченность ферул к горам объясняется их пестротой эколого-биологических условий, контрастным проявлением континентальности и аридности климата, а также разнообразием почвенного покрова [2].

Ферулы — хорошие кормовые растения для всех видов домашних животных, которых особенно привлекают зрелые плоды этих растений. На Западном Тянь-Шане урожай сухой надземной массы ферул на пастбищах колеблется в пределах 5—15 ц/га. Съедобны они и для человека — листья и побеги некоторых ферул используются в свежем, вареном, жареном и маринованном виде.

В чем же главная особенность представителей рода *Ferula*, так привлекающих к себе внимание исследователей? Безусловно, как представители древнейшей флоры Средиземноморья, богатой генетическими связями с иными древними флорами, ферулы — исключительно интересный фитоцено-

логический объект. Однако не меньший интерес они вызывают у биохимиков и фармакологов.

Ферулы издревле славятся своими лечебными свойствами, особенно популярны они в восточной медицине. Например, сок из молодых листьев ферулы каспийской (*F.caspica*) используют как противоглистное средство, а также при укусах ядовитых змей и пауков; плоды ферулы разноканальцевой (*F.diversivittata*) и сок побегов ферулы вонючей — при желудочно-кишечных заболеваниях и для заживления ран; листья ферулы кокандской (*F.kokanica*) применяют для лечения сифилиса и фурункулеза. Отварами, мазями и экстрактами из корней ферул лечат простуду, головные боли и радикулит, экзему и трофические язвы, пародонтоз и стоматит, ожоги, бронхиальную астму и туберкулез легких, сахарный диабет, другие тяжелые заболевания. В ветеринарии ферулы используют для лечения опухолей и ран у животных.

И в этом нет ничего удивительного, ведь в органах ферул содержатся биологически активные соединения, в основном лекарственные камедесмолы — асафетида, гольбан, сумбул, аммониякум, кинна, сапаген и др. Их названия связаны с основным сырьевым видом ферулы. Так, для получения смолы асафетида используется в первую очередь ферула вонючая (*F.assa-foetida*), а также луковкая (*F.alliaceae*), нартекс (*F.narbex*), персидская (*F.persica*), вонючейшая (*F.foetidissima*) и обыкновенная (*F.communis*). Смолу гольбан получают из ферулы смолоносной (*F.gummosa*, или *F.galbaniflua*) и мускусной (*F.moschata*). Источник смолы «сумбул» — *F.sumbul* и сопутствующие ей виды — чимганская (*F.tschimganica*) и угамская (*F.ugamica*).

В состав камедесмол входят в основном смолы (до 50—70%), камеди (до 35—40%) и эфирные масла (до 10%), а также ванилин, свободная феруловая кислота и другие биологически ак-



Корень ферулы вонючей.





Ферула яйценогая.



Ферулы разноканальцевая (на переднем плане) и смолотечная.

тивные компоненты. Смолы образуются эпителиальными клетками, выстилающими смоляные ходы, как побочный продукт обмена, совместно с эфирными маслами. Накапливаются они в различных органах растения (стебле, корне, листьях) и состоят главным образом из смоляных кислот, их эфиров, одно- и многоатомных спиртов (резинолов), а также инертных углеводов. Растению смолы нужны, видимо, чтобы защищаться от заражения, например, паразитическими грибами. Эфирные масла — пахучие вещества, вырабатываемые специальными клетками различных органов растения. В состав этих многокомпонентных смесей органических соединений входят в основном терпены (углеводороды) и их кислородные производные (терпеноиды) — спирты, альдегиды, кетоны и др. Биологическая роль эфирных масел окончательно еще не выяснена. Возможно, они являются аттрактантами полезных или репеллентами вредных насекомых. Камеди (смесь полисахаридов) выделяются при повреждении тканей растения в виде вязких растворов и застывают в стекловидную массу. В традиционной медицине камедесмолы используют для изготовления лекарственных препаратов в виде настоек, пилюль и эмульсий, которые применяются как спазмолитические и противосудорожные средства, эффективны они при астме, некоторых нервных заболеваниях, при диспепсии, диарее, сахарном диабете и др. [3].

Заготавливают камедесмолу весной, в период наиболее активного роста ферул, и только с растений, не вступивших в генеративную фазу. Существует три основных способа заготовки. В первом случае откапывают верхнюю часть главного корня растения и в районе корневой шейки делают его полный продольный срез. Обнаженную часть корня прикрывают срезанными листьями. Смо-



ла, находящаяся в виде млечного сока в ходах флоэмной части корня, выделяется наружу и затвердевает на воздухе. Скопившийся и затвердевший за ночь млечный сок собирают и делают следующий надрез. Сбор камеди осуществляют ежедневно, постепенно откапывая корень и делая очередные срезы. При таком способе заготовок растение, естественно, полностью уничтожается, поэтому не приходится удивляться, что уже четыре эндемичных вида (ферулы Евгения, гигантская, камнелюбивая и сумбул) приобрели статус редких и оказались на страницах Красной книги СССР еще в конце 70-х годов прошлого столетия [4].

Второй способ более щадящий: вместо продольных срезов делают несколько глубоких поперечных надрезов по периметру корня длиной 5–7 см ниже корневой шейки. Сбор смолы проводят только дважды, после чего корень засыпается землей. При таком сборе сохраняется 90–95% растений. Третий способ, как и первый, — губителен, но в этом случае корень откапывают и извлекают из почвы сразу. Далее его режут кружками толщиной 2–4 см и активно сушат на открытом воздухе, затем измельчают, просеивают через сито, отделяя белую порошковидную массу от волокнистых остатков корня. В таком сырье помимо смолы и камеди содержится до 65% крахмала. В отличие от наплывов порошковидная масса из корней ферулы обладает резким специфическим запахом, поэтому хранится в плотноупакованной таре отдельно от другого лекарственного-технического сырья.

В пределах бывшего СССР смолы ферул в промышленных масштабах не заготавливались. Основные сырьевые районы промышленных заготовок камедесмол расположены в Афганистане и Иране. Заготовленное сырье доставляется в Индию (Бомбей), далее морским транспортом — в Англию, Гер-



*Ферула Литвинова.*



*Ферула овечья.*

манию, США. Лондонская торговая биржа — крупнейший поставщик камедесмол в страны Европы и Канаду. Сырье доставляется до потребителя в деревянных ящиках по 50–200 кг. При длительном хранении его постоянно досушивают.

Существуют торговые сорта камедесмол и стандарты на качество сырья. Смолы высшего качества носят торговую марку «Фингра» — это натеки камеди более 4 см длины коричнево-желтого цвета, на изломе фосфорно-белые или палевые. На воздухе смола на изломе приобретает коричнево-красный цвет. Вкус остро жгучий, долго не исчезающий. С водой образует белую эмульсию. Высший сорт смолы в общих объемах сырья встречается редко.

1-й сорт — натеки камеди длиной от 2 до 4 см, 2-й — менее 2 см. 3-й сорт — коричневая или белая порошковидная масса без отдельных гранул; ее нередко подделывают, добавляя обычный крахмал.

На территории бывшего СССР произрастает 96 видов ферулы [5]. В России их ареал протянулся узкой полосой от Северного Кавказа через Нижнее и Среднее Поволжье до Западной Сибири. Здесь насчитывают 10–12 видов ферулы, из которых по крайней мере полови-

на — ценные лекарственные растения: ферулы каспийская, кавказская (*F. caucasica*), джунгарская (*F. songarica*), грациозная (*F. gracilis*), татарская (*F. tatarica*). Они представляют особый интерес и требуют глубокого изучения. Важен поиск новых лекарственных растений, которые стоило бы ввести в культуру.

Решение задачи осложняется тем, что районы естественного произрастания ферул лежат в пределах аридного и субаридного поясов России, т.е. в зоне активного опустынивания. Повышенная антропогенная нагрузка на естественный растительный покров и агроценозы, а также экологическая нестабильность региона вынуждают искать новые теоретические и практические подходы к эффективной охране окружающей среды и рациональному использованию его природных ресурсов на базе комплексной мелиорации земель [6].

Одно из главных направлений в стратегии улучшения и восстановления биологической продуктивности деградированных земель занимает агролесомелиорация. Опыт показывает, что создание и функционирование устойчивых и высокопродуктивных фито- и агроценозов в аридной и субаридной

зонах с помощью только защитных лесных насаждений не решает полностью проблемы, так как в этом случае для восстановления фитоценозов и биологического разнообразия экосистемы требуется много времени. При сочетании с другими приемами мелиораций (например, введением в культуру однолетних и многолетних растений естественной флоры) стабилизация абиотической среды и восстановление растительности происходят значительно быстрее.

Так, в аридных и субаридных районах с успехом вводятся в культуру представители пустынной флоры: солянки (виды рода *Salsola*), кандымы (*Calligonum*), полыни (*Artemisia*), а также солодки (виды рода *Glycyrrhiza*), зернобобовые и злаковые растения тропического пояса. Получены положительные результаты и по интродукции ферул, что очень важно. Ведь исследователи продолжают открывать все новые и новые фармакологические свойства ферул. Так, у 50 видов ферул Западного Тянь-Шаня обнаружено более 250 терпеноидов, в том числе 150 новых для науки. На основе этих соединений созданы оригинальные препараты, которые уже используются в гистологии и ветеринарии [7]. ■

## Литература

1. Камелин Р.В. Флорогенетический анализ естественной флоры горной Средней Азии. Л., 1973. С.272–274.
2. Пименов М.Г. Зонтичные (Umbelliferae Juss.) Средней Азии и Казахстана: Автореф. доктор. дис. Л., 1983.
3. Растительные ресурсы СССР. Л., 1988. Т.4. С.110–122.
4. Красная Книга СССР / Ред. А.М.Бородин. М., 1984. Т.2. С.40–42.
5. Флора СССР. М.; Л., 1951. Т.17. С.62–142
6. Павловский Е.С. Экологические и социальные проблемы агролесомелиораций. М., 1988.
7. Рахманкулов У. Терпеноидсодержащие растения Западного Тянь-Шаня и их использование: Автореф. доктор. дис. Ташкент, 1999.



### **Микропатор — самый мелкий из динозавров**

В начале 2000 г. научные, да и все иные средства информации облетела весть: в Китае найдены остатки ископаемого существа, получившего название Archaeoptor («древний хищник»). В комментариях сообщалось, что он представляет собой «недостающее звено» между динозаврами и птицами. Однако при более тщательном рассмотрении оказалось, что это — фальшивка: кто-то ловко склеил кости туловища уже известной древней птицы с хвостом какого-то динозавра. После разразившегося было скандала ошибку признали все специалисты. И все-таки многие палеонтологи нашли утешение в том, что «рукотворная химера» так или иначе важна для науки: в каждой из ее двух деталей есть нечто интересное для пытливого исследователя. По мнению некоторых ученых, хвост свидетельствует о родстве птиц и динозавров...

Тем временем сотрудник Института палеонтологии позвоночных Академии наук КНР в Пекине Сю Синь (Xu Xing) прослышал, что крестьяне в провинции Ляонин на северо-востоке Китая наткнулись на кости какого-то неизвестного древнего животного. находка происходила из той же местности, где ранее уже обнаруживали остатки разнообразнейшей ископаемой фауны, в том числе и «скомпрометированного» археопатора. Ученый поспешил на место и приобрел находку примерно за 5 тыс. амер. долл. Она представляла собой самого мелкого из всех известных до сих пор науке взрослых динозавров (Science. 2000. V.290. №5498. P.1871. США). Его размеры мельче вороньих, и поэтому малышу дали название Microaptor. О том, что это не детеныш, говорят кости, сросшиеся, как у взрослых особей.

Интереснее всего то, что тело этого существа покрыто перьями, следы которых легко различимы. Кроме того, некоторые черты скелета являются как бы переходными от динозавров к птицам (например, когти на пальцах ступни, приспособленные к хватанию за ветви деревьев). Следовательно, перед нами — один из предков современных пернатых.

Сю и его коллеги Жунхэ Жоу (Zhonghe Zhou) и Сяолин Ван (Xiaolin Wang) сочли, что микропатор относится к группе дромеозавров (Dromaeosaurus), которых и ранее подозревали в близком родстве с птицами. Некоторые палеонтологи, правда, с этим не согласны, относя находку к троодонтидам (Troodontidae).

Раньше в той же провинции Ляонин находили остатки синорнитозавра (Sinornithosaurus), тоже относящегося к дромеозаврам. Его скелет, как и у микропатора, был окружен отпечатками перьев. Но у микропатора рядом с бедренной костью перо торчало непосредственно из ости.

Образец микропатора — скелет без черепа и хвоста длиной всего 4.7 см — может поместиться на ладони. Такая крошка, в отличие от иных птицеобразных динозавров, например двухметрового велоциратора (Velociraptor), уже совершила важный эволюционный шаг — приобрела столь малую массу, которая позволяет взлететь в воздух. Его лапы очень напоминают конечности археоптерикса. Кости его сильно изогнуты, а первый палец расположен заметно ниже, чем у других дромеозавров. Это дало основание видному палеонтологу Т.Хольцу (Т.Holtz; Университет штата Мэриленд) предположить: «Предки микропатора провели на деревьях достаточно долгое время, чтобы у них выработались черты, связанные с подобным образом жизни».

Эту мысль поддержал ортеопатолог Л.Уитмер (L.Witmer; Университет штата Огайо), подчеркнув, что способность к полету появилась у животных, обитающих не на земле, а на ветвях деревьев.

Конечно, не всех специалистов микропатор уже «уговорил», но «голос» его в значительной мере усилил позиции сторонников происхождения пернатых от древних ископаемых ящеров — динозавров. Более убедительного свидетельства тому пока еще не было.

### **Остатки «допотопных» поселений на дне Черного моря**

Известно, что на протяжении последних 10 тыс. лет Черное море неоднократно наступало на сушу. Некоторые ученые считают, что сведения об одной из таких трансгрессий легли в основу библейского сказания о Всемирном потопе<sup>1</sup>. Доказательств этому нет, зато получены новые факты, подтверждающие, что здесь, на затопленных ныне участках побережья, в эпоху неолита жили люди.

Известный американский исследователь океана Р.Баллард (R.Ballard), которому уже удалось найти «Титаник», немецкий броненосец «Бисмарк» и остатки двух финикийских судов, провел с помощью акустических локаторов детальную съемку дна вдоль южного (турецкого) берега Черного моря (Science. 2000. V.289. №5487. P.2021; [www.nationalgeographic.com](http://www.nationalgeographic.com)).

На подводной равнине были замечены некоторые особенности рельефа, рассмотреть которые позволил спущенный за борт аппарат с дистанционным управлением. Оказалось, что это — конусообразно скошенное бревно, скорее всего обработанное рукой человека, а поблизости — каменное орудие

<sup>1</sup> Несис КН. Как Черное озеро стало Черным морем // Природа. 1998. №3. С.107—109.



труда, которое, по мнению американского археолога Ф.Хиберта (F.Hiebert; Университет штата Пенсильвания, Филадельфия), похоже на те, что ранее были найдены им при раскопках неолитических стоянок в турецком Причерноморье. Затем локатор передал изображение прямоугольного объекта размерами около 8×4 м<sup>2</sup>, сложенного из обтесанных деревянных балок прямоугольного сечения. Возможно, это остов глинобитной мазанки, оплывшей и частично погрузившейся в придонный слой ила. Именно в таких домах жили некогда древние обитатели Причерноморья. Ныне это сооружение находится на глубине 91 м; осторожно, дюйм за дюймом, исследователи провели над ним аппарат и получили новые изображения. На них можно различить разбросанные каменные орудия и обломки керамических изделий. Океанографы У.Райан и У.Питман (W.Ryan, W.Pitman; Обсерватория по изучению Земли им.Ламонта и Доэрти при Колумбийском университете, Палисейдс, штат Нью-Йорк) считают, что затопление поселений произошло около 7500 лет назад.

### Как обезопасить самолет от вулкана?

За последнее десятилетие отмечено более 90 случаев, когда воздушное судно попало в облако вулканического пепла. Мельчайшие твердые частицы способны нанести повреждение самолету — от сравнительно безопасных царапин на иллюминаторах и фюзеляже до вывода из строя двигателей. Вулканическое облако может растянуться на тысячи километров от источника, и обычный радиолокатор зафиксировать его не в состоянии. Особенно часты такие события на оживленных пассажирских авиалиниях, проходящих над вулкани-

чески активными Японией, Новой Зеландией и странами Юго-Восточной Азии.

Избежать опасности призван аппарат, разработанный совместно Ф.Пратой (F.Prata; Отдел атмосферных исследований Австралийского управления науки и техники, Аспендейл) и инженером М.Леннардом (M.Lennard; фирма «Integrated Avionic Systems»). Устройство аппарата, уже запатентованного в ряде стран, не раскрывается. Однако авторы утверждают, что он способен отличать облако вулканического происхождения от обычного, состоящего из влаги или ледяных частиц. Прибор дает пилоту 5—10 мин для принятия соответствующих мер, чтобы избежать соприкосновения со скоплением опасных частиц. Кроме того, аппарат может применяться для обнаружения турбулентности чистого воздуха, приземного сдвигового ветра и, наконец, опасного сближения с земной поверхностью (Atmosphere. 2001. №10. P.1. Австралия).

### Истории и искусству нанесен тяжелый удар

Согласно декрету, изданному руководством талибов в марте 2001 г., на всей подвластной им территории Афганистана предписывается уничтожать изображения человека и животных, поскольку это противоречит учению Пророка. Декрет фанатиков вызвал резкое возмущение почти во всем мире, в том числе и в некоторых мусульманских странах (Science. 2001. V.291. №5510. P.1873. США). И не удивительно: ведь на территории Афганистана сохранились редчайшие образцы доисламского, главным образом буддийского, искусства; на протяжении веков здесь был перекресток культур, религий, традиций, и каждая из цивилизаций оставила свой след.

Возвращаясь с войском из Индии на родину (IV в. до н.э.), Александр Македонский оставил в Афганистане ремесленников и скульпторов, чтобы те возвели статуи своим и местным богам, выполненные в эллинистическом стиле. Через горы и перевалы Афганистана шли на запад китайские и индийские караваны, а с ними распространялось поклонение Будде; позже с юго-запада проникло арабское влияние... Все это обусловило редкостное сочетание художественных стилей. Кабульский музей, например, славился коллекцией панно, относящихся к I в., на которых отчетливо прослеживается дух средиземноморской, китайской и индийской культур. Теперь дни этих сокровищ сочтены.

Всему миру были известны две высеченные в утесах провинции Бамиан статуи Будды высотой 37 и 54 м. Современная взрывчатка сделала свое дело — этих памятников, возведенных около 1,5 тыс. лет назад, больше нет. И это несмотря на призывы мировой общественности и готовность ряда музеев выкупить статуи!

Не щадят фанатики и предметы собственной культуры, если они «загрязнены» чуждой. На медном блюде тысячелетнего возраста — уникальном экспонате Кабульского музея — выгравирована цитата из Корана. Блюдо не угодило талибам тем, что на нем изображены мифические звери. Возможно, талантливый ремесленник, творивший во времена, когда ислам был еще молод, не знал, что это противоречит его религии. Судьба раритета пока неизвестна, скорее всего ему грозит уничтожение. И уж наверняка печальная судьба ждет полные жизни фрески некоторых дворцов, например в г.Газни.

Кто найдет управу на варваров XXI в.?

# Новый этап бурения в юго-западной части Тихого океана

## (181-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»)

И.А.Басов,

*доктор геолого-минералогических наук*

*Институт литосферы окраинных и внутренних морей РАН  
Москва*

В течение всей 15-летней истории Программы океанского бурения юго-западная часть Тихого океана оставалась вне пределов ее деятельности. В последний раз работы проводились здесь 18 лет назад в рамках Проекта глубоководного бурения с борта «Гломара Челленджера». Тогда, в 90-м рейсе этого судна, юго-восточнее о.Южный (Новая Зеландия) была пробурена скважина 594, вскрывшая мощную толщу верхнемиоценовых и четвертичных осадков, изучение которых позволило выяснить некоторые важные аспекты океанской и климатической эволюции региона. Еще ранее, в 29-м рейсе того же судна в 1973 г., на плато Кэмпбелл было пройдено несколько скважин, одна из которых (277) вскрыла разрез карбонатных палеоген-неогеновых осадков с многочисленными планктонными и бентосными фораминиферами. Хорошая сохранность раковин позволила тогда Н.Шеклону изучить их изотопный состав кислорода и построить знаменитую климатическую кривую, которая до сих пор не потеряла своего значения [1].

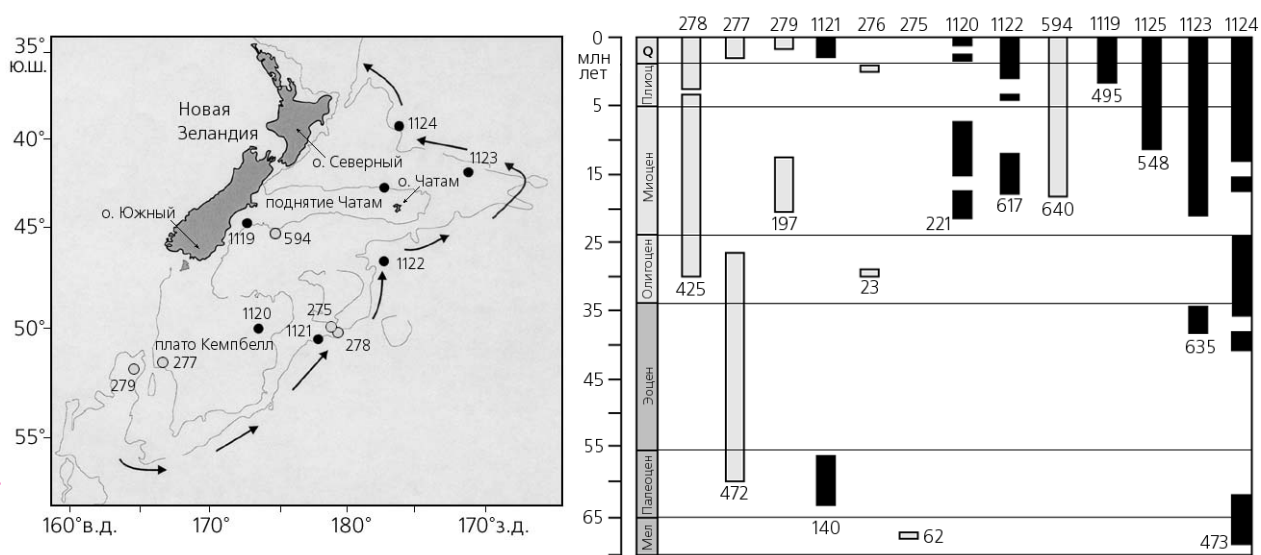
За прошедшие с тех пор годы получены обширные материалы, позволяющие по-новому взглянуть на значение этого региона в эволюции глобальной океанской циркуляции и климата. Как ныне хорошо известно, формирование холодной глубинной антарктической воды и ее пере-

мещение в Мировом океане контролирует его тепловой бюджет и, как следствие, климат планеты. Эта водная масса образуется за счет вод, которые окружают Антарктиду и опускаются в силу высокой плотности на глубину, где смешиваются с такой же холодной водой Атлантического и Индийского океанов. Благодаря Циркум-Антарктическому течению, окончательно сформировавшемуся в самом начале миоцена (около 20 млн лет назад) когда раскрылся пролив Дрейка, эта вода переносится в восточном направлении. Достигнув подводного плато Кэмпбелл в юго-западной части Тихого океана, большая ее часть в виде так называемого глубинного западного пограничного течения (Deep Western Boundary Current) уходит сначала на северо-восток, а затем на север по глубоководным желобам и котловинам — вплоть до Алеутской дуги, пересекая, таким образом, весь Тихий океан с юга на север. Маршрут этого течения и его изгибы (меандры) на дне океана в разные геологические эпохи отмечены в осадочных разрезах перерывами в осадконакоплении или размывами. Учитывая громадные масштабы влияния этой водной массы на всю систему океан—атмосфера, знание закономерностей ее циркуляции необходимо не только для понимания океанской и климатической эволюции в прошлом, но и для построения прогнозных моделей.

Получение разрезов осадков, в которых записана история возник-

новения и эволюции глубинного западного пограничного течения и связанных с ним процессов (климатические колебания, развитие подводной эрозии, широтные миграции зоны субтропической конвергенции водных масс и др.), было основной целью 181-го рейса «ДЖОИДЕС Резолюшн», который проводился в юго-западной части Тихого океана под руководством Р.М.Картера из Университета Джеймса Кука (штат Квинсленд, Новая Зеландия), И.Н.Маккей-ва из Кембриджского университета (Великобритания) и К.Рихтера, представителя Программы океанского бурения (США) [2]. Всего в рейсе была пробурена 21 скважина в 7 точках, расположенных в интервале глубин от 393 до 4460 м на разных подводных структурах, в районе между 39° и 51° ю.ш. Самая глубокая скважина 1123 (635 м ниже дна океана) вошла в эоценовые осадки, а наиболее древние, палеоценовые и позднемиоценовые, слои были вскрыты соответственно скважинами 1121 и 1124.

Применение гидравлического керноотборника обеспечило исключительно высокий выход керна (в среднем более 90%). В результате было получено более 2 км керна, который вместе с материалом из предыдущих рейсов представляет практически непрерывный осадочный разрез, начиная с верхнего мела. Такой комбинированный разрез позволяет с большой детальностью проследить изменения седиментологических условий, различных климати-



Скважины, пробуренные в 181-м рейсе судна «ДЖОЙДЕС Резолюшн», обозначены черными кружочками с номерами. Серые кружочки — скважины, пробуренные в рейсах судна «Гломар Челленджер».

Разрезы осадков, вскрытые скважинами Проекта глубоководного бурения (серые колонки) и Программы океанского бурения (черные колонки) в юго-западной части Тихого океана. Цифры внизу колонок — глубина забоя, м.

ческих и гидрологических характеристик, а также эволюции планктонных и бентосных организмов в данном районе на протяжении кайнозоя.

Предварительный анализ, проведенный непосредственно на борту судна, позволил участникам рейса прийти к таким выводам.

1. Некоторые скважины (1121, 1124) вскрыли разрез, в котором отражена ранняя пострифтовая фаза развития юго-западной части Тихого океана, в разрезах других (1123, 1124) отмечен длительный перерыв (приблизительно 33–27 млн лет назад), который совпадает с началом формирования в середине олигоцена Циркум-Антарктического и глубинного западного пограничного течения после разделения Австралии и Антарктиды. Именно тогда появилась глубоководная связь между Индийским и Тихим океанами. Последние две скважины, заложенные на осадочных телах, накопление ко-

торых связано с пограничным течением, содержат детальную запись вариаций его интенсивности и климатических колебаний на протяжении последних 20 млн лет. Учитывая, что в разрезе скважины 1124 выявлены все инверсии магнитного поля, начиная с раннего миоцена все эти события могут быть достоверно датированы.

2. Наличие в разрезах скважин 1123–1125 многочисленных прослоев вулканического пепла дает возможность, с одной стороны, провести их корреляцию между собой, с другой — благодаря магнитным датировкам осадков в скважине 1124 восстановить историю вулканизма в пределах о.Северный (Новая Зеландия), где в позднем кайнозое существовала островная дуга.

3. Изучение остатков планктонных микроорганизмов в разрезе скважины 1125, расположенной на северном фланге поднятия Чатам,

к северу от современной зоны субтропической конвергенции, а также их анализ в разрезе скважины 594, пробуренной к югу от нее, позволяет проследить широтные миграции этой зоны в течение последних 11 млн лет.

4. Строение разреза и состав осадков в скважине 1122, пробуренной в пределах подводного конуса выноса Баунти, показывают, что формирование последнего началось около 2 млн лет назад и совпало с периодом значительного понижения уровня океана из-за начала в плейстоцене оледенения в Антарктиде и возникновения покровного оледенения в Северном полушарии. Нижняя часть разреза этой скважины сложена осадками течений миоценового возраста, которые свидетельствуют о периоде активного воздействия на осадконакопление глубинного западного пограничного течения. ■

## Литература

1. Shackleton N.J., Kennett J.P. Paleotemperature history of the Cenozoic and the initiation of Antarctic glaciation: Oxygen and carbon isotope analysis in DSDP Site 277, 279, and 281 // Initial Reports of the DSDP. Washington (D.C), 1975. V.29. P.743–755.
2. Carter R.M., McCave I.N., Richter C. et al. // Proceeding of the Ocean Drilling Program. Initial Reports. 1999. V.181.



# Новости науки

## Космология

### Эхо Большого взрыва

Согласно принятой ныне гипотезе, через 300 тыс. лет после Большого взрыва Вселенная представляла собой сгусток плазмы, содрогавшийся от перепадов давления и вызванных ими звуковых волн. Расчеты космологов говорят, что эти звуковые волны генерировали колебания излучения плотности в плазме и поэтому ныне должны обнаруживаться в виде «зыби» в микроволновом фоновом излучении, которое приходит из космоса на Землю со всех сторон.

В 2000 г. был проведен эксперимент BOOMERANG: запущенный в высокие слои атмосферы баллон с приборами предназначался для регистрации микроволнового «шепота», дошедшего до нас с эпохи молодой Вселенной. Результаты эксперимента не только подтвердили правильность акустической модели, но и показали, что в четырехмерном пространстве Вселенную можно считать плоской, причем полученная информация позволяла судить и о ее составе. Однако отсутствовали данные о реликтовом излучении, без которых указанные представления нельзя считать полными. Дело в том, что акустическая модель предусматривает существование также и мелкой «зыби» — относительно слабого и вторичного «волнения» с высокими пиками в микроволновой части спектра. Приборы на борту баллона отлично регистрировали основное «звучание», но там, где надлежало «услышать» обертоны, была мертвая тишина. Между тем земные телескопы такой слабый «шепот»

воспринимали. Отсутствие второго пика излучения означало вызов правильности модели.

Эта проблема разрешилась благодаря работам трех независимых исследовательских групп, изучающих реликтовое излучение. На конференции Американского физического общества (Вашингтон, май 2001 г.) сотрудники Университета штата Калифорния (Санта-Барбара) сообщили, что им удалось впервые наблюдать не только первый пик излучения, но и еще два меньших максимума — свидетельства акустических колебаний, унаследованных от молодой Вселенной. Представитель Чикагского университета Дж.Карлстром (J.Carlstrom) доложил о первых результатах интерферометрических измерений с помощью телескопа, расположенного в Антарктиде: отчетливо наблюдались два пика и зафиксировано весьма вероятное присутствие третьего. Примерно о том же говорят результаты работы по проекту MAXIMA, также полученные с поднятого в высокие слои атмосферы баллона.

Таким образом, гипотезу, описывающую ближайшие последствия Большого взрыва, можно считать экспериментально подтвержденной. Ликвидировано и разногласие относительно того, какая часть Вселенной состоит из барионной материи, т.е. атомов, звезд, живого вещества. Нынешние измерения показывают, что всего около 4% массы Вселенной можно отнести к барионному типу. До сих пор называлась величина, близкая к 5%, а это довольно существенная разница.

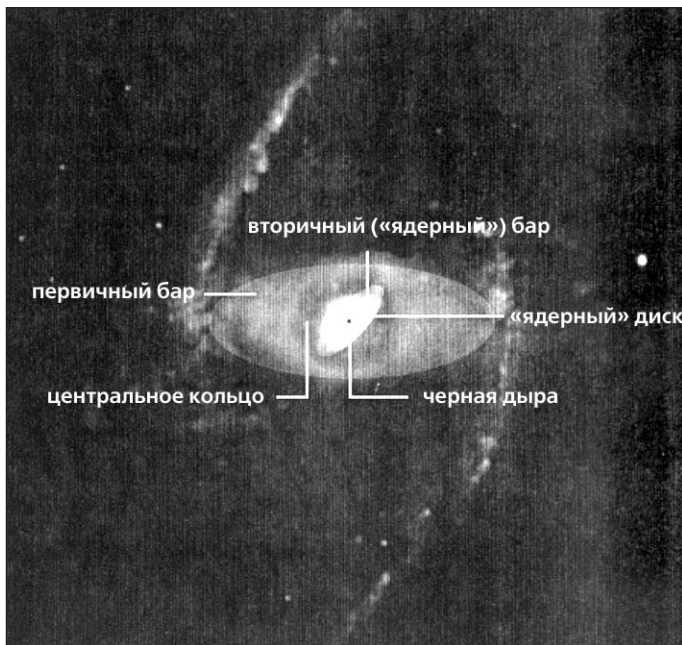
Science. 2001. V.292. №5518. P.823 (США).

## Астрофизика

### Хоровод вокруг черной дыры

В ядрах многих галактик находятся сверхмассивные черные дыры, в миллионы и даже сотни миллионов раз массивнее Солнца. Эти загадочные объекты нельзя наблюдать непосредственно, ибо они проявляют себя только гигантским притяжением. Однако именно такое их свойство заставляет окружающие звезды с бешеной скоростью обращаться вокруг черной дыры, разрывая звезды на части и навсегда поглощает образующийся при этом газ. Падая в черную дыру, газ нагревается, и его излучение красноречиво говорит об удивительных процессах, происходящих в активных ядрах галактик.

Многое еще неясно в функционировании «центральной машины» галактического ядра, в частности, непонятно, как «питание подается к столу» черной дыры: ее «прожорливое брюшко» довольно быстро должно поедать соседние звезды и межзвездный газ; следовательно, должен существовать механизм, обеспечивающий доставку удаленного вещества в самый центр галактики. А это не так просто: чтобы звезда стала падать на черную дыру, требуется затормозить быстрое галактическое вращение звезды. Астрономы дебатировали относительно физических механизмов торможения вещества и его доставки к черной дыре. Одни из рассматриваемых эффектов действуют только на разреженный газ, другие — только на газ, собранный в массивные облака, третьи — на крупные скопления звезд. Чтобы выяснить, какой механизм эффективнее,



Структурные компоненты активной галактики с двойным баром (ESO PR Photo 25d/01, 14 August 2001).

требуется изучить движение вещества в самом центре галактического ядра, в области радиусом порядка 1000 св. лет вокруг черной дыры.

Детально исследовать эту область до сих пор не удавалось, поскольку в ядрах галактик много пылевых облаков, заслоняющих свет звезд. Преодолеть пылевой заслон смогли недавно астрономы<sup>1</sup> Европейской обсерватории в Чили с помощью инфракрасных приборов, смонтированных на восьмиметровом телескопе VLT/ANTU<sup>2</sup>. Инфракрасная спектральная камера ISAAC позволила изучить движение звезд в активных ядрах некоторых галактик<sup>3</sup>. Подтвердилось предположение астрономов о существовании вокруг черной дыры «ядерного» бара — эллипсоидальной динамической структуры, играющей роль столбовой дороги для вещества, питающего энергетический центр галактики.

<sup>1</sup> Emsellem E., Pecontal E. et al. ESO Press Release 18/01 14 August 2001.

<sup>2</sup> Сурдин В.Г. Крестины восьмиметровых телескопов // Природа. 2000. №1. С.62—64.

<sup>3</sup> Он же. ISAAC исследует Вселенную // Там же. 1999. №9. С.43.

Бар (см. рис.) в основном состоит из звезд — главных носителей массы в центральной области галактики. Существует целый класс спиральных галактик с баром (их еще называют пересеченными спиральями), у которых спиральные рукава выходят не из центра галактики, а из концов бара. Вращение бара создает пульсирующее гравитационное поле и, подобно «гравитационной метле», сметает вещество галактического диска (в особенности — межзвездный газ) к своему центру. Накопившись там в достаточном количестве, это вещество может само сформировать небольшой, вторичный («ядерный») бар, который продолжит стягивать вещество к центру галактики. Так говорит теория. А что показывают наблюдения? Видна ли в галактиках с активным ядром «матрешка» из вложенных друг в друга баров?

До последнего времени на самых детальных изображениях некоторых галактик с крупным баром можно было заметить лишь некоторый намек на вложенный в него вторичный бар. Косвенное указание на его существование да-

вали измерения скоростей газовых облаков в центре галактик. Астрономы Лионской обсерватории под руководством Э.Эмселлема изучали движение звезд в самом центре нескольких сравнительно близких галактик с активными ядрами — NGC 1097, NGC 1808 и NGC 5728, которые удалены от нас соответственно на 55, 35 и 120 млн св. лет. Используя комплекс ISAAC, астрофизики получили спектры ядер этих галактик в области 2.3 мкм, на которых ясно видны полосы поглощения молекул CO, находящихся в атмосферах сравнительно холодных звезд. Изменяя положение полос в спектре на разном расстоянии от центра галактики, удалось по эффекту Доплера определить среднюю скорость обращения звезд вокруг предполагаемой черной дыры и характерный разброс их скоростей на фоне общего движения. Эти параметры достаточно полно описывают поведение звездной системы и гравитационного поля, в котором она находится.

Спектральные характеристики NGC 1097, NGC 1808 и NGC 5728 подтвердили наличие у них «ядерных» баров как совершенно самостоятельных структур, отделенных от внешних областей галактик. Однако неожиданным оказалось то, что с приближением к центру бара, вопреки предсказанию простых динамических моделей, хаотическая скорость звезд становится все меньше и меньше. Поскольку физики измеряют степень хаотического движения молекул газа значением его температуры, астрономы также используют это понятие для звездных систем, в которых звезды — те же молекулы. Поэтому обнаруженное свойство «ядерных» баров стало открытием «динамически холодных звездных систем» в центре активных ядер галактик.

Единственное объяснение этого открытия пока состоит в том, что в недалеком прошлом в центральной части каждого из изученных «ядерных» баров существовал довольно массивный газовый диск, вещество которого за короткое время почти полно-

стью превратилось в звезды. Эти молодые звезды некоторое время движутся согласованно, сохраняя скорости родительского газа. Поэтому и наблюдается динамически холодный звездный «хоровод» вокруг центра галактики. Но долго так продолжаться не может: те звезды, которые не попадут в черную дыру, под действием различных гравитационных возмущений приобретут большие хаотические скорости, и вся звездная система «разогреется». Поскольку динамически холодное состояние недолговечно, оно не должно часто встречаться в активных ядрах галактик. Чтобы проверить это, астрономы продолжают наблюдения.

**© В.Г.Сурдин,**  
кандидат физико-математических наук  
Москва

### Астрономия

#### **Ядро суперкометы выдает неизвестную планету?**

В 2000 г. астрономы во главе с Х.Левисоном (H. Levison; Юго-Западный исследовательский институт, Боулдер, США) объявили об открытии ими крупного объекта (диаметр  $\approx 400$  км), напоминающего ядро кометы. Объекту присвоили наименование 2000 CR105. Это небесное тело принадлежит к многочисленному семейству занептуновых объектов — в основном ледяных остатков, которые сохранились после формирования Солнечной системы и ныне во множестве населяют пояс Койпера — дискообразную область космоса, лежащую за Нептуном.

Часть этих тел перемещается по весьма вытянутым орбитам. До последнего времени астрономы полагали, что они когда-то были выброшены на такие орбиты тяготением некой гигантской планеты, наиболее вероятно — Нептуна. В соответствии с небесной механикой, ближайшая к Солнцу точка их орбиты должна в таком случае находиться примерно в 4.5 млрд км от него, т.е.

вблизи орбиты Нептуна. Однако оказалось, что 2000 CR105 это требование не выполняет.

Обработав данные наблюдений, астроном Б.Глэдман (B. Gladman; Обсерватория Лазурного берега в Ницце, Франция) и его коллеги пришли к выводу, что это небесное тело обходит Солнце один раз в 3175 земных лет и, что очень важно, никогда не сближается с ним на расстояние меньше 6.6 млрд км. Орбита 2000 CR105 невероятно вытянута — на более удаленная от Солнца точка расположена в 58.2 млрд км, т.е. в 13 раз дальше, чем у Нептуна. Это — первый случай, когда один из объектов пояса Койпера находится вне зоны сильного влияния той или иной гигантской планеты.

Каким образом могло сложиться столь редкое явление? Одна из гипотез говорит, что причудливая орбита 2000 CR105 формировалась постепенно, в результате слабого, но длительного время периодически повторяющегося возмущения со стороны Нептуна. Построив математическую модель, специалисты пришли к выводу, что этот сценарий маловероятен.

Другое предположение сводится к тому, что данную суперкому «перетасил» на ее нынешнюю траекторию некий массивный объект, с которым мы еще не знакомы, поскольку он находится еще дальше от Солнца. Впрочем, это мог быть и Нептун: согласно некоторым предположениям, его орбита когда-то была еще более эксцентрической, и он в состоянии был вызвать «беспорядки» на периферии Солнечной системы.

Не исключено также, что в данной области некогда существовала временная популяция массивных планетарных «зародышей», сложившихся в период молодости Солнечной системы, а затем вытолкнутых из нее, и именно они повлияли на 2000 CR105.

Наконец, самая далеко идущая, но все же правдоподобная гипотеза выдвинута Глэдманом с сотрудниками: возможно, во внешних областях Солнечной системы скрывается некая планета размером примерно с Марс. Находясь

в среднем в 15 млрд км от Солнца, она могла выбросить 2000 CR105 на его наблюдаемую ныне орбиту. В отличие от каменистого Марса, эта планета должна состоять в основном из льда. А огромные расстояния, отделяющие ее от давно известных членов солнечной семьи, не позволяют ей вносить заметные искажения в их движения, по которым мы могли бы раньше ее обнаружить.

Хотя первооткрыватель кометного ядра Левисон не разделяет подобное мнение, но и он согласен, что существование далеко за Плутоном «нового Марса» полностью исключить нельзя. Science. 2001. V.292. №5514. P.33 (США).

### Планетология

#### **Атмосферы планет разрушает солнечный ветер?**

Все планеты Солнечной системы постоянно подвергаются бомбардировке потоком заряженных частиц; наибольшей силы она, естественно, достигает на Меркурии, несколько меньше на Венере и Земле. Правда, на единицу площади их поверхности приходится примерно в 1 млн раз меньшая мощность солнечного ветра по сравнению с электромагнитной радиацией Солнца, зато он значительно эффективней в своем разрушающем воздействии на атмосферы планет.

Земля, согласно подсчетам К.Секи (K. Seki) и его коллег из Лос-Аламосской национальной лаборатории (США) и Института космических и астронавтических исследований в Канагаве (Япония), каждую секунду теряет из атмосферы менее 3 кг вещества, в основном водорода (состав и точное количество улетучивающегося газа колеблется в зависимости от цикла солнечной активности). Это означает, что на полную потерю Землей всей ее атмосферы должно уйти более 50 млрд лет, а для исчезновения и Мирового океана — еще 15 трлн лет! Между тем срок жизни Солнца не превышает «каких-нибудь» 10 млрд лет.



Итоговая потеря вещества любой планетой зависит от баланса между его приходом и уходом. Чем сильнее тяготение небесного тела, тем труднее материи «сбежать». Мелкие тела теряют вещество куда активнее, чем крупные. Особенно это заметно у кометы, идущей на сближение с Солнцем: хотя ее ядро в диаметре всего несколько километров, зато газовый хвост достигает огромной длины и виден иногда в ночное время даже невооруженным глазом. Но более детальные исследования показывают, что хвостов у кометы на самом деле два: один — диффузный и сравнительно короткий, образованный мелкими пылинками, второй — длинный, светящийся сине-зеленоватым цветом, четко структурированный, порожденный взаимодействием солнечного ветра с расширяющимися газами кометного происхождения, которые, подвергаясь ионизации, разгоняются до огромных скоростей.

Эти два хвоста иллюстрируют два разных процесса разрушения атмосферы — тепловое и нетепловое «бегство» плазмы. Близко к Солнцу у планет со слабым тяготением главный фактор потери вещества — тепловой, в условиях же мощного притяжения он основной роли обычно не играет (за исключением Меркурия, орбита которого лежит слишком близко к Солнцу). Таким образом, эрозию атмосферы у большинства планет вызывает нетепловой процесс. Подобно кометам, они тоже имеют вытянутые сильно структурированные плазменные хвосты, но эрозия идет здесь намного пассивнее, и хвосты для наземных оптических телескопов остаются невидимыми.

Разный характер процесса потери вещества планетами земного типа может объясняться различиями в составе, физических свойствах их атмосфер и особенностях их поверхности: Земля чуть ли не на две трети покрыта океаном; на поверхности Венеры царят высокие температуры при чрезвычайно плотной атмосфере; на Марсе, возможно, некогда существовал океан... Но если все планеты земного типа сложились из древнейшей

солнечной туманности — одного и того же газово-пылевого облака (что почти несомненно с учетом их сходных масс и свойств ядра), то почему они в дальнейшем развивались неодинаково?

Частичный ответ дает различие в скорости эрозии их атмосферы и гидросфер. Ближайший к Солнцу Меркурий практически лишен летучих веществ, которые давно изгнаны мощным тепловым излучением и потоком солнечного ветра. У Земли есть могучее магнитное поле, отклоняющее солнечный ветер задолго до его соприкосновения с атмосферой (та незначительная ее потеря, которую зафиксировал Секи с коллегами, лишь подтверждает надежность защитного свойства магнитного поля Земли). У Венеры и Марса своего магнитного поля почти нет, так что их взаимоотношение с солнечным ветром подобно наблюдаемому у комет. О том, как идет потеря вещества в атмосфере Венеры, пока известно очень мало, а у Марса, согласно последним измерениям, атмосфера теряет около 1 кг вещества в секунду; значит, примерно 4 млрд лет назад Красная планета могла быть покрыта слоем воды толщиной в несколько метров (при условии, что влага была распределена равномерно). Но это в случае, если процесс потери вещества шел так же, как сегодня, однако, судя по ряду признаков, древняя более плотная и влажная атмосфера теряла вещество приблизительно в 10 раз интенсивней. Магнитное поле у Марса когда-то было, но оно почти совсем исчезло еще несколько миллиардов лет назад, оставив планету на произвол солнечного ветра — в итоге моря там исчезли, а воздушная оболочка сильно поредела.

Среди специалистов давно идут споры о причинах столь радикальных различий между планетами земного типа. Попытка Секи и его коллег связать это с эрозией атмосфер и гидросфер за счет солнечного ветра — новый шаг в данной области.

Science. 2001. V.291. №5510. P.1909, 1939 (США).

## Космические исследования. Техника

### Индия: первый научный спутник

Индийское правительство приняло решение о запуске первого собственного искусственного спутника, который предназначен исключительно для научных целей.

Названный «Astrosat», он должен быть запущен во второй половине текущего десятилетия. На его борту будут установлены приборы для астрономических наблюдений в широкой полосе излучения — в рентгеновской и ультрафиолетовой частях спектра. Разработкой оборудования занимаются Институт астрофизики в Бенгалуру и Татовский институт фундаментальных исследований в Мумбаи (бывший Мадрас); общее руководство проектом возложено на Индийскую организацию космических исследований (Дели).

Как отмечают специалисты, ИСЗ «Astrosat» по своим возможностям существенно уступает американскому спутнику «Chandra-X-ray Observatory» и западноевропейскому «XMM-Newton», тем не менее для начальной стадии участия Индии в космических исследованиях конструируемые приборы и намечаемые эксперименты адекватны. И все же создание счетчика фотонов для ультрафиолетового телескопа потребует помощи зарубежных ученых.

На разработку инструментов уйдет около полутора лет. Запуск спутника предполагается произвести уже существующей индийской ракетой-носителем.

Science. 2001. V.291. №5509. P.1681 (США).

## Химия атмосферы

### Состояние озоносферы в 2000 году

По данным Всемирной метеорологической организации, концентрация в стратосфере хлорсодержащих веществ искусственно-

го происхождения в 2000 г. стабилизировалась и составила примерно две части на 1 млрд. Можно полагать, что это — следствие мер, принятых в разных странах в соответствии с Монреальским протоколом 1987 г. Однако и при такой концентрации озонный слой подвергается сильному разрушению. Учитывая, что хлорсодержащие вещества живут долго, их пагубное влияние на озоносферу Земли продлится, вероятно, еще несколько десятилетий.

Нижняя часть стратосферы (10–22 км над земной поверхностью) в Арктике потеряла за 2000 г. значительную часть озона, особенно над районами средних, высоких и полярных широт. В марте отклонения в содержании  $O_3$  по сравнению со средней его величиной в 1964–1976 гг. достигли 20–30%. Особенно характерно такое положение для территорий, расположенных от Полярного круга до Северного полюса и от Скандинавского п-ова до района Новосибирских о-вов.

В других областях Северного полушария отрицательные отклонения в концентрации  $O_3$  за тот же период составили: около 10–12% — над пространством от Испании до Украины и 6–10% — над Северной Америкой.

Что касается Южного полушария, то озонная дыра здесь вела себя весьма странным образом. Уже к началу августа на огромном пространстве над Антарктидой температура в стратосфере упала до  $-93^\circ$ . К началу сентября озонная дыра занимала наибольшую площадь за все время наблюдений. В конце сентября — начале октября потеря  $O_3$  достигла максимума: его концентрация упала более чем на 50% по сравнению с периодом, когда озонная дыра отсутствовала. Однако в конце октября она начала очень быстро сокращаться и вскоре превратилась в наименьшую за все минувшее десятилетие.

WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2000. WMO. 2001. №920. P.9 (Швейцария).

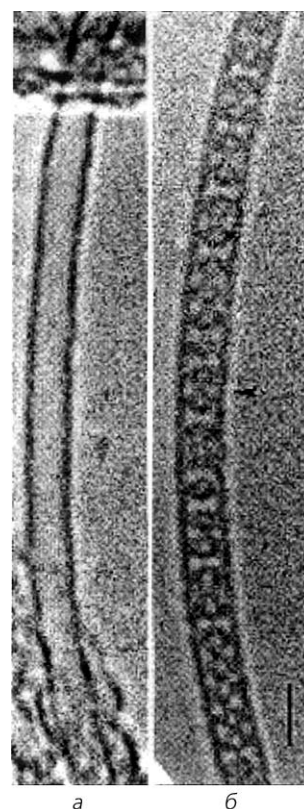
## Химическая физика

### Графитовый «стручок», фуллереновый «горох»

Фуллерены, нанотрубки, «луковицы» — это новые, открытые несколько лет назад, структурные модификации углерода<sup>1</sup>, ранее известного лишь в двух формах — графит и алмаз. Но вот обнаружена еще одна любопытная углеродная структура — «reaprod» («гороховый стручок»), в которой внутри углеродных нанотрубок расположены молекулы фуллеренов. Работы по изучению этой, пока довольно редкой, системы представили исследователи<sup>2</sup> из Японской электронной корпорации (NEC Corp.) на Международном симпозиуме по наноструктурным материалам, состоявшемся в Японии (Камакура, январь 2001 г.).

Хорошо известно, что при синтезе нанотрубок (как дуговым методом, так и методом лазерного испарения) образуется большое количество фуллеренов и других форм углерода. Обычно они удаляются путем очистки или специальной обработки. В очень редких случаях, как показывают данные просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения, фуллерены попадают в полость нанотрубки, проникая через дефекты в стенках или через ее открытый конец. Это наблюдение стимулировало работу японских исследователей по целенаправленному синтезу нанотрубок, заполненных фуллеренами. Такие системы и были получены ими в простой парофазной реакции.

Допирование нанотрубок разного вида фуллеренами ( $C_{60}$ , более высокими фуллеренами и даже металлофуллеренами) осуществлялось после специальной предварительной обработки нанотрубок. То, что сумели создать ученые, можно отобразить следующей



Нанотрубка до заполнения (а) и после заполнения (б) фуллеренами. В полостях одностенных углеродных нанотрубок фуллерены выстраиваются так регулярно, что их можно рассматривать как одномерный фуллереновый кристалл. Специалисты назвали такую структуру reaprod — «гороховый стручок».

формулой:  $(Metal@C_m)_n@SWNT$ . Как показывают теоретические исследования, высокая стабильность систем с инкапсулированными  $C_{60}$  обусловлена слабым взаимодействием между  $C_{60}$  и углеродными нанотрубками.

Успех заполнения нанотрубок связан с величиной их диаметра — в экспериментах заполнялись «стручки» только диаметром 1.3–1.4 нм.

Любопытные превращения с инкапсулированными в полости нанотрубок фуллеренами происходят и дальше: при воздействии электронного пучка с энергией 100 кэВ фуллерены превращаются в одностенные нанотрубки

<sup>1</sup> О фуллеренах см.: Чернозатонский Л.А. Лавреаты Нобелевской премии 1996 г. // Природа. 1997. №1. С.96–99; Фуллерен  $C_{36}$  // Там же. 1998. №11. С.105–106.

<sup>2</sup> Okada S. et al. // International Symposium on Nanonetwork Materials: Fullerenes, Nanotubes, and Relates Systems. January 2001. Kamakura, 2001.

внутри исходных. Так образуются углеродные нанотрубки, инкапсулированные углеродными нанотрубками.

<http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/p112/index.html>

**Организация науки.**  
**Физика**

**SESAME нашел себе место**

Общеввропейский проект SESAME (Synchrotron radiation for Experimental Science and Applications in the Middle East — Экспериментальные и прикладные аспекты применения синхротронного излучения в странах Ближнего Востока)<sup>1</sup> поставил целью безвозмездно передать одному из государств данного региона остановленный в Берлине исследовательский синхротрон BESSY-1 в связи с его заменой на более совершенный ускоритель BESSY-2.

Заявки на получение этого прибора мощностью 0.8 Гэв подали 16 государств; весной 2001 г. было принято решение удовлетворить просьбу Иордании, которая обязалась возвести для синхротрона специальные сооружения в пригороде Аммана при уже существующем там Университете прикладных наук. Перевозку громоздкого оборудования ускорителя частиц оплатит Германия. Европейские участники проекта «в складчину» выделяют 8 млн амер. долл. на модернизацию установки. Строительство должно быть завершено в конце 2002 г.

Руководство проекта одобрило планы Иордании построить рядом с воссоздаваемой BESSY-1 Средневосточный научно-исследовательский биологический институт, который будет пользоваться установками ускорителя. Предполагается осуществлять здесь широкую кооперацию ученых из разных стран данного региона.

Science. 2001. V.292. №5517. P.619 (США).

<sup>1</sup> См. также: Армения, возможно, получит синхротрон // Природа. 2001. №8. С.83.

**Физика**

**Спинтроника предлагает...**

Изменить ориентацию магнитного момента некоторой области магнитного вещества можно, приложив к ней локальное магнитное поле. На этом основана традиционная магнитная память, используемая в компьютерах. Стремление повысить плотность записи в запоминающем устройстве сталкивается с проблемой создания управляемого магнитного поля в достаточно малых областях. Некоторые успехи достигнуты здесь благодаря локальному пропусканию тока, который создает в пространстве магнитное поле, соответствующее уравнениям Максвелла. Однако, несмотря на локальность тока, вызываемое им магнитное поле все же недостаточно локально; кроме того, требуются большие токи для перемагничивания.

Выход из этой затруднительной ситуации дает спин электрона: в ряде работ рассматривается возможность перемагничивания маленькой гранулы (или области) магнитного вещества в момент пропускания через нее пучка спин-поляризованных электронов. Магнитное поле, создаваемое электронами, слишком мало для перемагничивания гранулы; очень слабым оказывается также взаимодействие магнитных моментов электронов с магнитными моментами атомов. А вот обменное взаимодействие, которое обусловлено сильным кулоновским взаимодействием электронов пучка с электронами атомов и зависит от ориентации их спинов, оказывается очень эффективным. На это явление впервые обратили внимание в 1996 г. и затем наблюдали в нескольких экспериментах<sup>1</sup>.

В недавней работе, выполненной в Лаборатории ядерной физики в Цюрихе и в Станфордском университете<sup>2</sup>, впервые удалось получить количественную харак-

<sup>1</sup> *Ralph D.* // Science. 2001. V.291. P.999—1000.  
<sup>2</sup> *Weber W. et al.* // Ibid. P.1015—1018.

теристику эффекта. Эксперимент состоял в следующем. С помощью фотоэмиссии из полупроводникового катода, вызываемой циркулярно поляризованным светом, получали пучок электронов со 100%-й спиновой поляризацией (ранее для этой цели электронный пучок пропускали через тонкий слой магнитного вещества, служивший спиновым фильтром). Затем пучок направляли через свободно подвешенную в вакууме магнитную пленку толщиной в несколько нанометров. Первоначальная поляризация электронов была перпендикулярна магнитному моменту пленки. Пролетая через пленку, магнитный момент электрона прецессирует, и поэтому его поляризация отличается от исходной. Она и была измерена с помощью спинового фильтра. Теперь самое время вспомнить третий закон Ньютона, утверждающий, что действие равно противодействию. В данном случае он означает, что спины электронов пучка и вещества взаимно прецессируют. В массивной грануле эффект воздействия заметить невозможно, однако, если пролетевших электронов столько же, сколько атомов, он становится вполне ощутимым.

Ввиду обратимости эффекта, он может быть использован как для записи информации, так и для ее считывания. Вполне достижима частота переключения в десятки гигагерц.

<http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/p112/index.html>

**Биология**

**Морозоустойчивый дождевой червь**

Интерес ученых к дождевым червям — важнейшим деструкторам отмершей органики в лесных и луговых экосистемах — возник еще во времена Ч.Дарвина и не угасает до сих пор. Однако не вся лесная зона Евразии «держится» на дождевых червях. По мере продвижения с запада на восток их ареал смещается к югу. Для большинства палеарктических видов восточный

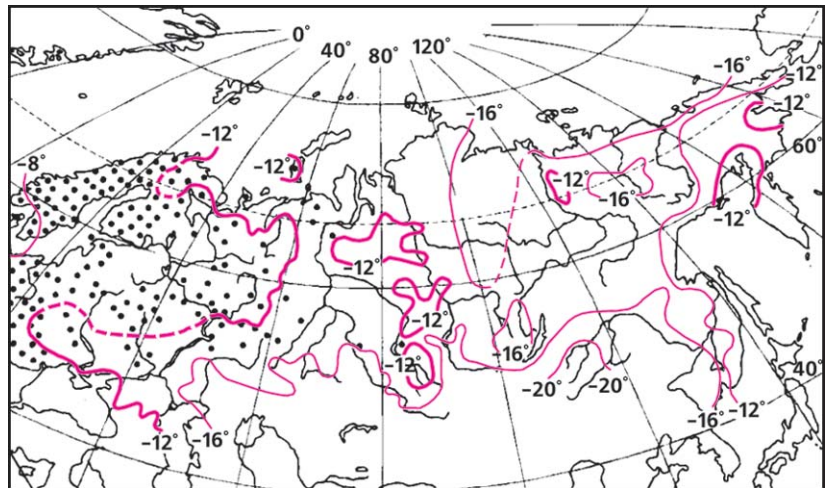


рубеж их распространения проходит по 40–50° в.д., однако границы трех видов (*Dendrobaena octaedra*, *Dendrodrilus rubidus*, *Octolasion lacteum*) пересекают и 60° в.д.

В поисках объяснений столь странного географического распространения червей в числе первых рассматривается гипотеза об ограничительном влиянии низких зимних температур. Основанием для этого вывода служит ареал вида *D.octaedra*: он охватывает не только почти всю лесную зону Европы, но и европейские тундры (в том числе и на Южном острове Новой Земли). *D.octaedra* дальше всех проникает на восток — в Западную Сибирь и после громадного территориального разрыва вновь обнаруживается на побережье Охотского моря, у Магадана, куда явно завезена. Сопоставление северной и восточной границ ареала *D.octaedra* с положением зимних изотерм воздуха (имеющих в Евразии меридиональное, а не широтное направление) позволяет предположить связь между распространением вида и его холодостойкостью.

В лабораторных экспериментах, проведенных сотрудниками Института биологических проблем Севера ДВО РАН Д.И.Берманом, Е.Н.Мещеряковой, А.В.Алфимовым и А.Н.Лейрих, исследовались стойкость к переохлаждению и пороги переносимых температур *D.octaedra*, обитающей в окрестностях Магадана. Собранные с осени черви и коконы помещались в контейнеры с почвой и ступенчато (по неделе) акклиматизировались в термостатах при температурах +9, +3.0, -1.5°C, а затем, тоже ступенчато, доводились до испытываемых температур — вплоть до -16°C. Нагревание шло в обратном порядке. Критерием жизнеспособности считалось длительное последующее благополучное существование червей.

В октябре все черви замерзают при  $-2.5 \pm 0.01^\circ\text{C}$ . Замерзшие при максимальном переохлаждении животные подвергались дальнейшему охлаждению



Изотермы почвенных, минимальных за зиму, температур на глубине 3 см, где живет *D.octaedra*. На европейской территории России большая часть ареала этого вида лежит в пределах изотермы -12°, однако на юге, в широколиственных лесах и лесостепи, ареал околонуи изотермой -14°; за ее пределы выходит лишь считанное число мест обнаружения, расположенных преимущественно в Западной Сибири. (Точками обозначены места находок *D.octaedra*.)

до  $-5.5 - -7^\circ\text{C}$  и в этих условиях выдерживались в течение суток. После медленного нагревания благополучно выжили 27% червей, продемонстрировав морозостойкость даже при много худших, чем в природе, режимах охлаждения. Таким образом, *D.octaedra* пополнила список холодостойких червей, состоявший до сих пор лишь из *Eisenia nordenskioldi* (вида из другого рода дождевых червей).

Исследование порогов переносимых температур выявило область от  $-12$  до  $-14^\circ\text{C}$ , в пределах которой наблюдаются повреждение или гибель 55–72% животных. При более низких температурах неповрежденными остаются не более 8% червей. Полученные результаты полностью согласуются с распространением вида (см. карту).

Малые скорости эмбрионального и постэмбрионального развития *D.octaedra* не позволяют при реально наблюдающихся температурах в лесной и тундровой зонах пройти жизненный цикл «от яйца до яйца» за один сезон. Благодаря холодостойкости черви и коконы зимуют во всех стадиях

развития и тем самым растягивают его более чем на год, что в конце концов расширяет экологическую валентность вида, способствуя частичной колонизации холодных регионов. Усиливающаяся суровость зим с запада на восток препятствует проникновению *D.octaedra* в бореальную и тундровую Сибирь.

Аналогично формируется ареал интродуцированной *D.octaedra* в Северную Америку, но он имеет иную конфигурацию в соответствии с иным полем зимних температур. Полученные результаты позволяют прогнозировать ареал расселения этого вида-космополита в северных регионах Евразии и Северной Америки.

ДАН. 2001. Т.377. №3. С.415–418 (Россия).

## Геофизика

### Три Сестры угрожают

Центральная часть штата Орегон считается слабосейсмичной областью. Однако такое представление теперь опровергается наблюдениями из космоса, результаты которых обработаны сотрудниками отделения Геологической

службы США в Менло-Парке (штат Калифорния) во главе с геофизиком Ч.Уиком (Ch.Wick).

Измерения движений земной коры проводились в этом районе с помощью радаров, установленных на борту нескольких европейских спутников для исследования земных ресурсов (European Earth Resources Satellites). Из анализа данных, полученных в период 1996—2000 гг. (за исключением информации о снежном покрове и влажности почвы), установлено, что за эти четыре года значительный участок земной поверхности — часть Каскадных гор с комплексом «спящих» вулканов Три Сестры (Норт Систер, Миддл Систер и Саут Систер) и их склоны — поднялся местами на 10 см. Особенно заметным оказалось поднятие поверхности в 5 км к западу от горы Саут Систер: этот участок диаметром 15—20 км вздыбился в своем центре более чем на 10 см. Геофизическое исследование показало, что здесь из недр поднимался столб расплавленной магмы, который остановился в 6 км под поверхностью, но своим давлением приподнял ее.

Палеовулканологи обнаружили свидетельства того, что около 1200 лет назад из сотен местных вулканических трещин и расселин взрывообразно выбрасывались струи лавы, но этот эпизод был кратковременным. Примерно 2 тыс. лет назад — в последний раз — весь центр нынешнего штата Орегон был охвачен бурным извержением, в котором участвовали и Три Сестры.

В 35 км к востоку от Саут Систер расположен ближайший населенный пункт — г.Бенд с населением 52 тыс. человек. Ученые во главе с руководителем Вулканоло-

гической обсерватории Каскадных гор У.Скоттом (W.Scott) считают, что если магма даже и вырвется на поверхность, городу она прямо угрожать не будет, однако в случае взрывного извержения пепел может по ветру распространиться на много километров от вулкана или вызвать в русле рек грязевые потоки.

Все лето 2001 г. специалисты расширяли локальную сейсмическую сеть и оснащали ее телеметрическим оборудованием, связанным со спутниками Системы глобального позиционирования (Global Positioning System). Это позволит установить, продолжается ли быстрый подъем земной поверхности на вершине и склонах Трех Сестер, очевидно, прервавших свой многовековой сон.

Science. 2001. V.292. №5520. P.1281 (США).

## Палеонтология

### Происхождение птиц: картина усложняется

Самая примитивная из всех известных науке птиц — археоптерикс (Archaeopteryx) — летала над прибрежным мелководьем 150 млн лет назад. Но к началу мелового периода (140—130 млн лет назад) ее сменили более совершенные птицы — энантиорнисы (Enantiornithes), т.е. буквально — противоптицы. Такое название им дали из-за необычного строения костей скелета. Энантиорнисы процветали целых 70 млн лет; их окаменелые остатки во множестве обнаружены в последние два десятилетия. А вот скелетов меловых Ornithurae, группы, к которой причисляют и современных птиц, до нас дошло очень мало. В руки палеонтологов попали лишь два

относительно полных окаменелых остатка. Они относятся к найденным в 1870-х годах гесперорнису (Hesperornis) и ихтиорнису (Ichthyornis).

И вот теперь в среде ученых ликование: Джулия Кларк (J.Clark; Йельский университет, Нью-Хейвен, штат Коннектикут) и М.Норелл (M.Norell; Американский музей естественной истории, Нью-Йорк) объявили об открытии аспарависа (Asparavis). Возможно, этой находке суждено пролить дополнительный свет на происхождение всех пернатых.

Остатки аспарависа обнаружены на территории Монголии, в меловых отложениях урочища Ухаа-Толгод, которым, по всей видимости, около 80 млн лет. Следует отметить превосходную сохранность костей: они не деформированы, как обычно бывает при захоронении ископаемых птиц, что позволяет точнее судить об анатомии этого древнего вида. Аспаравис демонстрирует подлинную мозаику из примитивных и продвинутых черт. Подсчитали, что 27 особенностей позволяют отнести аспарависа к числу орнитур и тем самым связать его с настоящими птицами. Однако 12 признаков, которые до сих пор считали уникальным достоянием энантиорнисов, оказались присущи и аспаравису. Отсюда следует, что десяток прежних фрагментарных находок, отнесенных к числу энантиорнисовых, в действительности могут к этой группе и не принадлежать. Под удар попадает представление, согласно которому энантиорнисы были намного разнообразнее, чем орнитур. Значит, картина происхождения птиц еще сложнее, чем выглядела до сих пор.

Science. 2001. V.291. №5502. P.225 (США).

# Феномен Николая Реймерса

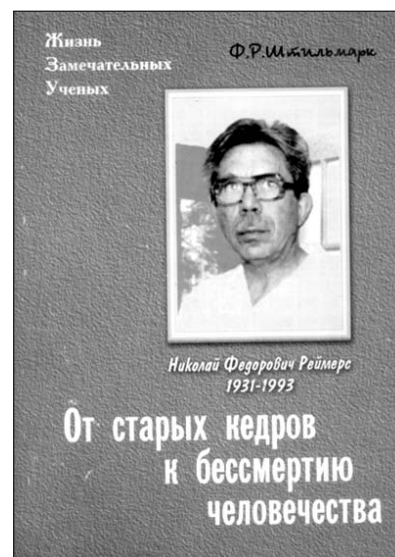
Б.М.Миркин,  
доктор биологических наук  
Башкирский государственный университет  
Уфа

Рождение макроэкологии — широкого междисциплинарного комплекса об отношениях организмов (и в первую очередь человека) и условий среды — в России носило характер взрыва. Причем особенно активно формирование рядов экологов, общественных и государственных структур, ориентированных на формулирование (реже решение) экологических задач, и наработка теоретического багажа происходили в годы перестройки и экономических реформ, т.е. начиная с конца 80-х годов.

Из глубин науки и общества на поверхность выплеснулся самый гетерогенный человеческий материал, который был насыщен «революционными Хлестаковыми», «революционными Чичиковыми» (по выражению Н.Бердяева) и даже «революционными Шариковыми» (по М.Булгакову). И все-таки рождение российской экологии состоялось благодаря нескольким по-настоящему ярким личностям. И среди них, безусловно, — Николай Реймерс, являвший собой пример «обнаженного нерва» экологической ситуации в России. Написавший предисловие к рецензируемой книге Н.Н.Моисеев подчеркивает, что «Н.Ф.Реймерс был своего рода

образцом служения науке и научной истине, он посвятил ей всю сознательную жизнь до последнего вдоха» (с.7).

Он прожил сравнительно недолгую жизнь (1931—1993), но сделал столько, что можно говорить о феномене Реймерса — человека, гражданина и ученого. И рассказать об этом феномене в назидание современникам и потомкам было нужно, не превращая в идола, а — реалистически, описав белые и черные страницы его жизни (далеко не простой и даже конфликтный характер Реймерса был причиной многих черных полос). Эту задачу и взялся решить Ф.Р.Штильмарк, известный как автор ряда превосходных популярных и научных книг о заповедном деле, написанных столь художественно, что ученый-природоохранник был принят в члены Союза российских литераторов. В качестве приложения в книгу включены основные даты жизни и деятельности, список общественных обязанностей и нагрузок, сведения об участии в научных конференциях и совещаниях, библиография научных трудов и некоторые материалы из архива ученого («Экологический манифест», «Экология для директора», письмо «Президенту Бразилии, всему мировому обществу» и др.).



**Штильмарк Ф.Р. ОТ СТАРЫХ КЕДРОВ К БЕССМЕРТИЮ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА.**

М.: МНЭПУ, 2001. 268 с.  
(Жизнь замечательных ученых)



В книге рассказано не только о Реймерсе, но и о времени, в котором он жил и которое было насыщено потрясениями: взлет Лысенко и его «победа» над биологией на сессии ВАСХНИЛ в 1948 г., эпоха застоя и формирования жесткой воензированной системы в науке, опиравшейся на «похвальное единомыслие» «единых советских научных школ», и, наконец, полный противоречий период перестройки и экономических реформ. При этом не случайно, что невестребованный и гонимый в застойное время Реймерс именно в годы демократизации общества оказался востребованным и лихорадочно спешил реализовать свой научный и гражданский потенциал.

Повествуя о герое своей книги, Штильмарк вынужден писать и о себе, поскольку их связывали долгие годы дружбы и научного сотрудничества. В текст включено много цитат из писем Штильмарку и другим корреспондентам, записей из дневников. Нередко в цитатах дается нелицеприятная оценка недавно ушедшим или еще живущим коллегам. Публиковать такого рода материалы было достаточно смело со стороны Штильмарка, но эти цитаты как нельзя точно выражают характер Реймерса. Несмотря на обильную фактологию (автор авансирует «строго документальное описание жизненного пути Николая Федоровича»), она подана легко, на одном дыхании, и так же ее следует читать, чтобы почувствовать накал многочисленных перипетий биографии Реймерса.

Книга начинается с родословной Реймерса, которая уходит корнями во времена Петра I, пригласившего в Россию для ее «европеизации» ученых мужей из Германии, Голландии и Швеции. Его отец — Федор Эдуардович, крупный физиолог растений, считал, что их «род происхождения не то шведского, не то голландского». Во вся-

ком случае научная карьера Реймерса младшего была предопределена и элитарным генотипом, и воспитанием в семье ученого. Что касается социальной составляющей, то она начала «воспитывать» Николая уже со студенческой скамьи. На первом курсе Московского университета он познакомился с новым деканом И.И.Презентом и вынужден был подписать своеобразную клятву на верность идеям «мичуринской биологии», без чего в число студентов не зачисляли.

Реймерс-старший, лишенный в эти годы как «морганист-менделист» докторской степени, был вынужден повторно защищать диссертацию. А «пролысенковский климат» в столице начала 50-х годов стал причиной переезда семьи Реймерсов в Иркутск и перехода Николая на второй курс Иркутского университета.

Вплоть до 1966 г., когда Николай Федорович вернулся в Москву, его деятельность была связана с Сибирью и Дальним Востоком. Там завершился домосковский период его научной биографии, полный напряженной работы зоолога-эколога, исследующего роль птиц, мелких млекопитающих и насекомых в организации экосистем бореальных лесов. Это продуктивное время было полно конфликтов, служивших причиной частой смены места работы и жительства. Несмотря на постоянные переезды, Реймерс вел интенсивные полевые исследования, результатом которых явились публикации статей и двух монографий: «Насекомоядные грызуны Верхней Лены» (1963) и «Птицы и млекопитающие южной тайги и Средней Сибири» (1966).

Конфликты Реймерса с сильными мира сего, т.е. с непосредственным и опосредствованным начальством, Штильмарк называет войной с ветряными мельницами, что вполне соответствовало ситуации тех лет: системы академической науки

и отраслевой были сильны. Тогда не один Реймерс пострадал от нежелания принимать правила игры, порой оскорбительные для творчески мыслящей личности.

Уже в те годы в творчестве Реймерса наметилась переориентация научных интересов: от популяционной экологии животных к экологии человека. Вначале Реймерс занимается вопросами охраны природы и организацией особо охраняемых природных территорий. Именно тогда он активно сотрудничает со Штильмарком, они совместно пишут монографию «Особо охраняемые природные территории» (1978). Вскоре главным для него становятся вопросы рационального природопользования (в особенности в сельскохозяйственных экосистемах), а затем и социальная экология как наука об отношениях общества и природы.

Столь широкий круг интересов побуждает Реймерса к упорядочению терминологии и системы понятий: он пишет две книги — «Природопользование» (1990) и «Популярный биологический словарь» (1991), ставших популярными в широких кругах экологов и биологов. Этим фундаментальным изданиям предшествовали четыре «словаря-этюда» (1980, 1982, 1985, 1986).

Наиболее знаменательный период биографии Реймерса начинается в 1966 г., когда он переезжает сначала в Московскую область (заместителем директора по науке Приокско-Террасного заповедника), а затем и в Москву (1968), где дебютирует в качестве чиновника Главного управления по охране природы, заповедникам и охотничьему хозяйству Министерства сельского хозяйства СССР.

Впрочем, для этой работы Реймерс не был создан и спустя год (получив как чиновник приличную квартиру!) возвращается в науку. Он меняет несколько мест работы, пока не

получает лабораторию в Центральном экономико-математическом институте АН СССР, куда его пригласил М.Я.Лемешев, активно участвует в общественной жизни столицы и России (с 1988 г. — президент Экологического союза СССР, затем — РСФСР) и, наконец, за год до смерти (1992) становится деканом-организатором экологического факультета Московского независимого эколого-политологического университета.

Жизнь Реймерса в московский период напоминала свечу, которая горела с двух концов. Состояние здоровья ухудшалось, ему делали одну операцию за другой (не только в Москве, но и в США; в одном из очерков он с грустным юмором сравнил идеальный порядок и оперативность в американском госпитале с условиями в нашей далеко не худшей академической больнице). Но Реймерс продолжал лихорадочно работать и участвовать в десятках семинаров, симпозиумов, научных конференций в разных концах России и за рубежом (хотя, к сожалению, в состав российской делегации из 180 человек на конференцию «Рио-92» он не попал...).

Реймерс по-прежнему писал книгу за книгой, в том числе и наиболее фундаментальную монографию 1992 г. «Надежды на выживание человечества (концептуальная экология)», переизданную в 1994 г. под названием «Экология (теории, законы, правила, принципы и ги-

потезы)». В последние годы жизни его фамилия не сходит со страниц журналов «Наука и жизнь», «Природа», «Химия и жизнь» и др. и центральных газет. Он становится страстным трибуном-защитником природы и борцом за организацию экологического фронта. Именно в такой продуктивный период творчества он умирает от перитонита.

Книга Штильмарка — биографическая повесть, и несмотря на то, что ее автор постоянно характеризует деятельность Реймерса как ученого, задача анализа его теоретического наследия не ставилась. Лишь в последней главе «Жизнь после жизни» Штильмарк попытался оценить живучесть идей ученого. Рецензент не собирался обсуждать теоретические взгляды ушедшего, но поскольку этот вопрос все-таки поднят, несколько слов о теоретическом наследии Реймерса сказать необходимо.

Для его наследия характерна неровность, что связано с вулканическим научным темпераментом и работоспособностью, которыми обладал Реймерс. Он остро чувствовал заказ времени на разработку концепции выживания человечества и ощущал неподготовленность отечественного научного сообщества для исполнения этого заказа, ужасаясь бедлам, созданному набежавшими в экологию дилетантами.

Реймерс пытался один заполнить все пробелы и бук-

вально мчался от проблем биологической экологии к социальной. Понятно, что сплошь и рядом он опирался на свой талант дедуктивного мышления, а его озарения часто не подтверждались фактическим материалом. В конце жизни он выучил английский язык, но зарубежной литературы должным образом все равно не знал, что, конечно, снижало качество его публикаций. Нередко экология Реймерса была просто эмоциональной.

Современная наука развивается столь стремительно, что времени для утверждения классиков просто не хватает. Безжалостная история просеивает наследие любого ученого и сохраняет лишь немного из того, что он сделал. Поэтому нет оснований для обид Ф.Р.Штильмарка на ученых, которые не цитируют Реймерса, или на тех, кто высказал в его адрес жесткие критические замечания (в их число попал и рецензент). Как пишет научный редактор книги В.В.Дежкин, для того, чтобы произошел естественный процесс «кристаллизации учения Реймерса», необходимо время.

Прогноз того, как пойдет этот процесс, сегодня дать сложно. Бесспорно одно: прометеевский образ Николая Реймерса, ученого-стойка, боровшегося за свои идеи и много сделавшего для становления российской экологии, войдет в историю. И этому поможет рецензируемая книга. ■

**Математика. Физика**

**В.Ф.Зайцев, А.Д.Полянин.** СПРАВОЧНИК ПО ОБЫКНОВЕННЫМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ УРАВНЕНИЯМ. М.: Физматлит, 2001. 576 с. (Справочная физико-математическая литература)

Справочник содержит около 5200 линейных и нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений с решениями. Особое внимание уделяется уравнениям общего вида, которые зависят от произвольных функций. Приведены некоторые точные решения уравнений нелинейной механики и теоретической физики, которые встречаются в задачах теплопроводности, массопереноса, гидродинамики, теории упругости, колебаний, горения, химических реакторов и др. В ряде разделов указаны также асимптотические решения.

Во введении даны основные определения и кратко описаны точные, асимптотические и приближенные методы решения уравнений и задач теории обыкновенных дифференциальных уравнений. Приведены формулировки теорем существования и единственности решений. Рассмотрены линейные краевые задачи и задачи на собственные значения. В приложении описаны свойства наиболее распространенных специальных функций.

**Генетика**

**М.Д.Голубовский.** ВЕК ГЕНЕТИКИ: ЭВОЛЮЦИЯ ИДЕЙ И ПОНЯТИЙ. СПб.: Борей Арт, 2000. 262 с.

Генетика оформилась как наука в начале XX в. Бурный период ее развития ознаменован расшифровкой нуклеотидного состава геномной ДНК десятков видов вирусов, бактерий, грибов. Полным ходом идет секвенирование ДНК хромосом важных культурных растений — риса, кукурузы, пшеницы.

В 2000 г. был полностью расшифрован нуклеотидный состав двух хромосом человека (21-я и 22-я пары).

В книге проанализированы парадоксы драматической вековой истории генетики, начиная с законов Г.Менделя и кончая долгим непризнанием идей первооткрывателя подвижных элементов Барбары Мак-Клинтон. Описаны резкие изменения в системе взглядов на организацию генома и формы наследственной изменчивости, вызванные серией открытий 70—80-х гг. Показана важная роль принципа облигатности в структуре и функции генома и разных форм неканонической (немутационной) наследственной изменчивости. Впервые сопоставлены постулаты классической и современной генетики, например, о ненаследовании возникших в ходе онтогенеза признаков. Специальная глава посвящена роли неканонической наследственной изменчивости в области теории и практики медицины.

**Медицина. География**

**С.М.Малхазова.** МЕДИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИЙ. Картографирование, оценка, прогноз. М.: Научный мир, 2001. 240 с.

История отечественной медицинской географии начинается с середины XVIII в. Первые медико-топографические работы выполнялись преимущественно врачами и были направлены на обеспечение потребностей военно-медицинской службы русской армии.

В России исторически сложилась ситуация, при которой медицинская география заняла прочное место в системе географических наук. Поэтому исследование базируется на использовании картографического метода и математико-картографического моделирования.

Книга посвящена медико-географическому анализу, изучению системы человек—окружающая среда, усовершенствованию методов анализа и картографирования на модельных территориях.

Во введении в историческом аспекте рассмотрены теория и методология исследований, определены основные направления современной медицинской географии. В первой части изложена сущность медико-географического анализа природных ландшафтов. Показаны пути моделирования пространственной структуры ареалов болезней. Вторая часть посвящена анализу природно-антропогенных комплексов. Предложена схема регионального медико-экологического мониторинга.

В основу книги положены результаты многолетних (1976—1998) медико-географических исследований под руководством профессора А.Г.Воронова на кафедре биогеографии географического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова.

**Геология. Тектоника**

**А.О.Мазарович.** ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АТЛАНТИКИ: РАЗЛОМЫ, ВУЛКАНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ ОКЕАНСКОГО ДНА. М.: Научный мир, 2000. 176 с.

В прошедшем столетии Атлантический океан стал своеобразным полигоном для выработки новых тектонических концепций. В его центральной части установлены все основные типы структур, известные в Мировом океане. Это срединно-океанический хребет, трансформные разломы, абиссальные котловины, асейсмичные поднятия, вулканические архипелаги и отдельные острова, подводные горы, пассивные окраины разных типов, остров-



ная дуга с глубоководным желобом и аккреционной призмой. Их положение детально отражено на всех тектонических и геодинамических картах.

Изучение рельефа дна Центральной Атлантики проводилось автором в составе отряда геоморфологов под руководством Н.Н.Турко (Геологический институт РАН) на судне «Академик Николай Страхов». Результатом работ стала сводка новейших данных по рельефу, геологии и тектонике Центральной Атлантики. Дано описание Срединно-Атлантического хребта между экватором и 15° с.ш.

Показано широкое развитие процессов деформации осадочного чехла и усложнение рельефа дна в результате подвижки акустического фундамента разных амплитуд, знаков, возраста и масштаба. Установлены основные закономерности структурной эволюции вулканических островов вблизи Западной Африки и северо-востока Южной Америки.

### Этнография

**И.П.Глушкова.** ИНДИЙСКОЕ ПАЛОМНИЧЕСТВО: МЕТАФОРА ДВИЖЕНИЯ И ДВИЖЕНИЕ МЕТАФОРЫ. М.: Научный мир, 2000. 264 с.

О том, что в Индии существует мощный культ бога Виттхала — владыки священного города Пандхарпура в южной части штата Махараштры (столица Бомбей), — до недавнего времени в России практически не знали. Исследование института индийского паломничества основано на данных полевых работ и анализе сакральных текстов — местных «величальных», агиографий и религиозной лирики. Но еще в XI в. Индия посетил аль-Бируни и оставил записи о паломничестве как особом виде религиозной деятельности.

Паломничество для индийцев не обязательно — оно доб-

ровольно и достойно похвалы: паломник отправляется в «чистую» местность, к почитаемому идолу или к какой-нибудь священной реке. Там он совершает омовения, приносит дары, молится, бреет бороду и волосы на голове и только тогда возвращается домой. Но существует отдельная категория индусов, которые считают паломничество жизненной обязанностью. В книге рассматривается процесс стихийного формирования семивековой традиции.

Этой книги не было бы, если бы не романтическая целеустремленность А.Т.Аксенова, в прошлом заведовавшего кафедрой индийской филологии в Институте стран Азии и Африки при Московском государственном университете им. М.В.Ломоносова. Его помощником был Нарендра Говинда Калеркала, выпускник Сорбонны, впоследствии возглавивший лингвистический факультет Деканского колледжа в Пуне.

### История науки

РОССИЙСКАЯ НАУКА НА ЗАРЕ НОВОГО ВЕКА: СБОРНИК НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ СТАТЕЙ. Под ред. В.П.Скулачева; Отв. ред. А.В.Бялко. М.: Научный мир; «Природа», 2001. 496 с.

Этот сборник, авторами которого стали российские ученые, — четвертый по счету. Первый, вышедший в 1997 г., состоял из статей, победивших на конкурсе Международного научного фонда (Фонда Сороса). Остальные (выходившие в 1999—2001 гг.) представлены лауреатами конкурса Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ). Приятно отметить, что некоторые лауреаты 2000 г. сначала «пробовали перо» на страницах журнала «Природа».

В сборнике 2001 г. опубликовано 47 статей, в которых представлены математика и практически все разделы естественных наук: механика, физика, астрономия, химия, биология, науки о Земле, обществе.

**Г.А.Ушаков.** ОСТРОВ МЕТЕЛЕЙ. ПО НЕХОЖЕНОЙ ЗЕМЛЕ. Сост. И.А.Ушакова, М.Г.Ушакова. СПб.: Гидрометеоздат, 2001. 600 с.

Книга написана удивительным человеком, выдающимся полярным исследователем, географом Георгием Алексеевичем Ушаковым (1901—1963). Он исследовал архипелаг Северная Земля (последнее крупное географическое открытие на карте планеты), был первым губернатором на о. Врангеля, руководил спасением челюскинцев, организовал и успешно провел Первую Высокоширотную арктическую экспедицию. В 1936—1939 гг. он был начальником Главного управления гидрометеорологической службы СССР. С 1940 г. и до конца жизни Георгий Алексеевич работал в Академии наук СССР — занимал ответственные посты и возглавлял ряд крупных экспедиций. Вместе с академиком П.П.Ширшовым Ушаков создавал Научно-исследовательский институт океанологии АН СССР.

Прошло уже десять лет с тех пор, как вышло первое издание книги (1991), однако интерес к описываемым событиям по-прежнему велик. В первой ее части говорится о том, как на пустынный необитаемый остров (о.Врангеля) высадились группа эскимосов, возглавляемая Ушаковым. Вторая часть посвящена подвигу участников экспедиции (в составе четырех человек), которые обследовали Северную Землю и составили карту архипелага.

В книге использованы фотографии из семейного архива Ушаковых.

# Последний землепроходец из плеяды Нансена и Амундсена

## К 100-летию со дня рождения Г.А.Ушакова

В.В.Богданов  
Москва

«**П**о смелости осуществления новых экспедиций в неисследованные места Арктики, по тщательности и обилию полученных научных материалов он является блестящим продолжателем прекрасных традиций русской географической науки», — писал академик В.А.Обручев.

Жизнь и деятельность выдающегося русского первопроходца, путешественника и исследователя Георгия Алексеевича Ушакова (1901—1963) — пример самоотверженного служения родине. Он совершил последние крупные открытия XX в. в Арктике и навечно вошел в летопись мировой географической науки.

Георгий Ушаков родился 30 января (по старому стилю) 1901 г. в пос.Лазаревском Михайло-Семеновского станичного округа Амурской обл. (ныне Еврейская автономная обл.). Его отец, Алексей Петрович Ушаков, происходил из семьи казаков, переселенных губернатором Восточной Сибири Н.Н.Муравьевым-Амурским для укрепления границ с Китаем. Мать — Прасковья Лукинична. Георгий Алексеевич был шестым ребенком в семье, где родилось восемь детей. В живых кроме него осталось четверо: Василий, Иван, Петр и Валентина.

С детства Георгий Ушаков отличался любознательностью и тягой к знаниям. Его учителем был отец — единственный грамотный человек в Лазаревском. Первым «университетом» для Ушакова стала тайга. Позже он писал: «Среди таежников я получил жизненную закалку, старался подражать сильным и смелым, учился любить природу». В 11-летнем возрасте он переехал в Хабаровск и поступил в Коммерческое училище им.П.Ф.Унтербергера (теперь в этом здании размещилась средняя школа №35). Жил в ночлежном доме, работая то газетчиком и таможенным переписчиком, то учеником парикмахера и ювелира.

Здесь в 1916 г. состоялась встреча Ушакова со знаменитым исследователем Дальнего Востока, замечательным писателем В.К.Арсеньевым. Заметив в юноше оригинальные способности и трудолюбие, Арсеньев пригласил его участвовать в своей экспедиции.

Позднее Ушаков вспоминал: «Случай однажды свел меня с интереснейшим человеком, более значительным, чем все, кого я видел прежде. Пятнадцати лет я оказался в роли полевого рабочего в отряде В.К.Арсеньева — знаменитого исследователя Уссурийского края, знатока и тонкого ценителя природы,



*Г.А.Ушаков перед экспедицией на о. Врангеля. 1925 г.*

превосходного писателя. Целое лето я провел с этим замечательным исследователем, учась у него разбираться в сложной жизни природы, заслушиваясь по вечерам увлекательнейшими рассказами о путешествиях».

Арсеньев сыграл решающую роль в дальнейшей судьбе Георгия Ушакова. С этого времени началась их дружба, продолжавшаяся всю жизнь. Примечательно, что сам Арсеньев после встречи с Ф.Нансеном в Хабаровске (1913) мечтал побывать на Севере. В лице Ушакова он увидел продолжателя своего дела. Арсеньев подарил своему молодому другу двухтомник Ф.П.Врангеля об экспедиции на Чукотку 1821—1824 гг., дал рекомендательные письма для вступления в Русское географическое общество (в 1924 г.) и в другие научные организации Ленинграда и Москвы. Настойчивость, энергичность, умение и желание работать с людьми, организаторские способности Ушакова вскоре были востребованы: постановлением СНК РСФСР от 10 июля 1926 г. его назначили руководителем экспедиции на о.Врангеля. С той поры Георгий Ушаков навсегда связал свою жизнь с Арктикой.

Высадившись с отрядом в количестве 59 человек (большинство составляли эскимосы и чукчи с п-ова Чукотка) на пустынный, необитаемый остров, Ушаков сделал первые шаги по его освоению и описанию (им была создана детальная карта о.Врангеля), стал первым губернатором островов Врангеля и Геральда, изучил быт и обычаи эскимосов.

В июле 1930 г. Георгий Алексеевич по разработанному собственному плану отправился совместно с Н.Н.Урванцевым, В.В.Ходовым и С.П.Журавлевым покорять Северную Землю\*. И за два года (1930—1932) чет-

верка отважных совершила невероятное: они описали и составили первую карту громадного арктического архипелага Северная Земля. Достаточно сказать, что на собачьих упряжках первопроходцы преодолели около 5 тыс. км, открыв территорию общей площадью около 37 тыс. км<sup>2</sup>. Это — подлинный триумф в жизни Георгия Алексеевича Ушакова. Так было стерто еще одно «белое пятно» на карте мира [3].

Уникальный полярный опыт Ушакова был востребован. В декабре 1932 г. его назначили первым заместителем начальника только что созданного Главного управления Северного морского пути. Начался новый период в жизни исследователя. С 1934 г. он уполномоченный правительственной комиссии по спасению экипажа и пассажиров парохода «Челюскин», затонувшего в Чукотском море. Он отправляется в США для закупки самолетов, которые будут использоваться для спасения челюскинцев. Вывозит со льдины в США больного О.Ю.Шмидта.

В 1935 г. Георгий Алексеевич возглавил Первую Высокоширотную экспедицию на ледокольном пароходе «Садко». В результате были совершены науч-

ные открытия, поставлен мировой рекорд свободного плавания за Полярным кругом (82°4'с.ш.). Одним из важнейших достижений экспедиции стало определение границ континентального шельфа, что и в настоящее время очень важно для интересов России в Арктике. Установлено проникновение теплых вод Гольфстрима к берегам Северной Земли, открыт остров, названный именем Ушакова.

К сожалению, эта экспедиция в Арктику стала последней для Георгия Алексеевича: его здоровье было подорвано. В 1936—1939 гг. он — первый начальник созданного Главного управления Гидрометслужбы СССР, далее занимал посты заместителя председателя Совета по изучению производительных сил страны при Академии наук, ученого секретаря Института мерзлотоведения АН СССР. Работал в Президиуме АН СССР. В 1946 г. совместно с академиком П.П.Ширшовым Ушаков принимает участие в организации Института океанологии АН СССР. В 1947 г. — он один из руководителей экспедиции в Бразилию для наблюдения за солнечным затмением. Выдающийся полярник отдавал все силы



Георгий Ушаков в экспедиции В.К.Арсеньева. 1916 г.

\* Северная Земля (восточное побережье) была открыта участниками Русской гидрографической экспедиции под руководством Б.А.Вилькицкого [1]. Здесь 4 сентября 1913 г. был поднят русский флаг.





*По возвращении с Северной Земли. 1932 г.*

освоению и развитию регионов Крайнего Севера, успешному функционированию важнейшей магистрали — Северного морского пути, изучению географии нашей планеты.

В послевоенные годы Ушаков много времени уделял литературной обработке многочисленных дневниковых записей, других материалов, касающихся северных экспедиций. Но загруженность по службе, а затем неважное состояние здоровья не позволили завершить работу над рукописями об о.Врангеля, явившихся своеобразным духовным завещанием для последующих поколений. В 1951 г. вышла в свет книга «По нехоженой земле» — о знаменитой экспедиции на Северную Землю. А вот о своем первом путешествии в Арктику ему удалось повесть читателям только в небольшой научно-популярной книжке «Робинзоны острова Врангеля», выпущенной Госиздатом в 1931 г. Более полно описать те романтические и тяжелейшие события молодости Ушакову хотелось после нового посещения о.Врангеля. Но поездка так и не осуществилась. Книга «Остров

метелей», посвященная экспедиции на о. Врангеля, была опубликована его вдовой И.А.Ушаковой в 1972 г., после смерти автора. В этих трудах проявилось яркое дарование Ушакова не только как полярного исследователя, но и как писателя. Основанные на документах, они представляют особую ценность для специалистов — географов, историков, этнографов. Не раз переиздавались в нашей стране и за рубежом. Последнее переиздание приурочено к 100-летию со дня рождения Ушакова [2].

Георгий Алексеевич Ушаков умер в Москве 3 декабря 1963 г. Он завещал похоронить себя на той суровой Северной Земле, которую открыл миру. Его последняя воля была выполнена: урна с прахом выдающегося землепроходца и первооткрывателя доставили на о.Домашний и замуровали в бетонную пирамиду.

Достижения Ушакова были высоко оценены на родине. Он был отмечен высшими наградами — орденами Трудового Красного Знамени, Ленина и Красной Звезды. В 1950 г. ему без написания и защиты диссертации присвоена ученая степень доктора географических наук. Академик В.А.Обручев сказал об Ушакове: «Его диссертация на всех картах мира» [4].

Именем Георгия Алексеевича названы остров на севере Карского моря, мыс и поселок на о.Врангеля, ледник и река на Северной Земле, мыс на о.Нансена (архипелаг Земля Франца-Иосифа), горы и залив в Антарктиде, две улицы и микрорайон на его родине. Мировой океан бороздят суда «Георгий Ушаков» и «Остров Ушакова». В пос.Ушаковском на о.Врангеля установлен памятник Первому Губернатору.

Яркое дарование Ушакова не только как полярного исследователя, но и как писателя, проявилось на страницах его дневников. Часть записей, посвященных о.Врангеля, мы предлагаем вниманию читателя.



*Установка гранитного памятника над урной с прахом Г.А.Ушакова. Остров Домашний. 1976 г.*

# Начальник острова Врангеля

## Из записок Г.А.Ушакова

Память вновь возвращает меня к благословенному времени детства. В воображении возникают родные сердцу образы. Глухая таежная дальневосточная деревушка. Восемнадцать изб, срубленных из посеревшей от времени даурской лиственницы. В избе, ничем не отличающейся от других, живет еще не старый казак. В его бороде и усах только пробивается серебро. Но жизнь, про которую тогда говорили: «Слава казачья, да житье собачье!» — уже надломил его силы. Слишком тяжело было поднимать семью. «Изробился», — говорят про казака соседи.

Подростком я прочитал несколько книжек о путешествиях в полярные страны. И тогда мне захотелось побывать в морских льдах, поохотиться на моржей и белых медведей и особенно увидеть полярное сияние. <...> Мечты о путешествиях наполнились новым содержанием. Арктика стала занимать в них главное место. Огромный ледяной венец нашей страны все еще оставался малоисследованным и суровым континентом. И на его фоне — сильные, упорные русские люди, землепроходцы. Я знал также, что Страна Советов продолжит дело [предшественников] по освоению глухих окраин Дальнего Востока и Крайнего Севера. А чтобы осваивать эти далекие земли, надо в первую очередь знать их природу, географию, население, [пути] будущего переустройства. Но чтобы познать все это, нужно туда поехать. Именно это и стало главным стимулом моего стремления в Арктику.

## Подготовка к экспедиции

Из письма члена Дальневосточного краевого географиче-

ского общества Г.А.Ушакова уполномоченному Наркомвнешторга и Госторга РСФСР по Дальнему Востоку, декабрь 1925 г.

Уважаемый товарищ!

В начале июня текущего года по согласованию с Приморским губкомом РКП(б) я обратился к Вам по телеграфу с просьбой командировать меня для работы по линии Дальгосторга на Камчатку. Просьба осталась без ответа, и я был оставлен в аппарате Владивостокской конторы. В конце октября, по приезде в Хабаровск, я устно повторил свою просьбу о посылке меня на Север. Вопрос Вами был оставлен открытым <...>.

Приняв решение, я занялся проработкой специальной литературы. [Одновременно установил] связь с компетентными лицами, с заинтересованными отделами и учреждениями Академии наук СССР. Эта связь дает в мои руки как руководящие материалы, так и конкретные указания к предстоящей работе <...>.

Задачи [колонизации острова Врангеля] сможет разрешить заведующий островным хозяйством, который не только должен обладать известными моральными качествами, но и разбираться в общественно-политических вопросах, иметь подготовку к научно-исследовательской работе.

## Из дневниковых записей Г.А.Ушакова 1926 г.

9 августа. 7 августа, утром, мы подошли к северо-восточному берегу острова Врангеля. Я только что вернулся с берега. Сотни новых впечатлений. В голове путаница.

Начали выгрузку. В первую очередь на берег доставили скот и собак. Безмолвную тундру огласил громкий собачий лай, протяжное

мычание коров, на которых яростно набрасывались псы, впервые видевшие таких животных. Чукчи и эскимосы перевезли на берег свой скраб. На косе вырос полотняный городок, задымили костры, запахло варевом. Женщины сутились у палаток, дети бегали по косе, оглядывая новые места, за ними носились щенки. Одним словом, ничто уже не говорило о том, что всего несколько часов назад этот остров был необитаем.

16 сентября. Весь день прошел в приготовлениях к поездке на север. Необходимо захватить недельный запас продуктов, кроме того, надо иметь с собой байдарку. Для перевозки байдарки я решил испробовать [вырезанные из сосны] колеса.

17 сентября. Утром мы пустились в путь. Погода прекрасная. Полнейшая тишина. Лишь иногда словно пушечный выстрел раздается на взморье — это рождаются новые льдины. У каждого из нас на плечах килограммов по 25 груза, и первый час пути мы буквально изнемогаем <...>.

До обеда держим путь на восток по небольшой возвышенности, изрезанной балками глубиной до 10—15 метров. На дне балок еле заметные ручьи. Но огромные обточенные камни весом до нескольких пудов и галечное дно балок шириной до 30 метров говорят о том, что эти ручейки иногда превращаются в настоящие реки.

После обеда, наметив место перевала через открывшуюся горную цепь, мы взяли курс на северо-запад. Тот же однообразный ландшафт. Местами высохшая трава, еле достигающая 10 сантиметров, местами — олений мох. И снова глина чередуется со щебнем. Порой щебень переходит в каменные россыпи, напоминая каменоломни.

21 сентября. Выходим в обратный путь. Дорога легче, на тундре стоит вода, и идти по ней не так тяжело, как по раз-



Памятный конверт со спецгашением, выпущенный к 100-летию Г.А.Ушакова.

мякшей глине. К обеду туман рассеялся, показалось солнце. Тундра ожила. Часто встречаются полярные совы, иногда под ногами раздаются мышинный писк, но моих спутников больше всего привлекают песцы. Они еще не вылиняли, и старая шерсть клочьями висит на боках. Сейчас после непогоды они отсыпаются на пригретых солнцем бугорках.

**12 октября.** К 4 часам подбегаяем к взморью. Весь горизонт занят льдом — открытой воды не видно. Вдоль всей северной стороны острова Врангеля, если судить по картам, уходя далеко в море, тянутся длинные песчаные косы. <...>

Настроение упало. Мы сидели на берегу, молча посасывая трубки, и с грустью смотрели на предательские льды. Вдруг мне показалось, что одна льдина на расстоянии 500 метров изменила свои очертания. Вглядевшись, я заметил у ее подножия овальное бледно-желтое пятно. Вот пятно вытянулось и поднялось рядом со льдиной.

«Медведь! — вскричал я и схватился за бинокль. — Два... нет, три!»

Это была самка с двумя большими медвежатами. Теперь она стояла на задних лапах и лизала высокую торосистую льдину.

Сунув в карманы трубки и подхватив винчестеры, мы бросились к медведям.

Через пять минут я оказался по плечи в холодной воде, безрезультатно пытаюсь достать ногами дно.

Таян помог мне выкарабкаться. Я отряхнулся и пошел дальше. Через пять шагов в свою очередь нырнул под лед Таян; снаружи остались только голова и плечи, руками он опирался на тонкую кромку льда. Теперь уже я помог ему вылезти, а сам... провалился. Нам даже стало весело: в течение восьми-десяти минут я успел принять пять ванн, а Таян — четыре.

**28 ноября.** Я собирался выехать в бухту Сомнительную — проверить результаты охоты Пали и Анбялька. Но еще накануне я чувствовал себя скверно. Утром меня разбудил Павлов. Я хотел подняться с постели и не смог: руки и ноги одеревенели. Температура — 38,4°. У меня началось острое воспаление почек.

**22 декабря.** Всю первую половину декабря стояла жестокая погода. В полубреду я прислушивался к завываниям вьюги, к грохоту крыши и вою собак и гадал, сумеет ли мой организм побороть болезнь? Меня навещали эскимосы Йерок, Аналька <...>.

Эти простодушные люди, с их шитой белыми нитками хитринкой и вместе с тем с детской искренностью, давно утраченной в цивилизованном обществе, своеобразно выразившие свое доброе отношение, связывали меня с жизнью больше, чем что-либо другое.

За четыре месяца я не только привык к ним — я к ним привязался. Оставить их в этой суровой обстановке, оторванных от мира, с людьми, на которых по тем или иным причинам нельзя было положиться, я просто не мог. Они-то и держали меня в жизни, словно кони, и я судорожно за нее цеплялся.

## Из записок Г.А.Ушакова

В марте 1928 года я повторил попытку съезки острова.



На этот раз в поход со мной отравились Павлов и Анакуля. Погода нам благоприятствовала. За сорок суток мы обошли вокруг острова. Нам удалось заснять береговую линию, описать побережье и нанести его на карту. Попутно мы давали названия новым местам.

Таким образом, первая часть намеченного плана была выполнена. Но съемка внутренней части острова так и осталась в проекте, хотя в 1929 году я пять раз выезжал именно с этой целью. Среди других работ по сбору материалов о фауне острова, данных о климате и выявлению возможностей расширения промысла довольно большое место занимали наблюдения за ледовым режимом окружающих островов вод.

На острове Врангеля я вплотную узнал Арктику. Три года я провел здесь среди небольшой группы эскимосов. Внимательно всматриваясь в быт эскимосов, я отбирал все ценное из их многовекового опыта жизни на Севере: езду на собаках, охоту на зверя, устройство лагерей. Скоро эскимосы стали говорить: «Умилык (начальник) делает все, как эскимос». Это в их понятии было высшей похвалой.

## Итоги экспедиции

**Из доклада Г.А.Ушакова «Проблема хозяйства острова Врангеля», 12 декабря 1929 г.**

Вокруг острова Врангеля ходит много легенд: одни говорят о его несметных богатствах, другие — о его бедности. <...> Остров Врангеля — это кратер (вулкана) изверженных пород, состоит из глинистых сланцев, порфиоров и гранита. Площадь острова —

около 7 тыс. км<sup>2</sup>, из них примерно 4 тыс. км<sup>2</sup> — горы и каменные россыпи. Золотых гор тут нет. В небольшом количестве обнаружен медный колчедан.

На острове много песцов. Эти животные в большом количестве погибают на льду <...>. В дальнейшем остров можно сделать естественным питомником песцов.

Леса здесь нет (растет три вида полярной ивы). Из цветковых пород собрано 86 видов. <...> Предположительно в южных долинах острова можно разводить картофель, сажать редиску. <...> Собрано 32 вида насекомых (шмели, жуки, бабочки); комаров нет.

Претензии на остров со стороны других держав теперь отошли в историю. Как мне известно, В.Стефансон, который был одним из руководителей по отчуждению острова, в частных письмах восхищается энергией русских, которые сумели не только дойти до острова, но и колонизовать его. <...> Ближайшее расстояние от острова Врангеля до материка — 110 миль\*.

## Вместо послесловия

Остается сказать несколько слов о дальнейшем освоении о.Врангеля. В 30-х годах туда были завезены домашние северные олени, а в 1984 г. — овцебыки с Аляски. И те и другие хорошо прижились и размножились. С 1960 г. на о.Врангеля существует охотничий заказник. В 1976 г. был учрежден Государственный природный заповедник, с которого началось создание сети особо охраняемых природных территорий в россий-

ском секторе Арктики.

Однако в 90-е годы, когда государство отвернулось от нужд Крайнего Севера, практически полностью прекратилось финансирование этого уникального заповедника. К 1997 г. он оказался на грани закрытия: были прекращены все сколько-нибудь серьезные научные исследования, резко обострились задачи по обеспечению охраны территории. Срочно была создана концепция реорганизации заповедника (сотрудники из пос.Ушаковский перешли на вахтовый метод работы). Спасена метеостанция, созданная в 1926 г.

В настоящее время научная деятельность оживилась. Начались исследования по палеоэкологии. Обсуждается проект передачи под контроль заповедника дополнительно охраняемых территорий на материке, важных для охраны белого гуся и других птиц на миграционных путях. В работе Программа по реинтродукции овцебыка в континентальную тундру Чукотки. В мае 1999 г. постановлением губернатора Чукотского автономного округа вокруг акватории установлена заповедная морская зона шириной 24 мили и утверждён режим ее охраны. Если учесть, что до 1997 г. в заповедник входила лишь сухопутная часть островов Врангеля и Геральда, то это — беспрецедентный пример территориальной охраны природы в Арктике.

Словом, сохранение российской научной базы на Крайнем Севере решает те задачи, ради которых на о.Врангеля был поднят флаг нашей страны. ■

*Автор выражает благодарность вдове Ирине Александровне и дочери Маоле Георгиевне Ушаковым за любезно предоставленную возможность работать с документами из семейного архива.*

## Литература

1. Березной А.С. «Таймыр» и «Вайгач» в морях Арктики // Природа. 1988. №10. С.95—101.
2. Ушаков Г.А. Остров метелей. По нехоженой земле. СПб., 2001.
3. Богданов К.А. Колумбы XX века. СПб., 2000.
4. Каневский З.М. Его диссертация — на всех картах мира! // Природа. 1991. №6. С.70—83.

# Тематический указатель журнала «Природа» за 2001 год

## ФИЛОСОФИЯ И ИСТОРИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ. ОРГАНИЗАЦИЯ НАУКИ

Армения, возможно, получит синхротрон*	8	83
Архивы Нобелевского фонда приоткрываются:		
Иван Павлов и Илья Мечников. <b>Блох А.М.</b>	7	3
Ассигнования на науку в США увеличены*	6	80
В поисках затонувших кораблей. <b>Сорокина М.Ю.</b>	1	62
<b>ВСПОМИНАЯ А.И.АХИЕЗЕРА</b>		
№3 в списке Ландау. <b>Баряхтар В.Г.,</b>		
<b>Каганов М.И., Любарский Г.Я.</b>	9	85
Глазами Ахиезера. <b>Каганов М.И.</b>	9	87
200 лет изучения астероидов**	5	68
К унификации высшего образования*	11	80
Клуговские премии для гуманитариев**	8	28
Ковалевские, Шевяковы, Догели.		
Сплетение судеб. <b>Фокин С.И.</b>	12	18
Конкурс закончился, лауреаты определены.		
<b>Бялко А.В.</b>	2	9
<b>ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 2000 ГОДА</b>		
По физике — Ж.И.Алфёров, Г.Крёмер, Дж.Килби		
<b>Копеев Ю.В.</b>	1	3
По химии — А.Хигер, А.Мак-Диармид, Х.Сиракава		
<b>Кобрянский В.М.</b>	1	7
По физиологии и медицине —		
А.Карлссон, П.Грингард, Э.Кендел. <b>Анохин К.В.</b>	1	10
<b>«ЛЮБИТЕ НЕ СЕБЯ В НАУКЕ, А НАУКУ»</b>		
К 100-летию со дня рождения С.Е.Северина	10	16
Жрец биохимии. <b>Шноль С.Э.</b>	10	17
Кафедра. <b>Болдырев А.А.</b>	10	25
«Феномен Северина». <b>Скулачев В.П.</b>	10	29
Найдены новые следы экспедиции		
Дж.Франклина**	7	70
Научная литература в России и за рубежом.		
<b>Полянин А.Д.</b>	2	3

Знаком \* отмечены материалы, опубликованные в разделе «Новости науки».  
Знаком \*\* отмечены материалы, опубликованные в разделе «Калейдоскоп».

«Ненужные» лучшие люди. <b>Захаров В.Е.</b>	6	3
Премия Киото за 2001 год*	10	80
Проект Ошеломляюще большого телескопа.		
<b>Вибе Д.З.</b>	3	54
Ребята с улицы Панисперна.		
К 100-летию Энрико Ферми. <b>Бернардини Карло</b>	9	19
Реконструкция научной базы США		
на Южном полюсе**	9	18
Роль женщин в науке мусульманских стран*	8	87
SESAME нашел себе место*	12	72
Солнечная электростанция		
станет туристическим объектом**	3	29
Спор о приоритете Бэрда**	1	53
Физики и световая чувствительность глаза.		
<b>Островский М.А., Сакина Н.Л.,</b>		
<b>Федорович И.Б., Чеснов В.М.</b>	6	70
Япония открывает музеи**	11	49

## АСТРОНОМИЯ. АСТРОФИЗИКА. КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ближайшей перспективе — два марсохода*	4	86
В космосе — очередная странность*	11	77
В составе солнечных выбросов много гелия**	8	28
Вулканы: взгляд из космоса*	8	81
Галактическая провинция Южная Корона*	8	43
Гамма-всплеск на краю Вселенной. <b>Новикова О.А.</b>	9	71
Готовится смена «Хаббл»*	3	78
Две необычные планетные системы*. <b>Вибе Д.З.</b>	7	50
200 лет изучения астероидов**	5	68
«Двойняшки» в семье астероидов*	4	86
Египетские пирамиды ориентированы по звездам*.		
<b>Сурдин В.Г.</b>	10	79
Жук и гусеница «пострашнее» астронома**	7	31
Измерены колебания диаметра переменной звезды.		
<b>Вибе Д.З.</b>	7	28
Индия «тянется» к Луне**	2	27
Индия: первый научный спутник*	12	70
Как стать звездой*	5	80

Комета Хейла—Боппа все еще активна*	9	79	Судьба вечной мерзлоты: взгляд из прошлого в будущее. <b>Демченко П.Ф., Величко А.А., Голицын Г.С., Елисеев А.В., Нечаев В.П.</b>	11	43
Молекулярные оболочки вокруг галактики Центавр <b>А. Вибе Д.З.</b>	1	51	<b>Елисеев А.В., Нечаев В.П.</b>	11	43
Молодой коричневый карлик. <b>Сурдин В.Г.</b>	5	27	Тектиты, субтектиты, стримергласы и Тунгусский метеорит. <b>Дмитриев Е.В.</b>	1	31
Новые «марсианские» планы НАСА*	7	79	СО <sub>2</sub> в атмосфере: ситуация и перспективы*	6	79
Новые спутники Сатурна*	3	79			
Новый тип звезд*	10	79			
Одинокая нейтронная звезда поглощает межзвездный газ*	2	80			
Открылся четвертый «глаз» Очень большого телескопа*	2	80			
Парадокс солнечных нейтрино разрешен*. <b>Бялко А.В.</b>	9	79	<b>МАТЕМАТИКА. ИНФОРМАТИКА</b>		
Планеты без звезд*. <b>Вибе Д.З.</b>	11	77	Компьютерное моделирование рыночных механизмов. <b>Лебедев В.В.</b>	12	3
Получены свидетельства существования горизонта событий*. <b>Вибе Д.З.</b>	5	80	Новый облик нелинейной динамики. <b>Малинецкий Г.Г.</b>	3	3
Проект Ошеломляюще большого телескопа. <b>Вибе Д.З.</b>	3	54	Параллельные машины баз данных. <b>Соколинский Л.Б.</b>	8	10
Рандеву с Эросом состоялось*. <b>Вибе Д.З.</b>	6	78			
Рождение звезды в темном облаке — модель шампанского*. <b>Сурдин В.Г.</b>	7	49	<b>ФИЗИКА. ТЕХНИКА. ЭНЕРГЕТИКА</b>		
Самая далекая Новая*. <b>Сурдин В.Г.</b>	1	79	Армения, возможно, получит синхротрон*	8	83
Самая массивная из обнаруженных галактик*	8	81	В поисках затонувших кораблей. <b>Сорокина М.Ю.</b>	1	62
Сказка — быть...**	1	21	Вулканы: взгляд из космоса*	8	81
Солнечный максимум в самом разгаре*. <b>Вибе Д.З.</b>	4	86	Высокотемпературный эффект Мейснера в медьсодержащих фуллеридах*	7	80
Спутники следят за состоянием лесов и ядерных объектов**	11	61	Германий-кремниевые фотоприемники на квантовых точках*	10	81
Судьба звездных скоплений. <b>Сурдин В.Г.</b>	4	44	Диспут в Брюсселе о судьбе плутония. <b>Жомотт А.</b>	11	3
Темная Материя во Вселенной. <b>Смольников А.А.</b>	7	10	Есть кремниевый светодиод!*	6	80
Темная сторона Япета*	7	79	Запуск реактора задерживается**	10	55
Тонка ли «талия» у Клеопатры?*	3	80	Индия «тянется» к Луне**	2	27
Туманность Ориона — бриллиант в рукояти меча*	8	82	Индия: первый научный спутник*	12	70
Физика космических лучей на пороге XXI века. <b>Жданов Г.Б., Стожков Ю.И.</b>	2	11	Как обезопасить самолет от вулкана?*	12	64
Франция в космосе	8	54	Какая страна станет домом для термоядерного реактора ITER?*	9	81
Хоровод вокруг черной дыры*. <b>Сурдин В.Г.</b>	12	67	Конвекция в жидкости на земле и в космосе. <b>Волков П.К.</b>	11	35
Что происходит за спиной у Солнца?*	3	78	Конденсированное ридберговское вещество. <b>Манькин Э.А., Ожован М.И., Полуэктов П.П.</b>	1	22
Эхо Большого взрыва*	12	67	Может ли изолятор быть сверхпроводником? <b>Куркин М.И.</b>	4	3
Ядро суперкометы выдает неизвестную планету?*	12	69	Нанотрубки в имоголите открыты заново*	10	81
			Новое измерение аномального магнитного момента мюона*. <b>Комар А.А.</b>	11	78
<b>ПЛАНЕТОЛОГИЯ. МЕТЕОРИТИКА. ФИЗИКА И ХИМИЯ АТМОСФЕРЫ. КОСМОХИМИЯ</b>			Новый мощный синхротрон во Франции*	5	82
Атмосферы планет разрушает солнечный ветер?*	12	69	Новый пенетратор**	1	53
«Бродячий» вулкан на Ио*	3	81	Новый робот для морских нефтяников**	9	28
В составе солнечных выбросов много гелия**	8	28	Открыта сверхпроводимость в MgB <sub>2</sub> при 39 К*	8	83
Водяной лед на кентавре Хирон*	4	87	Первое наблюдение тау-нейтрино*	4	88
Еще один опасный парниковый газ*	3	82	Первый ВТСП-кабель уже в деле!*	8	83
Загадочный метеорит Тагиш-Лейк*	9	81	Подводные археологи применяют роботы**	9	78
Какая погода на Титане?*	9	80	Сверхпроводимость композита графит-сера**	8	65
Космические лучи как климатообразующий фактор*	8	82	Сверхпроводники приходят в электросеть*	7	80
«Магнит», указывающий на «марсиан»**	11	10	Свет из гетеропереходов. <b>Юнович А.Э.</b>	6	38
Метеорит подтверждает: вода на Марсе была*	8	82	Солнечная электростанция станет туристическим объектом**	3	29
Нужно ли менять «Боинг» и Ту на ковер-самолет?			Спинтроника предлагает...*	12	72
<b>Кароль И.Л., Киселев А.А.</b>	5	60	Становление эоловой энергетики**	4	67
Осадочные породы на Марсе*	5	81	Суперпарамагнетизм сегодня: магниты—карлики на пути в мир квантов. <b>Звездин А.К., Звездин К.А.</b>	9	9
Плутон и Харон: неожиданные новости*	3	80			
Похоже, океан на Марсе был*	6	79			
Проект исследования облаков «CloudSat»*	3	81			
Состояние озоносферы в 2000 году*	12	70			



Углеродные нанотрубки в рентгеновском аппарате*	11	79
Удивительная мерзлота. <b>Горелик Я.Б., Колунин В.С.</b>	10	7
Физика неравновесного газа. <b>Осипов А.И., Уваров А.В.</b>	10	61
Ханфордский реактор окончательно остановлен**	9	18
Чем чреват град из космоса? <b>Плотников П.В., Шуршалов Л.В.</b>	5	11
Эффект осцилляции нейтрино снова подтвержден*	2	81

## ХИМИЯ

Газовые шлейфы автотранспорта. <b>Петросян В.С.</b>	12	11
Графитовый «стручок», фуллереновый «горох»*	12	71
Как избавиться от «ненужных» денег?*	3	82
Несеребряные изображения из металлохелатов. <b>Михайлов О.В.</b>	9	30
Новый конкурент алмаза*	5	82
Структура поверхности биополимеров исследуется тритиевой планиграфией. <b>Шишков А.В., Богачева Е.Н.</b>	5	19
Температурный гистерезис в гетерогенном катализе. <b>Гудков Б.С., Субботин А.Н., Якерсон В.И.</b>	6	24

## БИОЛОГИЯ

Белое море, Ягодный порог.. <b>Виноградов Г.М., Калякин М.В., Кобузева И.А., Куприянова Е.А.</b>	8	37
Где и когда приручали лошадь?*	9	83
Движение воды в почве. <b>Шенин Е.В.</b>	10	56
Зимовка водоплавающих птиц в Москве: итоги 17 зимних учетов. <b>Авилова К.В.</b>	7	59
Змея — существо благородное. <b>Соколова Н.С.</b>	10	53
Используемые тесты неэффективны*	5	84
Корольки. <b>Булавинцев В.И.</b>	3	42
Малый дятел. <b>Булавинцев В.И.</b>	5	57
Межвидовая гибридизация у птиц: эволюция в действии. <b>Панов Е.Н.</b>	6	51
Морозоустойчивый дождевой червь*	12	72
О пользе быть съеденными*	7	82
Половой диморфизм колибри*	5	83
Почему иногда любят серых?*	1	79
Проблема происхождения хордовых. <b>Иорданский Н.Н.</b>	11	50
Происхождение жизни. <b>Злобин Ю.А.</b>	2	25
Птица рябчик. <b>Булавинцев В.И.</b>	10	49
Регресс в эволюции многоклеточных животных. <b>Алёшин В.В., Петров Н.Б.</b>	7	62
Связь биоразнообразия с продуктивностью — наука и политика. <b>Гиляров А.М.</b>	2	20
Сексуальная жизнь божьей коровки. <b>Захаров И.А.</b>	12	43
Семья малого крикуна. <b>Булавинцев В.И.</b>	12	55
Физиологическое распознавание пресмыкающихся*. <b>Семенов Д.В.</b>	2	81
Хромосомный «портрет» бурозубки на фоне ледников. <b>Бородин П.М., Поляков А.В.</b>	1	34
Цитогенетический мониторинг последствий Чернобыльской аварии*	4	33

## ЧЕРНОБЫЛЬ И ПРОБЛЕМЫ РАДИОБИОЛОГИИ

Радиация. Источники, нормирование облучения. <b>Василенко И.Я.</b>	4	10
Как оценивать генетический риск облучения. <b>Шевченко В.А.</b>	4	17
Роль лесных экосистем при радиоактивном загрязнении. <b>Щеглов А.И., Цветнова О.Б.</b>	4	23
Что делает зоолог-морфолог в тропическом лесу? <b>Корзун Л.П., Держинский Ф.Я.</b>	2	57
Эль-Ниньо и судьба коралловых рифов*. <b>Несис К.Н.</b>	3	82

## БОТАНИКА. ЗООЛОГИЯ. МИКРОБИОЛОГИЯ

Беззубые кинжалозубы*	4	89
Вестиментифера — рекордсмен-долгожитель*. <b>Несис К.Н.</b>	1	80
Вымерший вид рыб помог систематикам*	5	83
И у медуз бывают мутанты. <b>Несис К.Н.</b>	11	59
Карисс у медведей*	1	81
Кто живет на голом камне? <b>Горбушина А.А.</b>	9	37
Кто уберет опавшие листья? Краб! <b>Несис К.Н.</b>	5	55
Микрочелюстные — новый класс беспозвоночных*. <b>Малахов В.В.</b>	6	81
Морские черепахи в Черном море. <b>Семенов Д.В.</b>	8	74
Паляя Гриценко — новый эндемичный вид гольцов Северных Курил. <b>Стыгар В.М., Ковнат Л.С., Васильева Е.Д.</b>	9	45
Перегретые пираньи**	8	63
Пингвин подает клич**	11	10
Простейшие — обитатели пограничного слоя. <b>Довгаль И.В.</b>	9	73
Птицы, впадающие в спячку**	7	31
Рыбы с хамелеоновыми глазами — яркий пример конвергенции*. <b>Семенов Д.В.</b>	7	81
Современный и прошлый ареалы снежного барана. <b>Калякин В.Н.</b>	6	47
Учись, глядя на маму*	11	80
Ферулы — источники уникальных лечебных смол. <b>Гладышев А.И.</b>	12	57
Фиалки прибыли в тропики с севера*	7	82
Фороиды найдены в Арктике*	2	82
Ядовитые птицы**	9	78

## МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ.

### БИОХИМИЯ. БИОФИЗИКА.

### БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Молекулярные механизмы генетической изоляции. <b>Медников Б.М., Шубина Е.А., Мельникова М.Н.</b>	5	40
Мощное СВЧ-излучение может быть опасным для живых организмов*	4	88
Новый метод определения вирусной нагрузки. <b>Мельникова М.Н., Виноградов А.В., Медников Б.М., Чекановская Л.А.</b>	4	51
Фиалки прибыли в тропики с севера*	7	82
Что общего в иммунитете растений и животных? <b>Дьяков Ю.Т., Багирова С.Ф.</b>	11	52

## ГЕНЕТИКА. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА. БИОТЕХНОЛОГИЯ. БИОНИКА

В поисках прародины американских аборигенов.

<b>Деренко М.В., Малиярчук Б.А.</b>	1	72
Где начиналось скотоводство?*	11	80
Жемчуг по заказу**	1	53
Ирландцы не похожи на других даже генетически*	1	81
Кормилицу для кукушат выбирают самки*	6	81
Молекулярно-генетическая система управления.		
<b>Ратнер В.А.</b>	3	16
Наша история, записанная в ДНК.		
<b>Янковский Н.К., Боринская С.А.</b>	6	10
Неканонические наследственные изменения.		
<b>Голубовский М.Д.</b>	8	3
	9	3
Регресс в эволюции многоклеточных животных.		
<b>Алёшин В.В., Петров Н.Б.</b>	7	62
Ферменты-реставраторы*	7	80

## ФИЗИОЛОГИЯ. ПСИХОЛОГИЯ. МЕДИЦИНА. ДЕМОГРАФИЯ. СОЦИОЛОГИЯ

Аварийная сигнализация в живом организме.

<b>Ревенко С.В.</b>	10	69
Аспирин опасен для детей*	1	81
Величайшая из переписей*	8	88
Волновые процессы в зрительной коре мозга.		
<b>Шевелев И.А.</b>	12	28
Новый метод определения вирусной нагрузки.		
<b>Мельникова М.Н., Виноградов А.В., Медников Б.М., Чекановская Л.А.</b>	4	51
О положении в российской сомнологии.		
<b>Ковальзон В.М.</b>	10	3
Потепление не грозит повальной малярией*	8	85
Проблема тройной вакцинации*	7	82
Роль женщин в науке мусульманских стран*	8	87
Сифилис стар как мир**	7	30
Ставрополье в условиях приграничья.		
<b>Рязанцев С.В.</b>	7	71
Умеют ли вороны «считать»? <b>Зорина З.А., Смирнова А.А., Лазарева О.Ф.</b>	2	72
Шум: во благо или во вред? <b>Вартанян И.А., Андреева И.Г.</b>	3	23

## ЭКОЛОГИЯ. ОХРАНА ПРИРОДЫ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Амурского тигра нельзя не сохранить!

<b>Смирнов Е.Н.</b>	1	41
	2	47
Атлас естественной радиоактивности Франции**	7	70
Брыкин Бор. <b>Киселев Ю.Н., Колотова М.А.</b>	3	56
В долги — ради спасения доминиканских попугаев**	2	28
Возрождение озера Солтон-Си*	2	82
Война в Центральной Африке угрожает обезьянам**	1	21
Война с астрономами из-за белок**	5	32
Волк в Йеллоустоуне. <b>Чесноков Н.И.</b>	5	37
Газовые шлейфы автотранспорта. <b>Петросян В.С.</b>	12	11
Гибель моа: не вымирание, а блэцкриг**	5	26
Год после указа — период «полураспада»*.		
<b>Жукова Е.Е.</b>	11	82
Долина Смерти может ожить**	10	31

Жечь или не жечь?*	7	83
Жук и гусеница «пострашнее» астронома**	7	31
Заповедная лаборатория. <b>Колотова М.А.</b>	4	34
Защитники китов — против технократов**	5	66
Истории и искусству нанесен тяжелый удар**	12	64
Как предотвратить лесные пожары?*	8	85
Как сократить содержание CO <sub>2</sub> в атмосфере?*	5	85
Как сохранить луизианские болота?***	3	29
Каково будущее Амазонии?*	10	82
Каланы не хотят переселяться*	7	83
Красный список Мирового наследия расширяется**	9	28
Кровавая трагедия в заповеднике. <b>Шутова О.И.</b>	5	33
Кругосветные плавания бактерий в балластных цистернах судов**	6	31
Кто любит пиво, а осьминог — бутылку от пива.		
<b>Несис К.Н.</b>	3	39
Массовая гибель грифов**	6	31
Музей-заповедник «Аркаим» в Стране городов.		
<b>Зданович Г.Б., Иванов И.В., Плеханова Л.Н.</b>	9	50
На защиту ресурсов моря*	7	83
Новый взгляд на биоразнообразие*	11	81
Ночное послание поврежденного растения*.		
<b>Гиляров А.М.</b>	8	84
Океанополис расширяется**	8	61
Орангутан на краю пропасти*	1	82
Планета может остаться без приматов**	2	65
Противооблачные «ежи» вполне надежны*	3	83
Реакция фитопланктона на колебания CO <sub>2</sub> в атмосфере**	6	77
Связь биоразнообразия с продуктивностью — наука и политика. <b>Гиляров А.М.</b>	2	20
Современный и прошлый ареалы снежного барана.		
<b>Калякин В.Н.</b>	6	47
Спутники следят за состоянием лесов и ядерных объектов**	11	61
Степень загрязненности воздуха и смертность**	5	66
Судьба лесов Индонезии*	11	81
Сухопутным фитофагам труднее, чем водным*.		
<b>Гиляров А.М.</b>	4	89
Тихоокеанские кожистые черепахи — у последней черты*	9	83
<b>ЧЕРНОБЫЛЬ И ПРОБЛЕМЫ РАДИОБИОЛОГИИ</b>		
Радикация. Источники, нормирование облучения. <b>Василенко И.Я.</b>	4	10
Как оценивать генетический риск облучения.		
<b>Шевченко В.А.</b>	4	17
Роль лесных экосистем при радиоактивном загрязнении.		
<b>Щеглов А.И., Цветнова О.Б.</b>	4	23
<b>ГЕОЛОГИЯ. ГЕОТЕКТОНИКА. ПЕТРОЛОГИЯ</b>		
Бассейн Вудларк — модель для изучения процессов растяжения и раскола земной коры (180-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). <b>Басов И.А.</b>	11	20
Башенные горы Гуйлиня. <b>Уфимцев Г.Ф.</b>	10	45
Возраст индийских базальтов*	3	84
Гималаи. Самые высокие, прекрасные и загадочные.		
<b>Уфимцев Г.Ф.</b>	6	60

Глубины Земли: строение и тектоника мантии.		
<b>Пуцаровский Ю.М.</b>	3	13
Деформации коры в районе Коринфского залива*	11	82
«ДЖОИДЕС Резолюшн»: рейсы продолжаются.		
<b>Басов И.А.</b>	6	18
Древний гигантский оползень*	8	86
Золото и турбидиты.		
<b>Константинов М.М., Косовец Т.Н.</b>	8	29
Испытание новой буровой техники		
(179-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). <b>Басов И.А.</b>	10	33
Как сократить содержание CO <sub>2</sub> в атмосфере?*	5	85
Круговороты подземных вод в земной коре.		
<b>Зверев В.П.</b>	5	3
Месторождения урана в тектонических депрессиях.		
<b>Константинов В.М.</b>	7	44
На Земле нет гранита древнее*	7	84
Не переоценить сокровища Нептуна.		
<b>Силкин Б.И.</b>	5	53
Невидимое золото*	4	90
Новый этап бурения		
в юго-западной части Тихого океана		
(181-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). <b>Басов И.А.</b>	12	65
Планы бурения в океане на ближайшие годы*.		
<b>Пуцаровский Ю.М.</b>	9	84
Покровно-складчатые пояса, сейсмичность		
и нефтегазоносность Земли.		
<b>Сизых В.И., Семенов Р.М., Павленов В.А.</b>	7	51
Разломы дна Центральной Атлантики. <b>Пейве А.А.</b>	3	44
Роль Южного океана в эволюции климата Земли		
(177-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). <b>Басов И.А.</b>	8	26
Следы первоамериканца под водой*	5	85
Тектоника плит «постарела»*	8	85
Удивительная мерзлота. <b>Горелик Я.Б.,</b>		
<b>Колунин В.С.</b>	10	7
Флюидизаты требуют внимания. <b>Махлаев Л.В.,</b>		
<b>Голубева И.И.</b>	9	59
Царь Эвдиалит и его династия. <b>Расцветаева Р.К.</b>	4	63
Эволюция ледового щита Антарктиды		
(178-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). <b>Басов И.А.</b>	9	69
Экстремальное концентрирование элементов		
в гранитных пегматитах. <b>Шмакин Б.М.</b>	2	39
<b>ГЕОХИМИЯ. ГЕОФИЗИКА</b>		
Атлас естественной радиоактивности Франции**	7	70
Атмосфера покачивает Землю*	5	82
Дистанционное сканирование земной коры.		
<b>Цветков Ю.П., Ротанова Н.М.</b>	11	11
На Земле нет гранита древнее*	7	84
Предсказания пароксизмов Геклы*	10	82
Пути следования ураганов*	3	84
Роль галогенеза и гравитации в формировании		
месторождений полезных ископаемых.		
<b>Богашова Л.Г.</b>	3	48
«След» древнейшего прилива**	7	30
Снежные мегадюны Антарктиды*	6	83
Три Сестры угрожают*	12	73
Черноморские «кораллы» —		
продукт минерализации микробных матов.		
<b>Лейн А.Ю., Ульянова Н.В., Пименов Н.В.</b>	12	48

## СЕЙСМОЛОГИЯ. ВУЛКАНОЛОГИЯ

Акустическая фокусировка усилила землетрясение**	5	32
Бандай-сан опять возмущается**	5	39
Вулкан на аргентино-чилийской границе**	6	30
Вулкан Фурнез напоминает о себе**	2	27
Как обезопасить самолет от вулкана?*	12	64
Камерун неспокоен**	4	67
Мякя предупреждает о «намерениях»**	5	47
Неистовство Сакурадзимы**	8	28
Обстановка в районе калифорнийских разломов*	7	84
Одно землетрясение порождает другие**	8	63
Пламя из-под льда**	8	53
Под угрозой цунами**	2	27
Подводный вулкан прорывается к поверхности**	2	65
Попокатепетль салютует новому тысячелетию*	10	84
Рабаул: посыпал пеплом я главу...**	8	53
Сейсмические «всплески» 2000-го года**	5	67
Сейсмичность Аляски*	10	83
Трагедия у подножия Алтаря**	7	30
Угрошение озера-убийцы**	9	29
«Усмирение» вулкана Келуд**	11	34

## ГЕОГРАФИЯ. КЛИМАТОЛОГИЯ. МЕТЕОРОЛОГИЯ. ГЛЯЦИОЛОГИЯ

Австралию напоит подземное озеро**	1	21
Азиатская пыль достигает Гренландии**	8	63
Африка, уносимая ветрами**	5	67
В планетарном саду кактусов. <b>Приходько В.Е.</b>	5	48
Возможен ли прогноз лесного покрова Сибири		
на XXI век? <b>Назимова Д.И., Поликарпов Н.П.</b>	4	55
Волшебное озеро Ламола-цо. <b>Орден К.ван,</b>		
<b>Паклина Н.В.</b>	10	37
Гренландский ледник и климат Земли*	6	84
2000-й — год засух и пожаров**	12	17
Долгосрочная автоматическая станция		
на Северном полюсе**	2	27
Еще раз о причинах потепления в XX веке**	12	42
Климат на юге и севере изменялся в противофазе*	10	84
Космические лучи как климатообразующий фактор*	8	82
Ла-Нинья: похолодание и обилие осадков**	5	32
Наводнения в 2000 году**	12	17
Наводнения конца XX в.		
<b>Авакян А.Б., Истомина М.Н.</b>	10	75
Наводнения: можно ли избежать катастроф?*		
<b>Померанец К.С.</b>	2	83
Область уникального микроклимата на Памире*.		
<b>Каабак Л.В., Сочивко А.В.</b>	3	85
Погода на планете в 2000 году*	10	85
Святылища Вайгача. <b>Боярский П.В., Глазов М.В.</b>	7	32
Сколько азота несут сибирские реки?		
<b>Маккавеев П.Н., Холмс Р.М.</b>	6	32
Степи Внутренней Монголии. <b>Неронов В.В.,</b>		
<b>Луцескина А.А.</b>	1	54
Судьба вечной мерзлоты: взгляд из прошлого		
в будущее. <b>Демченко П.Ф., Величко А.А.,</b>		
<b>Голицын Г.С., Елисеев А.В., Нечаев В.П.</b>	11	43
Тысячелетие климатических изменений:		
дебаты продолжаются*	2	84
Ураганы в 2000 году**	12	17



Цикличность погодных изменений на востоке Пацифики**	10	78
Через Гренландский ледниковый щит.		
<b>Талалай П.Г.</b>	8	44
Эксперименты с искусственными осадками**	10	32

## ОКЕАНОЛОГИЯ

Австралийская наука выходит в океан*	6	83
Атлантико-тихоокеанский «коктейль» на гидротермах Индийского океана*	8	86
В сердце абиссального шторма*	11	83
Вихри течения Ойясио. <b>Рогачев К.А., Гюгина Л.В.</b>	12	36
Молод ли Тихий океан?*	1	82
Новый пенетратор**	1	53
Новый проект океанологических исследований США**	6	23
Остатки «допотопных» поселений на дне Черного моря**	12	63
Открыт молодой океанический хребет**	2	28
Польня на банке Кашеварова. <b>Рогачев К.А.</b>	3	33
«Потерянный город» в глубинах Атлантического океана**	10	68
Рекордное погружение аппарата «Victor-6000»**	10	32
Роль Южного океана в эволюции климата Земли (177-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). <b>Басов И.А.</b>	8	26
Эволюция ледового щита Антарктиды (178-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). <b>Басов И.А.</b>	9	69

## ПАЛЕОНТОЛОГИЯ. ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ

Аргентинский хищный динозавр**	8	64
В массовом вымирании животного мира виноваты вулканы?*	7	85
«Гастрономическая верность» привела к открытию*	5	84
Гибель моа: не вымирание, а блецкриг**	5	26
Загадка происхождения черепах. <b>Алифанов В.Р.</b>	8	18
Индейка — родственница динозавра?*	8	87
Когда появилась жизнь в глубинах океана?		
<b>Несис К.Н.</b>	4	68
Кто был первым двуногим?*	8	65
Кто такая лонгискава? <b>Алифанов В.Р., Курочкин Е.Н.</b>	10	35
Лингвисты используют молекулярную биологию.		
<b>Гилярова К.А.</b>	3	31
Микроаптор — самый мелкий из динозавров**	12	63
На паутине — со звезд на Землю*	4	91
Наша история, записанная в ДНК.		
<b>Янковский Н.К., Боринская С.А.</b>	6	10
Окаменевшее сердце динозавра*	5	86
Палеонтологическая сенсация повисла в воздухе**	9	29
Пернатый динозавр каудиптерикс**	10	55
Проблема происхождения хордовых.		
<b>Иорданский Н.Н.</b>	11	50
Происхождение птиц: картина усложняется*	12	74
Ринхолиты — знакомые и неожиданные.		
<b>Комаров В.Н.</b>	5	29
Снова о динозаврах Приамурья*. <b>Курочкин Е.Н., Алифанов В.Р., Болотский Ю.Л.</b>	11	83
Тайна Котельнича разгадана. <b>Наугольных С.В.</b>	7	20

Там, где жил амурозавр. <b>Болотский Ю.Л., Алифанов В.Р.</b>	6	67
Тираннозавров целое стадо...**	8	63
Тундростепи плейстоценовой Берингии и современные насекомые. <b>Берман Д.И.</b>	11	22

## АРХЕОЛОГИЯ. АНТРОПОЛОГИЯ. ЭТНОГРАФИЯ

«Битва» археологов с землеустроителями**	2	65
В Риме найдены остатки портовых сооружений*	6	84
Где была «колыбель пахаря»?*	5	86
Где же правда о племени яномамо?*	8	64
Гибель моа: не вымирание, а блецкриг**	5	26
Доказательство канибализма у древних индейцев*	2	85
Египетские пирамиды ориентированы по звездам*.		
<b>Сурдин В.Г.</b>	10	79
Загадочная мумия**	8	64
Ирландцы не похожи на других даже генетически*	1	81
Истории и искусству нанесен тяжелый удар**	12	64
Каменные орудия первых американцев**	6	31
Канонический орнамент на древних изделиях из металла. <b>Худяков Ю.С.</b>	2	69
Кем был Мелконог?*	1	83
Кто захоронен в царской гробнице?*	2	84
Лады древних египтян и индейцев**	6	77
Музей-заповедник «Аркаим» в Стране городов.		
<b>Зданович Г.Б., Иванов И.В., Плеханова Л.Н.</b>	9	50
Наскальные изображения в пещере Арси-сюр-Кюр*	4	91
Новые «показания» Эцти**	7	29
Образ святой Варвары на бересте*. <b>Янин В.Л.</b>	1	84
Остатки «допотопных» поселений на дне Черного моря**	12	63
Плесень разрушает китайскую реликвию**	8	53
По следам царицы Савской**	7	31
Подводные археологи применяют роботы**	9	78
Почему островитяне Тихого океана утратили гончарное искусство?*	3	85
Прочитаны древнеримские документы*	11	84
Редкие находки подводных археологов**	2	28
Святилища Вайгача. <b>Боярский П.В., Глазов М.В.</b>	7	32
Сибирь и первые американцы. <b>Васильев С.А.</b>	8	66
Сифилис стар как мир**	7	30
Скандал в японской археологии**	11	34
Следы китайского <i>Homo erectus</i> *	7	86
Следы первоамериканца под водой*	5	85
Спасти историю от затопления**	3	30
Стена на дне озера**	8	64

## АПРЕЛЬСКИЙ ФАКУЛЬТАТИВ

Дубненский фольклор.		
Из коллекции А.А.Расторгуева	4	84
Компьютерные байки. <b>Расторгуев А.А.</b>	4	81

## БИОГРАФИЯ СОВРЕМЕННОГО

<b>СКАЖИ МНЕ, КТО ТВОИ ДРУЗЬЯ...</b>		
К 75-летию Давида Абрамовича Киржница	11	62
Больше сорока лет рядом. <b>Болотовский Б.М.</b>	11	63
Там, где будет город Челябинск-40.		
<b>Киржниц Д.А.</b>	11	70

## В КОНЦЕ НОМЕРА

Не для того ли волосы растут, что... 4 95

## ВЕСТИ ИЗ ЭКСПЕДИЦИЙ

Белое море, Ягодный порог... **Виноградов Г.М.,**  
**Калякин М.В., Кобузева И.А., Куприянова Е.А.** 8 37  
В планетарном саду кактусов. **Приходько В.Е.** 5 48  
Вихри течения Ойясио. **Рогачев К.А.,**  
**Тогина Л.В.** 12 36  
Волшебное озеро Ламола-цо. **Орден К.ван,**  
**Паклина Н.В.** 10 37  
Музей-заповедник «Аркаи» в Стране городов.  
**Зданович Г.Б., Иванов И.В., Плеханова Л.Н.** 9 50  
Разломы дна Центральной Атлантики. **Пейве А.А.** 3 44  
Святыни Вайгача. **Боярский П.В., Глазов М.В.** 7 32  
Сколько азота несут сибирские реки?  
**Маккаев П.Н., Холмс Р.М.** 6 32

## ВОЗВРАЩЕНИЕ

Александр Александрович Эйхенвальд.  
**Погребысская Е.И.** 8 76

## НЕЗНАКОМЫЙ КОСТИЦЫН

Тридцать три тетради. **Сидоров Н.А.** 4 70  
«Говорить мне не с кем».  
Из воспоминаний В.А.Костицына 4 75  
5 69

Нерукотворный памятник Костицыну.  
**Бялко А.В.** 5 78

От киевских храмов к искусству Византии:  
Андрей Николаевич Грабар. **Смирнова Э.С.** 2 29

## СЭР БОРИС П.УВАРОВ

Полководец противосаранчовых армий.  
**Крыжановский О.Л.** 3 61  
Воспоминания вместо предисловия.  
**Гиляров А.М.** 3 66  
Диалог с А.А.Любищевым 3 69  
Из переписки с В.И.Вернадским 3 73

## ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

Иннокентий Михайлович Сибириков.  
**Соловьева Б.А.** 10 91

Как «Александр Ковалевский» Бориса Савинкова  
спасал. **Игнатьев С.М.** 7 92

«Колумб Русский». Неизвестные страницы  
биографии командора Алексея Чирикова.  
**Богданов В.В.** 3 90

Михаил Иванович Венюков в эмиграции.  
**Любина Г.И.** 2 92

О геологе Наталье Кинд. **Баскина В.А.** 6 92

Первая русская полярница. **Богданов В.В.** 1 92

Последний землепроходец  
из плеяды Нансена и Амундсена.  
К 100-летию со дня рождения Г.А.Ушакова.  
**Богданов В.В.** 12 80

Удивительный морской водоем. **Игнатьев С.М.** 5 92

Университет и сад. Из истории  
культурного пространства XVIII в. **Кулакова И.П.** 8 93

Флот окажет нравственное содействие.  
**Игнатьев С.М.** 11 90

Штурман Челюскин. **Богданов В.В.** 9 91

## ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Мир на стыке веков. **Бялко А.В.** 1 16

## ЗАМЕТКИ И НАБЛЮДЕНИЯ

«Бычок в томате» в Великих озерах Америки.  
**Несис К.Н.** 2 66  
Затмение звезды экзопланетой. **Вибе Д.З.** 2 67  
Змея — существо благородное. **Соколова Н.С.** 10 53  
И у медуз бывают мутанты. **Несис К.Н.** 11 59  
Корольки. **Булавинцев В.И.** 3 42  
Кто любит пиво, а осьминог — бутылку от пива.  
**Несис К.Н.** 3 39  
Кто уберет опавшие листья? Краб! **Несис К.Н.** 5 55  
Малый дятел. **Булавинцев В.И.** 5 57  
Морские черепахи в Черном море. **Семенов Д.В.** 8 74  
Проблема происхождения хордовых.  
**Иорданский Н.Н.** 11 50  
Птица рябчик. **Булавинцев В.И.** 10 49  
Семья малого крикуна. **Булавинцев В.И.** 12 55  
Там, где жил амурозавр. **Болотский Ю.Л.,**  
**Алифанов В.Р.** 6 67

## КОРОТКО

1 33; 3 41; 5 18; 6 17; 7 27, 58;  
8 36, 75; 9 44; 10 44; 12 27

## КРАСНАЯ КНИГА

Кровавая трагедия в заповеднике. **Шутова О.И.** 5 33  
Ферулы — источники уникальных лечебных смол.  
**Гладышев А.И.** 12 57

## ЛЕКТОРИЙ

Может ли изолятор быть сверхпроводником?  
**Куркин М.И.** 4 3  
Темная Материя во Вселенной. **Смольников А.А.** 7 10  
Физики и световая чувствительность глаза.  
**Островский М.А., Сакина Н.Л.,**  
**Федорович И.Б., Чеснов В.М.** 6 70  
Флюидизаты требуют внимания. **Махлаев Л.В.,**  
**Голубева И.И.** 9 59

## НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

Бассейн Вудларк —  
модель для изучения процессов растяжения  
и раскола земной коры  
(180-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). **Басов И.А.** 11 20  
Волк в Йеллоустоуне. **Чесноков Н.И.** 5 37  
Гамма-всплеск на краю Вселенной. **Новикова О.А.** 9 71  
Зимовка водоплавающих птиц в Москве:  
итоги 17 зимних учетов. **Авилова К.В.** 7 59  
Измерены колебания диаметра переменной звезды.  
**Вибе Д.З.** 7 28  
Испытание новой буровой техники  
(179-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). **Басов И.А.** 10 33  
Когда появилась жизнь в глубинах океана?  
**Несис К.Н.** 4 68  
Кто такая лонгисквама? **Алифанов В.Р.,**  
**Курочкин Е.Н.** 10 35  
Лингвисты используют молекулярную биологию.  
**Гилярова К.А.** 3 31

Молекулярные оболочки вокруг галактики Центавр А. <b>Вибе Д.З.</b>	1	51
Молодой коричневый карлик. <b>Сурдин В.Г.</b>	5	27
Наводнения конца XX в. <b>Авакян А.Б., Истомина М.Н.</b>	10	75
Новый метод определения вирусной нагрузки. <b>Мельникова М.Н., Виноградов А.В., Медников Б.М., Чекановская Л.А.</b>	4	51
Новый этап бурения в юго-западной части Тихого океана (181-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). <b>Басов И.А.</b>	12	65
Паляя Гриценко — новый эндемичный вид гольцов Северных Курил. <b>Стыгар В.М., Ковнат Л.С., Васильева Е.Д.</b>	9	45
Проект Ошеломляюще большого телескопа. <b>Вибе Д.З.</b>	3	54
Ринхолиты — знакомые и неожиданные. <b>Комаров В.Н.</b>	5	29
Роль Южного океана в эволюции климата Земли (177-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). <b>Басов И.А.</b>	8	26
Тектиты, субтектиты, стримергласы и Тунгусский метеорит. <b>Дмитриев Е.В.</b>	1	31
Эволюция ледового щита Антарктиды (178-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). <b>Басов И.А.</b>	9	69

#### НЕКРОЛОГ

Памяти академика Н.Г.Басова	8	62
-----------------------------	---	----

#### НОВЫЕ КНИГИ

1 90; 2 90; 3 88; 4 94; 5 90; 6 90; 7 90; 8 91; 10 89; 11 89; 12 78
--

#### ОЧЕРКИ НАТУРАЛИСТА

Амурского тигра нельзя не сохранить! <b>Смирнов Е.Н.</b>	1	41
	2	47

#### РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

4 43, 62; 6 9, 69; 9 90
-------------------------

#### РЕЦЕНЗИИ

Глазами Ахиезера. <b>Каганов М.И.</b>	9	87
Геологи с Пыжевского, 7. <b>Шолпо В.Н.</b>	5	88
Как Карл Бэр стал географом. <b>Сытин А.К.</b>	8	89
Миграция как форма принуждения. <b>Пивоваров Ю.Л.</b>	10	86
О микроорганизмах, токсинах и эпидемиях. <b>Лысенко А.Я., Беэр С.А.</b>	4	92
Памяти погибших ученых. <b>Левина Е.С.</b>	1	85
Подарок геологам и филателистам. <b>Бородаев Ю.С.</b>	6	85
Последний том уникального издания. <b>Калякин В.Н.</b>	11	85
Синдром тревоги. <b>Миркин Б.М., Наумова Л.Г.</b>	7	87
Справочная литература по интегральным уравнениям. <b>Александров В.М.</b>	3	86
Феномен Николая Реймерса. <b>Миркин Б.М.</b>	12	75
Эволюция климата и ландшафтов в кайнозое. <b>Чичагов В.П.</b>	2	86
Эталоны земли Сибирской. <b>Чесноков Н.И.</b>	1	88

#### СВЯЗЬ ВРЕМЕН

«Ненужные» лучшие люди. <b>Захаров В.Е.</b>	6	3
---	---	---



# Авторский указатель журнала «Природа» за 2001 год

<b>А</b> вакян А.Б. (Истомина М.Н.*)	10	75	Болотский Ю.Л. (Алифанов В.Р.)	6	67	<b>Г</b> иляров А.М.	1	79
Авилова К.В.	7	59	Болотский Ю.Л. (Курочкин Е.Н., Алифанов В.Р.)	11	83		2	20
Александров В.М.	3	86	Боринская С.А. (Янковский Н.К.)	6	10	Гилярова К.А.	3	31
Алёшин В.В. (Петров Н.Б.)	7	62	Бородаев Ю.С.	6	85	Гладышев А.И.	12	57
Алифанов В.Р. (Болотский Ю.Л.)	6	67	Бородин П.М. (Поляков А.В.)	1	34	Глазов М.В. (Боярский П.В.)	7	32
Алифанов В.Р.	8	18	Боярский П.В. (Глазов М.В.)	7	32	Гогина Л.В. (Рогачев К.А.)	12	36
Алифанов В.Р. (Курочкин Е.Н.)	10	35	Булавицнев В.И.	3	42	Голицын Г.С. (Демченко П.Ф., Величко А.А., Елисеев А.В., Нечаев В.П.)	11	43
Алифанов В.Р. (Курочкин Е.Н., Болотский Ю.Л.)	11	83		5	57	Голубева И.И. (Махлаев Л.В.)	9	59
Андреева И.Г. (Вартанян И.А.)	3	23	Бялко А.В.	1	16	Голубовский М.Д.	8	3
Анохин К.В.	1	10		2	9		9	3
				5	78	Горбушина А.А. Горелик Я.Б. (Колунин В.С.)	9	37
<b>Б</b> агирова С.Ф. (Дьяков Ю.Т.)	11	52	<b>В</b> артанян И.А. (Андреева И.Г.)	3	23	Гудков Б.С. (Субботин А.Н., Якерсон В.И.)	6	24
Барьяхтар В.Г. (Каганов М.И., Любарский Г.Я.)	9	85	Василенко И.Я.	4	10			
Баскина В.А.	6	92	Васильев С.А.	8	66	<b>Д</b> емченко П.Ф. (Величко А.А., Голицын Г.С., Елисеев А.В., Нечаев В.П.)	11	43
Басов И.А.	6	18	Васильева Е.Д. (Стыгар В.М., Ковнат Л.С.)	9	45	Деренко М.В. (Малярчук Б.А.)	1	72
			Величко А.А. (Демченко П.Ф., Голицын Г.С., Елисеев А.В., Нечаев В.П.)	11	43	Дзержинский Ф.Я. (Корзун Л.П.)	2	57
			Вибе Д.З.	1	51	Дмитриев Е.В.	1	31
Белинский В.А.	9	19		2	67	Довгаль И.В.	9	73
Берман Д.И.	11	22	Виноградов А.В. (Мельникова М.Н., Медников Б.М., Чекановская Л.А.)	4	51	Дьяков Ю.Т. (Багирова С.Ф.)	11	52
Бернардини Карло	9	19	Виноградов Г.М. (Калякин М.В., Кобузева И.А., Куприянова Е.А.)	8	37	Елисеев А.В. (Демченко П.Ф., Величко А.А., Голицын Г.С., Нечаев В.П.)	11	43
Беэр С.А.			Волков П.К.	11	35			
(Лысенко А.Я.)	4	92				<b>Ж</b> данов Г.Б. (Стожков Ю.И.)	2	11
Блох А.М.	7	3				Жомотт А.	11	3
Богачева Е.Н. (Шишков А.В.)	5	19				Жукова Е.Е.	11	82
Богашова Л.Г.	3	48				<b>З</b> ахаров В.Е.	6	3
Богданов В.В.	1	92				Захаров И.А.	12	43
Болдырев А.А.	10	25						
Болотовский Б.М.	11	62						

\* Здесь и далее в скобках указаны соавторы.

Звездин А.К. (Звездин К.А.)	9 9	Костицын В.А.	4 75 5 69	Несис К.Н.	1 80 2 66
Звездин К.А. (Звездин А.К.)	9 9	Крыжановский О.Л. Кулакова И.П.	3 61 8 93		3 39 3 82
Зверев В.П.	5 3	Куприянова Е.А. (Виноградов Г.М., Калякин М.В., Кобузева И.А.)	8 37		4 68 5 55 11 59
Зданович Г.Б. (Иванов И.В., Плеханова Л.Н.)	9 50	Куркин М.И.	4 3	Нечаев В.П. (Демченко П.Ф., Величко А.А., Голицын Г.С., Елисеев А.В.)	11 43
Злобин Ю.А.	2 25	Курочкин Е.Н. (Алифанов В.Р.)	10 35	Новикова О.А.	9 71
Зорина З.А. (Смирнова А.А., Лазарева О.Ф.)	2 72	Курочкин Е.Н. (Алифанов В.Р., Болотский Ю.Л.)	11 83	Новоселов А.С.	4 95
<b>И</b> ванов И.В. (Зданович Г.Б., Плеханова Л.Н.)	9 50	<b>Л</b> азарева О.Ф. (Зорина З.А., Смирнова А.А.)	2 72	<b>О</b> жован М.И. (Манькин Э.А., Полуэктов П.П.)	1 22
Игнатьев С.М.	5 92 7 92 11 90	Лебедев В.В. Левина Е.С. Ленин А.Ю.	12 3 1 85	Орден К.ван (Паклина Н.В.)	10 37
Иорданский Н.Н. Истомина М.Н. (Авакян А.Б.)	11 50 10 75	Льянова Н.В., Пименов Н.В.) Луцкекина А.А. (Неронов В.В.) Лысенко А.Я. (Беэр С.А.)	12 48 1 54 4 92	Осипов А.И. (Уваров А.В.) Островский М.А. (Сакина Н.Л., Федорович И.Б., Чеснов В.М.)	10 61 6 70
<b>К</b> аабак Л.В. (Сочивко А.В.)	3 85	Любарский Г.Я. (Барьяхтар В.Г., Каганов М.И.)	9 85	<b>П</b> авленов В.А. (Сизых В.И., Семенов Р.М.)	7 51
Каганов М.И. (Барьяхтар В.Г., Любарский Г.Я.)	9 85	Любина Г.И.	2 92	Паклина Н.В. (Орден К.ван)	10 37
Каганов М.И.	9 87	<b>М</b> аккавеев П.Н. (Холмс Р.М.)	6 32	Панов Е.Н.	6 51
Калякин В.Н.	6 47 11 85	Малахов В.В.	6 81	Пейве А.А.	3 44
Калякин М.В. (Виноградов Г.М., Кобузева И.А., Куприянова Е.А.)	8 37	Малинецкий Г.Г. Маларчук Б.А. (Деренко М.В.)	3 3 1 72	Петров Н.Б. (Алешин В.В.)	7 62
Кароль И.Л. (Киселев А.А.)	5 60	Манькин Э.А. (Ожован М.И., Полуэктов П.П.)	1 22	Петросян В.С.	12 11
Киржниц Д.А.	11 70	Махлаев Л.В. (Голубева И.И.)	9 59	Пивоваров Ю.Л.	10 86
Киселев А.А. (Кароль И.Л.)	5 60	Медников Б.М. (Мельникова М.Н., Виноградов А.В., Чекановская Л.А.)	4 51	Пименов Н.В. (Ленин А.Ю., Ульянова Н.В.)	12 48
Киселев Ю.Н. (Колотова М.А.)	3 56	Медников Б.М. (Шубина Е.А., Мельникова М.Н.)	5 40	Плеханова Л.Н. (Зданович Г.Б., Иванов И.В.)	9 50
Кобрянский В.М. Кобузева И.А. (Виноградов Г.М., Калякин М.В., Куприянова Е.А.)	1 7 8 37	Мельникова М.Н. (Виноградов А.В., Медников Б.М., Чекановская Л.А.)	4 51	Плотников П.В. (Шуршалов Л.В.)	5 11
Ковальзон В.М.	10 3	Мельникова М.Н. (Виноградов А.В., Медников Б.М., Чекановская Л.А.)	4 51	Погребысская Е.И.	8 76
Ковнат Л.С. (Стыгар В.М., Васильева Е.Д.)	9 45	Мельникова М.Н. (Медников Б.М., Шубина Е.А.)	5 40	(Назимова Д.И.) Полуэктов П.П. (Манькин Э.А., Ожован М.И.)	4 55 1 22
Кологова М.А.	4 34	Миркин Б.М. (Наумова Л.Г.)	7 87	Поляков А.В. (Бородин П.М.)	1 34
Кологова М.А. (Киселев Ю.Н.)	3 56	Миркин Б.М.	12 75	Полянин А.Д.	2 3
Колунин В.С. (Горелик Я.Б.)	10 7	Михайлов О.В.	9 30	Померанец К.С.	2 83
Комар А.А.	11 78	<b>Н</b> азимова Д.И. (Поликарпов Н.П.)	4 55	Приходько В.Е.	5 48
Комаров В.Н.	5 29	Наугольных С.В. Наумова Л.Г.	7 20	Пушаровский Ю.М.	1 82
Константинов В.М.	7 44	(Миркин Б.М.)	7 87		9 84
Константинов М.М. (Косовец Т.Н.)	8 29	Неронов В.В. (Луцкекина А.А.)	1 54	<b>Р</b> асторгуев А.А.	4 81
Копяев Ю.В.	1 3			Расцветаева Р.К.	4 63
Корзун Л.П. (Дзержинский Ф.Я.)	2 57			Ратнер В.А.	3 16
Косовец Т.Н. (Константинов М.М.)	8 29			Ревенко С.В.	10 69
				Рогачев К.А.	3 33
				Рогачев К.А. (Тогина Л.В.)	12 36

Ротанова Н.М. (Цветков Ю.П.)	11 11	Стыгар В.М. (Ковнат Л.С., Васильева Е.Д.)	9 45	Чекановская Л.А. (Мельникова М.Н., Виноградов А.В., Медников Б.М.)	4 51
Рязанцев С.В.	7 71	Субботин А.Н. (Гудков Б.С., Якерсон В.И.)	6 24	Чеснов В.М. (Островский М.А., Сакина Н.Л., Федорович И.Б.)	6 70
Сакина Н.Л. (Островский М.А., Федорович И.Б., Чеснов В.М.)	6 70	Сурдин В.Г.	1 79	Чесноков Н.И.	1 88
Семенов Д.В.	2 81		4 44		5 37
	7 81		5 27	Чичагов В.П.	2 86
	8 74		7 49		
Семенов Р.М. (Сизых В.И., Павленов В.А.)	7 51	Сытин А.К.	10 79	Шевелев И.А.	12 28
Сидоров Н.А.	4 70		12 67	Шевченко В.А.	4 17
	4 75	Талалай П.Г.	8 89	Шейн Е.В.	10 56
	5 69		8 44	Шишков А.В. (Богачева Е.Н.)	5 19
Сизых В.И. (Семенов Р.М., Павленов В.А.)	7 51	Уваров А.В. (Осипов А.И.)	10 61	Шмакин Б.М.	2 39
Силкин Б.И.	5 53	Ульянова Н.В.	12 48	Шноль С.Э.	10 17
	8 54	(Леин А.Ю., Пименов Н.В.)	6 60	Шолпо В.Н.	5 88
Скулачев В.П.	10 29	Уфимцев Г.Ф.	10 45	Шубина Е.А. (Медников Б.М., Мельникова М.Н.)	5 40
Смирнов Е.Н.	1 41			Шуршалов Л.В. (Плотников П.В.)	5 11
	2 47	Федорович И.Б. (Островский М.А., Сакина Н.Л., Чеснов В.М.)	6 70	Шутова О.И.	5 33
Смирнова А.А. (Зорина З.А., Лазарева О.Ф.)	2 72	Фокин С.И.	12 18	Щеглов А.И. (Цветнова О.Б.)	4 23
Смирнова Э.С.	2 29			Юнович А.Э.	6 38
Смольников А.А.	7 10	Холмс Р.М. (Маккаев П.Н.)	6 32	Якерсон В.И. (Гудков Б.С., Субботин А.Н.)	6 24
Соколинский Л.Б.	8 10	Худяков Ю.С.	2 69	Янин В.Л.	1 84
Соколова Н.С.	10 53	Цветков Ю.П. (Ротанова Н.М.)	11 11	Янковский Н.К. (Боринская С.А.)	6 10
Соловьева Б.А.	10 91	Цветнова О.Б. (Щеглов А.И.)	4 23		
Сорокина М.Ю.	1 62				
	3 61				
Сочивко А.В. (Каабак Л.В.)	3 85				
Стожков Ю.И. (Жданов Г.Б.)	2 11				

# ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь  
**Ю.К.ДЖИКАЕВ**

Научные редакторы  
**О.О.АСТАХОВА**  
**Л.П.БЕЛЯНОВА**  
**Е.Е.БУШУЕВА**  
**М.Ю.ЗУБРЕВА**  
**Г.В.КОРОТКЕВИЧ**  
**К.Л.СОРОКИНА**  
**Н.В.УЛЬЯНОВА**  
**Н.В.УСПЕНСКАЯ**  
**О.И.ШУТОВА**

Литературный редактор  
**М.Я.ФИЛЬШТЕЙН**  
Художественный редактор  
**Т.К.ТАКТАШОВА**  
Заведующая редакцией  
**И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА**  
Младший редактор  
**Г.С.ДОРОХОВА**  
Перевод:  
**П.А.ХОМЯКОВ**  
Набор:  
**Е.Е.ЖУКОВА**  
Корректоры:  
**В.А.ЕРМОЛАЕВА**  
**Л.М.ФЕДОРОВА**  
Графика, верстка:  
**Д.А.БРАГИН**

Свидетельство о регистрации  
№1202 от 13.12.90  
Учредители:  
Президиум РАН,  
Издательско-производственное и  
книготорговое объединение  
«Наука»  
Адрес издателя: 117997,  
Москва, Профсоюзная, 90  
Адрес редакции: 119991,  
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26  
Тел.: 238-24-56, 238-25-77  
Факс: (095) 238-26-33  
Подписано в печать 14.11.2001  
Формат 60×88 1/8  
Бумага типографская №1,  
офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,  
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2  
Заказ 2730  
Набрано и сверстано в редакции  
Отпечатано в ППП типографии «Наука»  
Академиздатцентра «Наука» РАН,  
121099, Москва, Шубинский пер., 6  
Налоговая льгота – общероссийский  
классификатор продукции ОК-005-  
93, том 2; 952000 – журналы