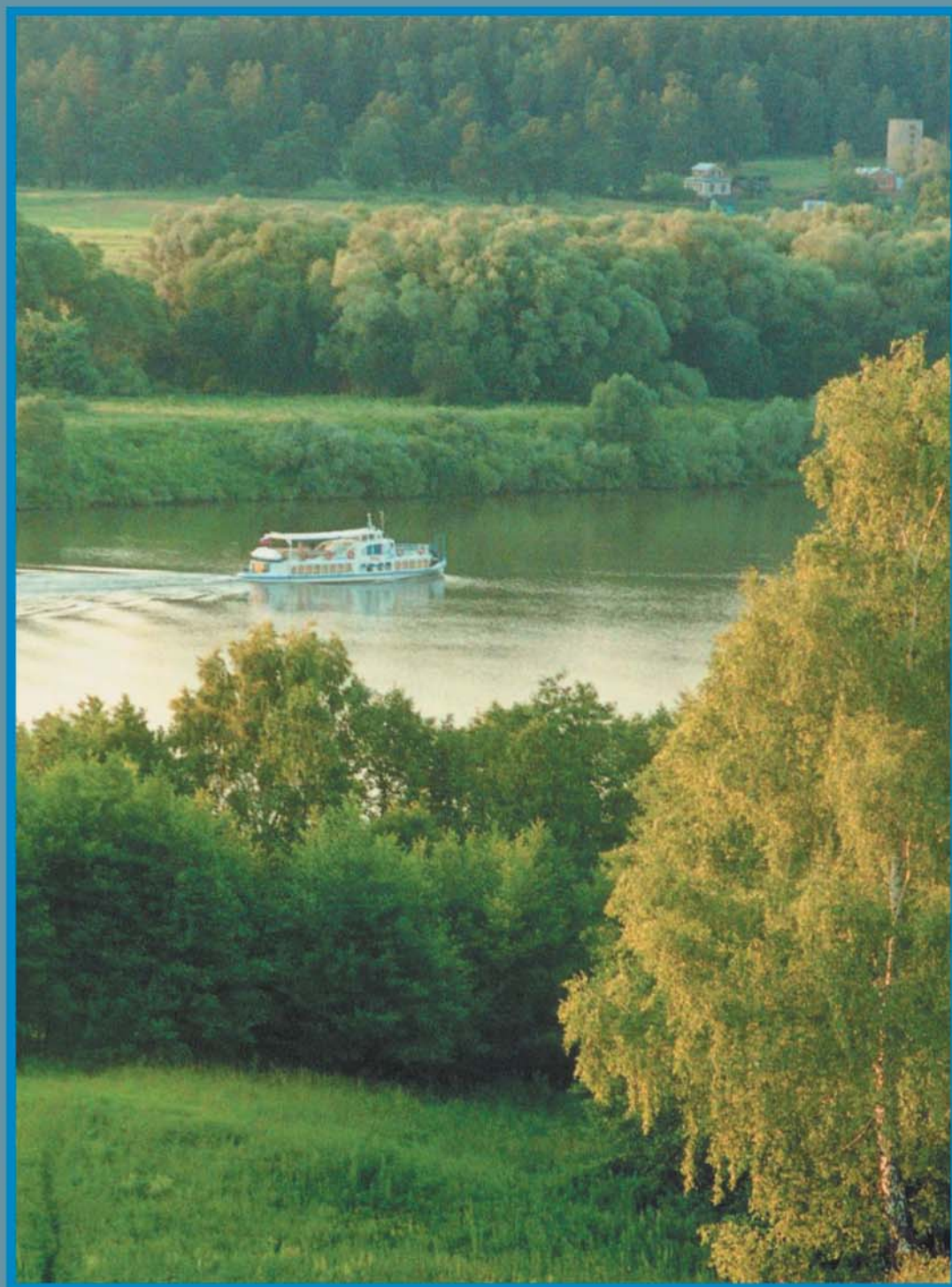


ПРИРОДА

8 05



В НОМЕРЕ:**3 Еремин В.В., Кузьменко Н.Е.**
Фемтохимия: квантовая динамика или химическая кинетика?

Чтобы строго описать сверхбыстрые процессы, происходящие в атомах и молекулах, нужно решить очень сложные уравнения квантовой динамики. Но есть и приближенный подход, не требующий детальных знаний о системе. Какой из методов лучше?

11 Филиппова О.Е.
«Умные» полимерные гидрогели

Полимерные гели уже стали тривиальными материалами даже в быту. Но ученые продолжают изучать их свойства и выявляют такие качества, благодаря которым эти молекулярные губки могут послужить медицине.

17 Калейдоскоп

Скульптура звездного неба (17). Космическая программа Китая (17). Холодолюбивые коралловые рифы (17). «Don Quixote» полетит в космос (28). Частный космоплан для туризма (47). Геофизики изучают дно океана (47). Риск катастрофических речных паводков (47). Новый глубоководный удильщик (48). Наводнения на реках Восточной Сибири (48). Курильщики и радон (48).

18 Воробьев Е.И.
Новый ювелирно-поделочный камень России**22 Токранов А.М., Орлов А.М.**
Уклонившиеся от «рыбьих» стандартов**Заметки и наблюдения****29 Уфимцев Г.Ф.**
Красные горы у Красного моря**Нариманов А.А.**
Ока: надежда на выздоровление (58)**33 Недоспасов А.А., Беда Н.В.**
«Перфторан»: революционная комбинация

Многие лекарственные препараты, открытые задолго до «эры NO», в большей или меньшей степени влияют на метаболизм оксидов азота, но часто это действие остается незамеченным, а лечебные эффекты объясняются другими причинами.

40 Алёшин В.В., Мыльников А.П., Петров Н.Б.**Дерево корненожек**

Согласно биологическому словарю, амёбы — наиболее просто организованные простейшие подкласса корненожек. Но откуда тогда в их жизненном цикле появляются жгутиковые стадии? Наверное, поэтому все протистологи назвали амёб временным собранием неродственных организмов, не нашедших пока места на филогенетическом дереве. Так ли это?

Вести из экспедиций**49 Прудников С.Г.**
Вулканизм и покровные оледенения Тувы**Научные сообщения****61 Виноградова Т.Н.**
Сюрпризы одной евразийской орхидеи**Басов И.А.**
203-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн» (65)**67 Горелик Г.Е.**
Как рождался «Курс теоретической физики»**76 Новости науки**

Раскрыта тайна пропавшего спутника Седны (76). «Звездная пыль» в руках ученых (76). Растет число внесолнечных планет. **Вибе Д.З.** (78). Сатурн и Уран в рентгене (79). Молекулярная плазмоника (79). Сегнетоэлектрическая нанопамять (80). Человек для некоторых паразитов — случайный хозяин (80). Кишечнодышащие: конец красивой легенды. **Виноградов Г.М.** (80). Роль оксида азота при инфаркте миокарда. **Липина Т.В.** (81). Летучие мыши сооружают жилища. **Опаев А.С.** (82). Разнообразие хищников ослабляет трофический каскад. **Петров П.Н.** (82). Судьба бабочек Британии под угрозой (83). Не спят вулканы в Гватемале (84). Свидетельство космической катастрофы (84). Потепление изменяет растительность высокогорий (85). И в меловой период возникали ледники (85). Древнейшая из пивоварен (86). Загрязнение атмосферы подсудно (86).
Коротко (60, 64, 66)

Рецензии**87 Каплан А.Я.**
Пределы индивидуальности человека**88 Новые книги****Встречи с забытым****91 Сорокина М.Ю.**
Туркестанский пленник

CONTENTS:

3 Eremin V.V., Kuz'menko N.E. Femtochemistry: Quantum Dynamics or Chemical Kinetics?

Very complex equations of quantum mechanics should be resolved to obtain a rigorous description of ultra-speed processes in atoms and molecules. But there is also an approximate method that does not require a detailed knowledge of the system. Which method is preferable?

11 Philippova O.E. «Smart» Polymeric Hydrogels

Polymeric gels have already become commonplace materials even in everyday life. But scientists are still studying their properties and reveal such characteristics of these molecular sponges that allow them to serve medicine.

17 Kaleidoscope

Sculpture of Starry Sky (17). Chinese Space Program (17). Psychophilic Coral Reefs (17). «Don Quixote» Space Mission Planned (28). Private Vehicle for Space Tourism (47). Geophysicists Study Ocean Floor (47). Risk of Catastrophic River Floods (47). New Deep-Sea Angler (48). Eastern Siberia River Floods (48). Smokers and Radon (48).

18 Vorob'ev E.I. New Russian Gem

22 Tokranov A.M., Orlov A.M. Deviated from «Fish-like» Standards

Notes and Observations

29 Ufimtzev G.F. Red Mountains Near Red Sea

Narimanov A.A.

Oka: Hope for Recovery (58)

33 Nedospasov A.A., Beda N.V. «Perftoran»: A Revolutionary Combination

Many medical products proposed long before «NO epoch» affect nitrogen oxides metabolism to lesser or greater extent but this action is frequently passed unnoticed and their therapeutic effects are accounted for other reasons.

41 Aleshin V.V., Myilnikov A.P., Petrov N.B. Phylogenetic Tree of Rhizopoda

According to biologic dictionary, amoebas are just the simplest protozoa of subclass Rhizopoda. But why in this case in their ontogeny appear flagellar stages? Maybe, this the reason why all protistologists called amoebas a provisional collection of non-related organisms that have not yet found their place in phylogenetic tree. Is it so?

News from Expeditions

49 Prudnikov S.G. Volcanism and Shield Glaciations of Tuva

Scientific Communications

61 Vinogradova T.N. Surprises of an Eurasian Orchid

Basov I.A.

203-th Expedition
of «JOIDES Resolution» (65)

67 Gorelik G.E. How «Course of Theoretic Physics» Was Created

76 Scientific News

Mystery of Lost Satellite of Sedna Uncovered (76). «Star Dust» in Hands of Scientists (76). Number of Exoplanets Increases. Vibe D.Z. (78). Saturn and Uran in X-rays (79). Molecular Plasmonics (79). Ferroelectric Nanomemory (80). Human Is a Casual Host for Some Parasites (80). Enteropneusta: The End of Fine Legend. Vinogradov G.M. (80). Role of Nitrogen Oxide in Cardiac Infarction. Lipina T.V. (81). Bats Build Abodes. Opaev A.S. (82). Diversity of Predators Weakens Trophic Cascade. Petrov P.N. (82). Future of British Butterflies Endangered (83). Volcanoes in Guatemala Are Vigil (84). Evidence of Cosmic Catastrophe (84). Warming Affects Alpine Flora (85). Glaciers Appeared Also in Cretaceous (85). The Most Ancient Brewery (86). Air Pollution Under Trial (86).

In Brief (60, 64, 66)

Book Reviews

87 Kaplan A.Ya. Boundaries of Human Individuality

88 New Books

Encounters with Forgotten

91 Sorokina M.Yu. A Turkestan Prisoner



Фемтохимия: квантовая динамика или химическая кинетика?

В.В.Еремин, Н.Е.Кузьменко

Фемтохимия — одна из самых молодых областей химической науки. Она изучает динамику сверхбыстрых процессов, которые происходят в атомах, молекулах и ионах во временном диапазоне от 1 до 1000 фс (1 фс = 10^{-15} с). В этот диапазон попадают очень многие химические реакции в газовой фазе, в растворах, на поверхности и в объеме твердых тел, а также в живых организмах [1]. Чтобы исследовать такие реакции в реальном времени, необходимы измерительные приборы с фемтосекундным временным разрешением. Подобные приборы появились около 20 лет назад, когда физики научились сжимать во времени световые лазерные импульсы и довели их длительность до нескольких фемтосекунд.

Обычно в фемтосекундных экспериментах используют два лазерных импульса. Первый импульс (его называют импульсом накачки) возбуждает изучаемую систему и инициирует динамический процесс: это может быть химическая реакция, перенос электрона или переход из одного электронного состояния в другое. Временную эволюцию (динамику) процесса изучают с помощью второго — пробного, или зондирующего, импуль-



Вадим Владимирович Еремин, доктор физико-математических наук, доцент химического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Научные интересы связаны с фемтохимией и квантовой динамикой. Лауреат Премии Президента РФ в области образования (1999).



Николай Егорович Кузьменко, доктор физико-математических наук, профессор химического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Занимается молекулярной спектроскопией. Лауреат Премии Президента РФ в области образования (1999).

са, который действует через строго определенное время задержки после первого и вызывает экспериментально измеряемый сигнал: спектр поглощения или излучения, ток ионизации. Амплитуда сигнала зависит от свойств системы в момент действия второго импульса, поэтому по зависимости величины сигнала от времени задержки можно получить подробную информацию о том, как изменяются эти свойства в течение исследуемого процесса, т.е. узнать, что происходит с молекулами во время протекания химической реакции [2]. О том, как это сделать, и рассказывает данная статья.

© Еремин В.В., Кузьменко Н.Е., 2005

Строгий подход — квантовая динамика химических реакций

В простейшей теоретической модели химической реакции атомы представляют собой твердые шарики, которые движутся в пространстве под влиянием внутримолекулярных сил, подчиняясь законам Ньютона. Поскольку при движении меняются не только координаты ядер, но и энергия взаимодействия, имеет смысл рассматривать химические реакции в $(n+1)$ -мерном пространстве, где n пространственных координат представляют собой межъядерные расстояния или углы между связями, а еще одна координата — потенциальную энергию ядер. Зависимость потенциальной энергии от координат изобразится поверхностью в $(n+1)$ -мерном пространстве. Минимумы этой поверхности будут соответствовать устойчивым конфигурациям ядер — реагентам и продуктам, максимумы и седловые точки — переходным состояниям от реагентов к продуктам (рис. 1). Химическую реакцию можно трактовать как движение реагирующей системы по поверхности потенциальной энергии.

В основе строгого теоретического описания фемтосекундных экспериментов лежит квантовая механика, точнее, ее раздел — квантовая динамика, который рассматривает зависящие от времени

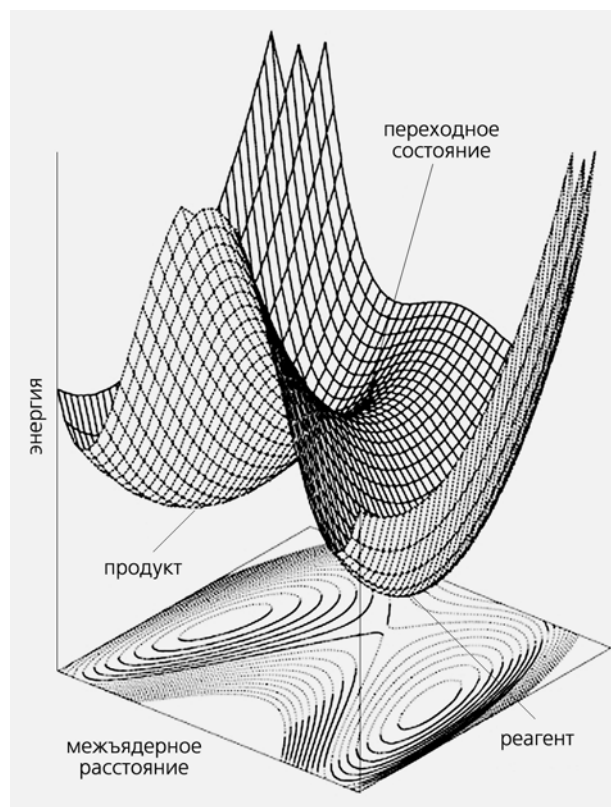


Рис. 1. Типичная поверхность потенциальной энергии для химической реакции.

процессы. В квантовой динамике состояние молекулы в процессе химической реакции описывается волновой функцией $\Psi(x,t)$, зависящей от координат ядер атомов x и времени t . Эта функция удовлетворяет временному уравнению Шредингера, а квадрат ее модуля $|\Psi(x,t)|^2$ задает функцию распределения ядер по координатам. Свойства зависящей от времени волновой функции определяются видом поверхности потенциальной энергии и начальным состоянием $\Psi(x,0)$.

Сверхкороткие световые импульсы, инициирующие фотохимические реакции, создают в молекулах возбужденные состояния особого вида, которые описываются так называемыми колебательными волновыми пакетами [3]. Особенность фемтосекундных лазерных импульсов состоит в том, что они могут возбуждать сразу несколько (или даже много) колебательных состояний изучаемой системы. Длительность импульса Δt и его энергетическая ширина ΔE связаны соотношением неопределенности «энергия—время»:

$$\Delta E \cdot \Delta t \sim \hbar, \quad (1)$$

где \hbar — постоянная Планка. Чем короче импульс, тем больший диапазон энергий возбужденного состояния он может охватить (рис. 2). Так, импульс длительностью 50 фс имеет ширину $2 \cdot 10^{-21}$ Дж, или в обычных спектроскопических единицах 700 см^{-1} . Диапазон энергий в таком импульсе охватывает 5–6 колебательных состояний молекулы I_2 (разница в энергии между соседними состояниями равна 125 см^{-1}) или 10–11 колебательных состояний молекулы Na_2 (разница в энергии 69 см^{-1}) [4].

После действия светового импульса система может с разной вероятностью находиться в любом из состояний, попадающих в энергетический интервал ΔE (рис. 2). В соответствии с квантовым принципом суперпозиции, ее волновая функция в начальный момент времени $t = 0$ имеет вид

$$\Psi(x,0) = \sum_n c_n \Psi_n(x), \quad (2)$$

где n — набор квантовых чисел, определяющих энергетический спектр системы, а весовой коэффициент c_n представляет собой амплитуду вероятности возбуждения n -го состояния и отражает вклад этого состояния в волновой пакет. Волновую функцию системы, в которой когерентно возбуждены одновременно несколько энергетических состояний, и называют волновым пакетом.

Главное свойство волнового пакета состоит в том, что он описывает нестационарное состояние молекулы и, следовательно, непостоянен во времени. Эта зависимость определяется энергиями состояний E_n , входящих в волновой пакет:

$$\Psi(x,t) = \sum_n c_n \exp(-iE_n t) \Psi_n(x). \quad (3)$$

Максимум плотности вероятности, соответствующей функции (3), $|\Psi(x,t)|^2$, с течением времени перемещается в пространстве. Говоря о «движе-

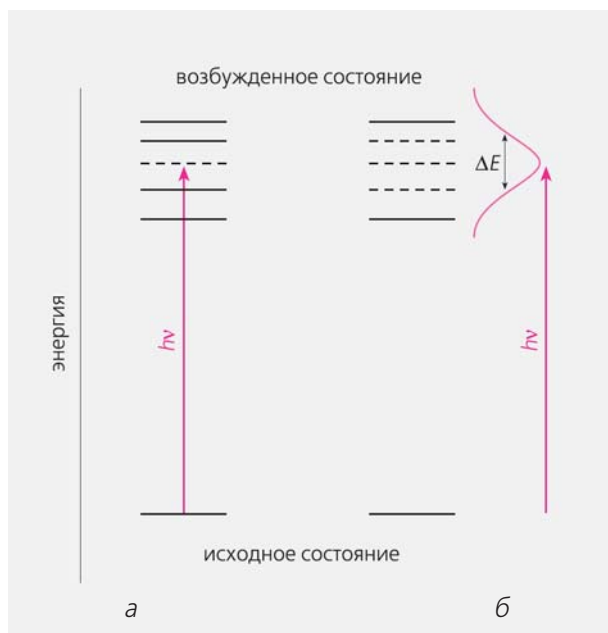


Рис.2. Переходы между энергетическими уровнями под действием непрерывного (а) и импульсного (б) лазерного излучения. В первом случае образуется стационарное состояние, во втором — нестационарное (волновой пакет). Штриховой линией обозначены возбужденные уровни.

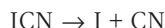
нии волнового пакета», теоретики обычно понимают под этим именно зависимость плотности вероятности от времени.

Выражение (3) описывает все многообразие колебательных волновых пакетов, возбуждаемых в молекулах. Уровни энергии E_n и волновые функции $\Psi_n(x)$ задаются только строением молекулы, а весовые коэффициенты c_n зависят еще и от параметров светового импульса — его длительности и длины волны. Последнее обстоятельство, а именно зависимость волнового пакета от свойств импульса, т.е. от условий эксперимента, позволяет *управлять динамикой* молекулярных систем.

Исходные колебательные волновые пакеты, образующиеся при действии фемтосекундных импульсов на молекулы, обычно сильно локализованы в пространстве, так как расстояние между ядрами при оптическом возбуждении практически не изменяется. После того, как возбуждающий световой импульс закончился, в молекуле формируется нестационарное состояние, и волновой пакет изменяется под действием силового поля молекулы. Трансформация пакета выглядит как поступательное движение по поверхности потенциальной энергии с одновременным изменением его формы.

Как именно движется волновой пакет при химической реакции? Это зависит от вида поверх-

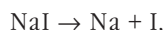
ности потенциальной энергии. Если энергия пакета превышает значение потенциальной энергии на больших расстояниях, то расстояние между ядрами в конце концов станет бесконечным, и молекула распадется на части — произойдет фотодиссоциация, например:



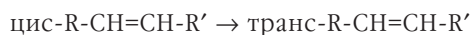
(рис.3,а). Такое движение называют инфинитным, т.е. неограниченным.

Если в процессе движения волновой пакет достигает области, где потенциальная энергия молекулы превышает его энергию, то направление движения изменится на противоположное — пакет как бы отразится от стенки потенциальной поверхности (рис.3,б). Такое движение называют колебательным; оно может продолжаться достаточно долго — до тех пор, пока не произойдет самопроизвольное испускание света или следующий пробный лазерный импульс не переведет молекулу в другие электронные состояния.

Самые разнообразные химические превращения могут происходить в тех областях, где потенциальные поверхности разных электронных состояний пересекаются (рис.3,в и 6,а). Эти области в квантовой динамике называют коническими пересечениями. Достигая конических пересечений, волновой пакет расщепляется: одна его часть продолжает движение в том же самом состоянии, а вторая переходит в другое состояние, что может в дальнейшем приводить к различным процессам: диссоциации



изомеризации



или безызлучательным переходам, при которых энергия возбуждения рассеивается по другим степеням свободы. Вероятность электронного перехода в области конического пересечения зависит от вида потенциальных поверхностей и скорости движения волнового пакета.

Зная зависимость от времени волновой функции $\Psi(x,t)$, можно определить вероятность отдельных каналов химической реакции, выход продуктов и общее время реакции. Для экспериментального измерения этих величин используют серию пробных лазерных импульсов, действующих на реагирующую молекулу в различные моменты времени. Если пробный импульс включен через время t после импульса накачки и переводит молекулу в состояние с волновой функцией $G(x)$, то интенсивность экспериментально измеряемого сигнала пропорциональна квадрату интеграла перекрывания волнового пакета и этой функции:

$$I(t) \sim \left| \int \Psi(x,t)G(x)dx \right|^2. \quad (4)$$

Но чтобы найти $\Psi(x,t)$, надо решить очень сложное временное уравнение Шредингера для моле-

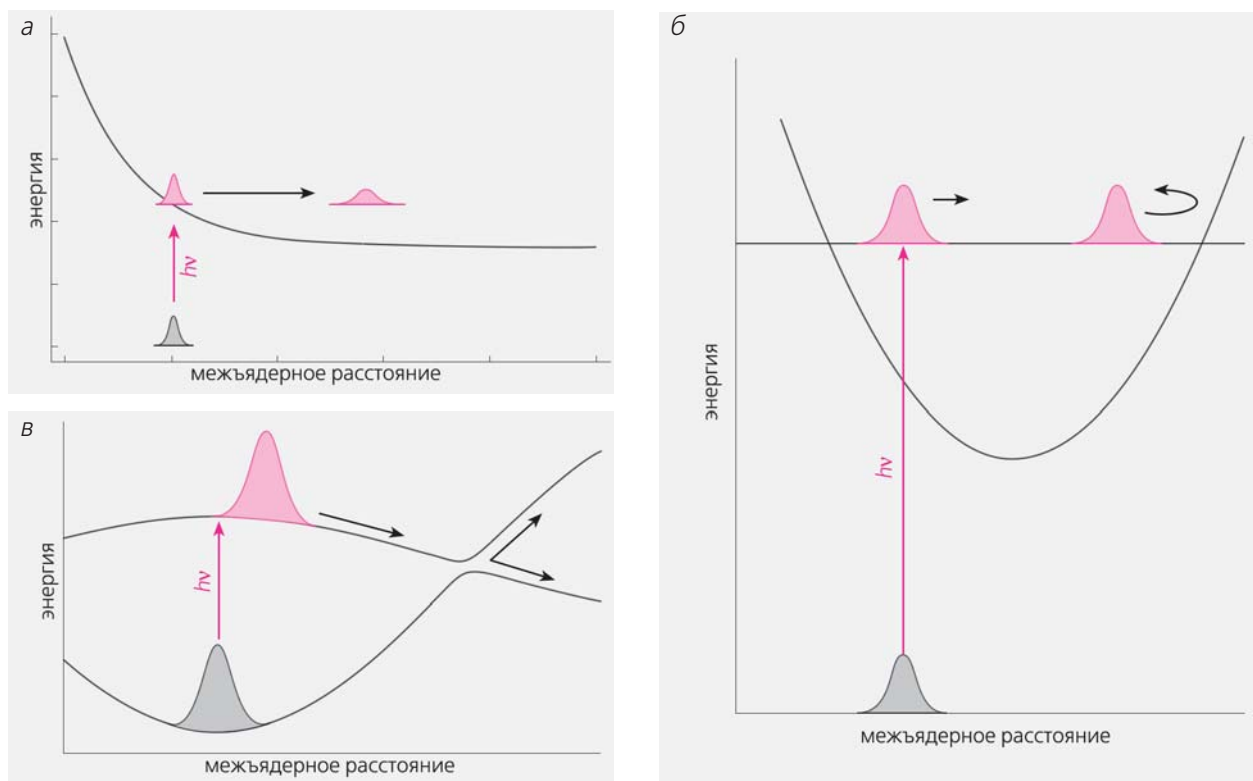


Рис.3. Основные виды движения волновых пакетов по поверхностям потенциальной энергии: инфинитное движение, которое приводит к диссоциации (а); колебательное движение в связанном состоянии (б); расщепление в области пересечения поверхностей потенциальной энергии (в).

кулы, взаимодействующей со световым импульсом. Для этого разработаны самые разнообразные методы: численные и аналитические, квантовые и квазиклассические. В некоторых случаях можно использовать и совсем простые подходы.

Если волновой пакет сильно локализован в пространстве, в течение некоторого времени его эволюция напоминает классическое движение обычной частицы с той разницей, что волновой пакет при движении изменяет свою форму, а частица — нет. Поэтому для приближенного описания динамики химической реакции можно использовать уравнения классической механики, которые решить намного легче, чем квантовые уравнения движения. Однако классическое описание, как и квантовое, требует точного знания поверхности потенциальной энергии. Такая информация о возбужденных электронных состояниях доступна только для довольно простых молекул. Поскольку интересы исследователей квантовой динамики в последнее время смещаются в сторону сложных биологических систем, полезными оказываются те методы описания движения ядер, в которых вообще не фигурируют потенциальные поверхности. Один из них связан с построением кинетических моделей.

Возвращаясь к истокам — кинетика в химической динамике

Идея кинетического подхода состоит в том, чтобы представить движение ядер по поверхностям потенциальной энергии как сложную химическую реакцию, в которой вместо химических веществ фигурируют возбужденные молекулы с расположенными на определенном расстоянии друг от друга ядрами атомов, а любая элементарная стадия представляет собой переход от одного межъядерного расстояния к другому, соседнему.

Впервые кинетическая модель была построена для реакций прямой диссоциации малых молекул. Эти реакции — одни из самых простых (и соответственно наиболее изученных), поскольку динамика, приводящая к распаду молекулы, разворачивается на одной поверхности потенциальной энергии, чисто отталкивательной по своей природе (рис.3,а). Инфинитное движение волнового пакета по этой поверхности описывается набором последовательных реакций первого порядка* [5]:

$$|0\rangle \xrightarrow{k_0} |1\rangle \xrightarrow{k_1} |2\rangle \xrightarrow{k_2} \dots \xrightarrow{k_{n-1}} |n\rangle \xrightarrow{k_n} |f\rangle, \quad (5)$$

* Напомним, что в реакциях первого порядка скорость прямо пропорциональна концентрации вещества.

где $|0\rangle$ соответствует начальному состоянию с межъядерным расстоянием $R = R_0$, а конечное состояние $|f\rangle$ представляет продукты распада с $R > R_f$. Остальные состояния $|j\rangle, j = 1, 2, \dots, n$ определяют промежуточные конфигурации с $R = R_j$, причем $R_0 < R_1 < \dots < R_f$.

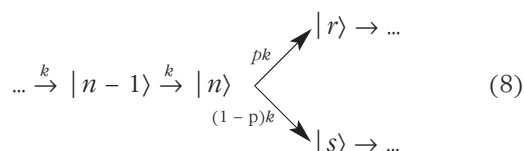
Относительные положения ядер R_i и число промежуточных (переходных) состояний n выбирают произвольным образом: это — варьируемые параметры кинетической модели. Значения констант скорости обратно пропорциональны времени движения ядер между соседними состояниями, т.е. от координаты R_i к координате R_{i+1} :

$$k_i = \frac{1}{\tau_i}. \quad (6)$$

Численные эксперименты на разных моделях показали, что результаты моделирования мало чувствительны к распределению констант скорости, поэтому обычно координаты промежуточных состояний на поверхности потенциальной энергии выбирают так, чтобы все константы скорости были одинаковыми. В этом случае их значение определяется только числом состояний n и общим временем движения τ в данном электронном состоянии:

$$k = \frac{n + 1}{\tau}. \quad (7)$$

В области конического пересечения волновой пакет находится одновременно в двух электронных состояниях (другое название — термах), и после прохождения этой области он расщепляется на две части, движущиеся каждая по своему электронному терму. Расщепление волнового пакета моделируется параллельными реакциями, причем соответствующие константы скорости определяются вероятностью электронного перехода p :



Последующее движение каждой части волнового пакета снова описывается последовательными реакциями первого порядка. Таким образом, комбинация последовательных и параллельных элементарных реакций позволяет моделировать все основные виды движения волновых пакетов в процессе химических реакций.

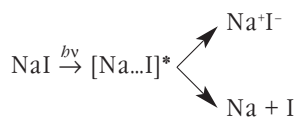
Главное, что позволяет сделать кинетический метод, — рассчитать заселенности различных конечных состояний молекулы, т.е. определить зависимость выхода химической реакции от времени. Заселенности находят путем решения системы кинетических уравнений. В моделях прямой диссоциации это решение можно найти аналитическим путем, а в более сложных моделях используют численные методы.

Чтобы продемонстрировать возможности кинетического подхода, рассмотрим модели двух различных реакций — фотодиссоциации простой молекулы в газовой фазе и фотоизомеризации сложной органической молекулы в составе биологического пигмента.

Пример: фотодиссоциация иодида натрия

Фотодиссоциация NaI происходит под действием излучения длиной волны около 300 нм. В отличие от реакций прямой диссоциации (рис.3,а), распад NaI на атомы происходит более сложным образом, в колебательном режиме.

Основное электронное состояние молекулы NaI имеет ионный, а первое возбужденное — ковалентный характер. При больших межъядерных расстояниях энергия ионного состояния уже превышает энергию ковалентного, поэтому при $R_x = 6.93 \text{ \AA}$ происходит пересечение кривых, описывающих энергию двух электронных состояний (рис.4). Фемтосекундный импульс накачки, действуя на основное состояние NaI, создает волновой пакет в ковалентном состоянии, который начинает движение на верхнем терме (ветвь 1). При прохождении через точку пересечения термов волновой пакет может остаться в ковалентном состоянии, и тогда молекула распадется на нейтральные атомы, а может перейти в ионное состояние, в котором энергии для распада на ионы уже не хватает:



В ионном состоянии волновой пакет, отразившись от потенциального барьера, движется в об-

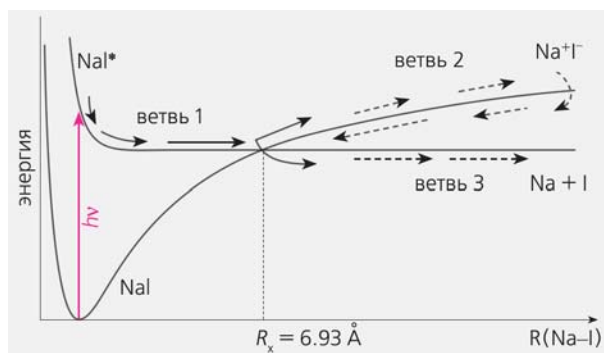


Рис.4. Электронные термы молекулы NaI и кинетическая модель диссоциации этой молекулы. Ветвь 1 соответствует движению волнового пакета по ковалентному терму, ветвь 2 — по ионному терму. Движение по ковалентному терму за точкой пересечения (ветвь 3) приводит к образованию продуктов реакции — атомов натрия и иода.

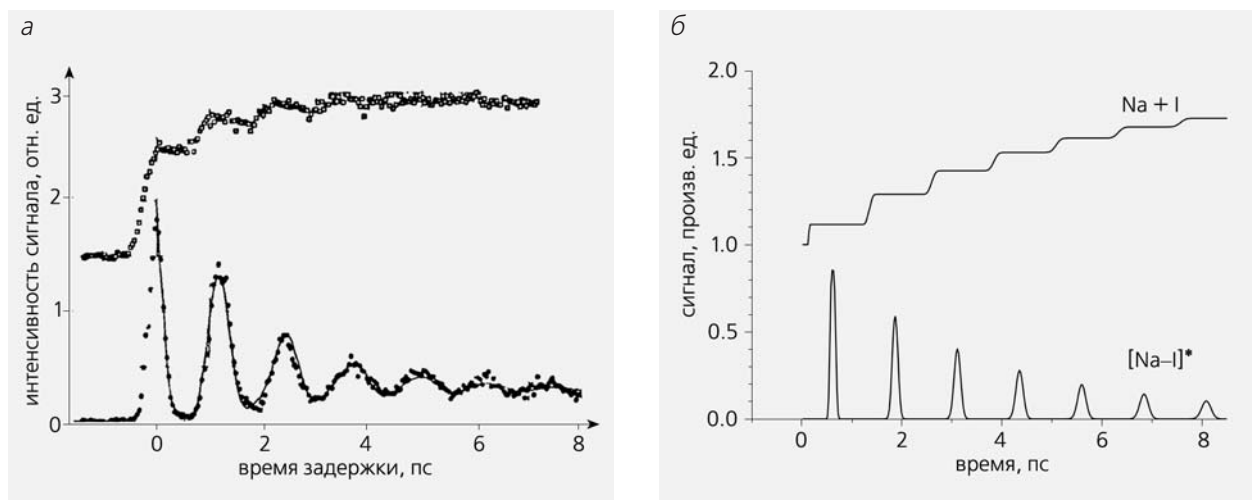


Рис.5. Зависимость концентрации молекул в переходном состоянии $[Na...I]^*$ и продукта реакции — атомарного натрия — от времени. Экспериментальные данные, полученные по схеме накачка—зондирование (а) [7]. Расчет в рамках кинетической модели (б).

ратном направлении и снова проходит точку пересечения термов. Такой процесс повторяется несколько раз до тех пор, пока все молекулы NaI не окажутся в ковалентном состоянии и не распадутся на атомы. При каждом проходе точки пересечения вероятность образования продуктов $Na + I$ составляет 0.12, а доля молекул, «запертых» в ионном состоянии Na^+I^- , равна 0.88.

Кинетическая модель диссоциации NaI включает четыре ветви и одно разветвление в точке пересечения (рис.4, одна из ветвей не показана) [6]. Первая ветвь описывает движение волнового пакета в возбужденном электронном состоянии до точки пересечения ковалентной и ионной кривых и состоит из большого числа (в нашей модели — 500) последовательных реакций с одинаковыми константами скорости. В точке пересечения ($R_x = 6.93 \text{ \AA}$) возникает «разветвление»: ветвь 2 описывает динамику ионного состояния и включает также 500 шагов, а ветвь 3 отражает динамику образования атомных продуктов диссоциации.

В экспериментах по схеме накачка—зондирование детектируют как заселенности переходных состояний, так и динамику накопления продуктов диссоциации — атомов натрия. После начального возбуждения с некоторой задержкой на систему действует зондирующий импульс, который настроен либо в резонанс с переходами между электронными состояниями атома натрия ($\lambda_2^\infty = 549 \text{ нм}$), либо на длину волны λ_2 , несколько большую, чем λ_2^∞ . В первом случае зависимость сигнала флуоресценции от времени задержки имеет ступенчатый вид: ступеньки отвечают появлению новых атомов натрия в результате каждого прохода через область пересечения. Если второй импульс имеет

большую длину волны, то он зондирует заселенность переходных состояний $[Na...I]^*$, и зависимость сигнала от времени задержки представляет собой периодическую последовательность пиков с затухающей интенсивностью (рис.5,а).

В рамках нашей модели переходные состояния $[Na...I]^*$ находятся на ветви 2, а продукты реакции на ветви 3. На рис.5,б приведены результаты расчета заселенности этих ветвей как функции времени. Сравнение полученных кинетических кривых с экспериментальными данными показывает, что кинетическая модель позволяет достаточно точно описать динамику диссоциации NaI и достичь хорошего согласия с экспериментом.

Другой пример: фотоизомеризации ретиналя

Кинетический подход оказывается полезным и при анализе механизмов некоторых биохимических превращений. Химические реакции в живых организмах отличаются от обычных реакций двумя особенностями: сложностью механизмов и высокой эффективностью. Белковое окружение часто приводит к более быстрому и специфичному превращению функциональных групп по сравнению с реакциями в растворе.

В силу большого размера биологически активных молекул расчет полных поверхностей потенциальной энергии и точное решение задач квантовой динамики ядер для них невозможны, поэтому особенно важно построить модели внутримолекулярной динамики. Эти модели должны быть достаточно простыми для того, чтобы допускать разумное численное решение,

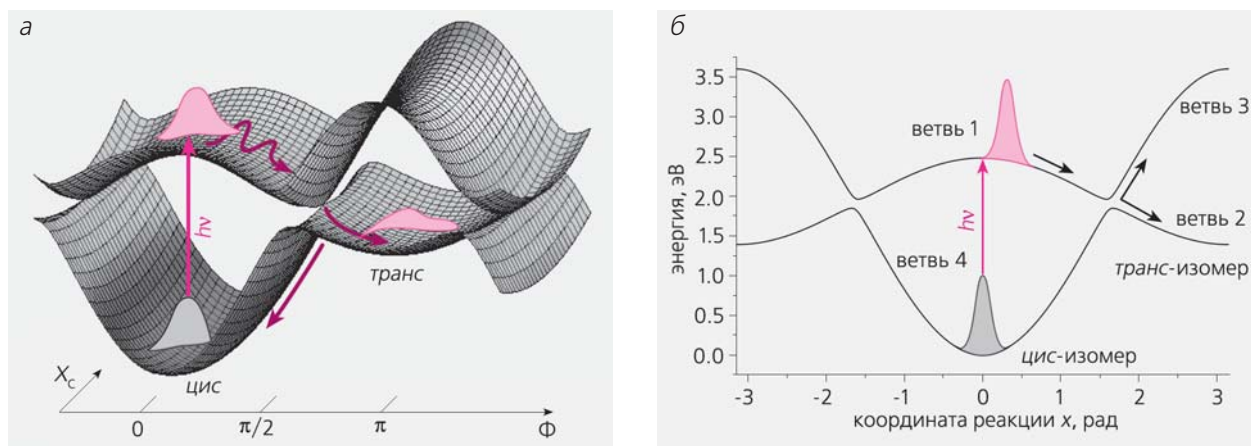
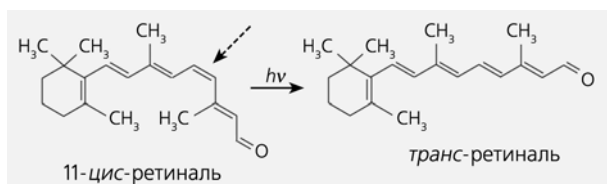


Рис.6. Поверхности потенциальной энергии *цис*- и *транс*-ретинала как функции угла поворота Φ вокруг двойной связи и длины этой связи X_c . [8]. Показано движение волнового пакета в возбужденном состоянии *цис*-ретинала и образование продукта изомеризации — *транс*-ретинала — при прохождении области конического пересечения (а). Кинетическая модель изомеризации ретинала. Ветвь 2 характеризует динамику образования продукта реакции в основном, ветвь 3 — в возбужденном состоянии (б).

но в то же время достаточно развитыми для того, чтобы отражать основные аспекты биохимических превращений.

Рассмотрим в качестве примера модель *цис-транс*-изомеризации ретинала, которая протекает под действием видимого света. Эта реакция начинается каскад превращений, составляющих механизм зрения. Хромофор ретинала входит в состав родопсина — белкового комплекса, одного из компонентов мембраны фоторецепторов. Поглощение видимого света ретиналом приводит к *цис-транс*-переходу, вызванному вращением вокруг двойной связи $C_{11}=C_{12}$:



В белке эта реакция протекает за время порядка 200 фс с высоким выходом — 67%. В растворе ретинал изомеризуется гораздо медленнее и с меньшим выходом, поэтому высокая скорость и эффективность реакции в родопсине вызваны исключительно влиянием белкового окружения.

С позиций квантовой динамики изомеризацию ретинала можно описать как результат эволюции волнового пакета, образующегося под действием лазерного импульса в возбужденном состоянии *цис*-ретинала и движущегося по электронному терму. В области конического пересечения часть волнового пакета переходит на другой терм с образованием *транс*-ретинала в основном

или возбужденном электронном состоянии (рис.6,а).

Для кинетического описания этой системы была предложена схема, состоящая из четырех ветвей, описывающих движение в основном и возбужденном состояниях *цис*- и *транс*-изомеров, и разветвления в области конического пересечения (рис.6,б). Заселенность каждого электронного состояния находится суммированием концентраций всех переходных состояний данной кинетической ветви. На рис.7 представлены результаты квантового и кинетического расчета динамики образования продукта изомеризации ретинала. На обеих кривых видно, что положение главного пика находится вблизи 200 фс, а его амплитуда составляет больше 60%, что полностью соответствует экспериментальным данным. Сравнение

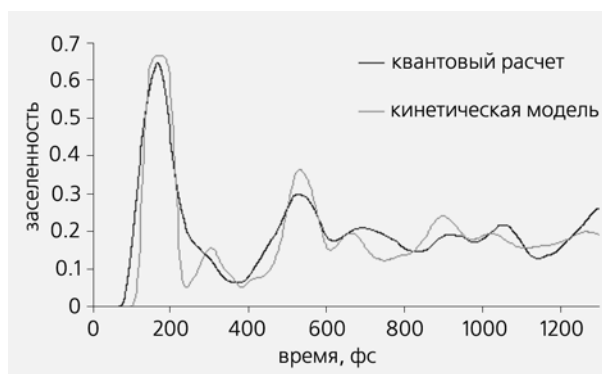


Рис.7. Результаты квантового и кинетического расчета динамики образования продукта изомеризации — *транс*-ретинала в основном электронном состоянии.

кривых показывает, что в интервале небольших времен, до 600 фс, кинетическая модель дает качественно правильное описание динамики этой химической реакции.

Приведенные примеры позволяют утверждать, что кинетический подход к химической динамике обладает значительной гибкостью, и на его основе можно строить модели различных классов реакций, протекающих в фемтосекундном диапазоне, — от элементарных процессов в газовой фазе до химических превращений в сложных биологических молекулах.

Что же лучше — точность или простота и ясность?

Мы рассмотрели два качественно разных подхода к описанию фемтосекундной динамики химических реакций: квантовый и кинетический. У каждого из них есть свои преимущества. Квантовый подход, основанный на анализе динамики волновых пакетов, дает строгое количественное описание фемтосекундных экспериментов и позволяет учесть тонкие интерференционные эффекты, наблюдаемые в некоторых реакциях. В то же время этот подход требует точной информации о строении поверхностей потенциальной энергии, которая не всегда доступна.

Замечательная особенность кинетического описания фемтосекундных экспериментов состо-

ит в том, что для моделирования ядерной динамики достаточно знать только времена движения по различным участкам электронных термов, а знание поверхности потенциальной энергии вообще не требуется. Последнее крайне важно при моделировании процессов, происходящих в сложных биологических системах. К сожалению, при кинетическом анализе часть информации о динамике теряется. Кроме того, при больших временах появляются значительные расхождения между результатами кинетических и квантовомеханических вычислений. Это связано с тем, что в рамках кинетического подхода невозможно учесть эффект расплывания волнового пакета при движении по электронным термам. К тому же кинетическое описание не делает различия между движением по одномерным и многомерным потенциальным поверхностям, в то время как дополнительные колебательные степени свободы могут оказывать существенное влияние на динамику реакции.

В любом случае, каждый из этих методов имеет свою область применимости. Выбор того или иного метода для конкретной химической реакции диктуется точностью создаваемой модели, которая зависит от качества имеющихся экспериментальных данных и точности квантовохимических данных о строении молекул. Не исключено, что в недалеком будущем появится и гибридный, квантово-кинетический метод, который позволит сочетать лучшие черты обоих подходов к описанию химической динамики. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 03-03-32521.

Литература

1. Zewail A.H. // J. Phys. Chem. 1996. V.100. №31. P.12701—12724.
2. Еремин В.В., Уманский И.М., Кузьменко Н.Е. // Вестник РФФИ. 2000. Т.20. №2. С.42—50.
3. Саркисов О.М., Уманский С.Я. // Усп. химии. 2001. Т.70. №6. С.515—538.
4. Еремин В.В., Уманский И.М., Кузьменко Н.Е. // Российская наука на заре нового века. М., 2001. С.176—189.
5. Møller K.B., Zewail A.H. // Chem. Phys. Lett. 2002. V.351. P.281—288.
6. Еремин В.В., Пахомова Ю.Ю., Кузьменко Н.Е. // Ж. физ. химии. 2004. Т.78. №5. С.735—740.
7. Rose T.S., Rosker M.J., Zewail A.H. // J. Chem. Phys. 1988. V.88. №10. P.6672—6673.
8. Hahn S., Stock G. // J. Phys. Chem. B. 2000. V.104. P.1146—1149.



«Умные» полимерные гидрогели

О.Е.Филиппова

В последние годы в повседневной жизни появилось много новых полимерных материалов, к их числу относятся и полимерные гели. Еще 20–30 лет назад мало кто о них слышал, а сегодня они уже прочно вошли в наш быт и используются как наполнители в подгузниках, гигиенических салфетках, мягких стельках, принимающих форму стопы, и т.д. Чем могут быть интересны уже ставшие тривиальными материалы и почему ими продолжают заниматься ученые? Ответы на эти вопросы читатель найдет в данной статье.



Ольга Евгеньевна Филиппова, доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики полимеров и кристаллов физического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — структура и свойства полимеров, многокомпонентных полимерных систем.

Набухание и коллапс

Полимерные гели представляют собой набухшие в растворителе длинные полимерные цепи, сшитые друг с другом поперечными ковалентными связями (сшивками) в единую пространственную сетку (рис.1). Такие гидрогели способны поглощать и удерживать в себе огромное количество воды: до 2 кг на 1 г сухого полимера. Благодаря этому свойству их называют молекулярными губками. Столь высокая способность поглощать воду характерна для полиэлектролитных гелей, т.е. гелей, со-

державших заряженные группы. Почему именно эти гели способны поглощать много воды?

В водной среде они диссоциируют с образованием заряженных звеньев и низкомолекулярных противоионов так же, как молекулы соли распадаются в воде на катионы и анионы. Однако при диссоциации в молекуле полимера ионы одного заряда, например положительные, остаются связанными с цепью, а отрицательные (т.е. противоионы) оказываются в свободном состоянии, в растворителе (см. рис.1). Звенья полимерной сетки, особенно заряженные, отталкиваются друг от друга, и потому цепи, исходно свернутые в клубки, сильно вытягиваются. В ре-

зультате образец геля значительно увеличивается в размерах, т.е. набухает, поглощая растворитель.

Низкомолекулярные противоионы тоже играют существенную роль в набухании. Они свободно перемещаются в растворителе внутри геля, иначе говоря, приобретают трансляционную энтропию. Но покинуть его они не могут, так как это приведет к нарушению электронейтральности. Таким образом, поверхность образца геля оказывается непроницаемой для противоионов. Будучи запертыми внутри, они стараются занять как можно больший объем, чтобы получить существенный выигрыш в энтропии трансляци-

© Филиппова О.Е., 2005

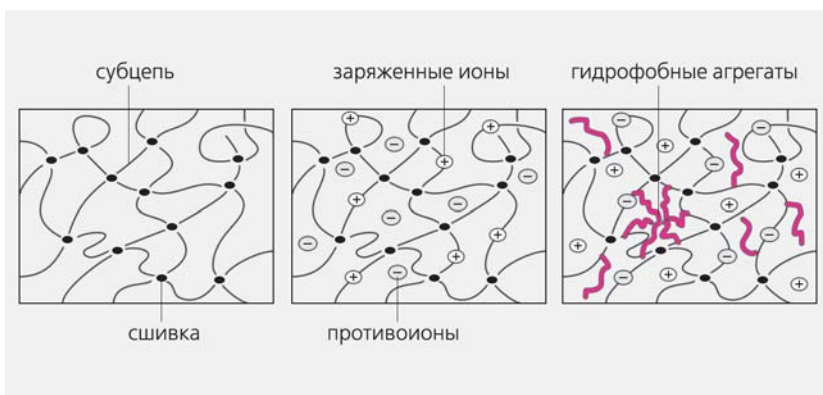


Рис. 1. Схема строения трех форм полимерного геля. Слева направо: незаряженная сетка, полиэлектролитная (в ней за счет диссоциации ионогенных групп в водной среде образуются заряженные звенья на полимерных цепях и низкомолекулярные противоионы) и сетка с гидрофобными группами, ассоциирующими друг с другом в водном растворе.

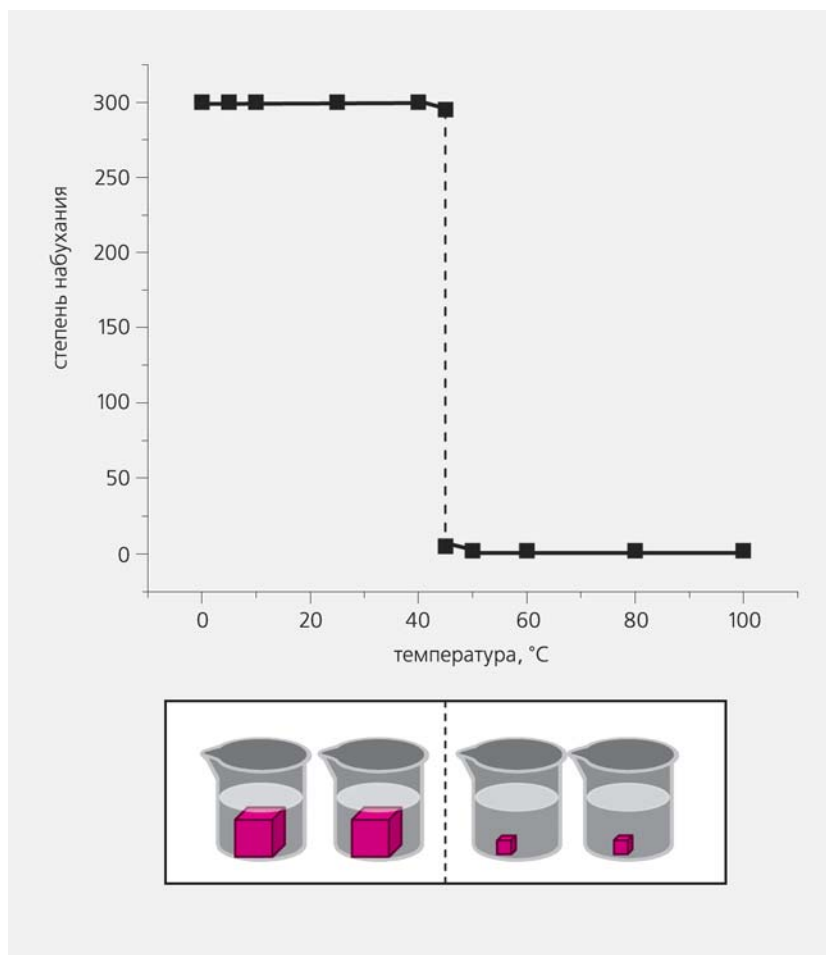


Рис. 2. Коллапс полимерного геля при нагревании.

онного движения. В результате создается «распирающее» осмотическое давление, вызывающее значительное набухание геля, подобно тому, как давление газа «надувает» воздушный шар. Итак, сильное набухание полиэлектролитных гелей в воде обусловлено как электростатическим отталкиванием одноименно заряженных звеньев, так и осмотическим давлением противоионов. Если количество заряженных звеньев невелико, гель в основном набухает за счет осмотического давления противоионов [1–3].

Из-за огромного количества растворителя в набухших гелях возможны фазовые переходы. Как правило, они вызваны усилением притяжения между звеньями сетки, что приводит к вытеснению растворителя из геля в наружный раствор. В итоге объем геля скачкообразно уменьшается в сотни раз. Столь значительное изменение видно невооруженным глазом [4] (рис.2).

Резкое уменьшение объема геля при небольшом изменении внешних условий называется коллапсом [2, 4]. Силы притяжения, которые его вызывают, в водных средах обычно обусловлены гидрофобными взаимодействиями или водородными связями. Как только какой-то внешний фактор (например, температура, состав растворителя, рН и т.д. [4]) делает преобладающими силы притяжения, переход геля в сколлапсированное состояние становится неизбежным.

Таким образом, полимерные гели, находящиеся «на пороге» коллапса, могут чрезвычайно резко и обратимо изменять свой объем в ответ на небольшие изменения параметров среды. Благодаря этому такие гели называют восприимчивыми (responsive gels), или по-другому — умными материалами (smart or intelligent materials), т.е. материалами, способными реагировать на небольшие изменения во внешней среде заранее запрограммированным образом [5].

В зависимости от воздействия, которое вызывает коллапс, восприимчивые гели можно разделить на термо-, фото- и рН-чувствительные [4]. Последние представляют особый интерес.

Лекарства в геле

Восприимчивые к рН гели содержат группы слабой кислоты или слабого основания, способные к ионизации при изменении кислотности внешнего раствора. Будучи незаряженными, эти умные материалы находятся в сколлапсированном состоянии, ионизация же вызывает их набухание из-за электростатического отталкивания одноименно заряженных звеньев и «распирающего» осмотического давления противоионов. Понятно, что гидрогели с кислотными группами набухают в щелочной среде и коллапсируют в кислой, где ионизация подавлена, а если содержат основные группы, то, напротив, набухают в кислой среде и коллапсируют при повышении рН (рис.3).

Лекарственные вещества уже давно стали помещать в полимерные матрицы, чтобы препарат медленно выделялся из носителя и оказывал благодаря этому пролонгированное действие. Гели, восприимчивые к рН, можно использовать не только для той же цели, но и для направленной доставки лекарства. Чтобы ввести его в гелевый носитель, достаточно поместить образец геля в раствор лекарственного вещества (в том числе и такого крупного, как белок), и оно окажется внутри полимерной матрицы. Затем гель высушивают (удаляют растворитель), и тогда он становится лекарственной формой. Если этот «контейнер» снова поместить в растворитель, лекарственное вещество будет выделяться, причем тем быстрее, чем больше степень набухания геля (т.е. чем сильнее раскрыты его поры). Так полимерная матрица контролирует скорость выделе-

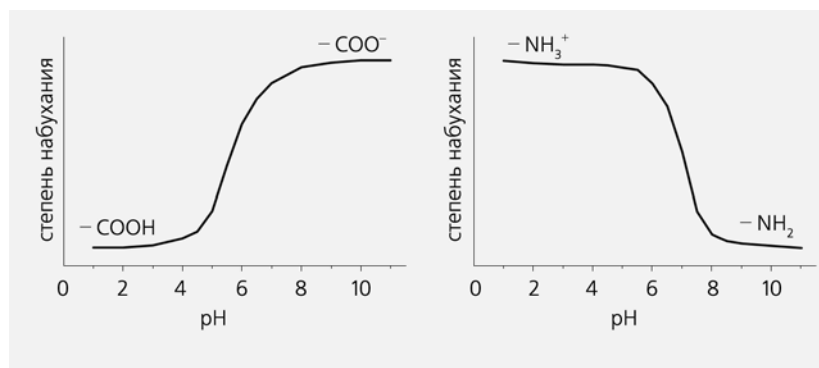


Рис.3. Влияние рН на набухание геля с группами слабой кислоты (слева) и с группами слабого основания. Если полимерные цепи не имеют ионизованных групп, гель находится в сколлапсированном состоянии; заряженный гель набухает.

ния лекарства. Но, кроме того, она может обеспечить его доставку непосредственно к тому участку организма, который нуждается в препарате.

Создавая системы направленного транспорта лекарственных веществ, специалисты учитывают, что разные отделы пищеварительного тракта человека сильно различаются кислотностью. Например, в желудке кислая среда (рН 1.4), в кишечнике — близкая к нейтральной (рН 6.7—7.4). Чувствительный к рН гель с лекарством, попав в организм, отдаст содержимое там, где он набухнет. Благодаря таким свойствам для направленного транспорта лекарственного вещества в желудок можно использовать гели, содержащие группы *слабого основания* и поэтому набухающие в кислой среде желудка, например, гель на основе N,N-диметиламиноэтилметакрилата. Кроме того, такие гели могут служить еще и в качестве защитной оболочки. Они сколлапсированы при нейтральных рН во рту и тем самым предотвращают растворение лекарственного вещества в слюне, избавляя больного от неприятного вкуса горького лекарства (taste-masking application) [4, 5].

Гели на основе слабой кислоты набухают в щелочной среде (см. рис.3), а в желудке при рН

1.4 они сохраняют лекарственное вещество внутри себя. Тем самым препарат не испытывает вредного воздействия столь высокой кислотности, а кроме того, и слизистая желудка не подвергается нежелательному воздействию лекарства. Попав в кишечник (рН 6.7—7.4), гель набухает и выделяет там вещество.

Подобные гели особенно важны при лечении таких болезней, как панкреатит. Обычно больные вынуждены постоянно употреблять ферменты, чтобы облегчить переваривание и усвоение пищи в тонком кишечнике. В настоящее время для лечения этой болезни используются лекарственные препараты, содержащие фермент амилазу. Однако в исследованиях установлено, что только малая его доля (<10%) достигает кишечника в активном состоянии. Причина этого — инактивация фермента в сильно кислой среде желудка. Если же амилаза спрятана в гидрогеле, она может там находиться без ущерба для активности [4, 5].

Не менее важны восприимчивые к рН гидрогели и в тех случаях, когда больные принимают противовоспалительное средство индометацин. Здесь уже приходится защищать желудок от агрессивного лекарства — оно способно даже привести к разрушению ткани же-

лудка. Гель полностью предотвращает выделение индометацина в желудке и тем спасает больного от дополнительных неприятностей.

Таким образом, рН-чувствительные гели не только выполняют функцию матрицы, которая дозированно выделяет лекарство в определенном отделе пищеварительного тракта, но и служат защитной оболочкой [4, 5].

Протекающие в организме патологические процессы, как правило, связаны с изменением рН, температуры, концентрации конкретных веществ. Поэтому появляется возможность создавать системы с обратной связью, когда возникшие отклонения от нормы инициируют выделение лекарственного препарата. Создание подобного рода саморегулирующегося лекарства крайне необходимо для больных сахарным диабетом. Гидрогели вполне подходят для такой цели в качестве искусственной поджелудочной железы, которая выделяет инсулин в ответ на изменения концентрации глюкозы [4, 5]. Некоторые успехи в этом уже достигнуты. Сначала рН-чувствительный гель с группами слабого основания насыщают инсулином, а затем иммобилизуют фермент глюкозооксидазу. Когда глюкоза диффундирует из внешнего раствора в гидрогель, глюкозооксидаза окисляет ее до глюконовой кислоты, которая вызывает ионизацию геля и его набухание. Оно в свою очередь «раскрывает» поры геля и способствует выходу из него инсулина. Чем больше глюкозы в крови, тем больше инсулина выделяется из геля.

Дальнейший прогресс в создании саморегулирующихся лекарств, в частности, требует разработки способов получения гидрогелей, которые переходили бы из сколлапсированного состояния в набухшее при разных значениях рН. Это позволило бы более тонко контролировать как место, так и скорость выделения лекарственного препарата.

Конструирование гелей

На нашей кафедре разработан способ получения гидрогелей с любой заранее заданной величиной рН перехода из сколлапсированного состояния в набухшее. Экспериментировали с гелем слабой — полиакриловой — кислоты (ПАК), в которую вводили боковые гидрофобные группы, чтобы усилить гидрофобные взаимодействия между звеньями полимерной сетки (рис. 4). Чем сильнее гидрофобные взаимодействия, стабилизирующие сколлапсированное состояние геля, тем выше рН перехода в набухшее состояние, так как необходимо значительно увеличить степень ионизации геля, чтобы преодолеть дополнительное гидрофобное притяжение между звеньями и вызвать набухание геля.

Гидрофобные звенья в *n*-алкилакрилате — это длинные неполярные алкильные группы (из 8, 12 или 18 атомов углерода), замещающие атомы водорода в ПАК. Гидрофобные взаимодействия между этими группами тем сильнее, чем их больше и чем они длиннее. Следовательно, варьируя содержание гидрофобных звеньев и их длину, можно четко контролировать гидрофобные свойства гелей и, как следствие — область перехода.

Мы экспериментально установили зависимость степени набухания гидрофобно модифицированных гелей ПАК от рН внешнего раствора (рис. 5). Без гидрофобных групп при низких величинах кислотности гель почти не содержит воду, он сколлапсирован, а при повышении рН начинает набухать, и когда ионизация достигает максимума, 1 г полимера (в расчете на сухой вес) способен поглотить 300 г воды. В модифицированном геле гидрофобные взаимодействия вызывают образование агрегатов, которые играют роль дополнительных шпик и препятствуют набуханию. Чтобы перевести такой гель в набухшее состояние, необходимо разрушить агрегаты. Для этого нужно ввести дополнительное количество заряженных звеньев (т.е. повысить рН среды). Чем больше ассоциирующих групп и чем сильнее их притяжение друг к другу, тем значительно смещается рН перехода [4].

Методом ядерного магнитного резонанса мы установили, что гидрофобные агрегаты распадаются по мере ионизации геля из-за усиливающегося электростатического отталкивания. Когда они исчезают, модифицированный гель ведет себя так же, как исходный гель ПАК, т.е. достигает степени набухания 300. Если гель содержит более 20% модифицирующих групп,

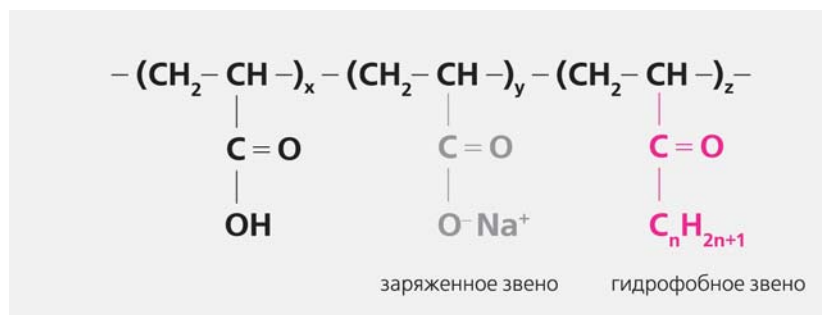


Рис.4. Химический состав гидрофобно модифицированного полиакрилатного геля. Варьируя число гидрофобных звеньев и их длину, можно контролировать гидрофобные свойства, а меняя степень ионизации звеньев акриловой кислоты — регулировать противодействующий фактор, т.е. электростатическое отталкивание одноименно заряженных групп.

гидрофобное притяжение может эффективно конкурировать с электростатическим отталкиванием, и потому ионизация приводит только к частичному разрушению агрегатов. В результате даже полностью ионизованный гель имеет степень набухания 200.

Таким образом, подбирая длину и число гидрофобных групп, удастся не только получить гель с любым заранее заданным рН перехода из скollapsed состояния в набухшее, но и достичь требуемой степени набухания при данной кислотности.

Мы проверили гидрофобно модифицированный гель на способность удерживать и выделять известное многим нестероидное противовоспалительное средство — индометацин — при разных рН среды. Выяснилось, что, будучи скollapsed, гель в сильно кислой среде

прочно удерживает в себе абсорбированный индометацин и начинает выделять его лишь во время набухания при более высоких рН. Следовательно, в желудке (рН 1.4) гель не будет отдавать лекарство, а целенаправленно доставит его в кишечник (рН 6–7.4). Там скорость выделения индометацина существенно зависит от гидрофобности геля, т.е. от содержания и длины гидрофобных групп. Из слабо набухших гидрофобных гелей лекарственное средство выделяется медленнее, чем из сильно набухших с низкой степенью гидрофобности. При одном и том же рН можно подобрать степень гидрофобности геля так, чтобы обеспечить необходимую скорость выделения лекарства. Следовательно, введение гидрофобных групп позволяет контролировать не только пункт доставки препарата, но и скорость, с которой его отдает гель.

Особый интерес модифицированные гели представляют в качестве носителей плохо растворимых в воде лекарственных средств. Это их свойство обеспечивает им солюбилизацию в гидрофобных агрегатах полимера. Лишь по мере их разрушения в процессе ионизации геля препарат выйдет из него. В этом случае гидрофобные агрегаты играют роль «депо», в которых хранится лекарство.

Гели с наноструктурой

Мы не ограничились созданием только что описанных гелей, цель которого — как можно эффективнее использовать их для доставки лечебного препарата к больному месту в организме, отдавать лекарство с необходимой скоростью и даже хранить его до поры до времени. Мы получили полимерные системы с наноструктурой, восприимчивой к внешним воздействиям.

В неионизованном модифицированном геле гидрофобные звенья участвуют в образовании агрегатов по всему его объему и формируют таким образом уникальную наноструктуру системы. Методом малоуглового нейтронного рассеяния мы установили, что наноструктура чрезвычайно чувствительна даже к небольшим изменениям рН среды, вызывающим ионизацию звеньев геля. Введение всего лишь 2% заряженных групп [6] вызывает кардинальную перестройку наноструктуры — микрофазное расслоение: гидрофобные агрегаты, изначально равномерно распределенные в набухшей гидрофильной полимерной сетке (в среднем на расстоянии 5.5 нм друг от друга), не несущей ионизованных групп, при их введении уплотняются, агрегируют между собой и образуют надструктуры — гидрофобные кластеры (рис.6).

На кривых малоуглового нейтронного рассеяния появляются максимумы, которые со-

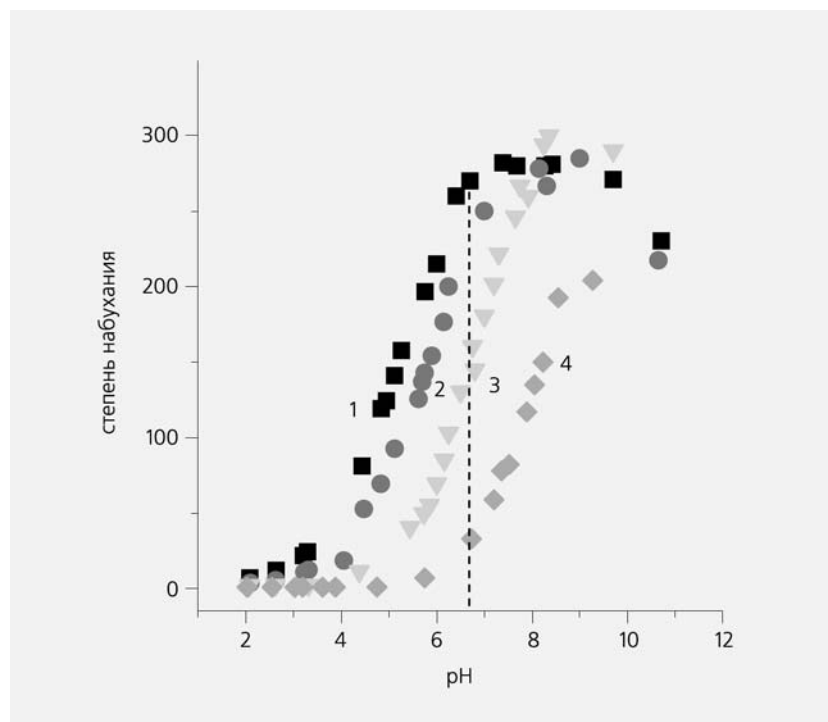


Рис.5. Зависимость степени набухания гелей от рН внешнего раствора. Видно, что в сильно кислой среде все гели скollapsed. Они начинают набухать по мере повышения рН, причем раньше других набухает полиакрилатный гель (1), а затем последовательно и те, что содержат 2.5% (2), 10% (3) и 20% (4) гидрофобных н-октилакрилатных звеньев.

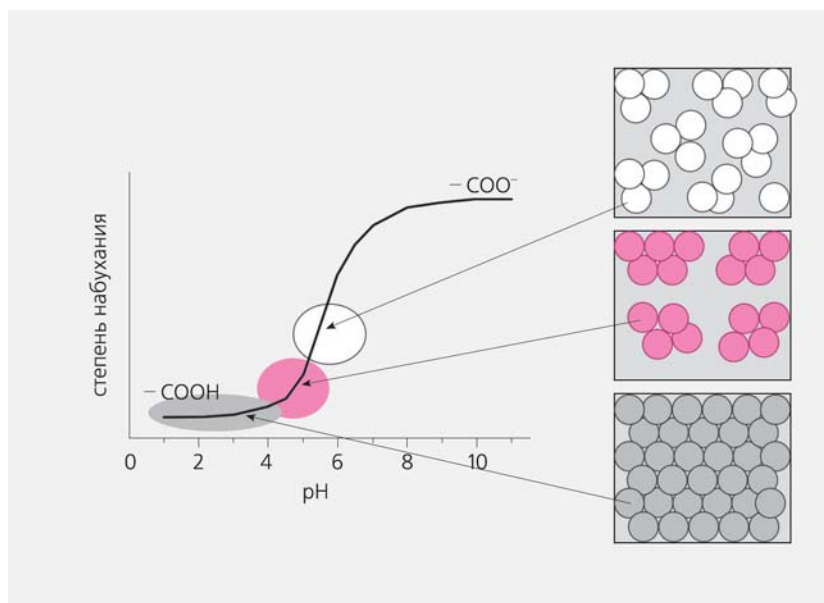


Рис. 6. Схема изменений наноструктуры гидрофобно модифицированных полиакрилатных гелей при варьировании pH. Гель (в виде регулярной сетки) с недиссоциированными карбоксильными группами ($-COOH$) находится в коллапсе вплоть до pH 4. Когда pH увеличивается, гидрофобные звенья агрегируют и образуются кластеры. При еще большем увеличении крупные кластеры дробятся на более мелкие.

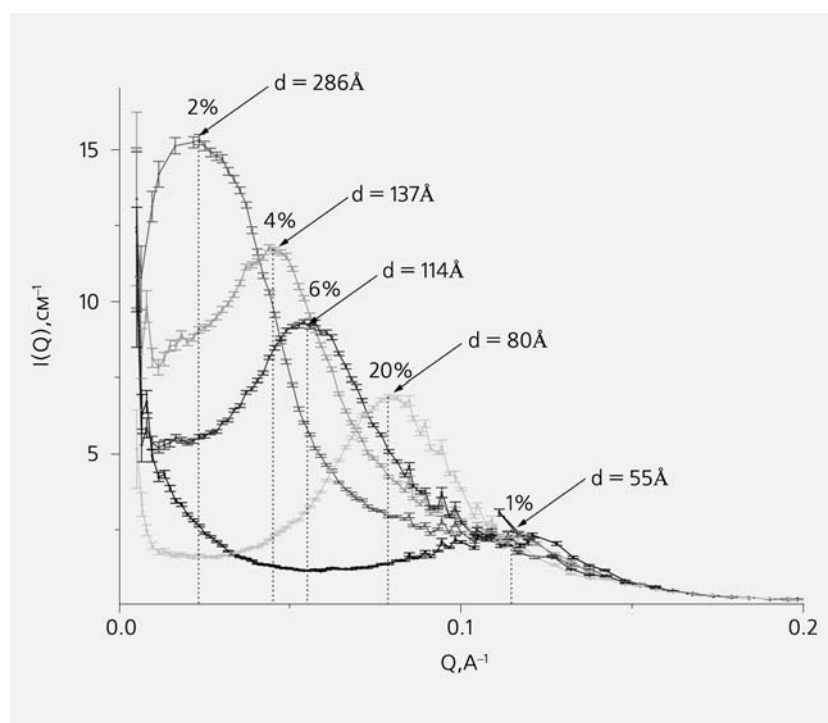


Рис. 7. Кривые малоуглового нейтронного рассеяния для модифицированных гелей, содержащих 20% гидрофобных n-додецилакрилатных звеньев, с разной степенью ионизации: 1, 2, 4, 6 и 20%.

ответствуют среднему расстоянию между рассеивающими объектами, т.е. кластерами (рис.7). Оно достигает 22.4 нм. Разделяющее кластеры пространство представляет собой набухшие в воде гидрофильные «каналы», в которых сосредоточены заряженные звенья геля и противоионы.

Размеры кластеров и среднее расстояние между ними чрезвычайно восприимчивы к pH среды, вызывающей ионизацию геля. Повышение степени ионизации с 2 до 20% приводит к сокращению среднего расстояния между кластерами с 22.4 до 8 нм и к существенному уменьшению их размеров [6]. Значительное изменение микроструктуры мы объясняем тем, что при повышении степени ионизации геля электростатическое отталкивание заряженных групп на поверхности кластеров вызывает их «дробление» на множество более мелких, в результате чего среднее расстояние между кластерами уменьшается. Из-за «дробления» повышается суммарная площадь поверхности кластеров и, соответственно, увеличивается расстояние между одноименно заряженными группами.

Полученные нами гели по всем характеристикам принадлежат к «умным» полимерным системам, наноструктуру которых можно направленно изменять, варьируя параметры внешней среды, например, pH. Ранее такие гели не были известны.

* * *

Человек постоянно совершенствует разнообразные материалы, ищет новые области их применения. С полным основанием это относится и к полимерным гидрогелям. Как оказалось, реестр их изученных свойств еще далек от завершения, а те характеристики, которые выявляются в экспериментах, наводят на мысль, что этим молекулярным губкам, «умным» материалам, уже пора послужить медицине. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 96-03-32732а, 99-03-33447а и 02-03-33259а.

Литература

1. Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р. Физика в мире полимеров. М., 1989.
2. Хохлов А.Р., Дормидонтова Е.Е. // Успехи физ. наук. 1997. Т.167. №2. С.113—128.
3. Хохлов А.Р. // Соросовский образовательный журнал. 1998. №11. С.138—142.
4. Филиппова О.Е. // Высокомолек. соед., серия С. 2000. Т.42. №12. С.2328—2352.
5. Галаев Ю.В. // Успехи химии. 1995. Т.64. №5. С.505—524.
6. Philippova O.E., Andreeva A.S., Kbokhlov A.R. et al. // Langmuir. 2003. V.19. №18. P.7240—7248.

Астрономия

Скульптура звездного неба

До сих пор содержание первого звездного каталога, созданного к 129 г. до н.э. величайшим астрономом античной Греции Гиппархом, считалось утраченным. Однако американский историк астрономии Б.Шефер (B.Schaefer; Университет штата Луизиана) полагает, что ему удалось найти достоверное представление каталога Гиппарха на... мраморной композиции из фигуры титана Атласа, держащего на плечах глобус, на котором выгравировано 41 созвездие.

Скульптура была создана в Древнем Риме во II в. н.э. Историк датирует конфигурацию звездного неба на глобусе приблизительно 125 г. до н.э. Это слишком рано для Птолемея — автора каталога Альмагеста, созданного к 128 г. н.э., но совпадает со временами Гиппарха. Более того, прослеживается четкая аналогия между положением определенных звезд на мраморном глобусе с редкими наблюдениями Гиппарха, которые были замечены еще до открытия Шефера в «Комментариях» — единственном сохранившемся труде Гиппарха.

Предполагают, что мраморный глобус — это копия, изготовленная римским ремеслен-

ником с греческой копии, которая, в свою очередь, была сделана по сфере, выполненной самим Гиппархом.

Science et Vie. 2005. №1050. P.20 (Франция).

Космические исследования

Космическая программа Китая

Руководитель программы КНР по осуществлению пилотируемых полетов в космос Ван Юнжи (Wang Yongzhi) сообщил, что его страна пока не планирует высадку своих космонавтов на Луне. Зато китайские специалисты готовятся создать к 2015 г. обитаемую космическую станцию на околоземной орбите. Кроме того, в 2006 г. должен выйти на окололунную орбиту китайский беспилотный спутник, в 2010 г. — посадочный аппарат, а в 2020 г. — аппарат, возвращающий на Землю образцы лунных пород.

В качестве главных уже состоявшихся достижений китайцы называют то, что КНР стала третьим в мире государством, осуществившим полет человека в космос, а также запуск на геосинхронную орбиту спутника связи для военных нужд, ИСЗ с оборудованием для подробной съемки земной поверхности, разработку будущих антиспутниковых систем и микро-спутников, которые могут при-

меняться для электронной разведки. За последние 11 лет космическая программа КНР обошлась ей в 2 млрд 180 млн долл. США.

Spaceflight. 2004. V.46. №8. P.305 (Великобритания).

Экология

Холодолюбивые коралловые рифы

В последние годы такие рифы, преимущественно представленные кораллом *Lophelia pertusa*, открыты на дне северных морей¹. В октябре 2002 г. Я.Фосса (J.Fossa; Норвежский институт морских исследований) и Т.Торснес (T.Thorsnes; Норвежская геологическая служба) получили с помощью многлучевого эхолота детальные трехмерные изображения крупнейшего в мире холодолюбивого кораллового рифа Рёст (Норвежское море). Он расположен на крупном подводном оползне, возникшем 4 тыс. лет назад. Среди кораллов отмечены значительные скопления морского окуня.

Информация о холодолюбивых коралловых рифах очень важна для тралового рыболовства и проектирования подводных нефтепроводов.

Hydro International. 2004. V.8. №3. P.26—29 (Нидерланды).

¹ См. также: Несис КН. Погребенные рифы и газогидраты // Природа. 1998. №6. С.113—115.

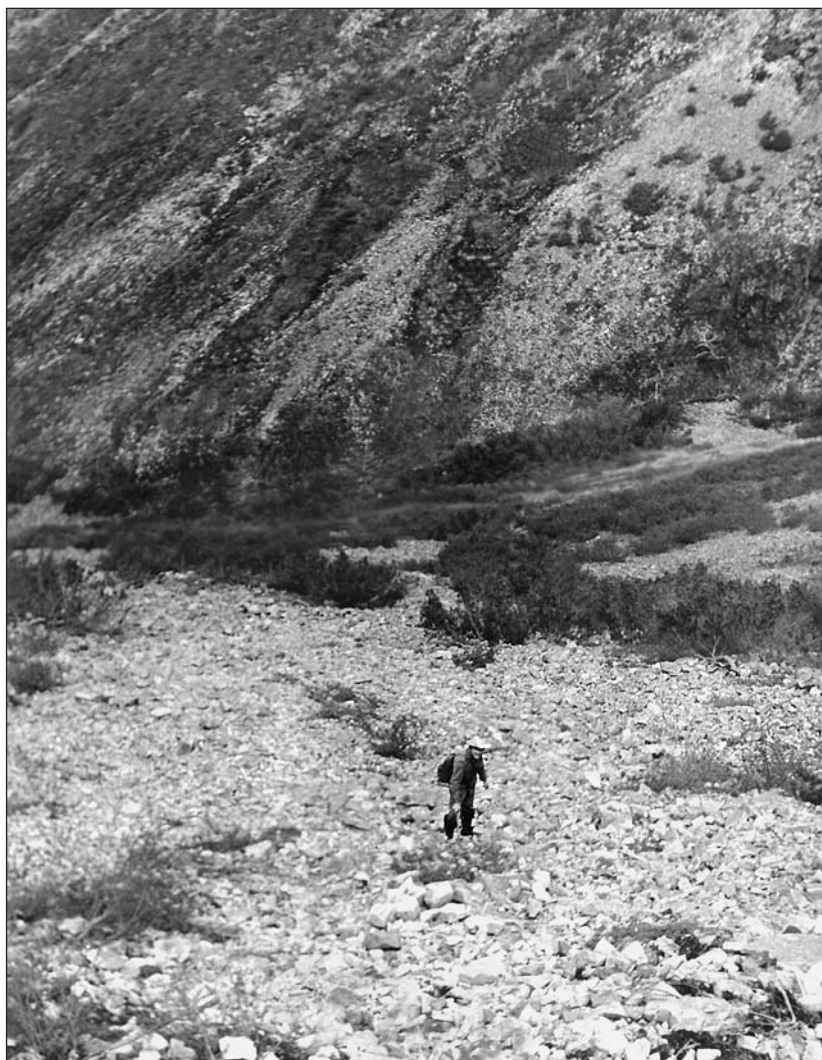
Новый ювелирно-поделочный камень России

Е.И.Воробьев,

кандидат геолого-минералогических наук
Институт геохимии им.А.П.Виноградова СО РАН
Иркутск

Многие цветные и драгоценные камни были известны человечеству с глубокой древности, но от века к веку их число неуклонно росло. По существующей геохронологической шкале В.Бобылева (1997), в которой рассматривается «возраст» драгоценных и поделочных камней (по времени, когда о них узнало человечество), в XX в. открыто семь новых самоцветов. Последним был чароит. На самом деле список должен завершать восьмой камень — дианит. Он открыт в конце 90-х годов на Мурунском сиенитовом массиве, у границы Республики Саха (Якутии) с Иркутской обл., недалеко от известного чароитового месторождения, но в иной, нежели чароит, геологической ситуации. Образно выражаясь, эти камни не братья, но очень близкие соседи.

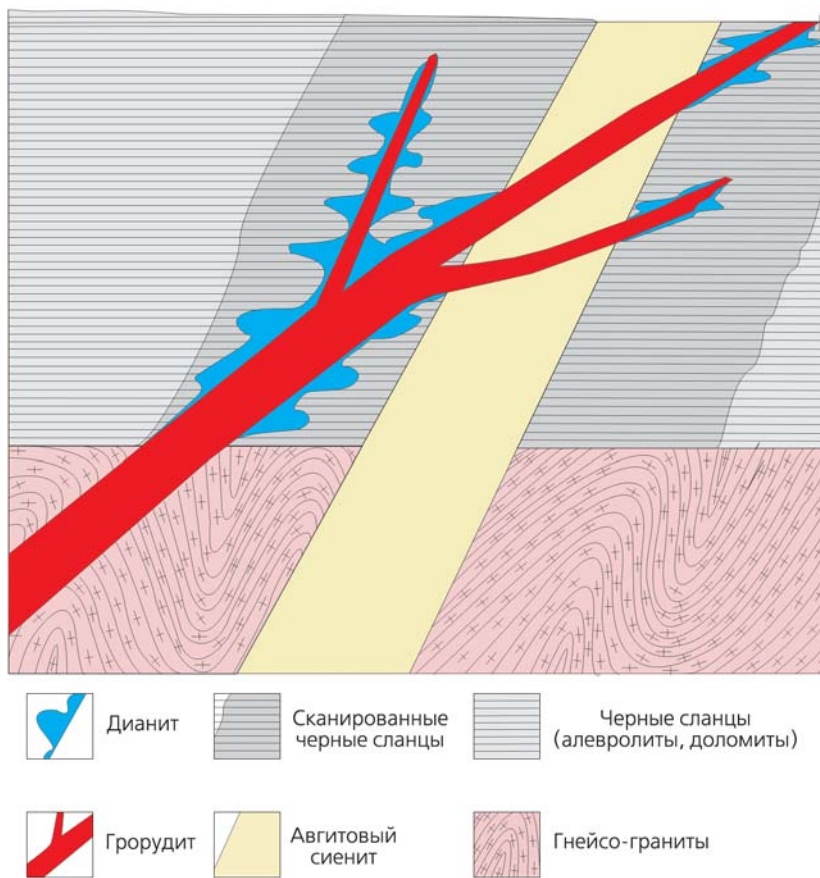
Изначально в цветных и драгоценных камнях человека привлекали яркие и чистые цвета, прозрачность, загадочная правильность кристаллических форм, высокая твердость. Однако далеко не все самоцветы в природных условиях сохраняют свой первозданный вид, особенно находясь на поверхности продолжительное время. Даже «камень вечности» — нефрит —



Александровский ручей в районе месторождения дианита. Крутые борта долины представляют собой сплошные осыпи гнейсо-гранитов с редкими порослями кедрового стланика.

© Воробьев Е.И., 2005

выветривается и приобретает совершенно неузнаваемый и весьма непрезентабельный вид, покрываясь белесой коркой толщиной до 20 мм. Попадая в водотоки, где скорость износа выше скорости выветривания, большинство камней прекрасно проявляет свои натуральные внешние признаки. Тот же нефрит в речном галечнике, да еще мокрый, выглядит, словно его недавно специально обработали. Тем не менее, некоторые минералы изменяются даже в галечных отложениях. Например, чароит. На поверхности он относительно быстро покрывается серовато-белесой коркой вторичного апофиллита. То же самое происходит и с его галькой в ручьях. По внешнему облику она не имеет ничего общего с неизменным чароитом и практически неотличима, например, от доломита или мергеля. Только на свежем сколе отк-



Геологическое строение месторождения дианита.



Дианит из коренного месторождения (вверху) и обломок из русла ручья (то, что мы называли голубым нефритом). Размеры образцов 10×10 и 6×4 см.

Фото Д.А.Яковлева

рывается изумительный сиреневый цвет. История многих камней начиналась именно с их находок в речных отложениях. Так случилось и с дианитом, причем во всех упомянутых деталях.

Находка чароита на Мурунском массиве, как это нередко бывает, способствовала целой серии последующих открытий: месторождений стронций-бариевых карбонатитов, калиевых рихтерит-асбестов, титановых руд (брукит-рутиловых и анатазовых) и, наконец, нового камнесамоцветного сырья — дианита.

Открытие карбонатитов потребовало тщательного доизучения района, хотя официально здесь уже давно завершили полный комплекс детальных работ, сопровождавших государственную геологическую съемку масштаба 1:10 000. Как инициа-

тору таких исследований, мне и выпало проводить их в составе небольшой исследовательской группы (совместно с Ю.В.Малышонком и А.А.Коневым).

Дианит впервые был обнаружен в виде единичных окатанных галек светло-голубого цвета в отложениях Александровского ручья, берущего начало на одном из отрогов горы Мурун — гольце Кедровом. Нашли его геологи Чаро-Токкинской экспедиции в 70-х годах прошлого века во время проведения разведки крупных месторождений железных руд. Я впервые увидел такую гальку в 1981 г. в небольшой коллекции С.Лазуренкова, который поведал, что это один из сохранившихся образцов какой-то необычной породы, найденной в ручье. Местные геологи неоднократно пытались установить место ее сноса, т.е. ко-



Образец дианитовой породы. Хорошо видны контакты скарнированных черносланцевых пород с отчетливо выраженной первичной слоистостью (1) и маломощной апофизой дайки темнозеленого грорудита (2), амфиболизация по зоне контакта (3) с образованием дианита (4).

Фото Д.А.Яковлева

ренное месторождение, но, не добившись успеха, потеряли к ней интерес. При исследовании минерального состава подаренного мне образца установили, что голубая порода сложена хорошо нам знакомым амфиболом — калиевым рихтеритом — и обладает спутанно-волокнистой структурой, аналогичной обычному нефриту. Тогда и возникло первое ее название — голубой нефрит.

Надо отметить, что в гальке он выглядел далеко не так уж эффектно для безотлагательного поиска коренного источника. Больше привлекала явная специфика геологических условий

его образования. Наша группа исследовала чароитовые породы, целый ряд новых месторождений карбонатитов, калиевых рихтерит-асбестов, и нам было не до «голубых галек». Да и геологическая обстановка на Александровском ручье — хуже некуда. На протяжении почти 10 км вверх до его истока крутые борты узкой долины покрыты сплошным многометровым чехлом осыпей глыб местных древних гранитов. Они перекрыли все выходы других пород. Выручил опыт Конева, который уже многократно по единичной гальке в ручьях выявлял коренные выходы даже на расстоянии

многих километров. Он сумел приблизительно установить место, где обломки голубой породы прекращают встречаться. Так впервые наметился относительно небольшой участок возможного выхода на поверхность голубого нефрита. К тому времени по гальке и обломкам уже была собрана определенная информация о минералогии и геологической позиции этой необычной породы. Во всяком случае, многие узловые моменты ее генезиса прояснились.

В таком состоянии проблема просуществовала еще многие годы. В 1991 г. мы прекратили работы в этом районе. Но здесь оставались непроверенными несколько открытых нами перспективных проявлений, в частности, титановых руд высокого качества. Лишь в 1995 г. появилась возможность силами уже частного предприятия АО «Мурун» осуществить предварительную оценку месторождения анатаз-кварцевых (титановых) руд. Было решено воспользоваться удобной ситуацией и продлить новую тракторную дорогу еще на 400—500 м до находящегося по соседству намеченного участка с голубым нефритом и заодно провести там бульдозерную расчистку склона трехступенчатой траншеей. В результате на участке длиной 20—30 м обнажились черносланцевые породы с отдельными глыбами голубого нефрита весом до 200 кг. Самую большую глыбу никак не удавалось погрузить в автомашину, и ее бензоперфоратором разрубили пополам. Результат был ошеломляющий. Пронзительная бархатистая синь! Голубой нефрит оказался синим. Никакого сравнения с тем, что раньше мы видели в гальке и обломках. Так впервые этот камень оказался вскрытым в коренном залегании, и нам довелось увидеть, как ков он на самом деле.

В следующем, 1996 г., в виде трех шаров диаметром 80—90 мм самоцвет был представлен широкому кругу специалистов

на Мюнхенской геммологической выставке. Эксперты высоко оценили его эстетические и технологические качества. Рыночная стоимость камня ориентировочно оценивалась в 10 раз выше лучшего чароита и в 100 раз выше качественного сибирского нефрита. В начале 1997 г. самоцвету присвоили особое коммерческое название — дианит, в память о погибшей принцессе Уэльской.

Этот экзотический тип амфиболовой минерализации на Мурунском массиве встречается в черносланцевых породах с углистым веществом, где ритмично чередуются алевролитовые и доломитовые слои и прослой*. Они несогласно залегают на древних гнейсо-гранитах, совместно с которыми пересекаются мощными дайками авгитовых сиенитов. На их контактах образовались типичные магнезиальные скарны: шпинель-фассаитовые, монтичеллитовые, флогопит-форстеритовые и др. Авгитовые сиениты и связанные с ними скарны сечет более поздняя дайка грорудита (ультракислого щелочного гранита) мощностью в несколько метров. С дайкой и связано появление дианита у контакта с магнезиальными скарнами. Причем этот амфибол избирательно предпочитает зоны скарнов флогопит-форстеритового и монтичеллитового состава и образует по ним линзовидные тела у самого контакта с грорудитом.

В спутанно-волокнистой амфиболовой массе присутствует небольшая примесь полевого шпата, еще меньше — кальцита. Главную особенность камня оп-

ределяют цвет амфиболового субстрата, микроструктура и химический состав. Наиболее красивые образцы с относительно равномерной темно- и светло-синей окраской обычно содержат не более 3—5% примесных минералов. Неоднородно-пятнистые с неравномерной окраской участки, как правило, насыщены реликтами скарновых пород. Природа окраски связана с наличием в структуре обменно-связанных пар Fe^{2+} — Fe^{3+} , тех самых, которые ответственны за зеленый цвет обычного нефрита.

По химическому составу — $K(Ca,Sr)NaMg_5Si_8O_{22}(OH,F)_2$ — дианит относится к калиевому рихтериту, весьма распространенному на Мурунском массиве, и представляет собой смесь магнезиального (93—95%) и магнезиально-стронциевого калиевого рихтерита. В единичных случаях в отдельных узких зонах начинает превалировать магнезиально-стронциевый калиевый рихтерит. Он как раз и может претендовать на статус нового минерала, поскольку содержит почти 50 мол.% новых минералов: 30 мол.% стронциевого и 20 мол.% магнезиального. Содержание SrO достигает 3.6%. В обычном дианите оно варьирует в пределах 0.15—0.18%. Для амфиболов это аномально высокие значения, и данная характеристика может быть одним из отличительных признаков при экспертной оценке дианита. Содержание стронция на окраску минерала не влияет.

Твердость породы — как у обычного нефрита: 5 по шкале Мооса, плотность — 3 г/см³. При прогреве до 1100°C дианит обесцвечивается.

Сам механизм формирования дианита до конца еще не

изучен. В общем же он — продукт обычной постмагматической гидротермальной амфиболизации, которая нередко развивается как один из поздних процессов на контактах гранитоидов и вмещающих их карбонатных пород, вслед за более ранним и высокотемпературным образованием скарнов. Причем скарны и являются главными объектами амфиболизации. Примерно так же формируются белые нефриты в бассейне р.Витим на контакте гранитов с мраморами. Правда, в этом случае амфибол представлен белым тремолитом.

По качеству камня, технологическим свойствам, размерам отдельных блоков дианит найдет широкое применение в камнерезной отрасли. Некоторые образцы вполне пригодны для высококачественных ювелирных изделий. Общие ресурсы месторождения пока установить трудно. Приблизительные оценки составляют 100—200 т.

При проведении первой расчистки была произведена розовая добыча 2.5 т сырья. Но гранитные свалы полностью перекрыли расчистку, и месторождение опять приняло свой первоначальный облик. У этого уникального камня все еще впереди.

Учитывая большую редкость калиевого рихтерита (и еще большую — магнезиально-стронциевого) и сочетание главных геологических элементов (авгитовых сиенитов, черносланцевых пород и грорудитов), можно утверждать, что вероятность появления подобного объекта в других местах крайне невелика. Скорее всего, это месторождение дианита долгое время будет числиться в разряде уникальных. ■

* См. например, Конев А.А., Воробьев Е.И., Лазебник К.А. Минералогия Мурунского массива. Новосибирск, 1996.

Уклонившиеся от «рыбьих» стандартов

А.М.Токранов, А.М.Орлов

Согласно известной теории естественного отбора Чарльза Дарвина, в дикой природе должны выживать только наиболее приспособленные к тем или иным условиям обитания организмы. Хищники нападают в первую очередь на ослабленных, больных или чем-то выделяющихся среди сородичей животных, а потому любая травма, увечье, уродство или необычная окраска должны вроде бы неизбежно вести к их гибели. Но, как известно, не бывает правил без исключения. Во всяком случае, мы не раз в том убеждались во время работы в море, когда в наших руках оказывались рыбы-уродцы, побывавшие в зубах хищника или от рождения наделенные существенными отклонениями от «рыбьих» стандартов. Например, однажды попал в трал весьма крупный белокожий палтус (*Hippoglossus stenolepis*) без хвостового плавника, отсутствие которого, похоже, не доставляло ему особенного беспокойства, а рана давно зарубцевалась. Более того, сумел выжить лишенный хвоста скат Ричардсона (*Bathyraja richardsoni*), хотя скатам хвост нужен не только для плавания, но и для защиты. Нередко встречаются в уловах взрослые особи лосо-



Алексей Михайлович Токранов, кандидат биологических наук, заместитель директора Камчатского филиала Тихоокеанского института географии ДВНЦ РАН. Область научных интересов — видовой состав итиофауны северной части Тихого океана, распространение и экология массовых и малоизученных видов рыб, структура сообществ.



Алексей Маркович Орлов, кандидат биологических наук, заведующий сектором Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. Занимается изучением пространственного распределения, запасов, трофических отношений, биологии, зоогеографии и систематики рыб северной части Тихого океана, а также международным сотрудничеством в области морских исследований.

сей (*Oncorhynchus* spp.), трески (*Gadus macrocephalus*) и минтая (*Theragra chalcogramma*) с уже зарубцевавшимися глубокими рваными ранами.

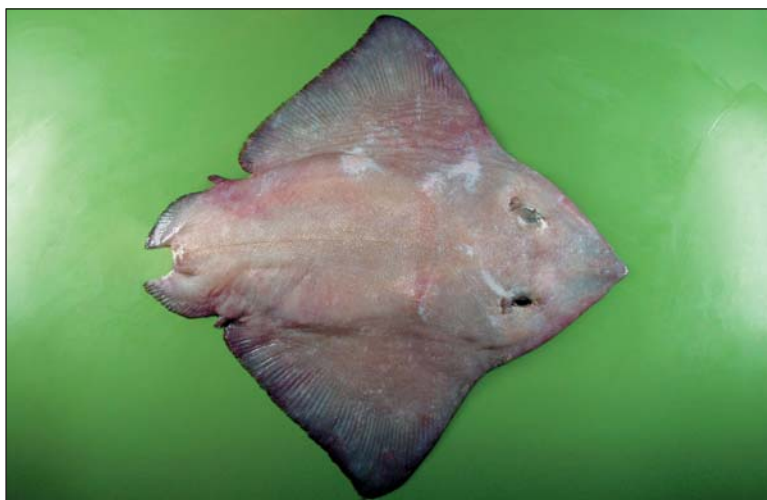
Судя по всему, не бедствуют в море и рыбы с разнообразными врожденными уродствами, будь то аномалии развития органов (глаз, челюстей, плавников и

т.д.), деформация туловища и искривление позвоночника, реверсия сторон (у камбалообразных), нарушение окраски кожных покровов (у минтая, камбал, морских слизней, палтусов и шипоцехов, ошибочно называемых сегодня рыбаками и торговцами на дальневосточных рынках «бериксами») и др. [1–3].

© Токранов А.М., Орлов А.М., 2005

Все, кому приходилось заниматься обработкой рыбы на судах или в порту, наверняка обращали внимание, что среди обычных особей минтая, трески, камбал или терпугов, вылавливаемых в дальневосточных водах, нет-нет, да и мелькнет горбатый, несуразный уродец с коротким хвостом. В тихоокеанских водах Северных Курил изредка попадаются экземпляры северного одноперого терпуга (*Pleurogrammus monoptyerygius*), в простонародье именуемого ленком, с просто невероятным образом изогнутым позвоночником. Недаром, впервые увидев такого терпуга, наш коллега воскликнул: «Да это прямо конек-горбунок!». Несмотря на столь своеобразную форму тела, этот четырехлетний терпуг вырос почти до 32 см (обычного размера в этом возрасте), да и ни в чем другом не уступал собратьям. Чем же вызвано столь необычное искривление позвоночника? Однозначно ответить на этот вопрос сложно. Возможно, причина тому — неблагоприятные температурные условия, сложившиеся в период развития икры или личинок, а может, это произошло в результате какого-то механического повреждения или заболевания. Как бы то ни было, «конек-горбунок» жил довольно долго, избегая зубов хищников, пока его не выловили рыбаки вместе с вполне нормальными рыбами.

Аномалии органов зрения у рыб встречаются сравнительно редко. Лишь однажды попался абсолютно слепой северный морской окунь (*Sebastes borealis*), однако во всем остальном он ничем не отличался от сородичей. Был в меру упитан и дожил до преклонного возраста, пока не угодил в наши сети. Одноглазый экземпляр высокотелого морского слизня (*Careproctus roseofuscus*) был обнаружен в улове донного трала среди тридцати нормальных особей. Отсутствовал у него глаз с левой стороны, на месте которого не было каких-либо шрамов или рубцов, свидетельствующих о травме. Частичная потеря зрения, вероятно, не помешала этому слизню нормально питаться, поскольку желудок его был заполнен актиниями, составляющими основу рациона данного вида [4]. Правда, одноглазый самец явно отстал от сверстников по темпам полового



Бесхвостый экземпляр ската Ричардсона.



«Горбатый» экземпляр тихоокеанской трески.

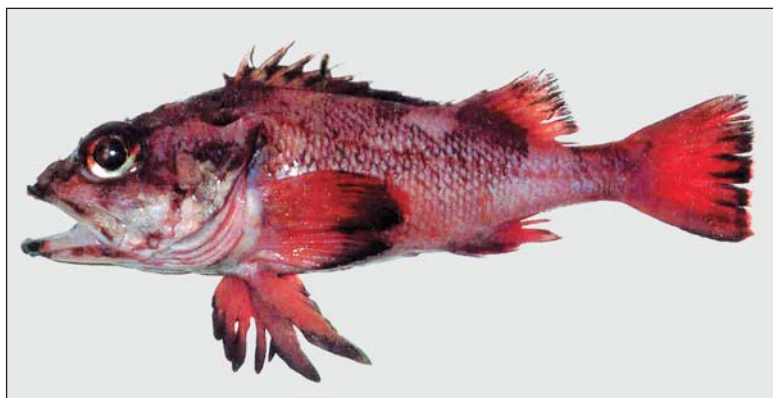


Северный одноперый терпуг – чем не «конек-горбунок»?



Одноглазый высокотелый морской слизень.

Фото А.М.Орлова



Длинноперые шипощеки. Сверху вниз: нормально окрашенный, альбинос, «пегий» экземпляр и меланист.

Фото А.М.Орлова и А.К.Грузевича

созревания — имел незрелые гонады при максимальной для вида длине в 33 см (в уловах около 90% особей высокотелого карепрокта достигают 22–32 см в длину [5]).

Отклонения в окраске рыб весьма разнообразны, но чаще всего встречаются бесцветные и темные особи (альбиносы и меланисты), а у камбал и родственных им форм нередко двуцветные (биколоры). Несмотря на свою диковинную окраску, выделяющую их среди собратьев, они также благополучно живут в течение многих лет.

Из типичных альбиносов в прикурильских водах Тихого океана нам изредка попадались особи длинноперого шипощека (*Sebastolobus macrochir*) с бледно-розовыми кожными покровами и красными глазами (обычно рыбы этого вида ярко-красного или оранжевого цвета). Этот вид относится к сравнительно медленно растущим рыбам с большой продолжительностью жизни (до 25 лет). В уловах преобладают особи в возрасте 11–15 лет длиной 21–26 см. Взрослый длинноперый шипощек — типичный хищник, питающийся рыбами, кальмарами, креветками, крабами, полихетами.

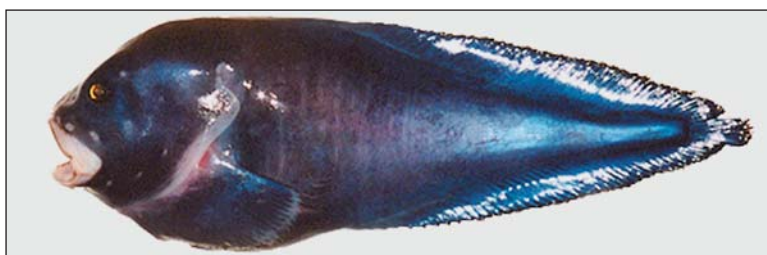
Справедливости ради заметим, что впервые альбиносная особь этой придонной глубоководной рыбы описана более 10 лет назад [6], однако сообщение было проиллюстрировано черно-белой фотографией, не позволяющей, в отличие от приводимой нами, объективно судить об окраске рыбы.

Хотя меланизм, к которому приводит избыток темного (черного, коричневого или желтого) пигмента меланина в тканях животного, у рыб в естественных условиях встречается довольно редко, в популяциях того же длинноперого шипощека темноокрашенные особи попадают гораздо чаще, чем лишенные пигмента альбиносы. Примечательно, что проявляется меланизм у данного вида в различных вариациях. Одна из них («пегая») в свое время была описана как альбиносная, несмотря на то, что рыба, согласно описанию, имела пестрое тело со светлым брюхом [7]. Судя по приведенной в публикации фотографии, «пегий» шипощек очень походил на выловленного как-то на-

ми в прикурильских водах, но его кожные покровы и плавники были чуть светлее. Другие меланистические формы длинноперого шипошека встречается чаще и характеризуются преобладающей красноватой окраской кожных покровов и наличием на них черных участков и пятен в области головы, туловища и по краям плавников.

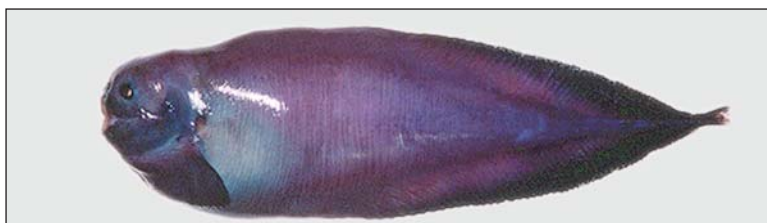
Несмотря на все многообразие типов окраски морских слизней (Liparidae), в пределах одного вида существенные цветовые вариации ранее не были описаны. Известно, что эти рыбы, обитающие на глубинах 200—300 м, имеют светлую, ярко-розовую или красную окраску. Более глубоководные морские слизни, населяющие глубины до 2500 м, окрашены в красные или красно-бурые с черными пятнами цвета. И только на глубинах 2500—3500 м обитают черные или темноокрашенные представители этого семейства [8]. В районе подводного плато, расположенного в центральной части прикурильских вод Тихого океана, в уловах изредка попадаются необычно окрашенные экземпляры еще неопisanного морского слизня (*Careproctus* cf. *Cyclocephalus*). В норме окраска данного вида варьирует незначительно от бледно-розовой до малиновой, и лишь кромка спинного и анального плавников в задней части тела (иногда и хвостового) окрашена в черный цвет. Однако очень редко попадаются экземпляры с совершенно иной цветовой гаммой: большая часть поверхности их тела, как правило, темно-синяя с чернильным отливом и лишь поры на голове, губы и задняя часть жаберной крышки бледновато-розовые.

Проявления меланизма мы обнаружили и у другого морского слизня — короткоперого элассодиска (*Elassodiscus tremebundus*). В норме его тело, голова и грудные плавники розовые или красноватые; хвостовой плавник, задняя часть анального и спинной плавник черные; брюшная область светлая [9]. Изредка встречающиеся в уловах меланистические особи окрашены преимущественно в темно-пурпурные с фиолетово-синим отливом тона. Задняя часть их тела существенно темнее, темные пятна есть также в районе головы и



Обычно окрашенные (вверху и в центре) и меланистический экземпляры морского слизня.

Здесь и далее фото А.М.Орлова



Нормально окрашенный (вверху) и меланистические экземпляры короткоперого элассодиска.



Нормально окрашенные особи (вверху самец, в центре самка) и экземпляр с аномальной окраской чешуехвостого лучешейника.



Слепая сторона американского стрелозубого палтуса-биколора.

грудных плавников, а брюшная область голубоватого цвета.

Все описанные меланистические экземпляры, относящиеся к трем разным видам, пойманы практически на одних и тех же глубинах и в одном и том же районе (на склонах подводного плато к юго-востоку от о. Онекотан). Среди других (более или менее глубоководных) видов и за пределами этой акватории ничего подобного обнаружено не было. Все это наталкивает на мысль о сходных причинах, вызвавших у них проявление меланизма.

Помимо меланизма и альбинизма, у рыб в природе встречается (правда, реже) еще одно отклонение от нормальной окраски — ксантохроизм; оно вызывается избытком в тканях желтого пигмента ксантина. До сих пор рыб с аномально желтыми кожными покровами в семействе рогатковых (Cottidae) отмечено не было. В норме чешуехвостый лучешейник — один из наиболее массовых видов прикурильских и прикамчатских вод Тихого океана — окрашен в желтовато-коричневые тона, при этом самки в отличие от самцов (особенно в брачном наряде) существенно светлее и имеют гораздо меньше темных участков и пятен. Однако однажды в улове мы обнаружили самку с ярко-оранжевой однотонной окраской, у которой темный пигмент отмечался лишь в районе нескольких передних лучей спинного плавника.

Среди костистых рыб отряд камбалообразных (Pleuronectiformes) занимает особое положение. Его представители отличаются несимметричным, сильно сжатым с боков высоким телом, одна сторона которого функционально превращена в нижнюю, а другая — в верхнюю. При этом окраска обеих сторон существенно различается — верхняя сторона, на которой расположены глаза, окрашена, как правило, темнее нижней. Одна из аномалий в окраске камбалообразных — полная или частичная пигментация слепой стороны тела в цвета, характерные для зрячей стороны. Другим отклонением от нормы в развитии данной группы рыб может стать реверсия сторон. Их личинки выглядят вполне обычно, но по мере роста тело камбал начинает уплощаться, и глаза постепенно

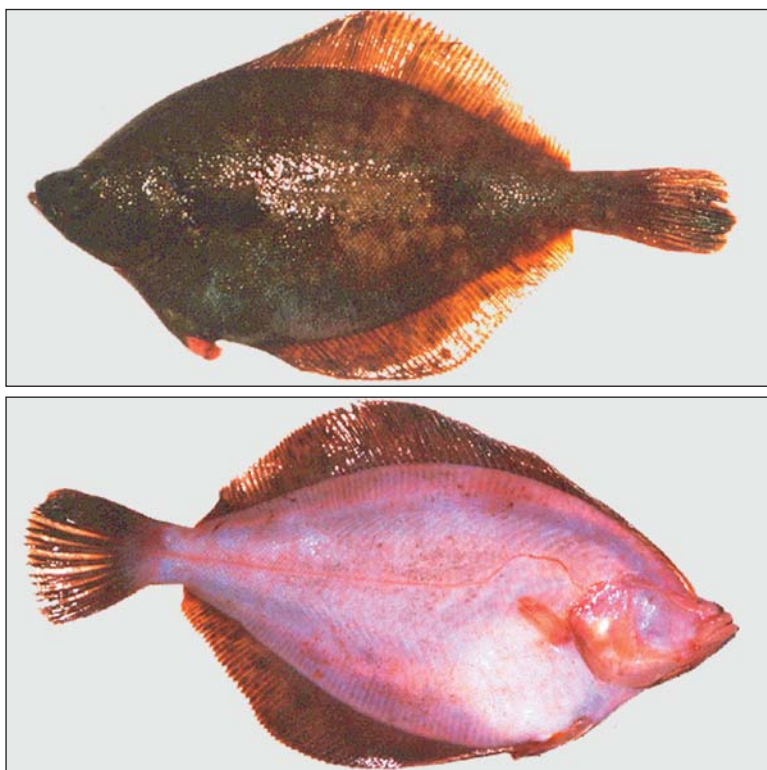
сдвигаются на одну из сторон головы. У взрослых рыб оба глаза расположены на одной стороне тела, при этом имеются как правосторонние (оба глаза на правой стороне тела), так и левосторонние (оба глаза на левой стороне тела) формы [1–3]. И окраска слепой стороны, и реверсия сторон в природе встречаются весьма часто, подобные случаи описаны для большого числа видов камбал и близкородственных им видов. Однако до сих пор ничего не было известно о подобных уродствах у стрелозубых палтусов рода *Atheresthes* [1–3]. В ноябре 2004 г. в западной части Берингова моря в районе м. Наварин в наши сети попал неполовозрелый экземпляр американского стрелозубого палтуса *A. stomias*, у которого задняя часть слепой стороны, обычно имеющая серебристую окраску, была окрашена в темно-коричневый цвет — так же, как и зрячая.

До последнего времени ничего не было известно и об описываемых аномалиях у дальневосточных двухлинейных камбал рода *Lepidopsetta*. Находили лишь одноглазых и безглазых личинок двухлинейной камбалы (*L. bilineata*) [10], а единственным известным случаем уродства среди взрослых особей данного вида оставалась находка так называемого «мопсоголового» экземпляра, имевшего сплюснутую голову [11].

Почти полностью окрашенная со слепой стороны крупная половозрелая самка северной двухлинейной камбалы (*L. polyxystra*) была обнаружена в улове снюрревода к востоку от о. Шумшу (северные Курильские о-ва). В норме слепая сторона камбал данного вида имеет светлую бледноватую окраску. У выловленного же экземпляра она была окрашена в точно такие же зеленовато-коричневые тона, что и зрячая. Непигментированными оказались только небольшой участок туловища над грудным плавником, верхняя часть самого грудного плавника и голова рыбы (нижняя часть заднего края жаберной крышки была пигментирована), которая была абсолютно белой, лишенной всякого пигмента. Необходимо отметить, что в течение многолетних исследований донной ихтиофауны тихоокеанских вод северных Ку-



Зрячая (вверху) и слепая стороны северной двухлинейной камбалы-биколора. Фото В.А.Ульченко



Зрячая (вверху) и слепая стороны реверсивного экземпляра северной двухлинейной камбалы. Фото А.М.Орлова

рильских о-вов и юго-восточной части Камчатки нам попадались несколько частично окрашенных со слепой стороны экземпляров северной двухлинейной камбалы, однако у них пигментированной была в лучшем случае только задняя часть тела.

Реверсивные экземпляры у двухлинейной камбалы нам приходилось в уловах находить не раз. При этом обнаруженные особи оказывались, как правило, зрелыми самцами, готовыми к нересту, или самками с вполне нормально развитыми яичниками. Наши находки свидетельствуют о том, что реверсия сторон у северной двухлинейной камбалы — нередкое явление,

которое никак не сказывается на развитии и физиологическом состоянии особей.

В экспериментальных исследованиях установлено, что причинами появления различных уродств у камбал могут стать механическое повреждение их личинок, повышение температуры воды, резкие ее колебания и пониженное содержание кислорода [10]. В естественных условиях, таким образом, подобные аномалии могут быть связаны с действием сильных волнений при штормовой погоде. Северная двухлинейная камбала, в отличие от большинства других видов, нерестится не в весенне-летний период, а зимой, причем

икру откладывает на жесткие каменистые и гравийно-галечные грунты, в районах с повышенными скоростями течений. Ее икра легко выносит понижение температуры воды до -2°C и даже вмерзание в лед, но плохо выдерживает повышение до $3-4^{\circ}\text{C}$ [10]. Возможно, что причиной возникновения аномалий могут быть как механические повреждения, вызываемые сильными штормами, которые в районе исследований нередки зимой, так и эпизодические повышения придонной температуры в результате меандрирования Восточно-Камчатского течения и затока на шельф вод теплого промежуточного слоя. ■

Литература

1. Dawson C.E. // Gulf Res. Rep. 1964. V.1. №6. P.308—399.
2. Dawson C.E. // Gulf Res. Rep. 1966. V.2. №2. P.169—176.
3. Dawson C.E. // Gulf Res. Rep. 1971. V.3. №2. P.215—239.
4. Токранов А.М. // Вопр. ихтиологии. 2000. Т.40. №4. С.530—536.
5. Токранов А.М. // Вопр. ихтиологии. 2000. Т.40. №3. С.347—352.
6. Shinohara G., Amaoka K. // Jap. J. Ichthyol. 1993. V.39. №4. P.395—397.
7. Huzita S., Nishino K. // Jap. J. Ichthyol. 1966. V.8. №4/6. P.210—212.
8. Линдберг Г.У. Семейство липаровые, или морские слизни (Liparidae) // Жизнь животных. Т.4. Ч.1. М., 1971. С.579—581.
9. Burke V. // Bull. U.S. Natl. Mus. 1930. V.150. P.1—204.
10. Перцева-Остроумова Т.А. Размножение и развитие дальневосточных камбал. М., 1961.
11. Gudger E.W. // Amer. Mus. Novit. 1937. №959. P.1—5.

Космические исследования

«Don Quixote» полетит в космос

Европейское космическое агентство приступило к предварительной разработке операции «Don Quixote» («Дон Кихот»), цель которой — защитить Землю от столкновения с крупным астероидом. В течение ближайших 10 лет в космос будет запущена первая ракета, предназначенная для нанесения удара по малому небесному телу, представляющему угрозу нашей планете. Затем, если астероид к тому времени не отвернет со своей

убийственной орбиты, придется запускать наперерез ему более крупную ракету.

Критики таких планов называют на непредсказуемость его последствий. Разработчики же программы настаивают на том, что в любом случае благодаря эксперименту мы узнаем реакцию небесного тела на силовое воздействие, определим состав астероида, его структуру и степень прочности.

Параллельно задумана операция под названием «Sancho» (Санчо — верный оруженосец Дон Кихота). Аппарату с этим именем предстоит выйти на орбиту вокруг опасного астероида и сбросить на него несколько небольших пенетраторов —

примитивных устройств, зондирующих приповерхностный слой небесного тела. После всего этого, возможно, придется запустить мощный аппарат «Hidalgo» (идальго — благородный), который вонзится в астероид со скоростью до 10 км/с, тем самым или разрушив его, или существенно отклонив от Земли.

Начало операции «Don Quixote» намечено на 2009 г., но сами организаторы не уверены, что уложатся в такие сроки. Остается надежда, что за это время никакой опасный пришелец из космоса к Земле не приблизится.

Spaceflight. 2004. V.46. №9. P.340 (Великобритания).

Красные горы у Красного моря

Г.Ф.Уфимцев,

доктор геолого-минералогических наук

Институт земной коры СО РАН

Иркутск

Формирование глубоких грабенов в условиях растяжения литосферы, раскол континентальной литосферы и рождение новых океанов вот уже полвека волнуют геологов практически всех специальностей. Здесь тесно соприкасаются осадконакопление и сейсмичность, вулканизм и геодинамика вообще. Рифты — это морщины и шрамы на лице Земли, говорящие о ее внутреннем состоянии, ее «волнениях».

Рифты бывают разные. Внутриматериковые (подобные Байкалу и Верхнерейнскому грабену), окраинно-континентальные (распространенные, например, в Северном Приохотье и Нижнем Приамурье), задуговые (ответственные за формирование окраинных морей) и, наконец, океанические и межматериковые (образующие на Земле единую систему протяженностью 60 тыс. км). У рифтовых систем любых видов есть одна общая особенность — они включают в свою структуру и горные поднятия. Причем территориально горные сооружения, как правило, преобладают. В Байкальской рифтовой зоне, например, горные поднятия занимают более 60–65% общей площади. То же самое происходит и в океанических рифтах, где узкие осевые грабены сопровождаются с обеих сторон поднятиями шириной до 1000 км. Поэ-

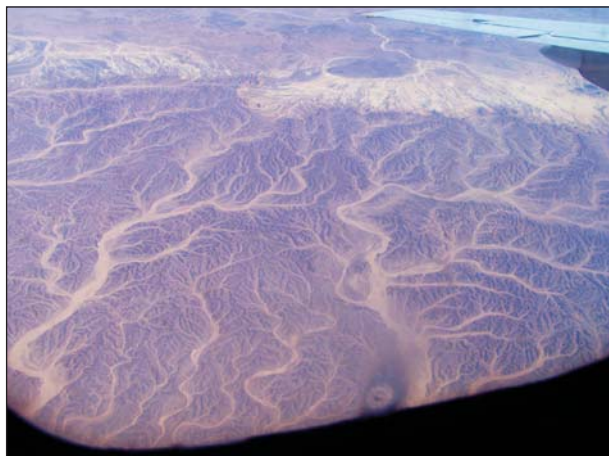
тому наряду с анализом тектоники субстрата рифтов, их осадочно-вулканогенного выполнения, изучение окружающих их гор позволяет получить незаменимую информацию и сделать наши знания о рифтогенезе на Земле более полными.

Мне приходилось изучать горы различных рифтовых систем на континентах, и наконец я добрался до межматерикового Красноморского рифта, интересного во многих отношениях. Во-первых, Красноморский рифт — начальный элемент генетического ряда рифтовых систем, отображающих последовательный раскол континентальной литосферы, расхождение ее геоблоков и, в конечном счете, формирование нового океанического бассейна с осевой (срединно-океанической) впадиной. Во-вторых, в его осевой части широко проявлен современный рудогенез. Все это в основном изучалось морскими геолого-геофизическими экспедициями, а вот горы вокруг Красного моря оставались в «научной тени». Между тем они очень интересны. Экзогенные процессы здесь протекают в условиях резкого дефицита осадков, годовая сумма которых составляет менее 10 мм. В тектоническом отношении горы вокруг Красного моря представляют собой широкие (сотни километров) плечи-противоподнятия межматерикового рифта. Это тоже начальные формы генетического ряда гор на окраи-

нах гондванских (южных) материков и субконтинентов. Они продолжают длительное активное развитие и образуют наклонно поднятые глыбы, обрывающиеся к побережьям крутыми уступами. Таковы и Западные Гаты Индостана, и Драконовы горы на юге Африки, и Большой Водораздельный хребет в Австралии. Удивительно, что они продолжают активно существовать и вдали от срединно-океанических рифтов, которые заново «обрастают» горами уже на океанической литосфере. Объясняется это тем, что при расколе континентов и преобразовании межматериковых рифтов в срединно-океанические рифтогенез продолжается в виде впадинообразования на шельфах и континентальных склонах, а окраинно-материковые горы начинают играть активную роль в качестве плечей-противоподнятий. Происходит как бы бифуркация рифтогенеза, обеспечивающая продолжение активной жизни окраинно-материковых наклонно поднятых глыб.

Горы Восточной пустыни Египта — типичные аридные горы в современном их виде. Они пламенеют, особенно на восходе солнца, потому что сложены красноватыми и мясокрасными гранитами и сиенитами фундамента Африканской платформы, а слоистые породы ее чехла при выветривании обычно покрываются красно-бурыми гидроксидами железа.

© Уфимцев Г.Ф., 2005



Сложная конфигурация долинной сети говорит о значительной обводненности территории в прошлом.



Остров-антиклиналь с пластовыми треугольниками у г. Хургада.

Здесь и далее фото автора

Я впервые увидел Красноморские горы на цветном перспективном космическом снимке района дельты Нила. На снимке отчетливо просматривались поперечные разломы — сбросовые уступы, рассекающие северную часть Красноморских гор и формирующие в них широкие понижения в виде поперечных грабен. Такие поперечные разломы являются полными аналогами трансформных разломов срединно-океанических рифтовых систем.

Детальнее рассмотреть особенности морфологии рельефа удастся уже через иллюминатор самолета. Обращает на себя внимание сложная сеть долин с общим древовидным и решетчатым рисунком, лишенная водотоков (Нил — единственная река в Египте) и даже следов русел. Долины чаще всего прямолинейны, сопряжены друг с другом и образуют характерные прямоугольные или треугольные решетчатые системы, ограничивающие разновысотные и

расчлененные горные массивы. Сильное расчленение гор вокруг Красноморского рифта имеет эрозионную природу и свидетельствует об их формировании (или развитии) в эпоху с более влажным климатом. Сейчас долины-вади в горах затянута эоловыми песками.

Средняя высота Красноморских гор (гор Аравийской или Восточной пустыни) составляет 1200—1500 м. Вершина Шаиб-Эль Банит (юго-западнее Хургады) достигает 2187 м. Наиболее



Характерный облик сбросового уступа в осадочных породах платформенного чехла. Хорошо виден скальный обрыв-бордю, а под ним склон с многочисленными промоинами и промежуточной ступенью.



Конические вершины над песчаной поверхностью долины.

высокие массивы приближены к побережью Красного моря. Таким образом, гигантская глыба на восток обрывается крутым уступом в сторону днища рифта, а на запад полого наклонена к долине Нила. Ширина горной системы на юге достигает 250 км, а на севере резко сужается до 100 км и ограничивается сбросовым уступом по линии Каир—Суэц. На западном склоне гор широкие продольные проходы (типа вади Кена) обособляют от основного горного массива наклонные блоки с максимальными высотами 850—990 м, сложенные осадочными породами чехла древней Африканской платформы. Они имеют облик куэст или столовых возвышенностей и эффектно выглядят в районе г.Кена и южнее г.Луксора.

Со стороны Красного моря горы возвышаются тысячеметровой стеной над прибрежной равниной. Восточное предгорье Красноморья имеет непростое строение. В целом, это пологонаклонная поверхность с котловинами выдувания и невысокими грядами эоловых песков. Но этот общий фон осложняется холмогорными грядами, выступающими из-под уровня моря в виде довольно крупных остро-

вов. Склоны их представляют собой системы куэст и пластовых треугольников, указывающих на антиклинальную природу островных возвышенностей. То же самое можно сказать и о береговых возвышенностях, которые представляют собой двускатные образования с центральным щелевидным продольным проходом.

Особенность восточного сбросового уступа — узкие низкогорные и холмогорные ступени, указывающие на сложное строение краевого разлома межматерикового рифта и тектонические перемещения по нему. Кроме того, здесь наблюдаются свойственные сбросовым уступам любой климатической зоны базальные и вершинные фасеты — склоны треугольной формы, сомкнутые в основаниях, а также антифасеты — в верховьях крутых склоновых ложбин. Но крайняя аридность климата дает о себе знать. Сбросовый уступ (особенно на массивных и кристаллических породах) — сплошь скальный, со сложной системой раскрытых щелей-трещин или эрозионных промоин.

Вообще морфология гор сильно зависит от характера слагающих их пород — массив-

ных кристаллических (эффузивных, интрузивных, метаморфических) или слоистых осадочных. Поэтому можно говорить о двух основных морфологических разновидностях. Но прежде чем дать их характеристику, кратко упомянем об особенностях морфогенеза в аридном климате, господствующем в красноморском регионе.

Густая и правильно организованная долинная сеть свидетельствует о существовании здесь в прошлом более влажного климата, когда осадков хватало для нормального формирования и функционирования речных долин. Тем не менее и сейчас в аридных условиях периодические ливни производят гигантскую работу, доказательством которой служит дробное расчленение склонов, сложенных осадочными породами.

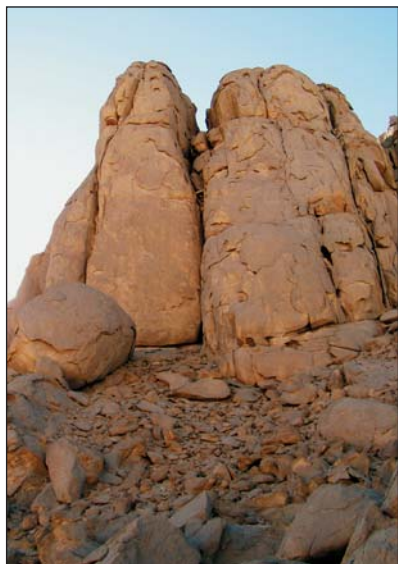
В Красноморских горах господствуют два процесса: эоловый перенос песчаного материала и температурное выветривание. Первый присутствует везде, а долины-вади и мелкие понижения служат ветровыми коридорами. Температурное выветривание активно протекает на склонах. Прежде всего это шелушение (десквамация) скальных выходов горных пород.



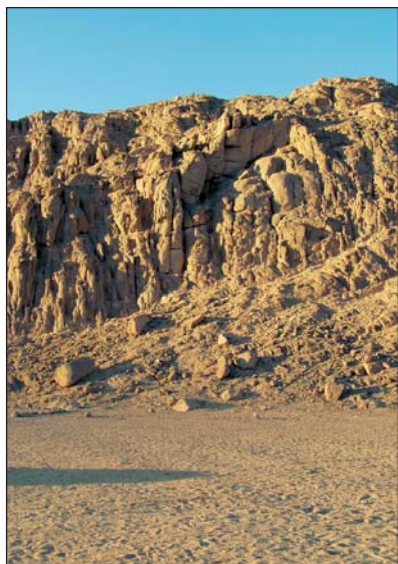
На береговых холмах распространены эоловые борозды и песчаные кочки-«наплески». На поверхности лежат упавшие с гор причудливые обломки выветрелых гипсов.



Крупнозернистые породы быстрее поддаются температурному выветриванию и ветровой денудации (корразии).



Шелушащиеся скалы с раскрытыми расщелинами.



Уступ с раскрытыми трещинами на борту долины.

Горный ландшафт на слоистых осадочных образованиях характеризуется плоскими вершинными поверхностями. Переход от плато к склонам очень резкий. Устойчивые к выветриванию породы склонов образуют субвертикальные стенки, своего рода скальные бордюры высотой обычно в несколько метров. Стенки прорезаны многочисленными узкими щелями,

вдоль которых температурное выветривание протекает наиболее интенсивно. Сами склоны распадаются на два пояса: нижний, где господствуют промоины, и верхний, в котором преобладают уже раскрытые трещины. Именно такая зональность склонов и придает аридным горам красноморского региона особую привлекательность.

В пределах выхода на поверхность кристаллических пород фундамента морфология красных гор существенно меняется. Над верхним уровнем выступают отдельные конические вершины или целые их группы. Склоны — сплошь скальные, с многочисленными зияющими трещинами, вдоль которых следуют крутые коридоры, щели, кулуары. Но и здесь существует некоторая поясность. В верхних и средних частях склонов субвертикальные зияющие трещины разделяют скальные породы на блоки с округленными ребрами и с шелушащимися поверхностями (процессы десквамации проявлены здесь в полной мере). В нижних частях склонов наблюдаются скопления округлых блоков, образующих хаотические и очень живописные скопления.

Когда коренные породы (например, граносиениты) представляют собой крупнозернистые образования, процессы десквамации подавляются растрескиванием и разложением на мономинеральные зерна. Здесь отдельные выступы буквально можно разобирать рукой до дресвы (сапролита). Днища же вадии сложены песком с дресвой и полностью лишены русловых форм. После паводка во время катастрофических ливней поверхность днищ быстро «восстанавливается» благодаря эоловому воздействию.

С еще одной особенностью аридных гор можно ознакомиться при их поперечном пресечении, например, от порта Сафага на берегу Красного моря до г.Кены в долине Нила. Прибрежная равнина медленно поднимается к основанию гор и

представляет собой практически голую песчаную поверхность, осложненную грядами, холмиками или просто песчаными кочками. Над ней на западе резко поднимается скальный сбросовый уступ. Песчаная поверхность словно втягивается в горы по днищам долин, постепенно расширяющихся к верховьям. Борты долин без каких-либо переходов круто возвышаются над днищами. Осыпных шлейфов в основаниях склонов практически нет. При редких и сильных ливнях обломочный материал, видимо, сразу выносятся в долины.

Перевал в бассейн Нила практически незаметен, что, видимо, объясняется наличием сквозного поперечного разлома. За перевалом днища долин становятся шире и образуют своеобразную сетчатую песчаную равнину, а горы постепенно сменяются холмогорьями. В районе вадии Кена мы наблюдаем локальную поверхность выравнивания, составленную десквамационными пологосклонными холмами высотой не более 20 м, обремененными песчаными проходами.

Далее на запад следует широкое с песчаной поверхностью внутригорное понижение вадии Кена, и появляются типичные столовые горы, обрамленные хорошо выраженными педиментами (пологонаклонными денудационными равнинами).

Таким образом, выровненная территория внутригорного понижения вадии Кена составлена формами рельефа трех видов: аккумулятивной эоловой песчаной равниной; долинными педиментами и холмистой (волнистой) десквамационной поверхностью. Здесь мы наблюдаем достаточно уникальное образование, которое можно назвать локальной полигенетической поверхностью выравнивания. Такие структуры можно встретить лишь в супераридной климатической обстановке. И именно поэтому так влечет нас к дальним путешествиям. ■



«Перфторан»: революционная комбинация

А.А.Недоспасов, Н.В.Беда

«Н ет ничего более практичного, чем хорошая теория» — фундаментальная наука неизбежно находит выход в практику. Увы, в родном отечестве эта аксиома все чаще оказывается теоремой, проблемой, а то и просто иллюзией. Быть может, фундаментальные исследования, описанные в этой работе, позволят восстановить статус-кво и минимизировать ущерб от возникшего дисбаланса.

Многие лекарственные препараты и методы лечения, открытые задолго до «эры NO», в большей или меньшей степени влияют на метаболизм оксидов азота, но действие это часто остается незамеченным, а лечебные эффекты объясняются какими-то другими причинами. Яркий пример тому — клиническое применение искусственных кровезаменителей на основе перфторорганических соединений (ПФС), известных в России под названиями «Голубая кровь» и «Перфторан» [1–3].

Идея ПФС-кровезаменителей возникла в конце 60-х годов XX в. Поскольку жидкие ПФС прекрасно растворяют кислород, эмульсии из них могли бы выполнять газотранспортную функцию эритроцитов крови. Исследования активно велись в Японии, СССР и США. В 80-е годы, во время афганской войны, опытные партии советских препаратов спасли немало жиз-



Андрей Артурович Недоспасов, доктор химических наук, заведующий группой энзиматического анализа Института молекулярной генетики РАН. Занимается биохимией оксидов азота.



Наталья Владимировна Беда, младший научный сотрудник той же группы. Область научных интересов — аналитическая биохимия.

ней раненым, обреченным на неминуемую смерть от потери крови. В настоящее время «Перфторан» допущен к клиническому применению и свободно продается в аптеках.

Со временем выяснилось, что применение «Перфторана», в том числе в малых дозах, часто дает положительные эффекты, для которых связь с его газотранспортной функцией не просматривается. Одновременно обнаружили ряд побочных эффектов, также не находивших объяснения. Сегодня многие из них стали понятны благодаря представлениям о мицеллярном окислительном нитрозировании*. Этот термин, предложенный нами для введения радикала $\cdot\text{NO}$ в гетерогенной среде, подразумевает, что в значительной степени реакции идут по радикальному механизму: молекула NO реагирует со свободным радикалом, образовавшимся из молекулы-мишени под действием $\cdot\text{NO}_2$ — продукта окисления NO.

© Недоспасов А.А., Беда Н.В., 2005

* Подробнее см.: Недоспасов А.А., Беда Н.В. Биогенные оксиды азота // Природа. 2005. №7. С.33–39.

Перфторуглеводороды (ПФУ) — экстремально гидрофобные вещества с большим коэффициентом распределения Q для кислорода и NO в смесях с водой. Кислород растворяется в них (в гидрофобной фазе эмульсии) гораздо лучше, чем в воде или плазме крови, из-за чего они и нашли применение в составе кровезаменителей. Благодаря мицеллярному катализу микрокапли эмульсии в крови действуют как губки для обоих газов, именно в них происходит теперь основная часть окисления NO.

В предыдущей статье мы рассматривали влияние гидрофобных фаз на процессы окисления NO (например, при образовании холестериновых бляшек на стенке кровеносного сосуда). При сравнении с эмульсией ПФС-кровезаменителей заметны три существенных отличия.

Во-первых, гораздо выше значения Q . Поскольку ускорение реакции окисления NO при введении оптимальных количеств гидрофобной фазы пропорционально Q^2 , NO в присутствии «Перфторана» окисляется гораздо быстрее [4, 5]. При этом увеличиваются скорости нитрозирования и других процессов, зависящих от мицеллярного катализа, — все они протекают преимущественно в искусственной гидрофобной фазе или на границе раздела фаз. Концентрация NO в водной фазе первоначально падает, что приводит к активации ферментов NO-синтаз, поставляющих NO.

Во-вторых, капли эмульсии не смачивают стенки сосудов (перфторуглеводороды вообще ничего не смачивают из имеющихся в организме поверхностей раздела фаз). Более того, NO из холестериновых бляшек и других «обычных» гидрофобных фаз также частично переходит в капли эмульсии. Значит, повреждающее действие продуктов окисления NO на стенки сосудов уменьшается.

В-третьих, линейные размеры капель эмульсии в «Перфторане» менее 0.1 мкм (диаметр эритроцита ~20 мкм, а холестериновой бляшки много больше); соответственно, отношение поверхности к объему оптимально для протекания реакций нитрозирования на границе раздела. Если в окружающем пространстве присутствуют тиолы (RSH), капля эмульсии может действовать как миниатюрный реактор по производству тионитритов (RSNO). В норме в плазме крови довольно высокая концентрация восстановленного глутатиона (трипептида, содержащего остаток цистеина со свободной HS-группой), нитрозоформа которого — прекрасный донор NO.

Таким образом, аналогия капли перфторуглеводородной эмульсии с эритроцитом оказалась гораздо глубже, чем полагали сначала: оба переносят и кислород, и углекислый газ, и NO/RSNO. Понятно, что даже малые дозы кровезаменителей типа «Перфторана», введенные в кровяное русло, обладают эффектом, характерным для нитроглицерина (основы динамита и одновременно популярного лекарства), т.е. вызывают релаксацию сосудов и восстанавливают кровообращение.

В первых опытах на крысах было наглядно продемонстрировано влияние эмульсий перфторуглеводородов на метаболизм NO: при введении «Перфторана» наблюдались предсказанные колебания концентраций нитрита и нитрата в плазме, изменения частоты сердечных сокращений, обычные при действии вазодилаторов типа нитроглицерина. Ингибирование NO-синтаз снимало эти эффекты [6]. Несколько лет спустя эту работу повторили в США [7].

Побочные эффекты применения кровезаменителей типа «Перфторан» во многих случаях проявлялись не сразу, а спустя значительное время после переливания крови. Поверхностно-активные вещества, используемые для стабилизации эмульсий при создании ПФУ-кровезаменителей, выводятся из организма гораздо быстрее, чем сами ПФУ (характерные времена — сутки и месяц соответственно). Если в первые часы после введения эмульсии становится основным местом окисления NO, то через сутки процессы перемещаются главным образом в естественные липидные фазы организма, в которых растворились ПФУ. Ясно, что в организме они (в виде отдельной фазы или растворенные в имеющихся гидрофобных фазах) будут влиять не только на параметры мицеллярного окисления NO из-за роста Q_o и, особенно, Q_{NO} , но и на все последующие процессы, включая нитрование и нитрозирование липидов, белков и нуклеиновых кислот. Таким образом, «отравления» под действием *химически инертных* перфторуглеводородов, в том числе газообразных, растворяющихся в липидах, можно объяснить потерей устойчивости системы регуляции метаболизма оксидов азота.

Ускорение окисления NO кислородом отражается на равновесии высших оксидов азота; при этом их стационарные концентрации меняются. Если электрофильное нитрозилирование (образование RSNO, рис.1) преимущественно протекает

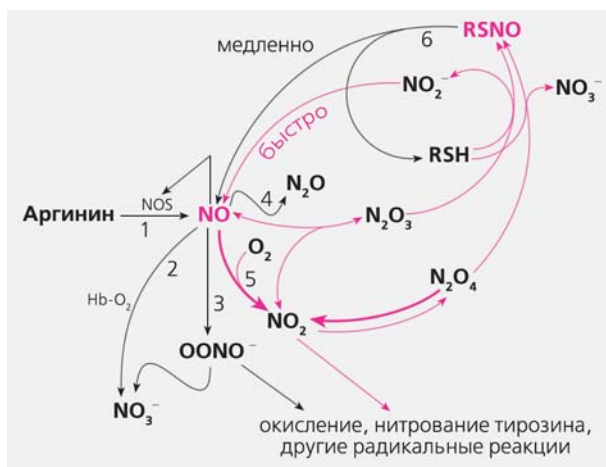
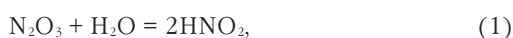


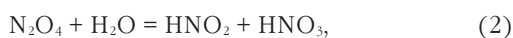
Рис.1. Схема биосинтеза NO и основные метаболические пути оксидов азота.

под действием NO^+ (N_2O_3 , N_2O_4), а радикальные реакции (включая нитрование и окисление белков и нуклеиновых кислот) — под действием $\cdot\text{NO}_2$, то при использовании искусственных гидрофобных фаз в качестве кровезаменителей желателно сместить равновесие в сторону первых, во всяком случае не увеличивать стационарные концентрации NO_2 .

Концентрации высших оксидов азота при окислении NO чрезвычайно низки, и измерить их обычными методами не удастся. Мы нашли простой и чувствительный способ, основанный на определении нитрата в продуктах окисления. Нитрат восстанавливается в нитрит соединениями ванадия, скорость этого процесса измеряют с помощью реакции Грисса (по образованию красителя). Если из образца удалить имевшийся первоначально (до восстановления нитрата) нитрит, весь образовавшийся краситель будет происходить из нитрата. Поскольку в результате гидролиза N_2O_3 получается только нитрит



а при гидролизе N_2O_4 — эквимолярная смесь нитрита и нитрата



доля нитрата в продуктах будет мерой стационарных концентраций обоих оксидов. В целом, в малополярных гидрофобных фазах стабилизация N_2O_3 при сольватации минимальна, распад на NO и NO_2 усиливается, и доля NO_2 должна расти:



Анализ системы уравнений для стационарных концентраций оксидов азота показал, что возможно снижение $[\text{NO}_2]_{\text{ст}}$ независимо от изменений $[\text{NO}]_{\text{ст}}$ и общего пула оксидов азота [8]. В частности, избирательно ускоряя нитрозилирование, мы снижаем не только $[\text{N}_2\text{O}_3]_{\text{ст}}$, но и $[\text{NO}_2]_{\text{ст}}$, т.е. скорости всех радикальных реакций с его участием. В этой связи поиск катализаторов нитрозилирования/денитрозилирования становится важной задачей биохимии.

Сравним влияние гетерогенности среды и сольватации на нитрит-нитратный баланс в продуктах окисления NO в присутствии обычных липидов и в «Перфторане» (рис.2). Видно, что в первом случае при добавлении гидрофобной фазы доля нитрата (а значит, вызываемых $\cdot\text{NO}_2$ радикальных реакций!) растет, во втором оказывается ниже, чем в гомогенном водном растворе [9]. Отчасти эффект связан с каталитическим действием полиэфирного стабилизатора эмульсии на реакцию нитрозилирования. Его можно усилить с помощью других найденных нами катализаторов. На рис.2 в качестве иллюстрации показаны каталитические эффекты фосфата и триполифосфата. При увеличении скорости гидролиза N_2O_3 (фактически — нитрозилирования воды) уменьшаются стационарные концентрации как N_2O_3 , так и NO_2 из-за сдвига равновесия в реакции (3).

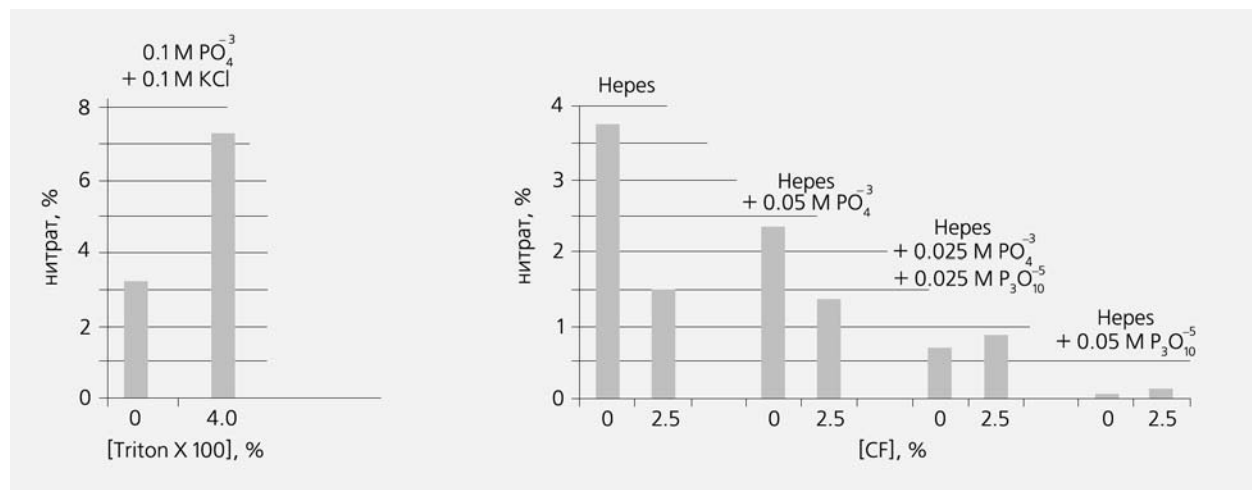


Рис.2. Гистограмма, отражающая вклад гетерогенности среды и катализаторов денитрозилирования в баланс нитрит/нитрат при окислении NO . Слева: в гетерогенной среде скорость окисления NO выше, чем в гомогенной. Обычно система равновесий высших оксидов азота сдвигается в сторону NO_2 и N_2O_4 , и доля нитрата в продуктах возрастает. Triton X 100 — детергент (аналог мыла), использованный для получения липосом (по данным *Liu et al.*, 1998). Справа: хотя в CF-эмульсиях скорость окисления NO возрастает сильнее, чем в обычных липидах, сольватация и скорости гидролиза высших оксидов азота изменены. В присутствии «Перфторана» доля нитрата в продуктах ниже, чем в гомогенном водном растворе (левая пара столбиков). Фосфат (PO_4^{3-}), пиро- ($\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$) и триполифосфат ($\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$) ускоряют гидролиз N_2O_3 в нитрит. В результате стационарные концентрации NO_2 и N_2O_4 уменьшаются и выход нитрата падает. Видно, что полифосфат гораздо активнее, чем фосфат. Hepes — компонент буферного раствора.

Впрочем, и здесь не обошлось без парадоксов и неожиданностей. Перфторуглеводороды и их гетероаналоги (вещества, содержащие помимо С и F другие атомы; например, перфтороктилбромид — ПФБ), близкие по растворяющей способности в отношении кислорода, считались одинаково инертными. Поэтому при создании кровезаменителей выбор конкретных соединений был случайным и определялся в значительной степени давлением пара и доступностью в чистом виде. (В промышленности ПФУ и их гетероаналоги получают для далеких от медицины целей, в частности для электротехники.) Так, основу «Перфторана» составляет смесь изомеров перфтордекалина и перфтор-(4-циклогексил,N-метил)пиперидина (рис.3). В Японии и США наиболее популярен перфтороктилбромид (C₈F₁₇Br, ПФБ; в кровезаменителях «Перфлюброн», «Оксиджент» и др.).

Интересно, что сегодня перфтороктилбромид применяется при искусственной вентиляции легких. В легкие пациента (чаще в одно) вводят жидкий ПФБ (~1 л) и шланг с распылителем для подачи воздуха или кислорода. По завершении процедуры шланг удаляется, а ПФБ остается в легких и медленно (недели—месяцы) выводится с выдыхаемым воздухом, а часть его обнаруживается в крови.

Неоднократно отмечалось, что физиологические свойства и кровезаменителей на основе перфторуглеводородов, перфтороктилбромидов и чистых компонентов различны. Причины этого оставались непонятными. Действительно, если бы эффекты этих соединений сводились лишь к транспорту кислорода, они были бы одинаковы для всех ПФУ и ПФБ, поскольку значения коэффициента распределения NO для перфтороктилбромидов и не содержащих атома брома перфторсоединений, включая перфтордекалин (основной компонент «Перфторана»), также оказались близкими. Таким образом, объяснить различные физиологические эффекты только разной сольватацией NO не удалось. В этой связи мы поставили под сомнение постулат об инертности перфтороктилбромидов *in vivo* и начали искать природные супернуклеофилы, способные реагировать с ним при температуре тела [10].

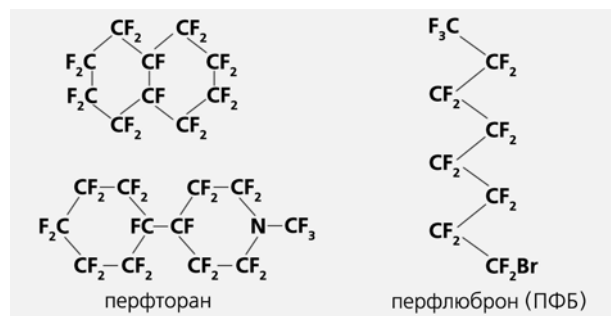


Рис.3. Формулы перфторорганических соединений, используемых в производстве кровезаменителей.

Для перфторалкилгалогенидов были известны реакции перфторалкилирования при катализе низковалентными комплексами никеля и кобальта. Наиболее известная форма существования кобальта *in vivo* — кобаламин (витамин В₁₂), который в восстановленной форме служит кофактором ряда ферментов (рис.4). Мы показали, что кобаламин активирует ПФБ, видимо, с образованием перфтороктильного радикала и Со(II), который может снова восстанавливаться до Со(I). Значит, витамин В₁₂ в присутствии восстановителей играет роль катализатора перфторалкилирования под действием ПФБ. Реакцию удалось «визуализировать» с использованием флюоресцирующих мишеней. В тех же условиях связь С-F оказалась устойчивой: мы не обнаружили перфторалкилирования под действием перфтордекалина. Судьба гидрофобных перфторалкильных радикалов *in vivo* остается неизвестной. Вероятно, они способны эффективно реагировать с NO (природным инактиватором свободных радикалов), образуя новые токсичные продукты.

Принципиальное отличие ПФУ и ПФБ в отношении к супернуклеофилам типа восстановленных форм кобаламина позволяет объяснить различие свойств кровезаменителей на их основе: ПФБ в физиологических условиях нельзя считать химически инертным. Аналогичные объяснения применимы и к многочисленным отравлениям другими перфторалкилгалогенидами (ПФГ): помимо механизмов, связанных с NO-катастрофами, они могут участвовать в реакции перфторалкилирования обычных метаболитов. Ясно, что низкие концентрации кобаламина в тканях делают их малозаметными, но не менее неприятными, особенно при больших «периодах полувыведения» (мера времени жизни в организме) высших гомологов. Не исключено, что в качестве восстановителей ПФГ, помимо В₁₂, могут выступать и другие метаболиты. Поскольку современный уровень знаний не позволяет оценить отдаленные последствия и степень риска, эксперименты с использованием перфторалкилгалогенидов на людях следовало бы предельно ограничить.

Общее число пациентов, получивших большие дозы перфтороктилбромидов по медицинским показаниям, и добровольцев, участников испытаний, неизвестно, но заведомо пятизначное. Низшие газообразные перфторалкилгалогениды используются как растворители, в том числе при химической чистке одежды, как фреоны (бромтрифторметан), а также в огнетушителях и автоматических противопожарных системах — от военной техники до космических кораблей многоразового использования («Спейс Шаттл»). Описано множество случаев отравлений, в том числе со смертельным исходом, при вдыхании газообразных перфторалкилгалогенидов. Очевидно, что и длительность воздействия, и концентрации этих веществ (в частности, в наших химчистках самообслужи-

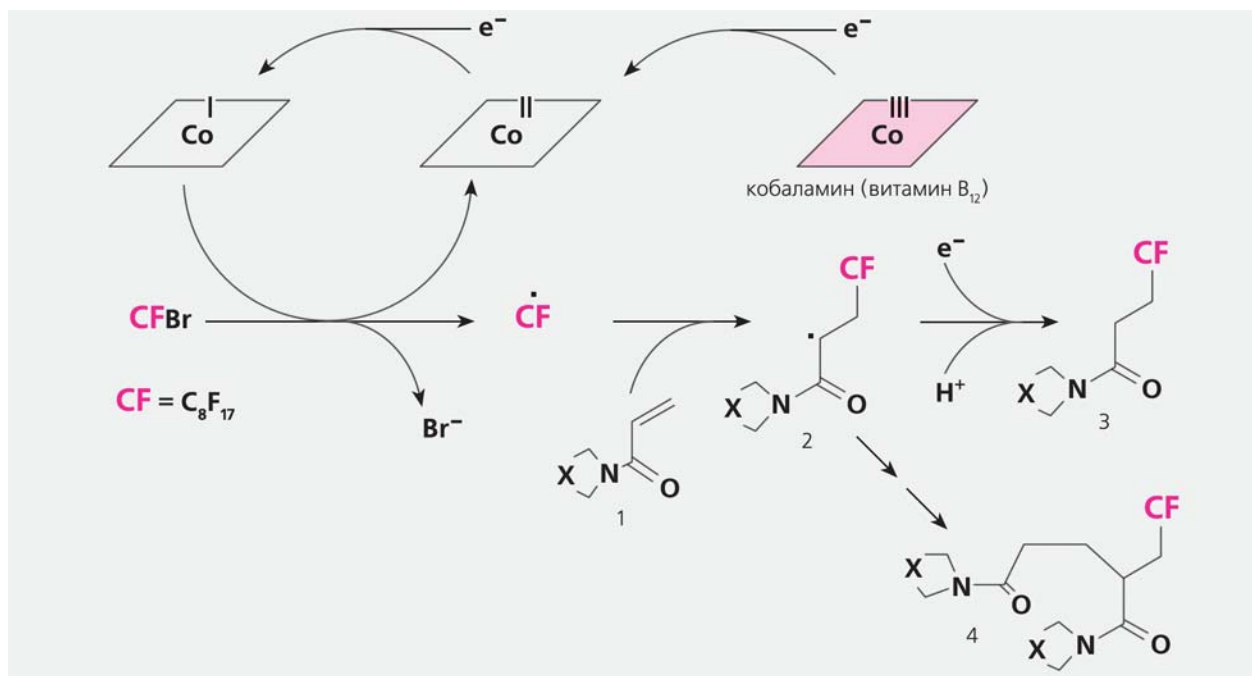


Рис.4. Схема катализа кобаламином (витамином B₁₂) реакций перфторалкилирования под действием перфторалкилгалогенидов. In vivo кобаламин восстанавливается до Co⁺¹. Этот супернуклеофил способен «вырвать» атом брома из молекулы перфторалкилбромида (показана как CFBr). Образующийся перфторалкильный радикал CF· вступает в реакции с активированными двойными связями (показан замещенный акриламид, X — флуоресцирующая группа), ароматическими соединениями и др. Вновь образовавшиеся радикалы (2) стабилизируются различными путями, приводя к стабильным CF-содержащим продуктам (3, 4).

вания) могут меняться в широких пределах. Известны примеры, когда серьезные проблемы со здоровьем и смерть наступали спустя значительное время после отравления ПФГ.

Открытие перфторалкилирования при катализе известным витамином после 40 лет работ по использованию ПФГ в медицине поднимает серьезные философские вопросы. Корреляция между появлением озоновых дыр и попаданием фреонов в атмосферу — факт, установленный в ходе фундаментальных научных исследований. Реакция образования перфторалкильных радикалов при облучении фреонов ультрафиолетом попала не только в вузовские, но и в школьные учебники. Связь алкилирования ДНК и свободно-радикальных реакций с мутациями и раком должен уметь объяснить любой выпускник средней школы. Аналогия между озоном и высокоактивными метаболитами, участвующими в реакциях окисления (в том числе при биосинтезе NO), также кажется достаточно очевидной. Тем не менее тысячам добровольцев и пациентов вводили и продолжают вводить большие дозы ПФГ, которые остаются в организме на месяцы. Остается загадкой, почему и у участников, и у организаторов таких экспериментов, несмотря на все эти знания, никогда не

возникал вопрос о химической инертности ПФГ *in vivo*. Отрицательный ответ на этот вопрос мог и должен был быть получен много лет назад, до начала массовых экспериментов на людях.

Сегодня острая необходимость в изучении биохимии ПФГ и методов детоксикации этих соединений и их потенциальных метаболитов очевидны, поскольку, несмотря на предупреждения экологов, их по-прежнему широко используют в технике и в быту, и случайные контакты с ними в случае разного рода аварий и форс-мажорных обстоятельств будут случаться и впредь даже при полном прекращении использования перфтороктилбромидов в медицине. Не исключено, что эффективным методом выведения труднолетучих ПФГ и продуктов их превращений окажется кратковременное введение стабилизированных эмульсий химически инертных перфторуглеводородов (типа «Перфторана») с последующим удалением их гемосорбцией вместе с «экстрагированными» перфторалкилгалогенидами.

* * *

В заключение мы хотим привести примеры популярных препаратов, механизм действия которых связан с регуляцией метаболизма оксидов азота.

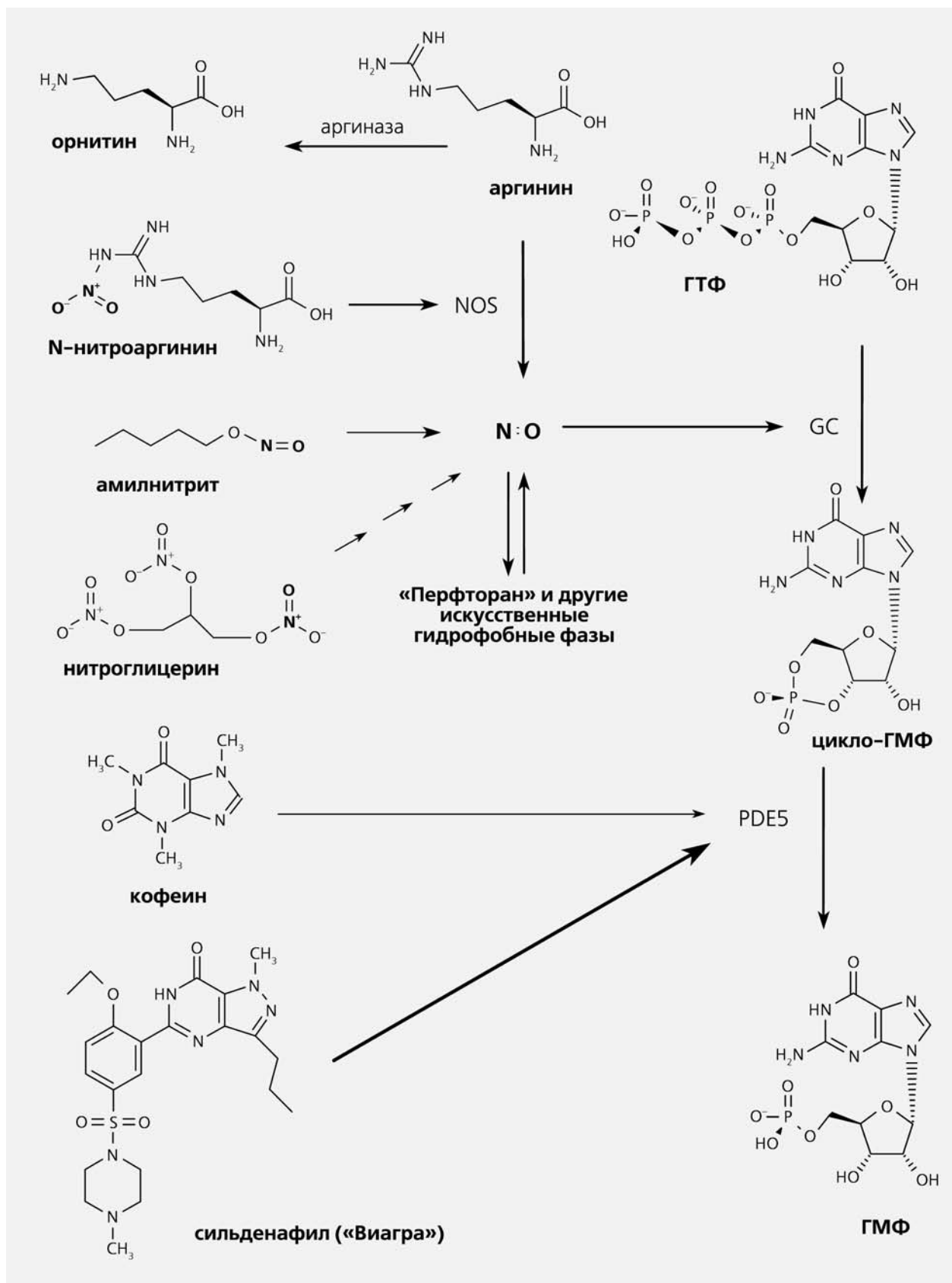


Рис.5. Популярные фармацевтические препараты, механизм действия которых связан с регуляцией метаболизма оксидов азота.

Напомним, что NO синтезируется из аргинина под действием NO-синтазы (NOS) и активирует гуанилатциклазу (GC), поставляющую цикло-ГМФ, который и служит молекулярным сигналом к расширению сосудов (рис.5). *Нитроглицерин* и *амилнитрит* как искусственные доноры NO при сердечной недостаточности обеспечивают расширение сосудов миокарда и предотвращают развитие инфаркта. Более того, они могут быть полезны даже на ранних стадиях после случившегося инфаркта или инсульта: помимо возобновления кровотока (благодаря активации гуанилатциклазы), образующийся NO действует как детоксикатор свободных радикалов, концентрация которых резко возрастает после инфаркта или инсульта, что и служит причиной гибели клеток сердечной мышцы или мозга. В последние годы в качестве эффективной экстренной меры пациента помещают в атмосферу с очень небольшим количеством NO.

Развитие септического шока связано с чрезмерной активностью NO-синтазы, индуцированной попавшими в кровоток патогенами. Организм, пытаясь обезопасить себя от вторжения чужеродных клеток, производит большие количества NO для их уничтожения. Это приводит к активации гуанилатциклазы, слишком сильному расширению сосудов, как следствие — к падению давления крови. Смерть наступает от снижения эффективности кровообращения. Ингибиторы NO-синтазы (например, *нитроаргинин*) или введение в кровь *аргиназы* (фермента, разрушающего аргинин — предшественник NO) могут быть спасительными.

Уровень цикло-ГМФ поддерживается балансом активностей гуанилатциклазы (синтез) и специфической фосфодиэстеразы PDE5 (распад). Ингибирование последней обеспечивает высокую концентрацию цикло-ГМФ даже при недостатке синтеза NO, активирующего гуанилатциклазу. *Кофеин* — слабый и неспецифический ингибитор фосфодиэстераз, расщепляющих цикло-ГМФ. *Сильденафил* («Виагра») — мощный и специфический ингибитор фосфодиэстеразы PDE5 — оказался эффективным средством при

импотенции (злые языки утверждают, что именно это открытие было решающим для членов Нобелевского комитета). Тот же эффект может быть достигнут ингибированием аргиназы.

«Перфторан» и другие искусственные гидрофобные фазы могут выступать и как активаторы, и как блокаторы различных NO-зависимых процессов. Растворимость NO и O₂ в эмульсии перфторуглеводорода выше, чем в плазме крови, что первоначально обеспечивает переток NO из плазмы в гидрофобную фазу эмульсии, где из-за мицеллярного катализа скорость его окисления выше, чем в окружающей капли эмульсии плазме. В целом, концентрация NO в крови падает (показано красной стрелкой), одновременно падает необратимое окисление NO в нитрат под действием гемоглобина. Снижение концентрации растворенного NO может активировать NOS. Продукты окисления NO преимущественно образуются в эмульсии, и именно там выше нитрозирующая активность. Дальнейшая судьба продуктов окисления может регулироваться; возможен вариант, когда эмульсия становится источником NO-доноров.

Скорости накопления знаний, появления новых технологий к началу третьего тысячелетия стали буквально фантастическими. В существенной степени столь бурный рост имеет автокаталитический механизм: он обеспечивается успехами науки в предшествующие годы и регулируется скоростью превращения фундаментальных научных открытий в новые технологии, используемые как для «потребления», так и для дальнейшего развития исследований. Для биологических наук примерами первых являются появление методов диагностики и лечения неизлечимых ранее заболеваний или выведение высокопродуктивных сельскохозяйственных культур. Ко вторым можно отнести все более тонкие методы анализа (веществ, клеток и целых организмов) или синтеза сложных «биологических» молекул. В целом, предшествующие успехи в фундаментальных исследованиях определяют новые достижения как в экономике, так и в самой науке. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 02-04-49530 и 03-04-06492.

Литература

1. Шноль С.Э. Герои и злодеи российской науки. М., 1997.
2. Иваницкий Г.Р. // Биофизика. 2001. V.46. P.5—33.
3. Squires J.E. // Science. 2002. V.295. P.1002—1005.
4. Gordin V.A., Nedospasov A.A. // FEBS Lett. 1998. V.424. P.239—242.
5. Рафилова О.В. // Татьяна день. Мицеллярный катализ окисления оксида азота в эмульсиях перфторуглеводородов и его влияние на цикл оксида азота в организме млекопитающих. М., 2000.
6. Rafikova O., Sokolova E., Rafikov R., Nudler E. // Circulation. 2004. V.110. P.3573—3580.
7. Nedospasov A.A. // J. Biochem. Molecular. Toxicol. 2002. V.16. P.109—120.
8. Беда Н.В., Пименова (Сунцова) Т.П., Недоспасов А.А. // Проблемы и перспективы молекулярной генетики / Ред. Е.Д.Свердлов. М., 2004. Т.2. С.237—301.
9. Беда Н.В., Недоспасов А.А. // Биохимия. 2003. Т.68. С.1697—1704.

Дерево корненожек

В.В.Алёшин, А.П.Мыльников, Н.Б.Петров

Где найти амёб?

Наступивший год — юбилейный. 250 лет назад, заглянув в микроскоп, Резель фон Розенхоф открыл новую страницу в естествознании. Увиденная им живая тварь, подобно мифическому Протею, менялась на глазах, оставаясь одним существом. В цепи ее бесконечных превращений невозможно было понять план, по которому она создана творцом, не говоря о таких мелочах, как отсутствие головы и туловища, переднего и заднего конца тела, правой и левой стороны и т.п. В то время за сменной облика нельзя было увидеть того, что в амёбе не меняется — структуру генов и белков, а также продуктов их работы, составляющих ее тело независимо от внешних метаморфоз.

Вскоре амёб нашли в самых разных местах — от сфагновых болот до глубин мирового океана. Они могут поселиться в крохотной лужице воды от бытового кондиционера и образовать там резервуар опасных для человека бактерий-легионелл. А могут и сами напасть на человека и вызвать амёбную дизентерию, бронхит или смертельный энцефаломиелит. В последнем случае они проползут по обонятельным нервам из носо-



Владимир Вениаминович Алёшин, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник НИИ физико-химической биологии им.А.Н.Белозерского Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — зоология, молекулярная эволюция и филогенетика.



Александр Петрович Мыльников, доктор биологических наук, главный научный сотрудник Института биологии внутренних вод им.И.Д.Папанина РАН, Борок. Область научных интересов — морфология, систематика, экология и эволюция гетеротрофных жгутиконосцев и амёбофлагеллят.



Николай Борисович Петров, доктор биологических наук, заведующий лабораторией НИИ физико-химической биологии им.А.Н.Белозерского Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — зоология и молекулярная филогенетика.

© Алёшин В.В., Мыльников А.П., Петров Н.Б., 2005

вой полости в мозг купальщика подогреваемого бассейна или термального источника (амебы из обычных луж и прудов, наверное, тоже могли бы проделать такой путь, да им неуютно будет при 37°C). Но в организме человека есть и полезные амeboидные клетки, составляющие необходимую часть нашего тела. Макрофаги и лимфоциты, похожие на маленьких амeб, пробираются между оседлыми клетками туда, где завелись микробы, где возник очаг воспаления, и там поглощают соразмерные посторонние частицы и обломки клеток или распознают чужеродные антигены. Подвижные амeboидные клетки-убийцы (*n*-киллеры) находят, распознают и убивают мутантные, потенциально раковые, клетки. Система внутренней безопасности многоклеточного животного подобна Протею, ее бойцы не имеют постоянной формы. Похожа на амeбу и яйцеклетка низших животных (губок, кишечно-полостных), пожирающая окружающие клетки и накапливающая желток для развития будущего зародыша. А еще амeboидная подвижность незаменима в эмбриональном развитии. Многие типы клеток, которые вовсе не амeboидны в организме взрослых многоклеточных, закладываются в развитии вовсе не там, где окажутся в конце развития. Так, предшественники половых клеток у позвоночных возникают в области головы зародыша и за счет амeboидной активности перемещаются в зачаток половой железы. В культурах большинство типов клеток, даже происходящих из эпителиальных тканей, теряют дифференцировку и становятся похожи на амeб — выпускают ложноножки, ползают. Таким образом, все мы немного амeбы. Но в амeboидности таится и смерть: вряд ли одно из самых вредоносных проявлений онкологических заболеваний — образование удаленных от первичного очага метастазов — возможно без амeboидной активности раковых кле-

ток, внедряющихся в посторонние ткани.

Амебоидная клетка не всегда полностью бесформенная. Клетки с ограниченной свободой в изменении формы встречаются, кроме организма многоклеточных, и в природе. Например, амeбы, живущие в раковинках вполне определенной формы. Одни, как фораминиферы, строят их сами, другие собирают из песчинок, как некоторые раковинные амeбы наших болот, или из непереваренных остатков пищи, спикул губок и обломков домиков диатомовых водорослей, как ксенофиореи — гигантские, в ладошку, сидячие амeboидные обитатели глубин океана. Несмотря на более или менее определенную форму домика, заключенное в него тело амeбы выпускает из пор домика бессчетные ложноножки, которые образуют постоянно меняющуюся живую ловчую сеть.

Примитивны ли амeбы?

У амeб нет строгого порядка в расположении разнородных деталей, который кажется нам основным признаком сложной организации, да и особых деталей в световой микроскоп не видно. Поэтому амeбы с хаотически возникающими и исчезающими ложноножками переменной формы издавна создавали впечатление, что они — самые низкоорганизованные и примитивные существа на Земле, а эволюция шла «от амeбы до человека». Ранее предполагали, что наиболее примитивная из амeб — пеломикса (название происходит от греческого слова, означающего «ил», «грязь»). Ее легко поймать, запустив руку в жидкий торф или сапрпель на дне заболоченного озера. Она живет там, где почти нет кислорода: ведь черный ил и торф содержат массу органических остатков, на разложение которых (с помощью бактерий) кислород и уходит. Кислород

для пеломиксы — яд. Помещенная в маленькую капельку, она, по мере растворения в ней кислорода, становится мало подвижной, собирается в комочек и погибает. В отличие от амeбы протей, пеломикса не способна к дыханию, в ее клетках нет митохондрий, зато в цитоплазме живет несколько видов анаэробных бактерий. До недавних пор была в ходу гипотеза, что пеломикса — прямой потомок древнейшего эвкариота с уже оформленным ядром, но еще не вступившего в симбиоз с предками митохондрий, и что она — самое древнее «живое ископаемое», сохраняющееся более миллиарда лет с эпохи, когда атмосфера древней Земли была восстановительная и для всех почти ее обитателей кислород был страшный яд.

Первоначально гипотезу о примитивности амeб портило только появление амeboидных клеток из жгутиковых в жизненном цикле многих видов. В самом деле, если современные амeбы — самые примитивные существа на Земле, то откуда в их жизненном цикле взялись жгутиковые стадии развития? В онтогенезе многоклеточных амeboидные клетки тоже возникают из эмбриональных клеток, которые у многих видов жгутиковые. У губок жгутиковая клетка, съев много пищи, теряет жгутик, превращается в амeбоцит и уходит в глубь тела, освобождая место на поверхности для голодных клеток. Внутри амeбоцит может пойти целиком на пропитание яиц или передать часть питательных веществ другим клеткам, после чего возвратиться на место жгутиковой клеткой.

С точки зрения цитолога, жгутиковая клетка устроена сложнее амeбы: у нее, как правило, вполне определенная форма тела: грушевидная, почковидная и т.п. Сам жгутик — сложное образование; в нем проходят упорядоченные микротрубочки: две в центре и девять пар — по периферии; всегда есть «корешковая система», соединяющая микрот-

рубочки жгутика с цитоскелетом клетки. Часто базальное тело жгутика и есть центр организации микротрубочек. Корешковая система отличается в разных отрядах и классах жгутиконосцев: она включает разное число микротрубочек — свободных или собранных в пучки и ленты, расходящиеся под определенными углами от базального тела жгутика. Кроме микротрубочек, в состав корешкового аппарата входят микрофиламенты. Изучив корешковый аппарат, часто удается с большой долей уверенности, даже не зная других признаков, определить систематическое положение жгутиконосца. Амебы, у которых жгутики неизвестны, очень трудно рассортировать по ультраструктурным признакам — они все кажутся на одно лицо.

Сколько существует типов эвкариотов?

В базовом учебнике по зоологии под редакцией Ю.И.Полянского (1981), по которому до сих пор учатся студенты университетов, перечислено 18 типов многоклеточных животных и пять типов одноклеточных, из которых два, «саркомастигофоры» и «книдоспоридии», включают амебоидные формы. Нельзя сказать, что за прошедшие годы наши представления о разнообразии многоклеточных животных не изменились: описано два новых типа; многим классам, помеченным как «добавления» к «большим» типам, повысили ранг до типа; несколько «малых» типов объединили с «большими», например, погонофор вернули в тип кольчатых червей в качестве семейства, как предлагал в 1933 г. П.В.Ушаков. Но эти реформы не идут ни в какое сравнение с перестройкой системы одноклеточных, которая сейчас полностью разрушена.

Начнем с того, что многоклеточные животные, возникнув как колония какого-то вида жгутиконосцев, родственнее этому

виду (и другим его одноклеточным потомкам), чем остальным одноклеточным, дожившим до наших дней, и таким образом представляют собой только одну из веточек разветвленного филогенетического дерева одноклеточных. Этот чисто логический вывод идет вразрез с установившейся практикой деления живых существ на одноклеточных и многоклеточных.

С помощью электронного микроскопа выяснили, что ультраструктура одноклеточных (главным образом жгутиковых форм) неодинакова. В результате было предложено от полудюжины до полутора десятков царств «одноклеточных». Имея перед глазами пример перекройки системы жгутиконосцев, все протистологи соглашались, что амебы — временное собрание неродственных организмов, с которым до поры приходится мириться ввиду отсутствия надежного метода анализа. И только в последние годы многие амебоидные организмы нашли свое место на филогенетическом дереве.

Первые этапы ревизии амеб

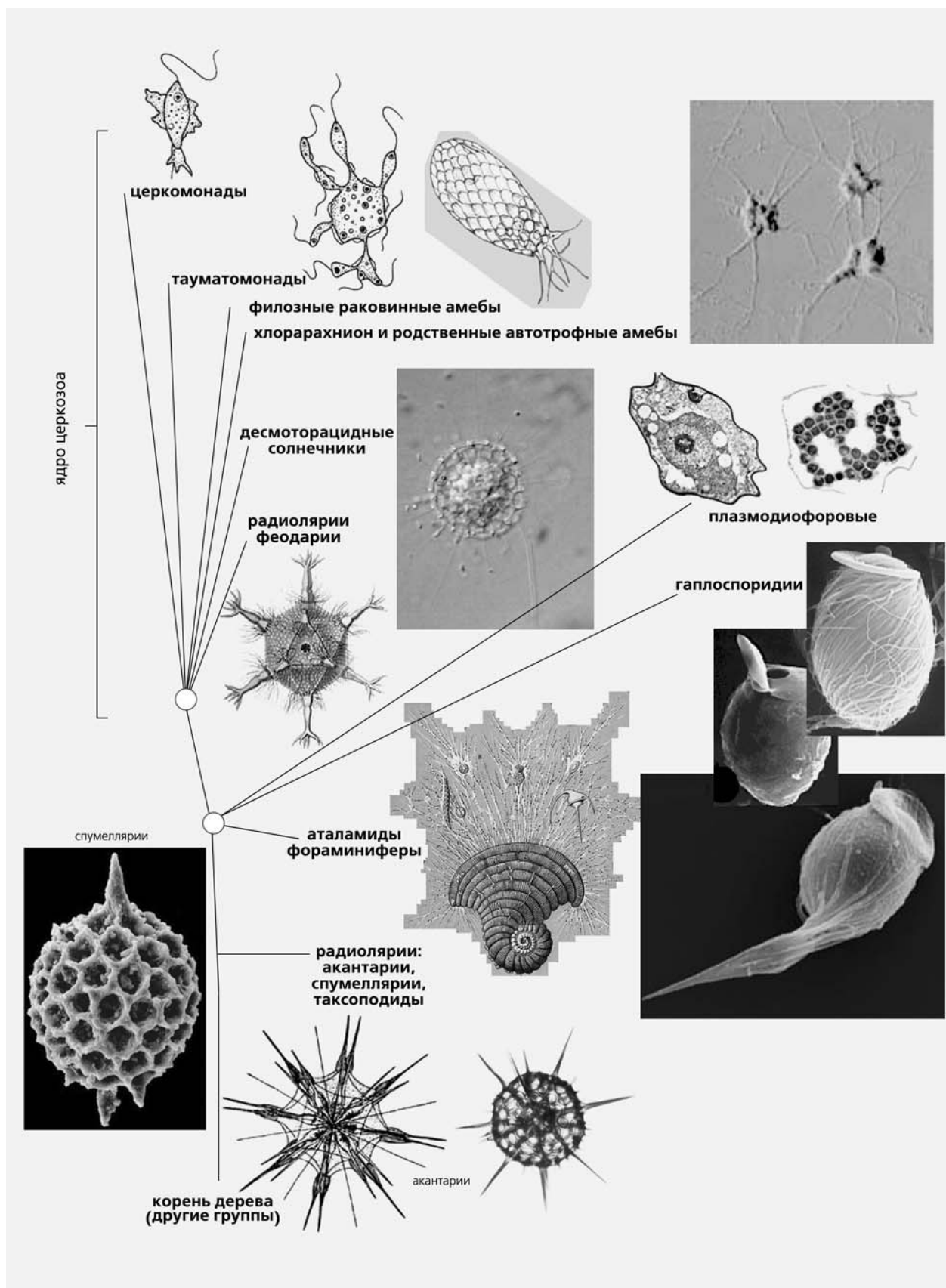
Современная ревизия амеб началась с уничтожения «книдоспоридий» (они же миксоспоридии) как типа «одноклеточных». Сначала показали, что два номинальных класса этого типа — только разные стадии в жизненном цикле одного и того же вида, паразитирующие, соответственно, в позвоночных и кольчатых червях. А затем анализ генов рибосомной РНК и генов семейства *Нох*, которые встречаются только у многоклеточных животных (управляют эмбриональным развитием) и у миксоспоридий (функция неизвестна), доказал, что последние — это упростившиеся многоклеточные, утратившие все без исключения морфологические и эмбриональные признаки Metazoa [1].

На втором этапе, который не завершен и продлится еще долго, началось распознавание отдельных амебоидных представителей в различных группах жгутиконосцев, недавно утративших жгутики, или даже и не утративших, а просто большую часть жизненного цикла проводящих как амебы. Систематическое положение некоторых из них не вызывало сомнения и у протистологов прошлого. Таков непатогенный кишечный комменсал *Dientamoeba* — амебоидный представитель парабазалий [2], остальные виды которых — жгутиконосцы, как всем известная трихомонада или гипермастигины из кишечника термитов, участвующие в усвоении клетчатки. Другой пример — пединеллиды жгутиконосцы; среди них есть фотосинтезирующие и гетеротрофные виды, выпускающие ловчую сеть из ложноножек. Их родство никогда не вызывало сомнений ввиду очевидного морфологического сходства. Амебоидные (солнечникообразные) пединеллиды, которых называют цилиофриидами, как правило, сохраняют жгутик, который соответствует переднему жгутику разножгутиковых (*Heterokonta*) [3].

Корненожки — амебы с тонкими ложноножками

Намного сложнее вопрос о положении видов, включенных в учебниках в класс «саркодовые» как «корненожки», «радиолярии» и «солнечники». Первый существенный прорыв в определении родственных связей этих организмов произошел в 1995 г. [4]. Тогда при сравнении генов 18S рРНК (рибосомальной РНК) обнаружилась близость обычных почвенных гетеротрофных раковинных филозных амеб* (жгутиковые стадии в жизненном цикле не обнару-

* У этих амеб тонкие ложноножки, в которых нет микротрубочек, а есть только микрофиламенты.



Супертаксон церкомонады.

жены) с необычной зеленой амемой хлорарахнионом (в переводе с греческого — зеленая паутина). Жизненный цикл хлорарахниона начинается с двужгутиковой клетки — зооспоры, которая оседает на дно и начинает расти. По мере роста она выпускает длинные тонкие выросты, делится, но клетки не расходятся полностью, а остаются связаны тонкими нитями в сложную сеть. От нитей грибницы она отличается тем, что в ней отчетливо видны клетки и связывающие их перемычки и нитевидные ложноножки. Хлорарахнион прославился тем, что его клетка устроена как матрешка. Его хлоропласты, казавшиеся не примечательными до тех пор, пока их не изучили с помощью электронного микроскопа, в действительности оказались эвкариотическими симбионтами, родственными зеленым водорослям. В них сохранился рудимент ядра — нуклеоморф с генами, больше похожими на гены зеленых водорослей, чем на гомологичные гены ядра хлорарахниона. Например, рибосом в клетке хлорарахниона четыре типа: первый — цитоплазматические, их кодирует ядро; второй — митохондриальные (прокариотического типа), их компоненты кодируют гены митохондриального генома; третий — хлоропластные эвкариотического типа, их кодирует нуклеоморф, и похожи они на цитоплазматические рибосомы зеленых водорослей; четвертый — хлоропластные прокариотического типа, кодируются хлоропластной ДНК и похожи на рибосомы цианобактерий, так же как хлоропластные рибосомы зеленых растений.

Следующее открытие произошло через пару лет [5]. Оказалось, что гены рРНК филовых амей и хлорарахниона похожи на гены рРНК гетеротрофных жгутиконосцев-церкомонад. У некоторых жгутиконосцев рРНК похожа на амейную больше, чем на рРНК других видов

жгутиконосцев. Церкомонады — это очень многочисленные, разнообразные и вездесущие организмы [6—8]. Если подцепить ногтем немного почвы — в ней наверняка найдется несколько видов церкомонад. Раньше на них не обращали особого внимания, поскольку среди них не значилось вредных или полезных видов, да и вообще виды церкомонад с трудом отличали. Церкомонадам свойственна высокая морфологическая изменчивость: то это грушевидная двужгутиковая клетка (с неравными жгутиками), то на заднем полюсе она начинает выпускать ложноножки — тонкие филоподии или широкие лобоподии (в зависимости от вида) и превращается в амебофлагелляту, может осесть на дно, расплстаться и образовать сеть клеток (плазмодий), наподобие хлорарахниона, только небольшую; потом клетки могут отсоединиться и вновь стать грушевидными жгутиконосцами без всяких ложноножек. Видимо, большую часть жизни церкомонады проводят как амёбы с малоподвижными жгутиками. Однако это стало понятно совсем недавно. Увидеть что-то в микроскоп можно только при хорошем освещении, но церкомонады избегают света. Как только природный образец с церкомонадами в виде амёб помещают на предметное стекло, за несколько секунд они активизируют жгутики и отсоединяются от субстрата, пытаясь вновь уйти в темноту, и в поле зрения оказываются только беспорядочно плавающие жгутиконосцы.

Следующая группа родственников церкомонад и филовых амёб — плазмодиофоры. Эти хозяйственно важные внутриклеточные паразиты растений вызывают килу капусты, порошистую паршу картофеля и другие заболевания. Плазмодий, т.е. многоядерная клетка плазмодиофоровых, лежит в паразитофорной вакуоли и на первых порах стимулирует гипертрофированный рост и ускоренное

деление зараженных клеток, вызывая опухолевидное разрастание пораженного участка. На втором этапе цитоплазма хозяйских клеток постепенно исчезает, и оболочка заполняется массой одноядерных спор (цист) паразита. Жизненный цикл плазмодиофоровых, как и многих церкомонад, весьма сложный. У возбудителя килы капусты (и других крестоцветных) *Plasmodiophora brassicae* он включает: одноядерные амёбы; двуядерные амёбы; два поколения многоядерных амёб-плазмодиев, из которых гаплоидное паразитирует в корневых волосках, а гетерокариотическое — в клетках гипокотыля; расщепление плазмодиев на спорангии; половой процесс; два типа спор (цист); двужгутиковые зооспоры. В течение жизненного цикла паразит дважды покидает хозяина, чтобы пройти часть развития в почве. Долгое время плазмодиофор относили за их плазмодий к миксомицетам, когда установили, что они не грибы.

Другая группа паразитических организмов — гаплоспоридии, имеет намного более длинный послужной список перемещения по системе простейших. С кем их только не сближали: с микроспоридиями, споровиками, миксомицетами, дизентерийными амёбами. Однако родство с церкомонадами, раковинными филовыми амёбами и плазмодиофорами, установленное по генам 18S рРНК, стало полной неожиданностью. Гаплоспоридии — облигатные тканевые паразиты беспозвоночных, полностью лишённые жгутиковых стадий. Их вегетативное тело представляет одноядерную амёбу или дикариотический плазмодий. Созревший плазмодий разделяется на многочисленные одноядерные споробласты, которые, как считается, сливаются попарно и каждый образует спору совершенно необычного строения, состоящую из двух частей. Внешняя похожа на шкатулку с чашевидным ос-

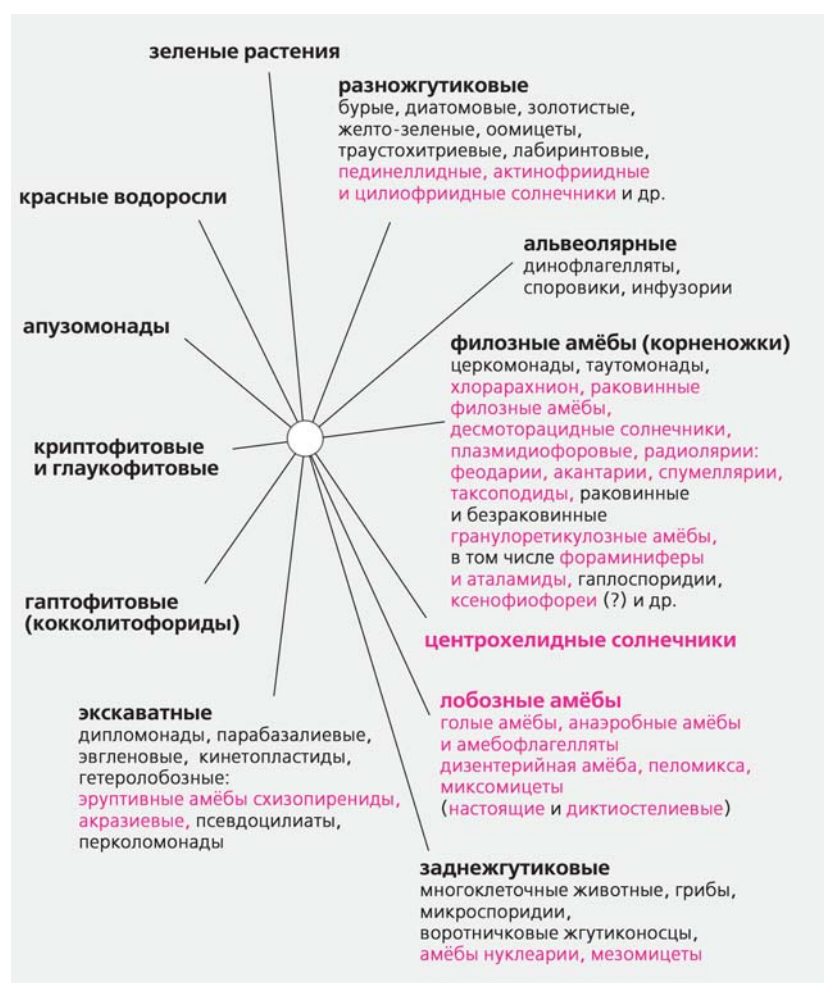
нованием и крышечкой. Она образована толстым слоем эписпорной цитоплазмы с различными органеллами (митохондриями, вакуолями, эндоплазматическим ретикулюмом), но без ядра. Внутреннее пространство шкатулки занимает одноядерная клетка, окруженная плазмалеммой.

Итак, амeboфлагелляты-церкомонады, вместе с их близкими и далекими родственниками, составляют очень крупную группу одноклеточных. Истинный ее размер стал понятен только сейчас [9]. Этот гигантский монофилетический таксон-агломерат вбирает в себя большинство амeboидных организмов с филоподиями и ретикулоподиями (тонкими анастомозирующими ложноножками, образующими ловчую сеть вокруг клетки, например, у фораминифер). Одни представители этого таксона — обычные жгутиконосцы, другие — амeboы, никогда не имеющие жгутиков, а многие виды совмещают в сложном жизненном цикле жгутиковые и амeboидные стадии. В таксоне много лучистых одноклеточных — радиолярий и солнечников, образующих несколько эволюционно независимых ветвей. Например, десмоторацидные солнечники — изящные округлые клетки, сидящие на длинной ножке. Они заключены в органическую капсулу, из окошек которой выпускают во все стороны тонкие аксоподии. На аксоподиях заметны светопреломляющие гранулы (экструсомы) — признак любого солнечника. Это стрекательные органеллы. При соприкосновении с добычей (мелким жгутиконосцем) составляющие их белки мгновенно меняют конформацию, гранула перестраивается в тончайшую длинную белковую нить, которая убивает и запутывает жертву. Деление солнечника неравномерное: одна дочерняя клетка — амeboидная, она остается в домике, а другая — двужгутиковая — уплывает заселять новые

места. В дальнейшем она отбросит жгутики и превратится в ползающую в илу амeboу, которая в подходящем месте прикрепляется и образует ажурный домик на ножке.

Установление родства радиолярий и раковинных амeboй позволяет представить, как возникла их организация. Известно, что клетка радиолярии подразделяется на два отсека: центральная часть ее заключена в ажурную капсулу из сросшихся минеральных игл и пластинок — развитого внутриклеточного скелета; вне капсулы находится обычно большая по объему и сильно вакуолизированная

часть цитоплазмы. Легко представить себе, что она — производное ложноножек, наподобие тех, что выпускают фораминиферы и десмоторацидные солнечники из окошек домика, но которые слились в обширную сеть, обволакивающую раковину толстым рыхлым слоем живого вещества. Из такой гипотетической схемы морфологических превращений следует, что планктонные организмы — радиолярии — возникли из бентосных раковинных амeboй. Причем не менее чем дважды. Одна, более ранняя ветвь, включает акантарий, спумеллярий и наиболее специализированных, по-



Филогенетическое дерево (розетка) эвкариотов. 12 основных групп, монофилия которых весьма вероятна, но взаимоотношения между ними в настоящее время не определены. Некоторые немногочисленные и малоизвестные группы не представлены. Амeboидные формы выделены цветом.

терявших внутриклеточную капсулу билатерально-симметричных таксоподиальных радиолярий. Другая — феодарии, имеющие полый скелет из кремнезема, — возникла независимо в ходе радиации линий, составляющих ядро таксона корненожек. Кроме внекапсулярной цитоплазмы (слившихся ложноножек), у радиолярий есть и аксоподии. Радиолярии используют их, в отличие от солнечников, только для парения и передвижения; на них не бывает стрекательных органелл для поимки крупной добычи.

Ни один систематик не станет спорить, что необходимо учитывать все разнообразие форм, образуемых видом. Нередко этот тезис остается заклиниванием, по тем или иным причинам не реализуемым в практической работе. Очевидно, что без учета амебоидных и жгутиковых форм, сменяющих друг друга в жизненных циклах церкомонад и родственных им

амеб, в их эволюции не разобратся. Ситуация оказывается даже сложнее: вид, безвозвратно утративший некоторые стадии жизненного цикла, выпадает из сравнительного ряда, и для установления его родственников остается полагаться только на особенно консервативные морфологические признаки клетки или на молекулярно-генетический анализ. Выделенный монофилетический таксон «корненожек» в новом составе не совпадает по объему со старым таксоном корненожек и не может быть охарактеризован каким-либо ясным морфологическим диагностическим признаком. Он объединяет виды как с постоянной, так и амебоидной формой клетки. Из них многие, но не все виды традиционно выделяли в филоподиальные, аксоподиальные, ретикулоподиальные амебы, каждая из которых не составляет внутри нового таксона особой монофилетической группы.

В каких других эволюционных линиях возникло много амебоидных организмов? Рассмотрим филогенетическое дерево эвкариотов в целом. Если исключить из него некоторые редкие и малоизвестные виды, то все эвкариоты распределятся по 12 монофилетическим супертаксонам. Среди них есть относительно малочисленные, включающие какую-то сотню видов, другие — гигантские по числу видов. Например, супертаксон заднежгутиковых объединяет многоклеточных животных, царство грибов, воротничковых жгутиконосцев и некоторые другие организмы. Современный уровень знаний не позволяет пока установить, в каких родственных отношениях между собой находятся эти 12 супертаксонов. В половине их имеются более или менее многочисленные группы амеб. Один из них мы только что рассмотрели, о других поговорим в следующий раз. ■

Литература

1. Алёшин В.В., Петров Н.Б. Регресс в эволюции многоклеточных животных // Природа. 2001. №7. С.62—70.
2. Silberman J.D. et al. // Mol. Biochem. Parasitol. 1996. V.76. №1—2. P.311—314.
3. Микрюков К.А. Центрохелидные солнечники. М., 2002.
4. Bhattacharya D. et al. // J. Eukaryot. Microbiol. 1995. V.42. №1. P.65—69.
5. Cavalier-Smith T., Chao E.E. // Arch. Protistenkd. 1996/97. V.147. P.227—236.
6. Мельников А.П. Класс Cercomonadea // Протисты. Ч.1. СПб., 2000. С.411—417.
7. Cavalier-Smith T., Chao E.E. // Protist. 2003. V.154. №3—4. P.341—358.
8. Myl'nikov A.P., Karpov S.A. // Protistology. 2004. V.3. №4. P.201—217.
9. Nikolaev S.I. et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2004. V.101. №21. P.8066—8071.

Астронавтика

Частный космоплан для туризма

В апреле 2004 г. на аэродроме в пустыне Мохаве (штат Калифорния) состоялся пробный полет экспериментального самолета оригинальной конструкции, созданной инженерами фирмы «Scaled Composite» («Чешуйчатый композит»). Этот самолет по имени «White Knight» («Белый рыцарь») достиг скорости 2 Маха (вдвое превышающей скорость звука) и высоты 32 км над Землей, после чего от него отделилась капсула «SpaceShipOne» («Первый космический корабль»), за 40 с вышедшая на суборбитальную траекторию вблизи границ атмосферы. Космоплан предназначен для туристических полетов на нижней границе космического пространства.

Инспекторы Федерального управления авиации США, следившие за испытаниями, разрешили суборбитальные полеты с тремя пассажирами на борту (считая пилота). Теперь конструкторы имеют право участвовать в международных соревнованиях, а утвержденный еще в 1996 г. приз предусматривает, что победителем станет тот, кто совершит два суборбитальных полета с интервалом не более двух недель. Созданный для проведения соревнований специальный Фонд города Сент-Луис (штат Миссури) установил денежную часть приза в размере 10 млн долл.

Считается, что в деле космического платного туризма по более или менее доступным ценам (30—50 тыс. долл., а в дальнейшем — не более 15 тыс. долл.) у подобных кораблей большое будущее. Капсула для размещения туристов изготавливается из графито-эпоксидных материалов. Аппарат сможет достигать высоты около 100 км и плавать в невесомости, что

позволит участникам полетов официально называться астронавтами. Максимальная высота, достигнутая при испытаниях в июне 2004 г., — почти 100 км.

О своем намерении участвовать в соревнованиях заявили более 27 фирм в семи странах, в том числе британская «Star-chaser», но американская «Scaled Composite» пока считается фаворитом. Как известно, на борту российских аппаратов «Союз» двое иностранных туристов, уплатив 20 млн долл., совершали орбитальные полеты длительностью около недели; 20-минутный полет на американском космическом корабле будет стоить значительно меньше.

Spaceflight. 2004. V.46. №6. P.227 (Великобритания).

Океанология

Геофизики изучают дно океана

В рамках участия в международном проекте «InterMargins» ученые США летом 2004 г. обследовали действующий подводный вулкан Рота, расположенный у северо-западных берегов Марианской островной дуги. Этот район Тихого океана интересен не только тем, что здесь на дне происходит бурное выделение газов, флюидов и лавы, но и своей важностью для изучения процессов образования рифтов.

Специалисты Обсерватории по изучению Земли им.Ламонта и Дозэрти при Колумбийском университете (штат Нью-Йорк) развернули под водой автоматически действующую сейсмическую сеть. Это вторая операция подобного рода после той, когда в мае 2003 г. изучались ход и последствия извержения вулкана Анатахон в Марианском архипелаге. Результаты обеих операций размещены на страницах Интернета; создан сетевой банк данных этого международного проекта (его

адрес <http://data.nsf-margins.org>). В него поступают материалы навигационных, батиметрических, гравиметрических, геомагнитных измерений, сейсмического профилирования, изохронного датирования донных осадков и другие данные, которые были получены в рейсах американских научно-исследовательских судов «Magice Ewing» и «Conrad».

По состоянию на июнь 2004 г. о своем намерении участвовать в проекте «InterMargins» заявили ученые Канады, Австралии, Бельгии, Ирландии, Франции, Германии, Марокко, Нидерландов, Новой Зеландии, Португалии, России, Южной Кореи, Испании, Великобритании, а также Европейского консорциума исследовательского бурения в океане.

InterMargins Newsletter. 2004. №4. P.2, 9; <http://www.margins.wustl.edu/sf/anatahan/anatahan2003>

Гидрология

Риск катастрофических речных паводков

В.М.Мухин (Гидрометцентр России) изучал воздействие возможных изменений климата на возникновение катастрофических ситуаций на реках в зависимости от высоты их бассейна. Для этого оценивались реакция стока на равномерное в течение гидрологического года повышение температуры воздуха на 2°C, его реакция на понижение температуры воздуха в холодный период и повышение в теплый, а также выявлялись метеорологические условия, способные при изменении климата вызвать катастрофу на водном объекте. В результате решения этих трех задач автор приходит к следующим выводам:

— равномерное в течение гидрологического года потепление или похолодание на 2°C слабо отражается на стоке рек и его распределении;

— сток горных рек реагирует на изменения климата сильнее, чем равнинных, особенно при включении в сценарий максимально возможных осадков;

— рост осадков ведет к риску возникновения катастрофических ситуаций по мере увеличения высоты бассейна — максимальный за половодье расход воды может возрастать в 8—10 раз;

— на равнинных реках угроза катастроф значительно слабее — при самых неблагоприятных условиях максимальный расход и объем стока возрастают за половодье в 3—4 раза.

Тезисы докладов VI Всероссийского гидрологического съезда. Секция 2. СПб., 2004. С.57 (Россия).

Ихтиология

Новый глубоководный удильщик

Американский ихтиолог Т.Питш (T.Pietsch; Университет штата Вашингтон в Сиэтле), занимаясь разбором коллекций в Лондонском музее естественной истории, наткнулся на необычный экспонат, который хранился там более двух десятилетий. Так как узкая специализация ученого охватывает обитателей больших морских глубин, он сумел установить, что перед ним еще никем не описанный вид рыбы, принадлежащей к роду удильщиков (*Lasiognathus*).

У этой особи (самки), как и у других хищных рыб-удильщиков, на «носу» есть гибкая «удочка» с биолюминесцентным «фонариком», свет которого привлекает обитателей темных глубин моря. Крючки на кончике удочки служат для поимки любопытствующих и неосторожных жертв.

Музейная особь была добыта в 80-х годах минувшего века с глубины 1300 м на востоке Северной Атлантики и с тех пор ожидала своего исследователя.

Питш установил, что ее размер (20 см) рекордный для этой группы рыб. Кроме того, ни у кого из его сородичей, известных до сих пор, нет столь длинных челюстей и крупных зубов.

Подробное описание новой для науки рыбы-удильщика дано в специальном ихтиологическом журнале «*Coreia*».

Science. 2004. V.305. №5685. P.774 (США).

Гидрология

Наводнения на реках Восточной Сибири

В России первое место среди природных стихийных бедствий — как по площади распространения и повторяемости, так и по реальному ущербу — занимают наводнения. Восточная Сибирь относится к регионам с высокой вероятностью наводнений: за последние годы их число составило около 15% от общего количества по стране.

По результатам исследований, проведенных сотрудниками Института географии СО РАН (Иркутск), наиболее часто в Восточной Сибири наводнения возникают в результате заторов (или зажоров), они могут быть вызваны антропогенной деятельностью, ветровыми нагонами и приливами в устьях рек. Нередко наводнения обусловлены несколькими причинами одновременно. Больше всего наводнений отмечено в бассейне р.Лены.

Для проведения типологической классификации территорий методом кластер-анализа с последующим отображением типологических ареалов на карте были использованы материалы по 80 бассейнам юга Восточной Сибири и рассмотрено около 30 вариантов кластер-анализа. Выбрав опорный вариант классификации на основе обобщения типологий, исследователи провели райо-

нирование юга Восточной Сибири по факторам максимального стока. Выделено четыре макрорайона, один из которых имеет три подразделения.

Данные исследования выполняются в рамках российско-голландского проекта РФФИ.

Тезисы докладов VI Всероссийского гидрологического съезда. Секция 2. СПб., 2004. С.40—42 (Россия).

Экология

Курильщики и радон

По заключению специалистов девяти европейских стран, 9% заболеваний раком легких вызвано воздействием радона: этот радиоактивный газ выходит из подпочвы и просачивается во внутренние объемы жилых и производственных помещений. Из 21 тыс. историй болезней 7 тыс. имели диагноз рак легких; полученная цифра весо-мо указывает на степень риска, связанную с радоном, и признается наиболее точной оценкой из когда-либо сделанных ранее. Д.Лорье (D.Laurier; Институт ядерной безопасности) считает, что до сих пор подобные исследования проводились в основном на отдельных группах шахтеров, занятых на урановых рудниках, или по пробам радона, отобранным в малонаселенных жилищах.

Еще одно заключение, сделанное на основе проведенного исследования: радон особенно вреден для курильщиков. Так, у никогда не куривших риск рака легких до 75-летнего возраста составляет 0.7% при дозе радона в 400 беккерелей (беккерель — число радиоактивных распадов за секунду в 1 м³ воздуха), а в отсутствие радона — 0.4%. Однако для курильщиков риск при такой же концентрации радона возрастает до 16%, а при отсутствии радона составляет 10%!

Science et Vie. 2005. №1049. P.43 (Франция).

Вулканизм и покровные оледенения Тувы

С.Г.Прудников

Несколько лет наша небольшая экспедиция работала в Северо-Восточной Туве, неповторимый ландшафт которой создают многочисленные столовые горы — бывшие вулканы центрального типа, сформировавшиеся в ледниковых озерах подо льдом. О существовании подобного типа построек в центре Азии до недавнего времени было известно лишь узкому кругу специалистов, поскольку среди многочисленных вулканов Земли он встречается редко и широко представлен лишь в Исландии, которая славится своими природными феноменами. В настоящее время на этом острове действует около 40 вулканов, часть из которых — под гигантскими ледяными щитами. Так, под самым крупным ледником не только Исландии, но и всей Европы — Ватнайекюдлем — периодически извергается вулкан Гримсвотн, мощность льда над вершиной которого составляет 500 м. Сложены такие вулканы подушечными базальтовыми лавами, гиалокластитами и подводными туфами, а их вершины часто образованы горизонтально лежащими наземными базальтами голоценового возраста.

Каким же образом сформировались подобные вулканические

© Прудников С.Г., 2005



Сергей Григорьевич Прудников, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (г.Кызыл). Область научных интересов — неотектоника, геология россыпей, четвертичная геология.

сооружения в горно-таежной Туве, в пределах высокогорного массива Восточный Саян? Ответ на этот вопрос удалось получить в последние годы работы экспедиции под руководством дирек-

тора нашего института В.И.Лебедева и заместителя директора московского Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН В.В.Ярмолюка.

Вести из экспедиций



Поверхность лавового нагорья носит следы ледниковой обработки.

Здесь и далее фото автора

Столовые останцы или щитовые вулканы?

Восточно-Тувинское вулканическое поле располагается в северо-восточной части Тувы и является самой западной составляющей вулканического пояса Байкальской рифтовой системы, который протягивается параллельно южному выступу Сибирской платформы. В настоящее время исследуемая площадь представляет собой выровненную поверхность плоскогорья высотой 2000–2100 м над ур.м., на которую наложено лавовое плато Булун-Утуген площадью 2000 км². Над ним высятся щитовые и конусовидные вулканы высотами 2109–2769 м. Общий объем вулканических продуктов оценивается не менее чем в 600 км³.

В строении вулканических образований нагорья со времен его первых исследователей С.В.Обручева и М.Л.Лурье [1] традиционно выделялись три толщи: нижняя лавовая (плиоценового возраста), средняя туфовая (позднеплиоценовая-раннеплейстоценовая) и верхняя лавовая (среднеплейстоценовая). Мелкие шлаковые купола, венчающие лавовые горы, считали голоценовыми. Подобное расчленение вулканогенного комплекса Восточно-Тувинского лавового нагорья не претерпело изменений и в ходе последующих геологических исследований.

Образование щитовых вулканов, или столовых гор, до последнего времени рассматривалось по-разному. Обручев считал их денудационными остан-

цами, образованными размывом горизонтально-слоистой вулканогенной серии. И.С.Гудилин в 1952 г. пришел к выводу, что это геоморфологически выраженные горсты. Позже, в 1965 г., М.Г.Гросвальд [2] отнес их к щитовым вулканам, но считал, что первоначальная форма этих гор была караваеобразной с пологими склонами и только под действием ледникового выпахивания (интенсивных экзарационных процессов) их склоны превратились в столовые останцы с отвесными стенами.

Проведенные нашей экспедицией исследования изменили все ранее существующие представления о строении, составе и возрасте вулканических толщ, о последовательности неотектонических и вулканических событий, о влиянии на процес-

сы покровного и горно-долинных оледенений [3, 4].

Во-первых, было установлено, что новейшие тектономагматические события на территории Тувинского вулканического ареала характеризуются многоэтапным развитием — за последние 2 млн лет здесь зафиксировано 10 фаз вулканической активности. Формирование вулканического нагорья началось примерно 2.1 млн лет назад с крупнообъемных (~400 км³) излияний трещинного типа, которые образовали лавовое плато. В более поздние эпохи его развития последовательно возникали многочисленные щитовые вулканы.

Во-вторых, оказалось, что вулканокластическая толща, непосредственно слагающая разрез щитовых вулканов, которую ранее считали туфовой, относится к совсем не похожим на эти породы гиалокластитам.

Туфы образуются из твердых продуктов вулканических извержений: пепла, песка, бомб, обломков горных пород невулканического происхождения, впоследствии уплотненных и сцементированных. В гиалокластитах же мелкие обломки, как правило, сложены черным базальтовым стеклом, более крупные — обязательно имеют стекловатую внешнюю зону и часто приобретают форму зонально построенных лавовых шаров и подушек, типичных для шаровых лав. Цементирующая масса в них представлена мелко- и тонкообломочным вулканическим стеклом.

Образуются гиалокластиты в условиях подводных и подледных излияний, но только там, где глубины водоема незначительны и давление воды не может препятствовать выбросу вулканических продуктов, а тепловая энергия лавы превращает воду в пар. В этой паровой купели в результате целого ряда реакций, происходящих с раскаленными обломками лавы, она в конце концов измельчается до тонкого стекловатого пепла.

Если высота растущего щитового вулкана начинает превышать глубину водоема, то излияния продолжают уже в наземных условиях с формированием горизонтальной лавовой покрывки. Восточно-Тувинские щитовые вулканы, сложенные гиалокластитам, в виде мощных горных сооружений площадью до 100 км² возвышаются над своими основаниями на 400—600 м. Вместе с тем здесь не было соответствующих условий для возникновения глубоководного озера, в котором они могли бы формироваться. Каким же образом при тувинском типе вулканизма, относящемся к материковому рифтовому, были созданы вулканические постройки, сложенные образованиями, характерными для подводных извержений?

Сходство морфологического строения наших вулканов со щитовыми вулканами Исландии и натолкнуло нас на решение этого вопроса — извержения вулканов происходили под древними гигантскими ледяными щитами. Они сопровожда-

лись таянием льда и образованием в центре ледниковой шапки озер. В этих условиях, близким к подводным, и возникли огромные скопления гиалокластитов, слагающих цилиндрические горы с вертикальными стенами и горизонтальной вершиной — так называемые щитовые вулканы.

Полученные в экспедиции данные показали отчетливую связь между специфической формой вулканических построек, слагающими их отложениями и крупными ледниковыми эпохами в пяти из десяти установленных нами этапов проявления вулканической активности — 50 тыс. лет, 110—130, 210—225, 600—760 тыс. лет и 1.65—1.75 млн лет назад. Выявив эту связь, мы пришли к решению очень важного вопроса в стратиграфии четвертичных отложений всего Саяно-Тувинского нагорья: щитовые вулканы Тувы, возраст которых установлен нами на основе калий-аргонового датирования, могут служить и надежными реперами древних континентальных оледенений,



Отдых на пути к вулканам. Руководитель экспедиции — В.И.Лебедев.

охвативших в четвертичное время этот район.

Страна ледников

При взгляде на карту прежде всего обращают на себя вниманье масштабы развития древних оледенений на территории Тувы. В течение четвертичного периода, охватывающего промежуток времени в 1.8 млн лет, здесь проявились почти все оледенения, известные в Сибири. Около 1.75–1.65 млн лет назад произошло самое древнее — эоплейстоценовое — оледенение региона, 760–600 тыс. лет назад — Катунское, 225–210 тыс. лет назад — Ештыккольское, 130–110 тыс. лет назад — Чуйское, 48 тыс. лет назад — Чибитское и, наконец, не-

большое современное — голоценовое — оледенение. Помимо крупных ледниковых покровов и системы горно-долинных ледников Северо-Восточной и Западной Тувы, в пределах всех крупных хребтов существовали локальные ледники — каровые, долинные, древовидные, ледники подножий, ледниковые шапки. Размах оледенений на территории Центральной Азии, удаленной от морей и океанов, создающих необходимый источник энергии для усиленного развития атмосферной циркуляции и обильного снегонакопления на материках, поражает своими масштабами и мощностью, и долгое время вызывал недоумение. Как это ни странно, разгадка была все в той же вулканической активности нагорья.

Реконструкция главных особенностей четвертичного оледенения и его эволюция [2, 5, 6] дает основание считать, что ледники во время всех оледенений распространялись из одних и тех же центров. Одним из крупнейших и наиболее выраженных в рельефе является последнее — верхнеплейстоценовое (Чибитское) оледенение. Наиболее сильно оно проявлялось в Северо-Восточной Туве, где почти сплошные ледниковые покровы распространялись на центральную и восточную части Тоджинской котловины и склоны прилегающих хребтов — Ергак-Таргак-Тайга, Восточный (Большой) Саян, Академика Обручева. В литературе это оледенение известно как Азасское. Его площадь в пределах котловины равна 30 150 км², максимальная ши-

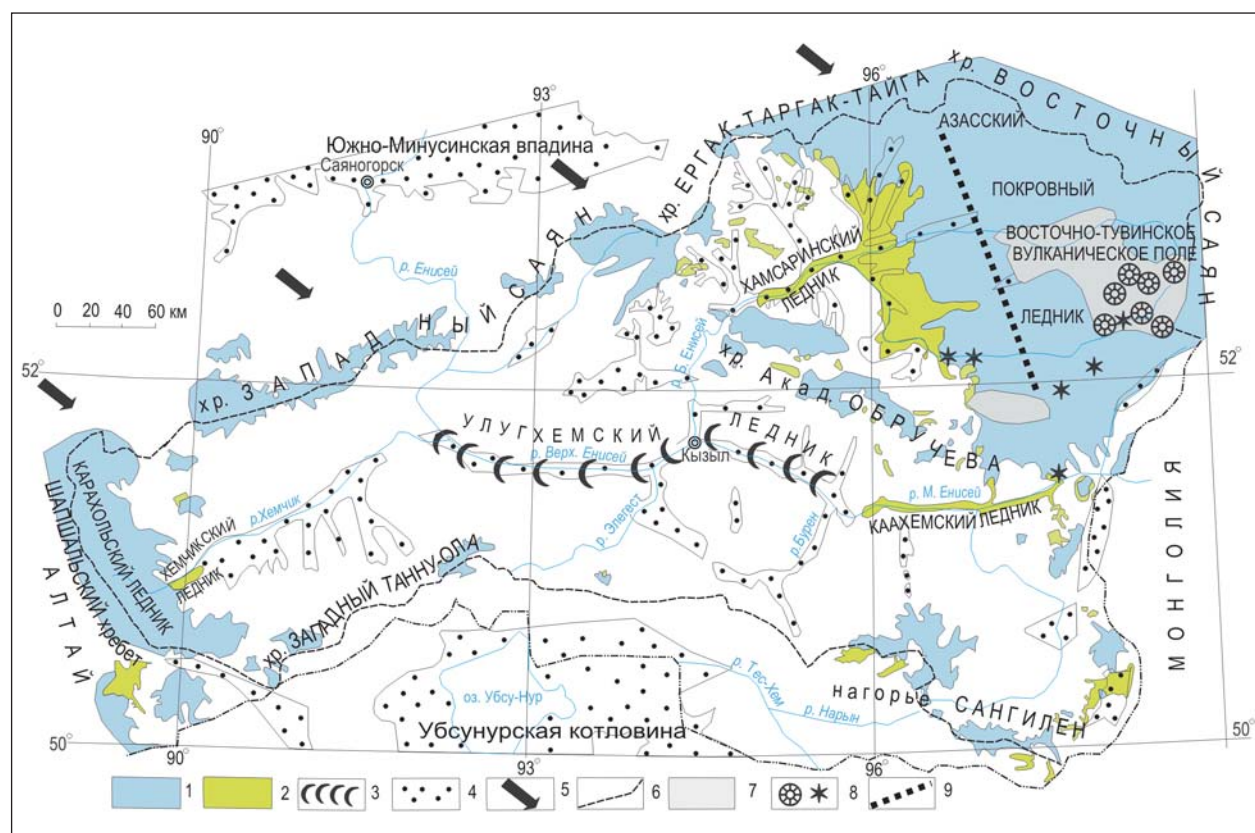


Схема развития ледниковой деятельности на территории Тувы и Западного Саяна [2, 5, 6]. Ледники и ледниковый покров чибитского (1) и чуйского (2) оледенений; реконструированные границы стадийных комплексов Улугхемского ледника Ештыккольского оледенения (3); впадины с аккумулятивными процессами (4); преобладающее направление ветров (5); основные водоразделы (6); базальтовые лавовые поля (7); щитовые, конусовидные вулканы (8); предполагаемая линия древнего ледораздела (9).



Слоистая гиалокластивая толща вулкана Дерби-Тайга.

рина ледникового покрова достигала 200 км.

Через хребет Ергак-Таргак-Тайга переметными ледниками Азасский покров соединялся с древовидными глетчерами расположенного к северу Кизир-Казырского бассейна площадью 15 тыс. км², а через широкие перевалы Большого Саяна сливался с системой ледников и ледников подножий восточного и северо-восточного склонов хребта.

В краевой зоне Азасского ледникового покрова из-под льда выступали вершины гор, образуя нунатаки и их группы. В пределах котловин это были единичные пики, на участках глубокого расчлененного высокогорного рельефа — группы вершин и альпийские гребни. Они разбивают единый покров на

систему ледяных потоков. Мощность льда на участках оледенения сетчатого типа составляла не менее 600 м, в центральных частях покрова достигала 1100—1300 м. Граница Азасского ледника проведена по внешнему контуру конечноморенного вала, который представляет собой систему преимущественно параллельных дуг конечноморенных гряд и протягивается на сотни километров.

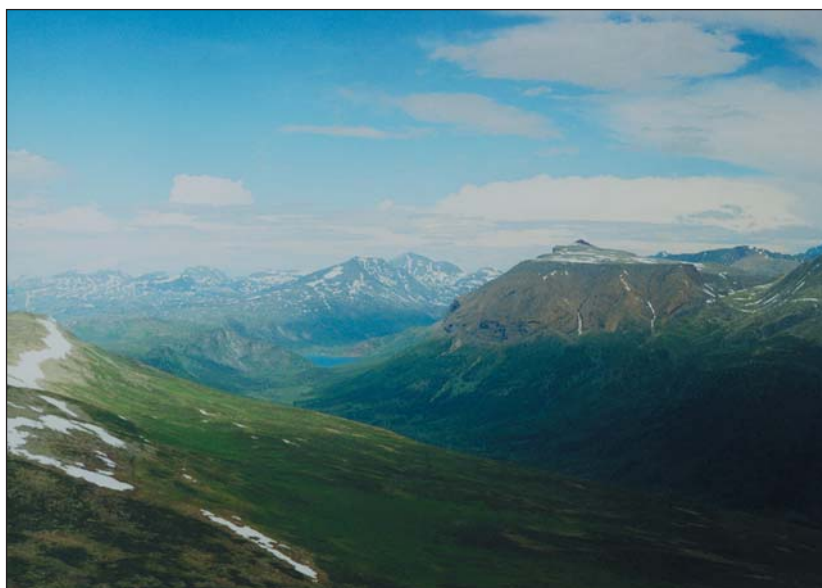
В целом Азасский ледниковый покров представлял собой неправильной формы выпуклый щит с максимальной мощностью льда 1100—1300 м [2]. Ледораздел ледникового покрова не совпадал с водораздельной линией Большого Саяна, а проходил на 80—110 км западнее. Запад-юго-западный склон щита был коротким и крутым,

а восток-северо-восточный — длинным и пологим. Движение льда подчинялось закономерностям, характерным для ледниковых щитов, т.е. было направлено в разные стороны от зоны наибольших мощностей льда — таким образом, ледники как Кизир-Казырского, так и Большого Саяна рассматриваются как выводные ледники Азасского ледникового покрова. Общая площадь Азасского ледникового покрова с ледниками Кизир-Казырского бассейна и Большого Саяна составляет 55 тыс. км², и он является самым крупным ледником всей Алтае-Саянской горной области.

Еще больших размеров достигал ледниковый покров в период второго среднеплейстоценового — Чуйского — оледенения, которое было широко



Самый древний щитовой вулкан нагорья, Дерби-Тайга, сформировался 760–720 тыс. лет назад в подледных условиях.



Щитовые вулканы: Соруг-Чушку-Узю (слева) и Кок-Хем в борту троговой долины Енисея.

распространено на западе и северо-востоке Тувы, в основном совпадало с районами распространения верхнеплейстоценового оледенения и примерно на 15–18% превосходило его. От Чуйского оледенения сохранились моренные комплексы, отличающиеся от верхнеплейстоценовых более сглаженным гляциальным рельефом и меньшим количеством озер. Наиболее крупным долинным ледником Западной Тувы был Хемчикский (протяженностью 75 км), самым значительным в Северо-Восточной Туве — Хамсаринский (длиной до 300 км), а вторым по величине — Каахемский (протяженностью 280 км).

Наиболее крупным транзитным долинным ледником первого среднеплейстоценового Ештыккольского оледенения был Улугхемский, возникший в результате слияния Каахемского и Бийхемского ледников и достигавший Западного Саяна, где сливался с местными ледниками [5].

Отложения нижнеплейстоценового Катунского оледенения сохранились очень слабо в Западной, Центральной и Северо-Восточной Туве. Судя по размерам вулканокластического комплекса щитового вулкана Дерби-Тайга, излияния которого происходили в пределах крупного материкового ледника, мощность этого ледника (дербитайгинского) превосходила 550 м [3, 4].

Наиболее древним оледенением Тувинского нагорья следует считать, видимо, оледенение, произошедшее около 1.75–1.65 млн лет назад в долине Палео-Енисея [4]. Результаты изучения керн донных отложений оз. Байкал [7] показали, что этот интервал времени совпал с началом резкого похолодания, продолжавшегося в промежутки времени от 1.75 до 1.45 млн лет. Учитывая небольшую мощность закаленных лав (до 50 м), можно полагать, что в начале эпохи похолодания, которой соответствовали излияния, в рассмат-



Лагерь вулканологов.

риваемом районе существовали главным образом долинные ледники относительно небольшой мощности, которые были растоплены в ходе излияний.

Атмосферные осадки — основное питание ледников?

По мнению Гросвальда, основное питание Азасский ледник получал за счет атмосферных осадков, выпадавших непосредственно на его поверхность, а их увеличение способствовало переходу ледников от фазы долинных к фазе ледникового щита [2]. С такой точкой зрения можно согласиться только частично. Расположенная в центре Азиатского материка, Тува в своем природном облике отражает черты влияния соседних с нею территорий: с севера и северо-востока — таежной зоны Восточной Сибири, с юга и юго-востока — пустынно-степных районов Монголии, с запада — горно-таежного Алтая, благодаря чему климат Тувы отличается резкой континентальностью. Последняя обусловлена главным образом удаленностью области от морей и океанов, чем определяется и характер

воздушных течений над ней. Отгороженная с запада и севера хребтами выше 2000 м над ур.м., Тува попадает непосредственно в сферу господства западно-восточной циркуляции средних слоев тропосферы. Поэтому в течение всего теплого периода года в Туве господствуют западные и северо-западные ветры. Однако в Туву воздушные массы приходят сильно обедненные влагой, которую они оставляют на наветренных склонах таких значительных горных барьеров, как Алтай и Западный Саян.

О развитии оледенений, питающихся исключительно за счет атмосферных осадков, можно судить на примере современного оледенения Тувы. Развито оно в осевой части хребта Восточный Саян в трех его районах: северо-западном, центральном и юго-восточном. Всего известно 107 ледников общей площадью 31.8 км². Эти типично горные ледники занимают кары и короткие троговые долины, расчленяющие высокогорные альпийские хребты и пики, реже они располагаются на склонах гольцовых массивов, увенчанных останцами древней поверхности выравнивания. Ледники имеют северную, северо-восточную и восточную экс-



После таяния Азасского ледникового покрова поверхности лавового плато и небольших конусовидных вулканов усеяны многочисленными ледниковыми валунами.

позицию, располагаясь, таким образом, в зоне западного воздушного течения. Они сосредоточены на подветренных сторонах гребней и пиков, что является закономерным следствием комплекса процессов, приводящих к перераспределению снега и снежного покрова в горах.

Против идеи исключительного атмосферного питания древних ледников северо-восточной части Тувы говорит и тот факт, что ледники, расположенные в других районах, носили локальный характер и имели незначительные площади: верхнеплейстоценовые ледники Саянского хребта — 1500 км², Куртушибинского хребта — 300 км², хребта Академика Обручева — 1450 км², левобережного хребта р.Бусэин-Гол — 500 км², нагорья Сангилен — 2000 км², хребты

Западный и Восточный Танну-Ола — 600 км². Располагаясь на пути движения увлажняющих западных и северо-западных ветров в условиях даже более выгодных, чем Азасский ледник, ни один из них не достигал его размеров.

Наиболее близким к Азасскому покрову считается Карахольский ледник полупокровного типа, расположенный к западу от Шапшальского хребта в восточной части Горного Алтая и Джудукульской впадины. Его существование обусловлено как самим расчлененным реликтовым рельефом, так и более благоприятными климатическими условиями этой части территории. Общая площадь Карахольского ледника составляет 16 тыс. км² и, как видим, не сопоставима с оледенением Севе-

ро-Восточной Тувы. Краевые морены расположены на отметке 1800 м, долинные ледники, двигаясь по долине Чулышмана, достигали Телецкого озера с отметкой 430 м. Из ледоёма Джудукульской впадины и бассейна р.Чулышман льды перетекали на западный склон Шапшальского хребта на территорию Тувы, где, слившись с местными ледниками, достигали западной окраины Карахольской впадины. Оледенение здесь носило уже горно-долинный характер. Отдельные крупные ледники достигали длины 40—50 км. В Западной Туве долинные ледники спускались до отметки 1300 м.

Очевидно, что исключительное за счет атмосферных осадков ледниковые покровы Северо-Восточной Тувы не смогли бы достигнуть своих размеров. При

прочих равных природно-климатических условиях с остальными районами, эта область Тувы отличается развитием активного кайнозойского вулканизма. В этом, по нашему мнению, и кроется разгадка. Грандиозность оледенений можно объяснить поступлением в атмосферу больших количеств воды, выходящей в виде паров во время извержений вулканов. В условиях глобального похолодания они охлаждаются и затем осаждаются в твердом виде, что и приводит к быстрому росту ледников, достигающих громадных размеров. Например, при извержении вулкана Тамбор в 1815 г. в атмосферу было выброшено 1000 км³ воды. Вулкан Шивелуч на Камчатке за последние 1700 лет поднял в атмосферу 4500 км³ воды.

Такая связь вулканизма и оледенений соответствует гипотезе возникновения ледниковых периодов, предложенную В.В.Бутвиловским [8]. Согласно его модели, глубокое похолодание климата и «мгновенное» (за 4–6 тыс. лет) образование ледниковых покровов — результат совместной активизации тектоносферы, гидросферы, атмосферы и наземного вулканизма, экранировавшего аэрозолями по-

ток солнечной энергии, что приводило к выхолаживанию тропосферы.

Таким образом, в Северо-Восточной Туве на протяжении последних 1.8 млн лет активно действует грандиозный очаг тесно взаимосвязанных вулканизма и оледенений, характеризующийся многоэтапным развитием. Очевидно, что вулканическая активность по меньшей мере пять раз послужила причиной начала оледенений. Пары воды, выбрасываемые из извергающихся вулканов, в дальнейшем стали мощным источником для роста ледников и переходу их от фазы долинных ледников к фазе ледникового щита. В то же время извержения вулканов под ледниковыми щитами привело к формированию гигантских щитовых вулканов.

В свою очередь, намечается корреляция между масштабами оледенения и объемами излияний [4]. Так, наиболее значительные количества вулканических продуктов (десятки и сотни кубических километров) возникли в ходе формирования группы разновозрастных щитовых вулканов, становление которых происходило в эпохи развития крупных покровных

ледников. Подобная корреляция позволяет предполагать выжимающий эффект нагрузки ледникового панциря на астеносферные источники магматических расплавов и провоцирование такой нагрузкой крупномасштабных излияний.

Центральная Азия — одна из крупнейших провинций позднекайнозойского внутриплитного магматизма. Полученные факты позволяют оценивать регион как вулканический активный, для которого существует вероятность новых излияний [4]. В этом качестве до сих пор он практически не рассматривался. Выявленная динамика развития вулканических событий в Северо-Восточной Туве свидетельствует о том, что эта область таит в себе много неожиданного и интересного. В первую очередь поражает точное совпадение циклов вулканической активности нагорья с периодами глобального оледенения Земли. Возможно, эта небольшая область в самом сердце Азии — индикатор глобальных процессов развития планеты, и следующий цикл вулканической активности ознаменует собой и начало очередного ледникового периода. ■

Литература

1. Обручев С.В. Восточная часть Саяно-Тувинского нагорья в четвертичное время // Изв. Всес. геогр. об-ва. 1953. Т.85. Вып.5.
2. Гросвальд М.Г. Развитие рельефа Саяно-Тувинского нагорья. М., 1965.
3. Прудников С.Г., Лебедев В.И., Ярмолюк В.В., Кононенко Н.Б. Новые данные о развитии рельефа, возрасте и количестве оледенений Восточной Тувы на основе хронологии вулканических событий // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества. Труды ТувИКОПР СО РАН, 2001. С.66–73.
4. Ярмолюк В.В., Лебедев В.И., Сугоракова А.М. и др. // Вулканология и сейсмология. 2001. №3. С.3–32.
5. Борисов Б.А., Минина Е.А. Стратиграфия и палеогеография плейстоцена Центральной Тувы // Четвертичный период: стратиграфия. М., 1989. С.125–130.
6. Ефимцев Н.А. Четвертичное оледенение Западной Тувы и восточной части Горного Алтая. М., 1961.
7. Карabanов Е.Б. Геологическое строение осадочной толщи озера Байкал и реконструкции изменений климата Центральной Азии в позднем кайнозое // Диссертация в форме доклада на соиск. уч. ст. д.г.-м.н. М., 1999.
8. Бутвиловский В.В. Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая. Томск, 1993.

Ока: надежда на выздоровление

А.А.Нариманов,

кандидат биологических наук

*Институт теоретической и экспериментальной биофизики
Пушино Московской обл.*

Ока — жемчужина Подмосковья, воспетая поэтами, любимое место отдыха жителей прибрежных населенных пунктов. Живописные берега этого наиболее крупного притока Волги в европейской части России, очаровывают своей красотой туристов, а рыболовов-любителей буквально приковывают к себе. Порой кажется, что удильщики испокон века стоят тут как неотъемлемая часть окского пейзажа. Чтобы встать на «клевое» место, заядлым рыболовам приходится выжидать в очереди день-два, зачастую — неделю, пока его не освободят коллеги по увлечению, которые тоже дожидались своего часа согласно установившемуся годами «скользящему графику».

В Оке водится около 20 видов рыб: судак, щука, лещ, язь, жерех, окунь, налим и др. Больше всего здесь плотвы и леща, их-то и добывают рыбаки.

— Раньше здесь было много разной рыбы, — говорит мой давний знакомый Алексей, один из счастливчиков, «забивший» рыбное место. Я где-то читал, что в старину водились в Оке белуга, севрюга, осетр, которые поставлялись к столу царствующих особ. Вывозили живую рыбу даже в Париж. Как умудрялись сохранять живой? Затыкали жабры ватой, обильно смоченной коньяком. Так ее пьяненькой и доставляли в парижские рестораны...

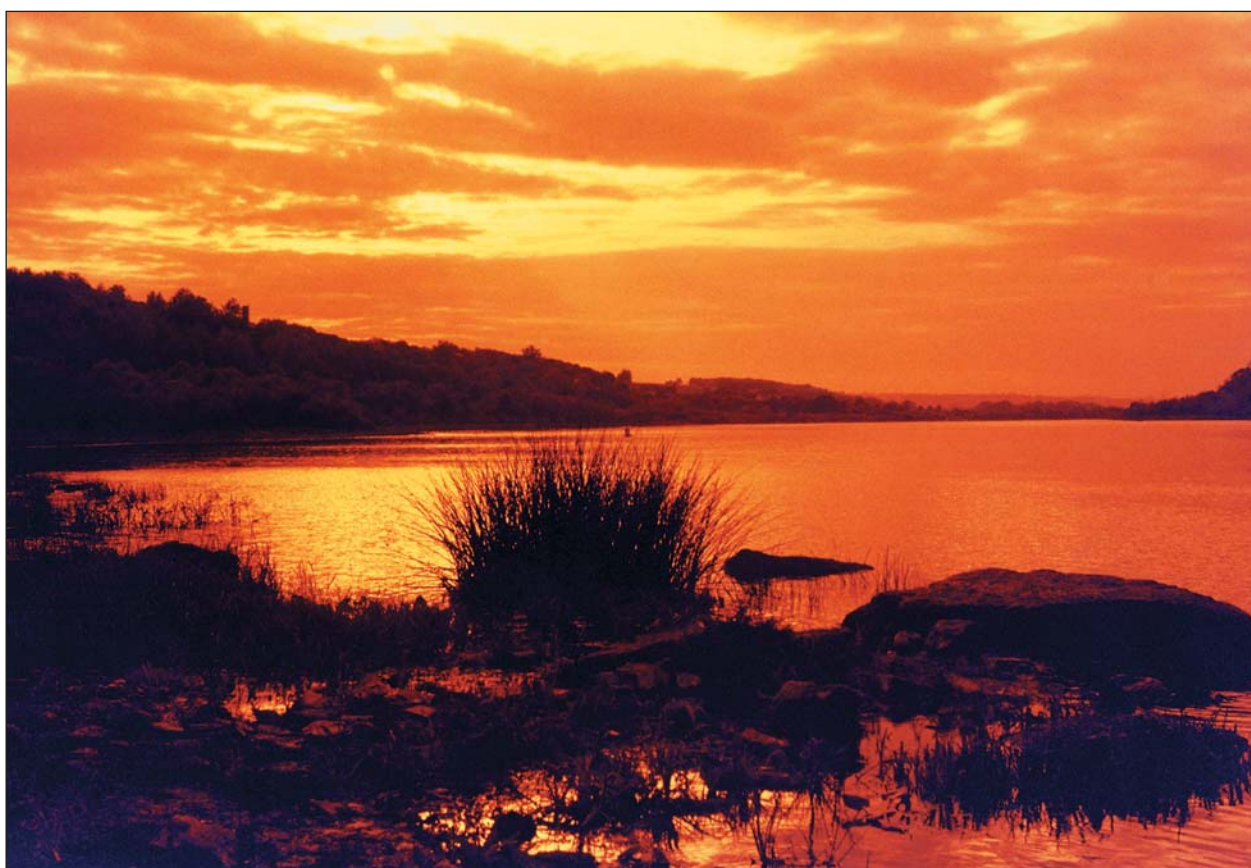
Осетр исчез из Оки в середине XIX в., позже не стала водиться белорыбица, а с нею ушли еще девять видов. К настоящему времени, как считают ихтиологи, окская фауна заметно обеднела, уменьшилась общая численность рыбы. Причин здесь множество. Главные из них — загрязнение отходами промышленных предприятий, сброс бытовых вод, смыв в реку ядохимикатов с полей, под которые отводились целенаправленно вырубаемые прибрежные леса. В конце 70-х — начале 80-х го-



Садок с рыбой. Теперь ловится в основном лещ.

© Нариманов А.А., 2005

Ока днем и на закате.
Фото автора



дов прошлого столетия вся Ока на протяжении 1500 км была настолько отравлена вредными веществами, что рыба не выдерживала запредельных токсических доз и массово всплывала кверху брюхом. Санитарно-эпидемиологические службы настойчиво рекомендовали населению воздержаться от купания, не употреблять в пищу окскую рыбу.

Наконец-то, кажется, были услышаны голоса специалистов и общественности, многие годы бивших тревогу о состоянии окского бассейна. Предприятия стали обзаводиться очистными сооружениями, на поймах ограничили применение гербицидов и пестицидов. Приняли к сведению и рекомендации ученых по очистке воды. В частности, по их предложению на Оке прекратили промышленную добычу небольшого двустворчатого моллюска перловицы, которая служит сырьем для изготовления перламутровых пуговиц. (Кроме перловицы, в Оке обитают беззубка и дрейссена.) Промысел, в отличие от рыболовства, не требует особой смекалки или сноровки, ибо этих пресноводных животных можно брать, что называется, голыми руками. Тоннами. Десятками тонн. И чем больше росла мощность производства перламутровых пуговиц, тем сильнее загрязнялась, мутнела Ока, потому что река лишалась санитара-фильтра, т.е. перловицы. Один моллюск профильтровывает в сутки более 20–30 л воды, а при средней плотности в 150 особей на квадратный метр — до 3 м³. Это значит, что в идеальных условиях с каждого 100-метрового участка реки шириной 200–250 м можно получить чистую воду для снабжения города с населением 100 тыс. человек...

Много нервов и здоровья думающих о завтрашнем дне людей ушло на то, чтобы запретить хождение по Оке быстроходных пассажирских

судов на подводных крыльях. При их движении создавалась большая разгонная волна; она разрушала берега, смывала с мелководий икру рыб, обрекая ее на гибель, а мальков выбрасывала на берег. Теперь таких судов не видно. Сегодня, по мнению специалистов, наибольший вред ихтиофауне наносит многотоннажный речной транспорт, перевозящий гравий и песок. Для свободного прохода сухогрузов ежегодно расчищается фарватер. Эти прочистки превратили реку в канал, где нет ни перекатов, ни плесов, необходимых для нормальной жизни реки. Разрушаются нерестилища, выбрасывается из реки вместе с песком и илом корм для рыб, меняется температурный, кислородный, химический режимы, изменяется состав водной растительности. В общем, нарушаются взаимосвязи в экосистеме. А это, как известно, чревато последствиями — могут исчезнуть еще некоторые виды рыб, как канули в вечность осетр и белорыбица...

— На твой взгляд, Алексей, Ока стала чище? — спрашиваю своего собеседника.

— Да, — кивает головой. — Река малость оклемалась, не плавают мертвая рыба, и... браконьерства стало больше. При советской власти с этим хоть как-то боролись. Тогда боязнь была: сеть отберут, оштрафуют. Нынче браконьерский способ ловли процветает вовсю. Считаю, вся Ока перекрыта сетями. Нагло вылавливают рыбу и — хоть бы что! Да какие там инспектора, правоохранительные органы?! Все в одной упряжке...

...Солнце уходит на покой, взмахнув желто-красным, в полнеба, платком. Тут и там выпрыгивает из воды рыбина и, словно одобвив вновь созданную природой декорацию, звонко шлепает хвостом по водной глади.. От берега отчаливает лодка. Пора ставить сети... ■

Австралийские океанографы утверждают, что с повышением температуры Мирового океана площадь коралловых рифов к 2100 г. возрастет на треть: теплая вода, по их мнению, способствует образованию известкового скелета, ускоряя метаболизм в теле коралла. Однако эта точка зрения противоречит другим существующим теориям. Основное возражение сводится к тому, что в достаточной степени не учтена физиология кораллов: при температуре воды более

30°C они стареют, становятся белыми, деградируют и отмирают.

Science et Vie. 2005. №1049. P.44 (Франция).

В Южной Америке все нарастают темпы нелегальной промывки золота, становясь подлинным бедствием для населения и природной среды французской Гайяны, Суринама, Венесуэлы и Бразилии. С 1999 г., когда начал расти спрос на золото, десятки тысяч золо-

тоискателей вторглись на охраняемые участки, разрушая леса, загрязняя берега рек и речные воды ртутью, используемой для извлечения золота. Коренное население вынуждено питаться зараженной рыбой. Ассоциация тропической биологии и сохранения природы требует от заинтересованных государств принять неотложные меры для прекращения незаконной добычи золота.

Terre Sauvage. 2005. №203. P.51 (Франция).

Сюрпризы одной евразийской орхидеи

Т.Н.Виноградова,
кандидат биологических наук
Центр охраны дикой природы
Москва

Гнездоцветка, или неоттианте, клубочковая (*Neottianthe cucullata*) — небольшая (10–20 см высотой) изящная орхидея с двумя (реже тремя) листьями яйцевидной формы и рыхлым кистевидным соцветием розовых (иногда белых) цветков с неширокими длинными лепестками. Как и многие наземные орхидеи, относится она к клубневым геофитам, т.е. растущим в почве многолетним травам с корнями-клубнями, на которых закладываются почки возобновления. Формируется такой клубень в симбиозе с грибом, за счет которого орхидея питается. На ранних стадиях развития, которые проходят под землей, грибные гифы содержатся не только в корневой системе орхидеи, но и в клетках коры подземного побега. И хотя изучением онтогенеза и биологии этого растения занялись еще в начале ушедшего столетия [1], до сих пор многое остается невыясненным, в частности особенности подземного развития неоттианте.

Ареал гнездоцветки клубочковой (единственного представителя рода *Neottianthe* в России) довольно велик — охватывает Среднюю и Восточную Европу и значительную часть Азии. И почти везде неоттианте

считается редким видом и даже занесена в Красные книги Беларуси, Латвии, Украины и России [2]. Однако замечено, что иногда численность и плотность популяций этой орхидеи резко колеблется без видимых на то причин (похоже, связано это с какими-то неясными пока эндогенными факторами). Описан, например, случай, когда рядом с единственной цветущей гнездоцветкой, за которой наб-

людали в течение нескольких лет, внезапно появилось еще 83 растения того же вида, но разных размеров [3]. По мнению авторов, до этого момента орхидеи не образовывали надземных побегов, поскольку подземное развитие гнездоцветки происходит в течение нескольких лет, однако, по последним данным, оно длится всего год, от силы два [4]. Не менее загадочными были события, произо-



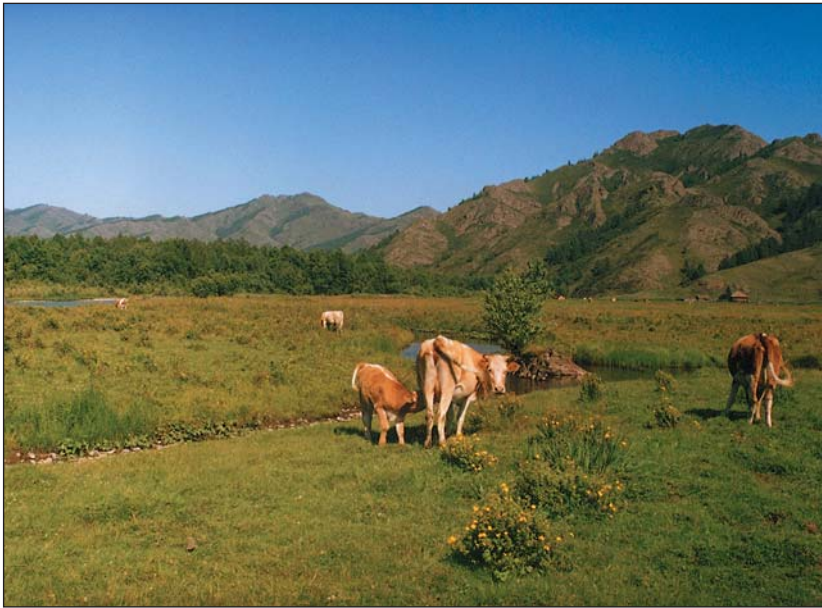
Обычная розовая (слева) и редкая белоцветковая формы неоттианте в типичных биотопах: в березняке у р.Аскиз и в смешанном сосново-березовом лесу с редким травостоем (лог Малхая).

© Виноградова Т.Н., 2005

Фото автора



Ареал гнездоцветки клубочковой на территории России [4]. Желтой точкой отмечен район наших работ.



Гора Аар-Тар.

Фото Г.М.Виноградова

шедшие с этой группой растений впоследствии: их численность неуклонно сокращалась, и через пять лет исследователи вновь обнаружили один-единственный экземпляр — тот самый, с которого и были начаты наблюдения. Впрочем, оказалось, что гнездоцветка способна и на другие сюрпризы.

Как правило, неоттианте растет в светлых мертвопокровных (сплошная старая хвоя), низкотравных или зеленомошных

хвойных и смешанных, реже лиственных сухих или сыроватых лесах и на их опушках, а в горах — на песчаных и каменистых склонах [5]. Считается, что вид обладает довольно узкой экологической амплитудой и предпочитает участки со слабым затенением, но изредка встречается как на открытых, так и в сильно затененных местах [3]. Однако, как выясняется, такую разборчивость растение проявляет не всегда.

В августе 2004 г. я занималась изучением бореальных орхидей в Хакасском национальном музее-заповеднике «Казановка» (Аскизский р-н Республики Хакасия). В работе мне помогли московский ботаник, знаток флоры этих мест — О.В.Григорьева (Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений РАСН), а также сотрудники заповедника и школы с.Казановка (особенно Л.В.Еремин).

Предгорье Абаканского хребта — место встречи тайги и степей. Собственно, самой тайги там уже нет (она осталась выше в горах), а в районе Казановки пятна соснового леса сохранились только на северных склонах скалистых гряд, между которыми лежат широкие остепненные сухие долины. Светло-зеленый покров этих долин образован сплошными зарослями дикого ириса *Iris biglumis*. Жесткие листья этого растения мало съедобны для скота, а его мощные корневища выдерживают вытаптывание (летом стада коров и лошадей бродят здесь на вольном выпасе). Завершают пейзаж несколько гор, одна из них, Аар-Тар, поднимается возле самой Казановки.

В сосняках на северных склонах холмов земля покрыта плотным слоем хвои, местами голым, местами с разреженным травостоем — классическое местообитание неоттианте. Поэтому неудивительно было обнаружить в двух таких сосняках — в логах Хуртуях-хол и Малхая — плотные, в десятки экземпляров, популяции неоттианте (к слову, в логе Малхая обнаружены и другие виды орхидных). Как правило, росли они на нетронутых участках, но иногда — прямо между коровьих троп. Единично неоттианте встречались и в сыром пойменном березняке возле р.Аскиз. Казалось бы, все как положено, однако дальнейшие поиски дали неожиданные ре-



▲
Гнездоцветка в разных биотопах:
на разнотравном лугу, на
скальном выходе, на степном
участке под ирисом.

Фото автора

Ирисовая долина, в которой был
обнаружен экземпляр *N. cucullata*
(сидит О.В.Григорьева, стоит
Т.Н.Виноградова).



Автор в типичном биотопе
неоттианте (низкотравный сосняк).
Лог Хуртуях-хол.

Фото Г.М.Виноградова



зультаты — цветущие экземпляры неоттианте оказались в необычных для нее биотопах.

На склонах Аар-Тага, вплоть до самой вершины (750 м над ур.м.), неоттианте попадались одиночно (реже — малыми группами по два—три экземпляра). Росли они на влажных моховых подушках, покрывающих голую скалу, причем нередко в тени 20—30-сантиметровых вертикальных уступов скал. Цветущие экземпляры обычно были некрупные, по 7—15 цветков в соцветии.

Еще один экземпляр найден в небольшом поперечном логе между двумя долинами, прямо посреди плотного разнотравного луга с земляникой

Fragaria viridis, в самой гуще травы, причем цветonos не поднимался над уровнем окружающих его трав.

Но самой необычной стала находка крупного экземпляра (с цветonosом в 18 цветков) в двух километрах от с.Казановки в ирисовой долине Кюг (известной стоящим в ней почитаемым камнем — менгиром Ах-Тас). Неоттианте росла посреди настоящего степного участка в широкой части долины возле основания одного из многочисленных ирисов, который, однако, практически не защищал ее от прямых солнечных лучей. Казалось бы, более неподходящего для гнездоцветки биотопа сложно представить.

Вот и получается, что экологическая амплитуда гнездоцветки клубочковой может быть более широкой, чем принято ожидать. Во всяком случае, это касается мест с высокой мозаичностью биотопов. Пока трудно дать обнаруженному явлению какие-то четкие объяснения. Очевидно, искать их нужно в особенностях развития неоттианте.

На лесистых склонах холмов, там где гнездоцветка образует плотные скопления, мне удалось отыскать несколько ее подземных ювенильных экземпляров. Возможно, их изучение позволит пролить свет и на особенности скрытой от глаз подземной жизни этой любопытной орхидеи. ■

Работа поддержана фондом МакАртуров. Грант № 04-81313-000GSS.

Литература

1. Ziegenspeck H. Orchidaceae. Lebensgeschichte der Bluterpflanzen Mitteleuropas. Stuttgart, 1936.
2. Вахрамеева М.Г., Денисова Л.В., Никитина С.В., Самсонов С.К. Орхидеи нашей страны. М., 1991.
3. Вахрамеева М.Г., Жирнова Т.В. Неоттианте клубочковая // Биологическая флора Московской области. 2003. Вып.13. С.50—61.
4. Мамаев С.А., Князев М.С., Куликов П.В., Филиппов Е.Г. Орхидные Урала: систематика, биология, охрана. Екатеринбург, 2004.
5. Красная книга РСФСР. Растения. М., 1988.

Лабораторные опыты, проведенные американскими учеными, показали, что папоротник вида *Pteris vittata* менее чем за сутки поглощает свыше 98% растворенного в воде мышьяка. Таким образом, простая методика позволяет получать питьевую воду, по содержанию мышьяка соответствующую рекомендациям Всемирной организации здравоохранения (<0.01 мг/л).

La Recherche. 2004. №377. P.12 (Франция).

Огромное количество работ по исследованию влияния микроволнового излучения на проводимость двумерного электронного газа, помещенного

в магнитное поле, перешло наконец в качество: получен практический результат. Российско-германо-шведская группа ученых, возглавляемая И.Кукушкиным (Институт физики твердого тела РАН, Россия), создала микроволновый спектрометр в диапазоне до 1 ТГц, работающий при температуре жидкого азота. Принцип его действия основан на генерации магнетоплазмонов, приводящей к фотовольтаическому эффекту.

Applied Physics Letters. 2005. V.86. P.044101; http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/5_03/index.htm

До сих пор считается, что производство хмельных напитков

началось в Иране 7400 лет назад. Однако совсем недавно группа китайских и американских археологов провела химический анализ внутренних стенок терракотовых сосудов, впитавших их содержимое. Сосуды, возраст которых определен в 9 тыс. лет, были найдены при раскопках на севере Китая, в селении неолитического времени. Анализ показал: терракотовый материал содержал органические компоненты, а это может служить доказательством, что 9 тыс. лет назад в этих сосудах хранился напиток, полученный брожением и изготовленный на основе риса, меда и фруктов.

La Recherche. 2005. №383. P.16 (Франция).

203-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»

И.А.Басов,

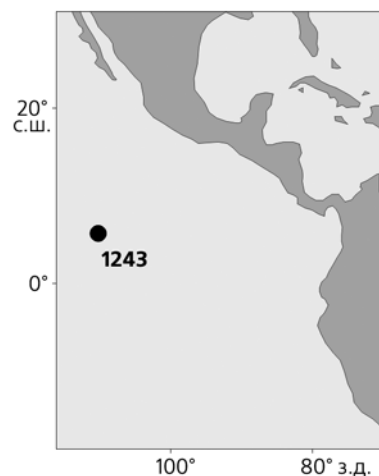
доктор геолого-минералогических наук
Геологический институт РАН
Москва

В настоящее время исследования в области наук о Земле, включая океаны, вступают в новую фазу. Назрела необходимость в проведении постоянных долговременных наблюдений в режиме реального времени за различными процессами, происходящими в недрах. Такого рода мониторинг необходим для понимания современного состояния планеты как единой системы суша—океан—атмосфера и механизмов взаимодействия ее различных компонентов, которые определяют разномасштабные, в том числе катастрофические, изменения окружающей среды.

С этой целью в рамках реализации международного проекта «Динамика земной и океанской систем», организованного по инициативе США и Великобритании и включающего также ряд стран Европейского Союза и Японию, предполагается создать сеть долговременных автономных или связанных с берегом (в случае его близости) океанских обсерваторий, которые должны быть установлены на дне океана и в океанской литосфере для мониторинга процессов, происходящих в ней, а также на поверхности океана и в толще воды для наблюдения за поведением атмос-

феры, океана и океанской литосферы. Таким образом, создаваемая сеть обсерваторий для изучения динамики литосферы и мантии, климата, биогеохимических циклов в верхней части океана и взаимоотношений между глубинными флюидами и биологическими сообществами в коре является мультидисциплинарной по своему предназначению, поскольку он должна обеспечить непрерывный сбор в разных точках Мирового океана физической, химической, метеорологической, океанологической, биологической и геофизической информации, которая будет поступать в единый центр для последующей обработки и распространения через Интернет. Размещение этих обсерваторий тесно увязано с сетью океанских сейсмических станций, также создаваемой в настоящее время для мониторинга землетрясений в океанах [1].

Бурение и подготовка скважины для размещения в ней долговременной обсерватории были основной целью 203-го рейса «ДЖОИДЕС Резолюшн», который состоялся в мае—июле 2002 г. в восточной экваториальной части Тихого океана. Научными руководителями рейса были Дж.А.Оркатт из Скриппсовского океанографического института (Калифорнийский университет, США) и А.Шульц из



Точка бурения в 203-м рейсе «ДЖОИДЕС Резолюшн».

Отдела наук о Земле (Университет Кардиффа, Великобритания), Программу океанского бурения в рейсе представлял Т.А.Дэвис [2].

Выбор места бурения под будущую обсерваторию в восточной экваториальной части Тихого океана был обусловлен тем, что этот регион важен для понимания взаимодействия между океаном и его биотой, атмосферой и литосферой в условиях ее быстрого спрединга в пределах Восточно-Тихоокеанского поднятия. В 138-м рейсе «ДЖОИДЕС Резолюшн» здесь

была пробурена серия скважин в 11 точках вдоль двух меридиональных профилей приблизительно между 5° ю.ш. и 10° с.ш., и в результате динамика климатических, океанологических и биотических изменений позднего кайнозоя и четвертичного времени достаточно хорошо изучена [3]. Мощность осадочного чехла в этом районе составляет около 100 м, что достаточно для погашения шумов с поверхности океана при регистрации сейсмических колебаний в фундаменте.

В рейсе пробурено две скважины в одной точке (1243) на глубине 3882 м в пределах западного склона Восточно-Тихоокеанского поднятия на коре с возрастом 10–12 млн лет. Обе скважины (1243А и 1243В) вскрыли осадочный чехол мощностью соответственно 121 и 110 м и проникли в базальты на глубину 103 и 85 м. Скважина 1243А, которая предназначена для установки в 2005 г. сейми-

ческой аппаратуры, была оборудована конусом для повторного вхождения. В скважине установлена обсадная труба до глубины 212 м и проведена цементация ее нижней части до уровня 199 м. Последующие каротажные исследования показали, что отклонение скважины от вертикали не превышает 1° и что она готова для размещения геофизического оборудования.

Помимо достижения целей, связанных с подготовкой скважины для будущей геофизической обсерватории, бурение в данном районе было направлено на глубокое проникновение в базальтовый фундамент с целью изучения геохимических и гидротермальных процессов в молодой океанской коре, формирующейся в результате быстрого спрединга. Дело в том, что за всю почти 35-летнюю историю бурения в океанах только 17 скважин вошли в нормальный базальтовый фундамент огромной Тихоокеанской плиты,

занимающей большую часть Тихого океана, с проникновением в него на глубину более 10 м, и лишь три из них проникли в фундамент на глубину более 100 м. Более того, в пределах срединно-океанического хребта восточной части Тихого океана, который характеризуется высокой скоростью спрединга (14.1 см/год), нет ни одной подобной скважины. Таким образом, на сегодняшний день только одна скважина 1243 вскрыла базальтовый фундамент быстро расширяющегося срединно-океанического хребта на глубину более 100 м. Полученные материалы после их детального петрологического и геохимического изучения позволят понять геохимические и гидротермальные процессы в формирующейся океанской коре и экстраполировать соответствующие интерпретации на обширные участки срединно-океанических хребтов с подобным режимом развития. ■

Литература

1. Басов И.А. Результаты 191-го рейса «ДЖОИДЕС Резолюшн» // Природа. 2002. №10. С.25–26.
2. Orcutt J.A., Schultz A., Davies T.A. et al. // PODP. Init. Repts. 2002. Leg.203.
3. Mayer L., Piasias N., Janecek T. et al. // PODP. Init. Repts. 1992. Leg.138.

На протяжении последних 40 лет высота снеговой линии в Альпах неуклонно повышается. Согласно моделям, разработанным Национальным центром метеорологических исследований Франции на период 2050–2060 гг., такая тенденция подтверждается. Под воздействием глобального потепления снежного покрова в Альпах на высотах порядка 1800 м при температурах от 1.4°С до 2.5°С не будет около двух месяцев. Значительно слабее потепление скажется на больших высотах, где температура воздуха

постоянно будет оставаться ниже нуля. Таяние снегов будет начинаться несколько ранее, а наибольший расход в речной сети придется раньше на месяц. Sciences et Avenir. 2005. №696. P.16 (Франция).

Разработка нового поколения автоматизированных систем мониторинга водных объектов успешно решается лишь в отдельных регионах мира. Например, в США на реализацию национальной информационной программы и созда-

ние национальной сети контроля рек, в которую войдет более 12 тыс. станций измерения уровня и качества воды всех основных водных артерий страны, выделен 91 млн долл. до конца 2005 г. Благодаря этому в США станет функционировать уникальная автоматизированная система сбора достоверной информации, которая позволит оперативно управлять состоянием водных ресурсов страны.

Тезисы докладов VI Всероссийского гидрологического съезда. Секция 1. СПб., 2004. С.23–24 (Россия).

Как рождался «Курс теоретической физики»

Тома курса Ландау и Лифшица многие советские физики в разговорах, пусть и шутливо, называли и называют Книгами с большой буквы.

В.Л.Гинзбург

Г.Е.Горелик,
кандидат физико-математических наук
Центр философии и истории науки
Бостонский университет (США)

Тот, кто знает о Льве Ландау лишь понаслышке, да еще вспомнит его иконообразные портреты-шаржи, может заподозрить, что за этими шутками крылся нешуточный культ личности, перенятый советской наукой у советской жизни. Но уже заглянув в статью, откуда взят эпиграф, легко убедиться, что в данном случае такое подозрение неосновательно. Академик В.Л.Гинзбург в ней подчеркнул, что «при всех исключительных достоинствах Курса Ландау и Лифшица не следует его канонизировать и фетишизировать — это было бы чуждо духу современной науки, противоречило бы убеждениям самих авторов Курса», что «изучающие теоретическую физику не должны ограничиваться одним курсом, даже если это Курс с большой буквы», что «в зависимости от способностей изучающих, типа их мышления и склонностей не всем из них предлагаемые в Курсе подходы и выводы покажутся наилучшими», тут же приведя пример того, что ему самому не кажется наилучшим [1].

Тем не менее речь идет об одной из самых влиятельных книг в физике XX в. Разумеется, великие открытия уже не первый век являются на свет в форме статей, но в мире физических книг

«Курс теоретической физики» Л.Д.Ландау и Е.М.Лифшица заметно возвышается над другими по воздействию на мировую науку*. Это подтверждают американские данные о наиболее цитируемых книгах по физике за период 1961—1972 гг. (при том, что с 1934 г. Ландау за рубежом не бывал) [2]. Изданный на главных языках научного мира, Курс формировал способ мышления, стиль «делания физики» в период, когда эта наука стала лидером естествознания и технического прогресса.

Продолжительность жизни Курса поразительна для науки с головокружительным темпом перемен. В англоязычном мире, где только реальный спрос определяет предложение, «Course of Theoretical Physics» продолжает находить читателей-покупателей — двадцать лет спустя после появления третьего издания.

Никакого аналога у этого Курса нет и никогда, видимо, уже не будет. Уникальность связана и с особым периодом в развитии теоретической физики, и с особенностью авторского союза. Уникальность эта запечатлелась уже в самых первых кадрах истории создания Курса, 70 лет назад.

* Эта тема затрагивалась во многих наших публикациях. Последняя из них — подборка воспоминаний о Е.М.Лифшице, посвященная 80-летию со дня рождения. См.: Природа. 1995. №11. — *Примеч. ред.*

Харьковский период развития физики

«Свидетельство о рождении» Курса имеет вид машинописной страницы, которая здесь изображена. Это титульный лист чудом сохранившегося экземпляра руководства объемом около трехсот страниц, изданного «на правах рукописи» в 1935 г. Украинским физико-техническим институтом (УФТИ) в городе Харькове, только что переставшем быть столицей Украинской Советской Социалистической Республики.

Впрочем, действующих лиц, чьи имена указаны на титуле, вряд ли заботила утрата административно-столичного статуса, — они были уверены, что Харьков становится одной из научных столиц мира. И главной силой этого превращения надлежало стать 27-летнему Льву Ландау.

В Харьков он прибыл из Ленинграда в 1932 г. Ему было 24 года. С собой он привез свой талант, уже проявившийся и замеченный, и огромный энтузиазм к физике. Настолько огромный, что ему было мало просто самому заниматься наукой. Он призывал делать это в хорошей компании. Но в Ленинграде остались его друзья-теоретики Георгий Гамов и Матвей Бронштейн, еще дальше — в Европе — теоре-



Л.Д.Ландау. 1929 г.

тики, с которыми он подружился за полтора года учебы-работы в столицах европейской физики в 1929–1931 гг. Так что ему ничего не оставалось, как сделать еще одну такую столицу в Харькове.

Своей страстью к науке он притягивал начинающих, «образовывал их» и одновременно отбирал с помощью составленной им программы «теорминимума», в духе времени, когда «техминимумы» разного рода были в ходу в производственно-технических профессиях. Знание «теорминимума» Ландау проверял серией экзаменов по основам всей теоретической физики, как он ее понимал. И к 1935 г. уже пятеро его аспирантов сдали весь комплект экзаменов, как свидетельствует список, состав-

ленный Ландау собственноручно в 1961 г.

Своего понимания теоретической физики Ландау достиг в основном самоучкой, и первую программу теорминимума составил из отдельных глав разных книг и некоторых статей. К этому добавлялись его лекции. Этот разношерстный учебный материал и предстояло заменить «Руководством по теоретической физике», основанным на конспектах его лекций. Он предполагал распределить разные разделы теоретической физики между учениками, возложив на них писательскую работу, а за собой оставив общее руководство и редактирование.

На обложке прото-Курса 1935 г. значатся имена двух соавторов Ландау. 26-летний Леонид Пятигорский, который готовил два раздела, был лишь на год младше учителя, но всю жизнь относился к нему с восхищением и преклонением, несмотря на драматический разрыв их личных отношений в конце того же 1935-го (о чем еще будет сказано). 20-летний Евгений Лифшиц готовил один раздел, но самый трудный и самый нужный, потому что книг с систематическим изложением статистической физики тогда не было. Лифшиц уже успел проявить свои способности, к 20 годам закончив высшее образование, защитив кандидатскую диссертацию и, наконец, сдав теорминимум.

В конце 1935 г. прибывший в УФИ дипломник услышал от Лифшица, что «раньше был Кембриджский период развития физики, а теперь наступает Харьковский» [3]. Формулировка эта наверняка шла от Ландау, который своими глазами видел физику Кембриджа и других мировых центров.

Те, кто не испытал «на своей научной шкуре» дар Ландау, могут в таком настроении увидеть лишь гипнотизирующее воздействие самоуверенного 27-летнего Учителя на его учеников.

РУКОВОДСТВО ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ

- ч. I – МЕХАНИКА /Л.ЛАНДАУ и Л.ПЯТИГОРСКИЙ/
 ч. II – СТАТИСТИКА /Л.ЛАНДАУ и Е.ЛИФШИЦ/
 ч. III – ЭЛЕКТРО-ДИНАМИКА /Л.ЛАНДАУ и Л.ПЯТИГОРСКИЙ/

Издание УФИ

Харьков, 1935 г.

Титульный лист «Руководства по теоретической физике».

Что-то в этом роде уже в те времена зафиксировал ехидный карандаш шаржиста: с сияньем вокруг головы и архангельскими крыльями за спиной Учитель глаголет истины, а ученики, сидя рядком и наострив свои — ослиные — уши, внимают.

Какова доля правды в этой шутке, можно оценить, посмотрев на тогдашнего Ландау глазами человека, который был вдвое его старше, дружил с Эйнштейном и Бором и сам был физиком с мировым именем. В декабре 1932 г. Пауль Эренфест изложил свои впечатления о 24-летнем Ландау в письме из Харькова в Ленинград — своему давнему другу А.Ф.Иоффе. Эренфест знал, что Ландау уехал из Ленинграда в сущности из-за конфликта с Иоффе. Конфликт был личный, но предмет конфликта — научный.

Архивная стенограмма сохранила слова Ландау на одном из совещаний в Академии наук 1932 г.: «Теоретическая физика <...> играет большую роль и для экспериментальной физики, примером чего может служить разработка вопроса о тонкослойной изоляции, которая проводилась без учета теоретических данных, в результате чего потрачено много средств, не давших никакого результата», — и все присутствовавшие знали, что речь шла о широко разрекламированном, но несостоявшемся триумфе Иоффе в советской науке и технике [4]. А в устном предании сохранился обмен репликами на одном из семинаров, когда Ландау объяснял, почему идея Иоффе безнадежна. «Папа Иоффе», как его почтительно-насмешливо звали молодые физики, сказал, что не понял доводов Ландау, а тот прокомментировал, что теоретическая физика — наука трудная и не всякому доступна. Иоффе увидел в этом прежде всего беспардонный личный выпад и перенес свой личный гнев на оценку научного потенциала молодого теоретика. Эренфесту он писал, что счита-

| | |
|--------------|----|
| 1. Каппанец | 33 |
| 2. Лифшиц | 34 |
| 3. Ахизер | 35 |
| 4. Пацеракук | 35 |
| 5. Мисса | 35 |

| | | | |
|------------------|--------|-------------------|----|
| 1. Каппанец | 33 д | 22. Бунаев | 54 |
| 2. Лифшиц | 34 д | 23. Вейд | 55 |
| 3. Ахизер | 35 (в) | 24. Мезен | 55 |
| 4. Пацеракук | 35 к | 25. Антонов | 55 |
| 5. Мисса | 35 | 26. Сидел | 55 |
| 6. Вейд | 34 к | 27. Басарев | 55 |
| 7. Борисовский | 39 д | 28. Шаши | 56 |
| 8. Сидельский | 40 д | 29. Боров | 57 |
| 9. Каптелин | 41 д | 30. Шаповал | 58 |
| 10. Кучаев | д | 31. Фоминский | 59 |
| 11. Тер-Микаэлян | 47 д | 32. Абрам | 59 |
| 12. Абрамов | 41 д | 33. Копраев | 59 |
| 13. Иоффе | 49 д | 34. Рувин | 59 |
| 14. Харин | 50 к | 35. Мещеряков | 60 |
| 15. Ландау | 50 к | 36. Берд | 60 |
| 16. Сидел | 51 к | 37. Мели-Бараздин | 60 |
| 17. Кале | 51 к | 38. Монахов | 61 |
| 18. Черный | 52 к | 39. Чалышев | 61 |
| 19. Гершен | 53 д | 40. Будко | 61 |
| 20. Зельманский | 53 к | 41. Мисса | 61 |
| 21. Арман | 54 к | 42. Машин | 61 |
| | | 43. Князев | 61 |

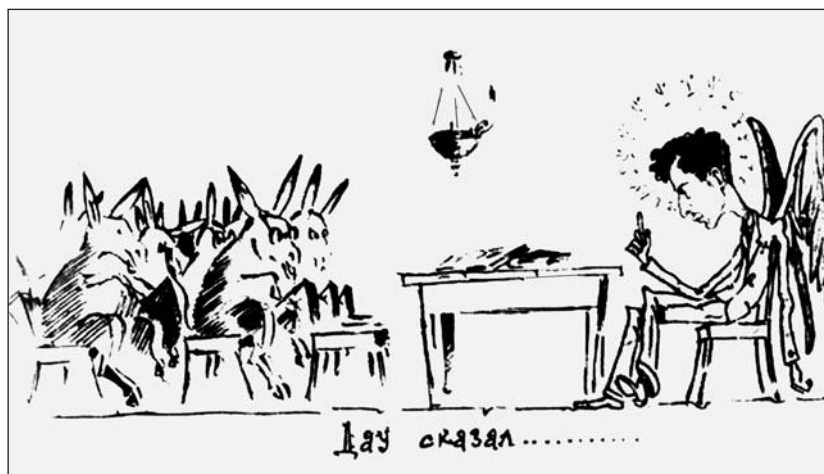
Справа — перечень физиков, сдавших теорминимум Ландау, составленный им собственноручно в 1961 г., слева — начало списка (сдавшие теорминимум до 1935 г.).

ет Ландау «чрезвычайно способным, но физические суждения его — крайне односторонними и поэтому неверными. Так было во всех физических вопросах, в которых он участвовал в нашем институте. Все, что он утверждал, оказалось сплошной чепухой, не оправдавшейся на опыте. Верно, что в его взглядах есть внутренняя логика, но только нет связи с действительностью — это не логика природы. Физика не

талмуд, и она не может заниматься толкованием великих изречений Ландау, хотя они несомненно интересны и, по-видимому, своей логикой гипнотизируют» [б. С.298—301].

Эренфест, тем не менее, разглядел в молодом Ландау совсем другое:

«Что же касается Ландау, то в последнее время я стал ценить его, как совершенно необычайно одаренную голову. В первую очередь, за ясность и критичес-



Идет семинар.

кую остроту его мышления. Мне доставляло большое удовольствие спорить с ним о разных вещах. И совершенно независимо от того, был ли я при этом неправ (в большинстве случаев — в основных вопросах) или прав (как правило, во второстепенных деталях), я каждый раз очень многое узнавал и мог при этом оценивать по достоинству, насколько ясно он “видит” и насколько большим запасом ясно продуманных знаний он располагает. <...>

Ландау (разрешите мне не принимать во внимание его хулиганство, которое я лично открыто осуждаю решительным образом) <...> представляет собою абсолютно необходимый тип физика-теоретика. <...> После того как я сначала раз-другой с ним очень крепко поспорил из-за некоторых его неоправданно парадоксальных утверждений, я убедился, что он мыслит не только четко, но и очень наглядно — особенно в области классической физики. И в этот очень короткий промежуток времени я узнал от него удивительно много нового — почти каждый раз после фазы спора, в течение которой я был твердо убежден, что он неправ!!

Я люблю способ его мышления почти так же, как и способ мышления Паули.

И я очень хорошо понимаю, почему здесь каждая отдельная группа экспериментаторов очень охотно советуется с Ландау (а не с Розенкевичем или Подольским), так как он очень живо всем интересуется и интересен сам. Его мальчишеские выходки приводят к тому, что сначала очень часто все, что он говорит, кажется абсолютно непонятным, но если затем с ним упорно поспорить, то чувствуешь себя всегда обогащенным. Фактически я все же делаю все, что в моих силах, чтобы мобилизовать против хулиганства Ландау — конечно, при том, что он обо всем знает — и разъяснять молодежи, как разрушающе влияет такое поведение. Ландау,

в принципе, добрый человек!!! После незначительной внешней правки он мог бы стать одним из моих друзей (вопреки тому, что он меня, как физика, уважает мало)» [б. С.246—249].

Если все это за считанные дни сумел разглядеть иностранец Эренфест, то тем более это видели молодые физики, которые учились работать рядом с Ландау. То, что Эренфест называл мальчишеским хулиганством Ландау, они считали честностью, пусть и прямолинейной.

Когда один начинающий физик спросил у Ландау совета, кем лучше стать — теоретиком или экспериментатором, тот «ответил, что все зависит от кухни, которая нравится. Теоретик должен любить технику вычислений, возиться с интегралами, с трудоемкими и утомительными расчетами и т. д. А экспериментатор должен любить экспериментальную кухню: работать руками, возиться с приборами и оборудованием, как теперь говорят, с “железками”. Затем он сказал, что теоретическая физика — это малая наука, теоретик может освоить ее всю. Экспериментальная физика — это большая наука, и знать все ее разделы один человек не в состоянии» [3].

Это не жрец науки, высокопарно говорящий о ее миссии, а честный работник науки, знающий, что помимо вдохновения нужен повседневный труд — рабочая «кухня». Такой нежреческий подход в соответствии с духом тогдашнего советского времени можно было бы назвать рабоче-крестьянским. Сам Ландау предпочитал другое советское слово — «трудящиеся». Он, конечно, выделялся из трудящихся тем, что мог считать теоретическую физику «малой наукой», но свой статус он старался распространить на своих учеников. И одним из средств достигнуть этого был Курс, а шире — целая система образования, которую он готов был перестроить.

Помехой было лишь то, что его яркий педагогический талант умел выражаться лишь в устной форме, — в лекциях, дискуссиях, в личном общении. Литературного дара у него не было вовсе, при том, что он высоко ценил точное слово. Скорей всего именно эта комбинация литературной неспособности и высокой требовательности привела к его знаменитой «графофобии». Впрочем, это не так уж мешало ему, поскольку, благодаря его талантам в науке и в общении, рядом с ним оказались литературно одаренные люди, с радостью готовые воплощать его идеи в тексты, статью его пишущей рукой. Потому что его мысли и чувства они принимали близко к сердцу.

В 1935 г. Ландау ощущал важную поддержку своей просветительской миссии и со стороны советской власти. Вот фрагмент из статьи Ландау, опубликованной в центральной советской газете:

«Партия и правительство предоставляют небывалые возможности для развития физики в нашей стране. В то время как буржуазная физика черпает свои кадры из узкого круга буржуазной интеллигенции, которым занятие наукой по карману, только в Советском Союзе могут быть использованы все действительно талантливые люди, которые, в противоположность выдвигаемой буржуазией теории, встречаются среди трудящихся не реже, чем среди эксплуатируемых классов. Только государственное управление наукой в состоянии обеспечить подбор действительно талантливых людей и не допускать засорения научных учреждений различными непригодными для научной работы “зубрами” от науки, по существу тормозящими ее развитие. Наши научные учреждения не зависят от благотворительности “культурных” капиталистов. Наконец, только у нас возможна организация популяризации настоящей нефальсифицированной науки для широ-

чайших масс. Практическое выполнение на базе этих возможностей тех грандиозных задач, которые поставлены партией перед физикой, целиком ложится на нас, физиков Советского Союза. Однако мало сделано нами до сих пор. Научные институты стоят в стороне от вузов и не интересуются подготовкой кадров. Не лучше они относятся к подбору и подготовке собственной аспирантуры. <...> Страна требует от нас активной работы по социалистической реконструкции науки. Мы обязаны сейчас мобилизовать все свои силы на построение лучшего в мире физического вуза, на воспитание лучшего в мире состава физиков-исследователей и на создание самой богатой и здоровой популярной литературы» [7].

Эта статья была написана рукой сотрудника УФТИ — М.А.Кореца, но отражала взгляды Ландау, к которому Корец относился с восхищением и огромным уважением.

Их идеалы столкнулись с действительностью очень скоро. Через несколько дней после выхода статьи Кореца арестовали. Клубок соответствующих событий в двух словах не изложить [8]. Но не случайно, что в перечне сдавших теорминимум нет никого за 1936 г., как нет в этом перечне и Пятигорского, чья слепая преданность советской власти оказалась сильнее его чувств к учителю и привела к аресту Кореца. Ландау встал на защиту Кореца, и того, как ни удивительно, в июле 1936 г. выпустили из тюрьмы [9].

А Пятигорского за его роль в тех событиях Ландау изгнал из своей группы и больше с ним не разговаривал. Но не снял с него поручения работать над первым томом Курса «Механика» [10]. Они общались заочно, а предисловие, датированное апрелем 1938 г., Ландау завершил фразой: «Настоящая книга является развитием прочитанного мною курса лекций и

оформлена мною совместно с Л. Пятигорским»*.

Предисловие же к «Статистической физике», датированное февралем 1937 г., подписано двумя именами — Л.Ландау, Е.Лифшиц, и в тексте предисловия неоднократно фигурирует «мы».

Различие в характерах соавторства связано не только и не столько с тем, что совместную работу с Пятигорским затруднял разрыв личных отношений (если бы Ландау ставил личное выше общественного, он бы вообще прекратил это сотрудничество). Статистическая физика была коронной областью Ландау, где его вклад был особенно значителен, и его понимание — особенно важно. Потребность в этой книге видна из того, что ее перевод опубликовали в Англии уже в 1938 г., и в том, что книгу с тем же названием писал в Ленинграде М.П.Бронштейн, друживший с Ландау со студенческих лет. Бронштейн преподавал в Ленинградском университете и, ощущая пробел в учебной литературе, взял, по-видимому, за основу подход Ландау, с которым поддерживал близкое общение (до августа 1937 г., когда Бронштейна арестовали и спустя полгода — казнили). Свидетельство этого общения сохранилось у одного из студентов Ленинградского университета 1937 г. — Я.А.Смородинского, который слушал лекции Бронштейна и получил от него машинописную рукопись. Это четыре тетрадки с надписью на обложке: «М.П.Бронштейн и Л.Ландау. Статистическая физика (конспект по рукописи)**».

«Механику» Ландау и Пятигорского ожидал совершенно иной прием. В.А.Фок — один из виднейших советских теорети-

* В том же предисловии Ландау указал, что «Предлагаемый курс теоретической физики намечается из следующих частей: 1. Механика, 2. Статистика, 3. Теория поля, 4. Макроскопическая физика, 5. Квантовая механика».

** Эти тетрадки хранил Я.А.Смородинский.



М.А.Корец. 1935 г.

ков, в 1941 г. рекомендовавший Ландау к избранию в Академию наук, — в том же году написал обстоятельную критическую рецензию, в которой на семи страницах мелкого шрифта указал множество недостатков книги. Даже если часть претензий Фока отнести к различию стилей и понимания задач такого рода книги, вполне основательным выглядит его суровое заключение: «Приходится удивляться тому, как мог такой крупный ученый, каким, несомненно, является один из соавторов — проф. Ландау, написать книгу с таким большим количеством грубых ошибок. <...> Мы надеемся увидеть книгу во втором издании исправленной и основательно переработанной»***.

Эту работу проделал Евгений Михайлович Лифшиц, готовя второе издание «Механики» 1958 г. К тому времени уже были изданы (и переизданы) пять томов Курса, который малопочти-

*** Из-за перерыва в выходе журнала во время войны рецензия опубликована в 1946 г.: Фок В. Рец. Л.Ландау и Л.Пятигорский. Механика. (Теоретическая физика под общей редакцией проф. Л.Д.Ландау. Т.1). М.; Л., 1940 // УФН. 1946. Т.28. Вып.2—3. С.377—383.



Е.М.Лифшиц. 60-е годы.

тельные студенты переименовали в «Ландафшиц», не подозревая, насколько точно слитный союз двух имен соответствовал авторскому союзу двух людей.

Ландау + Лифшиц = Ландафшиц

Какова же была роль Лифшица в создании Курса: он лишь помогал «оформлять» или был незаменимым соавтором?

Вот как видел это авторское содружество П.Л.Капица — директор института, в котором оба теоретика работали многие годы:

«Несмотря на то что Ландау был прекрасным докладчиком, ему плохо удавалось излагать научные работы в письменном виде», а Лифшиц — «весьма одаренный» и «с широким охватом теоретической физики» — обладал еще и «исключительной способностью литературного изложения научной тематики. Жизнь показала, что Лифшиц и Ландау исключительно хорошо дополняли друг друга в работе по созданию Курса теоретической физики» [11].

Ландау не делал секрета из своей неспособности. В 1961 г., ответив отказом на предложение президента Академии напи-

сать популярную статью, он так и объяснил причину:

«Вы, возможно, слышали, что я совершенно не способен к какой-либо писательской деятельности, и все, написанное мной, всегда связано с соавторами. Популярная статья, конечно, представляет особенно большие трудности, и найти для нее подходящего соавтора оказалось невозможным» [12].

Лифшиц так рассказывал об этой особенности своего учителя и друга:

«Ландау почти ничего не мог написать сам, от писем и до научных работ. Несколько статей, которые он попытался написать самостоятельно, понять было невозможно. Парадоксальная причина, насколько я могу судить, заключалась в его стремлении излагать мысли четко и лаконично. Он думал над каждым предложением, и это превращалось для него в мучение. Поэтому, начиная с середины тридцатых годов, все его статьи с соавторами принадлежат перу его соавторов. Разумеется, это не означает, что Ландау полностью полагался на то, что они напишут. Сначала он давал точные указания, затем читал статью, если необходимо, вносил изменения сам или говорил, что надо изменить. А те статьи, которые он публиковал без соавторов, писал я. И в этом случае я имел от него точные указания. Сначала он объяснял мне свою работу, я писал ее, и затем, если нужно, вносил изменения» [13].

Описанный Евгением Михайловичем механизм соавторства выглядит так просто, что, кажется, почти любой из окружающих Ландау физиков мог выполнить роль его соавтора. В 30-е годы Ландау, похоже, так и думал, — помимо Лифшица (и помимо соавторов в научных статьях), он видел «подходящих соавторов» в Л.М.Пятигорском, А.С.Компанейце, А.И.Ахиезере (в учебно-научных книгах), а также в Ю.Б.Румере и М.А.Кореце (в научно-популярном и публицистическом жанрах). Однако в

50-е годы Ландау уже осознавал уникальность соавторского дара Лифшица.

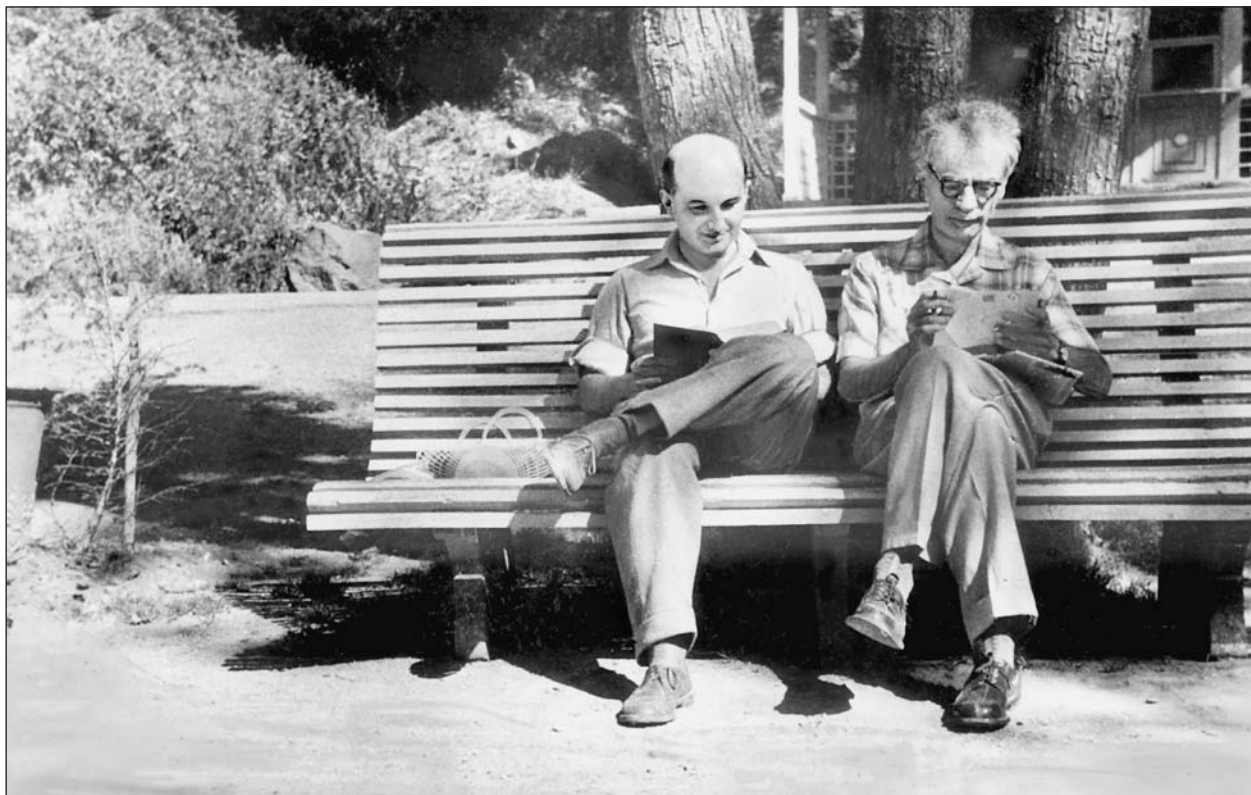
По свидетельству А.А.Абрикосова, одного из ближайших сотрудников Ландау, тот говорил о Лифшице: «Женька — великий писатель: он не может написать то, чего не понимает» [14]. Еще убедительнее, быть может, свидетельство вдовы Ландау (поскольку ее переполняли злые чувства к ученику и другу мужа): «Как-то я спросила: “Дау, а почему ты все свои книги пишешь только с Женькой, почему не с Алешей [Абрикосовым]?” “Пробовал. Не только с Алешей, пробовал и с другими. Но ничего не вышло”»* [15].

Незаменимая роль Лифшица в этом соавторстве сложилась из совокупности его личных качеств.

Во-первых, способность общаться на одном с Ландау уровне понимания физики, что включало в себя и, словами Капицы, широту охвата физики и, главное, сам стиль этого охвата. Конечно, став учеником Ландау в юные 17 лет, Лифшиц имел идеальные возможности впитать стиль учителя с самого начала своего пути в физику, но к этому добавлялся и собственный характер мировосприятия Лифшица, которому стиль учителя прекрасно соответствовал — «настрой в резонанс».

Глядя на рукопись «Статистической физики» Бронштейна—Ландау (по сохранившемуся конспекту), можно увидеть, что стиль изложения там заметно отличается от стиля Ландау—Лифшица. И это неудивительно — научные стили Ландау и Бронштейна при всей близости и плодотворности их научного общения заметно различались. Бронштейн кроме научного и педагогического талантов был высокоодарен литературно, что проявилось в его науч-

* Книжная — отредактированная без участия автора — версия в этом месте в сущности совпадает с рукописью: *Ландау-Дробанцева Кора*. Академик Ландау. Как мы жили. М., 1999. С.14.



Ландау и Лифшиц во время автомобильного путешествия по Кавказу. Боржоми, 1960 г.

но-художественных книгах. Поэтому, поставив имя Ландау как своего соавтора, он, вероятно, лишь отдавал должное вкладу Ландау в основную концепцию построения материала, но писал книгу несомненно самостоятельно. Во-первых, похоже, Бронштейн, в отличие от Ландау, ориентировался на читателя-студента, а не на аспиранта. И, во-вторых, Бронштейн стремился не только к лаконичности и логической замкнутости изложения, знакомой по Курсу Ландау—Лифшица, но и готов был к более широкой перспективе, включающей нерешенные проблемы и спорные вопросы.

А для Лифшица стиль Ландау был вполне родным, и его задачей было реализовать этот стиль наилучшим образом. Общие концепции Ландау, какими бы замечательными они ни были, требовали конкретного — самостоятельного и критического — воплощения.

Остались свидетельства авторских споров, в которых рождался текст курса. Чтобы спорить с Ландау, нужна была незаурядная сила духа и самостоятельность мышления. (Недоумение Фока по поводу первого варианта «Механики» в сущности свидетельствует, что Пятигорский подобной самостоятельностью не обладал.) Успех «Курса» предполагал и принципиальное — стилевое — единомыслие, и критическую самостоятельность.

Нагляднее всего самостоятельность Лифшица проявлялась за пределами собственно науки. Ему, например, советская идеология была чужда с юности. Причины этого неясны — в ближайшем окружении Ландау 30-х годов он был один такой. Можно представить себе, как нелегко ему было переносить просоветский пыл своего обожаемого учителя в первые годы их знакомства. И насколько легче ста-

ло после того, как Ландау сделал свое политическое открытие в 1937 г. О возникшем после этого политическом — «антисоветском» — единомыслии Ландау и Лифшица знали кроме стражей Госбезопасности лишь самые близкие люди. Совсем другой (но очень важной для Лифшица и несуществующей для Ландау) частью жизни была классическая музыка, которой Лифшиц уделял большое время и большие средства, собрав огромную фонотеку (более тысячи дисков). Очень различались и стили отношения Ландау и Лифшица с близкими им людьми. Теоретически принимая идею «свободной и честной любви» — свободной и от брачных уз, которую Ландау проповедовал и, в меру своих возможностей, осуществлял, Лифшиц, найдя настоящую любовь, оставался ей верен на многие десятилетия, до конца жизни.



Е.М.Лифшиц, М.Бор, Н.Бор и Л.Д.Ландау на «празднике Архимеда» в МГУ. 1961 г.

И все же, воспринимая жизнь в ее многоцветии, главным делом Лифшиц считал науку, к которой относился с высокой ответственностью. Это его качество вместе с огромной работоспособностью побудило П.Л.Капицу, главного редактора главного журнала физиков — «Журнала экспериментальной и теоретической физики», — избрать Лифшица своим бессменным заместителем. Ответственность и трудоспособность в не меньшей мере требовались в работе над многотомным Курсом.

И наконец, важнейшая компонента уникальности Лифшица как соавтора Ландау — его личное отношение к учителю и другу. Восхищение «чудом природы» — научным талантом Ландау — соединялось с притяжением к его человеческой личности, в глазах Лифшица — ясной, простой и нравственной. Подростковые манеры Ландау, которые одних ранили, других удивляли, для Лифшица были

несущественной формой, а не содержанием, о котором он в уже цитированной лекции 1984 г. сказал без особой торжественности, но с явным личным чувством: «Ландау был выдающейся личностью и очень веселым человеком. С ним никогда не было скучно». А на предположение своей жены, что Ландау недостаточно заботился о его — Лифшица — избрании в Академию наук, Евгений Михайлович — обычно сдержанный — ответил жестко: «Мне выпало огромное счастье — быть рядом с Ландау и работать вместе с ним! Все остальное не имеет никакого значения!» [13]. (И при этом даже не счел нужным опровергать само предположение, что он мог легко сделать.) Ведь Институт физпроблем дважды — в 1953 и 1958 гг. — официально выдвигал Е.М.Лифшица в члены-корреспонденты, что было бы невозможно без поддержки Ландау, его прямого начальника, заведующего теор-

отделом ИФП. Лифшица избрали в Академию в 1966 г.

Редкостная дружба Ландау и Лифшица при их контрастных различиях стала поводом для шаржа: на пути к прекрасной, но миражной Дульсинее шествует верхом Дон Кихот Ландау и за ним — пешком — Санчо Панса Лифшиц тащит осла, тяжело груженного томами Курса.

После гибели Ландау обнаружилось, что в Санчо Панса жил и Дон Кихот, — всякий раз, когда Лифшиц видел какое-либо посягательство на честь его учителя и друга, он бросался на защиту с подлинно донкихотским пылом. Что им двигало: просто чувство справедливости, преувеличение и без того великого таланта своего учителя, личное чувство дружбы, или какой-то сплав всех этих сил? Абрикосов, обвиненный Лифшицем в сознательном искажении истины относительно поступков их общего учителя, увидел причину в том, что Лифшиц «искренне ве-

рил, что только Ландау мог придумывать новые идеи». С другой стороны, В.Л.Гинзбург на основе своего знания к истинным друзьям Ландау относил одного Лифшица, считая всех прочих лишь учениками и коллегами.

Судя по всему, свое «огромное счастье» Лифшиц осознал уже в юные 20 лет. И вместо естественных для такого возраста личных научных амбиций он, похоже, избрал амбицию поделиться своим счастьем с другими, сделать научный дар Ландау доступным другим, расширять школу Ландау далеко за пределы личного общения с учителем. То, что это Лифшицу удалось, могут засвидетельствовать тысячи физиков по всему земному шару, которые с помощью Курса Ландау—Лифшица осваивали свою профессию и делали новую физику.

Залогом необычайного успеха Курса был великий дар Ландау, но реализовался этот дар лишь благодаря Лифшицу. И мировая известность пришла к Ландау прежде всего благодаря Курсу. В этом сходятся оба нобелевских лауреата — А.Абрикосов и В.Л.Гинзбург, которые



Дон-Кихот — подпись на шарже.

считают Ландау своим учителем. И с этим легко согласиться, если сравнить число тех, кто приходил на семинар Ландау (число, измеряемое десятками), и многие тысячи заочных учеников Ландау — читателей Курса по всему миру.

Лифшиц, автор первоклассных работ в таких разных областях, как ферромагнетизм, фазовые переходы, космология, молекулярные силы, своей основной жизненной задачей считал создание «Курса теоретичес-

кой физики». Это проявилось, в частности, когда к его 70-летию журнал «Успехи физических наук» собирался поместить положенную ему по научному рангу юбилейную статью, а Лифшиц попросил вместо этого дать статью о Курсе.

В 2005 г. 70-летие Курса совпадает с 90-летием Евгения Михайловича Лифшица. Логично повторить его идею двадцатилетней давности и отметить его юбилей рассказом о рождении главного дела его жизни. ■

Литература

1. Гинзбург В.Л. «КУРС» (памяти Л.Д.Ландау и Е.М.Лифшица) // О физике и астрофизике. М., 1995. С.442.
2. Garfield E. The 100 Books Most-Cited by Researchers // Essays of an information scientist. V.2. №1. January 2. 1974.
3. Шпинель В.С. Письмо Г.Е.Горелику, 17 марта 1998 г.
4. Архив РАН. Ф.204. Оп.1. Д.4. Л.17—20.
5. Горелик Г. Андрей Сахаров: наука и свобода. М., 2004.
6. Френкель В.Я., сост. и ред. Эренфест — Иоффе. Научная переписка. Л., 1990.
7. Ландау Л. Буржуазия и современная физика // Известия, 23 ноября 1935 г.
8. Горелик Г.Е. «Моя антисоветская деятельность...» (Один год из жизни Л.Д.Ландау) // Природа. 1991. №11.
9. Павленко Ю.В., Ранюк Ю.Н., Храмов Ю.А. «Дело» УФТИ: 1935—1938. Киев, 1999. С.187.
10. Пятигорский Л.М. Беседа с Г.Гореликом, 22.7.1986.
11. Катица П.Л. Лев Давидович Ландау // Научные труды. Наука и современное общество / Ред.-сост. П.Е.Рубинин. М., 1998. С.359.
12. Ландау Л.Д. Письмо А.Н.Несмеянову, 17.1.1961. Личный архив Е.М.Лифшица.
13. Горелик Г.Е. Ландау + Лифшиц = ... Ландафшиц // Знание — Сила. 2002. №2.
14. Абрикосов А.А. О Л.Д.Ландау // Воспоминания о Л.Д.Ландау. М., 1988. С.35.
15. Landau-Drobantseva, Kora. Memoirs of a private life with Lev Landau. Samizdat copy. In Russian. American Institute of Physics. Niels Bohr Library, P.10.

Новости науки

Астрономия

Раскрыта тайна пропавшего спутника Седны

Астероид, обнаруженный на окраине Солнечной системы и получивший имя эскимосской богини Седны, поначалу представлял собой сплошную головоломку для ученых. Одна неясность связана с периодом осевого вращения Седны. Первые измерения показали, что он чрезвычайно велик по сравнению с периодами других малых тел Солнечной системы. Измеряя небольшие колебания яркости астероида, ученые заключили, что период его вращения вокруг оси составляет от 20 до 40 дней. Такие длинные «сутки» предполагают наличие у Седны большого спутника, притяжение которого затормозило вращение этого астероида. Но снимки, полученные с помощью космического телескопа «Хаббл» через месяц после открытия Седны, показали, что сколько-нибудь большой «луны» у нее нет.

С.Гауди (S.Gaudi; Гарвардско-Смитсоновский астрофизический центр, США) и его коллеги пролили свет на эту загадку, заново исследовав кривую блеска астероида с помощью новой мощной камеры, установленной на 6.5-метровом телескопе ММТ (г.Маунт-Хопкинс, США). В ходе этих наблюдений выяснилось, что объяснять длинный период, возможно, вовсе и не нужно. Гауди и его коллеги измерили блеск Седны с очень высокой точностью, выделив в нем периодические колебания, связанные с неравномерной яркостью поверхности астероида. Новые измерения позволили полностью исключить периоды вращения короче

5 ч и более 10 дней. Наилучшим образом наблюдательные данные соответствуют компьютерной модели, согласно которой Седна оборачивается вокруг оси примерно за 10 ч. Такой короткий период типичен для астероидов Солнечной системы и не требует для объяснения внешних факторов.

Седна — странный объект со странной орбитой. Она никогда не приближается к центру Солнечной системы ближе 80 а.е., и ей требуется 10 тыс. лет, чтобы совершить полный оборот вокруг Солнца. Для сравнения: орбита Плутона проходит на расстоянии от 30 до 50 а. е. от Солнца, и для полного оборота ему требуется 248 лет. «До сих пор Седна представлялась странной во всем, что нам только удавалось измерить, — говорит Гауди. — Любое ее свойство, которое мы могли определить, оказывалось нетипичным. Теперь мы показали, что по крайней мере в периоде вращения Седны странностей нет».

Новые данные разрешили одну загадку Седны, но другие вопросы остаются без ответа. Главный среди них — вопрос о том, как Седна попала на свою сильно вытянутую орбиту. Также ожидается объяснения необычный красный цвет астероида.

<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0503673>

Астрономия

«Звездная пыль» в руках ученых

В феврале 1999 г. в космос был запущен аппарат «Stardust» («Звездная пыль»), само название которого говорит о цели этого эксперимента. К маю 2000 г. бортовые «ловушки» аппарата уже собрали немалое количество «пы-

ли» для подробного изучения, но самое захватывающее время наступило в январе 2004 г., когда «Stardust» пошел на сближение с основным объектом своих исследований — кометой Вилд-2, принадлежащей к семейству Юпитера.

Официальное название кометы 81P/Wild2. Она была открыта в 1978 г. швейцарским астрономом П.Вилдом (P.Wild), работавшим в Обсерватории Бернского университета. Тогда комета находилась в 1.21 а.е. от Земли, а теперь не выходит за пределы орбиты Марса, и период ее обращения вокруг Солнца уменьшился до 6.4 года. И вот 2 января 2004 г. настал давно ожидаемый момент: «Stardust», двигаясь со сравнительно небольшой скоростью 6 км/с, сблизился с кометой на расстояние всего в 236 км. Это позволило приборам тщательно «разглядывать» объект, а их показания стали предметом изучения многочисленных научных коллективов из США, Германии, Финляндии, Великобритании и др.

Неожиданности посыпались как из рога изобилия. Бортовая фотокамера делала по одному снимку объекта каждые 10 с, и 72 полученных изображения уже позволили пересмотреть некоторые устоявшиеся взгляды на строение комет. Так, со времени нашумевшего падения на Юпитер в 1993 г. кометы Шумейкеров—Левви-9 укрепилось мнение, будто подобные космические тела представляют собой «кучу обломков», слабо связанных и легко распадающихся даже при не очень сильном воздействии извне. Может быть, это и справедливо в отношении некоторых подобных объектов, но далеко не всех. Комета Вилд-2 столь густо усеяна «оспинами» кратеров, возникших при

столкновении с другими небесными телами, что, будь она рыхлым комом, давно бы развалилась на множество мелких частей. Кроме того, у многих кратеров и других впадин стенки необычно крутые, их уклон достигает 70°; значит, частицы в ядре плотно сцеплены друг с другом, что, в свою очередь, свидетельствует против гипотезы «рыхлой груды» обломков.

На поверхности кометы Вилд-2 есть кратеры двух типов. Один, условно названный «ямой с нимбом», представляет собой котлован с вогнутым дном, окруженный по периметру областью неправильных очертаний, где навалены кучи выброшенной из него породы. Другой кратер — плоскодонный, не имеет подобного «нимба», а вокруг него видны крутые скалистые возвышения.

Поставив ряд лабораторных экспериментов, ученые установили, что «яма с нимбом» может возникать, когда падающее извне тело обрушивается на скопление однородного хрупкого материала с сильным сцеплением частиц. А плоскодонные кратеры появляются там, где поверхность состоит из силикатных (кремнистых) пород с многочисленными порами и слабой способностью к слипанию. В обоих случаях можно сделать вывод, что ядро кометы прочное, а гравитационные силы играют незначительную роль в формировании топографии этого небесного тела, что тоже опровергает распространенное мнение о груды обломков, удерживаемых вместе взаимным притяжением.

В 1986 г. запущенный Европейским космическим агентством аппарат «Giotto» посетил окрестности кометы Галлея, а в 2001 г. американский посланец «Deep Space-1» — комету Борелли. Сравнение их данных с теми, что предоставила комета Вилд-2, говорит как об удивительном сходстве, так и не менее удивительных различиях. Ядра всех трех комет способны отражать не более 5% поступающего к ним света: поверхности ядер окутаны неким нелетучим веществом, а выброс газов и пыли происходит лишь на очень

небольших участках. Однако есть и существенные различия. Так, геометрия ядер комет Галлея и Борелли близка к вытянутому эллипсоиду, а у Вилд-2 ядро похоже скорее на сплюснутый эллипсоид, у которого диаметр одной оси около 5.5 км, другой — 4.0 км, а третьей — примерно 3.3 км.

Откуда взялось такое различие? Возможно, во всем виновата непохожая история эволюции. Комета Галлея происходит из облака Оорта — обширного скопления аналогичных тел, расположенных на самых далеких окраинах Солнечной системы. За время своей жизни эта комета сотни, если не тысячи раз приближалась к Солнцу, так что «тепловая обработка» смогла сильно выровнять ее поверхность. Кометы Борелли и Вилд-2 схожи — обе относятся к эллиптическим: у них сравнительно короткий срок обращения по орбите (у первой около 6.9 лет, у второй — примерно 6.4 года). Вилд-2 была захвачена Юпитером лишь три десятилетия назад, так что эпизоды ее разогрева исчисляются всего несколькими годами. К радости астрономов, ее поверхность лучше сохранила все перипетии истории кометы, в том числе следы столкновения с соседями по поясу Койпера — области, лежащей непосредственно за орбитой Нептуна, которая считается основным «хранилищем» эллиптических комет.

Свежие данные о «запыленности» Солнечной системы не могли не привлечь внимание специалистов, возглавляемых Э.Дж.Тудзолино (A.J. Tuzzolino; Институт им.Э.Ферми в Чикаго). Они исследуют газово-пылевые оболочки вокруг кометных ядер, возникающие вследствие испарения вещества с их поверхности при сближении с Солнцем. Плотность такого покрывала очень низка — около 0.1 г/см³. Несмотря на это, каждая пылинка имеет свою структуру: в ее середине — твердое минеральное «зернышко», окруженное внутренней мантией из органических веществ, а затем — внешней мантией из водного льда. Все это теперь впервые удастся разглядеть благодаря неспешным

пролетам «Stardust» вблизи объекта и новейшей технике с высокой разрешающей способностью.

Еще в 1982 г. астрофизик Дж.М.Гринберг (J.M.Greenberg; Университет штата Аризона) предложил теоретическую модель строения кометного тела и происходящих в нем и вокруг него процессов. Сведения, собранные приборами «Stardust», подтвердили его правоту и уточнили многие детали. Прежде не удавалось различать мелкие черты структуры пылевого облака. «Stardust» преодолел недостатки своих предшественников и открыл существование двух пылевых областей: на расстоянии около 600 км от ядра кометы, где идет очень бурное перемешивание свежесброшенных пылинок, и примерно в 4 тыс. км от ядра, где этот процесс успокаивается. Таким образом, наблюдения подтверждают модель, согласно которой на поверхности вращающегося вокруг своей оси ядра существует множество источников (нечто вроде гейзеров), из которых происходит выброс газов и частиц, затем их потоки сталкиваются между собой и частицы рассеиваются. Но то скопление, которое находится в 4 тыс. км от ядра, похоже, образуется в результате столкновения мелких частиц с уже существующим там огромным облаком из более крупных тел, диаметром около 1 м, которые ранее откололись от ядра. Первые «намёки» на подобный ход событий были сделаны при анализе информации, полученной в 1992 г. от межпланетной станции «Giotto» при ее посещении окрестностей кометы Григга—Скеллерупа. Но тогдашние данные считались ненадежными: аппарат пролетал мимо объекта с большой скоростью и наблюдал его очень недолго. Теперь же несколько обломков метровой величины впервые зафиксированы с должной уверенностью.

Уже сегодня очевидно, что кометы как по строению, так и по химическому составу — значительно более сложные тела, чем можно было полагать еще вчера.

Science. 2004. V.304. №5678. P.1760–1776 (США).

Растет число внесолнечных планет

Открытия внесолнечных планет происходят в таком бурном темпе, что даже сами охотники за планетами едва успевают уследить за ними¹. Сегодня насчитывается примерно 150 известных планет — планетные системы имеются более чем у 5% близких звезд солнечного типа. Естественно, попутно бурно развиваются и другие исследования в этой области. На конференции «Формирование и обнаружение планет», прошедшей в США в начале февраля 2005 г., астрономы объявили о некоторых новых важных открытиях во внесолнечной планетологии².

Первым в списке планетных диковинок следует упомянуть объект с рекордно низкой массой — всего одна пятая массы Плутона (примерно 0.0004 массы Земли). Открытый А.Вольщаном (A.Wolszczan; Университет штата Пенсильвания, США) и М.Конаки (M.Konacki; Калифорнийский технологический институт, США), он пополнил список объектов в системе пульсара В1257+12, который представляет собой чрезвычайно плотный и компактный остаток массивной звезды, взорвавшейся примерно в 1500 св. годах от нас в созвездии Девы. В этом семействе уже известно три планеты примерно земной массы, размеры их орбит почти пропорциональны размерам орбит Меркурия, Венеры и Земли. Новая планета (если ее можно так назвать) обращается примерно в 2.7 а.е. от пульсара (в Солнечной системе на этом расстоянии расположен пояс астероидов), занимая положение пограничной планеты, которое у нас принадлежит Плутону.

Изучением планетной системы пульсара В1257+12 Вольщан и его коллеги занимаются с начала

1990-х годов. С помощью радиотелескопа в Аресибо (Пуэрто-Рико) они на протяжении 15 лет собирали и анализировали данные о периодических микроскопических изменениях во времени прибытия радиосигналов от В1257+12. Пульсары ведут себя подобно очень точным часам. Измерения времени прихода импульсов позволяют астрономам чрезвычайно точно определять параметры явлений, происходящих на самом пульсаре и в его окрестностях. Длинный ряд наблюдений пульсара дал авторам основание исключить существование в этой системе других объектов планетной массы.

Прояснить природу планет у пульсара астрономы пока не могут. С одной стороны, их существование может доказывать, что планеты земного типа формируются почти так же легко, как и газовые гиганты. С другой стороны, оно может означать, что формирование землеподобных планет требует наличия специальных условий, делаая их крайне редкими.

Если планеты у звезд типа Солнца уже стали привычными, то планеты у коричневых карликов еще ожидают обнаружения. Тем не менее есть все основания полагать, что такие планеты имеются. На той же конференции две независимые группы из Гарвардского астрофизического центра (США) — под руководством К.Лумана (K.Luhman) и С.Моханти (S.Mohanty) — рассказали о найденных ими многочисленных газово-пылевых дисках вокруг молодых коричневых карликов. В частности, с помощью космического телескопа «Спитцер» группа Лумана обнаружила диск у коричневого карлика OTS 44, масса которого составляет всего 15 масс Юпитера, — это самый маломассивный из всех известных коричневых карликов, окруженных дисками. Эти открытия показывают, что диски, способные стать колыбелью планетной системы, могут формироваться и около объектов, которые сами недалеко отстоят от планет: коричневые карлики по массе близки к планетам-гигантам, но, в отли-

чие от них, способны вести самостоятельное существование. Диск у карлика OTS 44 имеет достаточную массу, чтобы превратиться в небольшую газовую планету-гигант и несколько каменных планет земного типа.

Наконец, теоретики М.Кухнер (M.Kuchner; Принстонский университет) и С.Сигер (S.Seager; Институт Карнеги в Вашингтоне) представили модели, согласно которым некоторые экзопланеты могут состоять в основном из соединений углерода — в отличие от Венеры, Земли и Марса, которые состоят из силикатов (кремниво-кислородных соединений). Общее содержание химических элементов в планетах на основе углерода может напоминать метеориты из класса углистых хондритов. Эти метеориты содержат большое количество углеродных соединений, например карбиды, органику, графит, иногда даже мелкие алмазы. Высокое давление глубоко в недрах углеродных планет может создавать алмазные слои толщиной во много километров. Считается, что углистые хондриты образовались в тех областях протосолнечного диска, где по каким-то причинам сформировался избыток углерода по отношению к кислороду, благодаря чему из вещества диска конденсировались графиты и карбиды, а не силикаты. Углеродные планеты могли бы возникнуть в дисках, где избыток углерода является не локальным, а глобальным свойством.

Кухнер и Сигер считают, что их идея хорошо согласуется с открытиями планет, близко расположенных к своим родительским звездам, — намного ближе, чем Меркурий к Солнцу. У такой планеты, утверждают они, существенно больше шансов уцелеть при высокой температуре вблизи звезды. Другая группа кандидатов в алмазные планеты — все те же миры вокруг пульсара В1257+12, сумевшие уцелеть при вспышке сверхновой звезды. Углеродные планеты могут также часто встречаться вблизи центра Галактики, где звезды в среднем содержат больше углерода, чем в окрестностях Солнца.

¹ Вибе Д.З. Каталог экзопланет пополняется // Природа. 2000. №11. С.84—85; Вибе Д.З. Самая маленькая экзопланета // Там же. 2005. №1. С.83—84.

² http://skyandtelescope.com/news/article_1460_1.asp

В ближайшем будущем нас несомненно ожидают новые сюрпризы. Европейская группа по поиску планет под руководством М.Майора (M.Mayor; Женевская обсерватория, Швейцария) сообщила, что ими достигнута точность определения лучевых скоростей 1 м/с, что позволит обнаружить планеты с массами менее 10 масс Земли за год наблюдений. Группа из США под руководством Дж.Марси (G.Marcy; Калифорнийский университет в Беркли) и П.Батлера (P.Butler; Институт Карнеги в Вашингтоне) также достигла этой точности.

© **Вибе Д.З.**,
кандидат физико-математических наук
Москва

Планетология

Сатурн и Уран в рентгене

Приборы американского космического аппарата «Chandra» впервые получили достаточно четкий рентгеновский спектр излучения Сатурна. Само по себе неожиданностью это не было: ранее такое излучение уже регистрировалось при наблюдении Юпитера, а у этих двух планет немалое физическое сходство. Но необычным оказалось распределение излучения по его «сатурнографическим» параметрам.

Установлено, что источники рентгеновских лучей на Сатурне сконцентрированы вблизи экватора, тогда как на Юпитере — главным образом рядом с полюсами. Рентгеновский спектр Сатурна весьма сходен с солнечным. Это говорит о том, что подобное излучение возникает благодаря рассеянию рентгеновских лучей в атмосфере планеты. Однако их высокая интенсивность свидетельствует: Сатурн способен отражать рентгеновские лучи в 50 раз лучше, чем Луна. Наблюдаемый их поток от экваториальной области Сатурна (его мощность близка к 90 МВт) примерно соответствует ранее регистрировавшемуся от экватора Юпитера. Видимо, обе гигантские газовые планеты спо-

собны отражать рентген солнечного происхождения в неожиданно высокой степени.

Слабое отражение рентгена в южнополярном регионе стало новой загадкой для исследователей (северный полюс Сатурна во время наблюдений был закрыт кольцами).

Дело в том, что магнитные поля Сатурна и Юпитера особенно сильны в полярных районах. Рентгеновское излучение вблизи полюсов Юпитера возбуждается полярными сияниями. Хотя на Сатурне это яркое зрелище в ультрафиолетовой части спектра наблюдалось не раз, соответствующего ему всплеска рентгеновских лучей до сих пор не замечено. Остается неясным, производит ли вообще авроральная активность на Сатурне рентгеновское излучение, или же по причинам, нам еще неизвестным, лучи там генерируются только у Северного полюса.

Еще один загадочный момент: в рентгеновской части спектра кольца Сатурна оказались абсолютно невидимыми. Это возможно, если они очень малоэффективны в рассеивании солнечного излучения в данном диапазоне.

Приборам космического аппарата «Chandra» удалось также зафиксировать одно редкое явление. Во время измерений естественный спутник Сатурна Титан перекрыл собой Крабовидную туманность, при этом возникла рентгеновская «тень», которая дала возможность астрономам определить степень плотности атмосферы Титана, а бортовой спектрометр позволил устанавливать местоположение этого небесного тела с большой точностью. Выяснилось, что рентгеновская тень Титана шире, чем само это тело. Видимо, поглощающая рентгеновское излучение область его атмосферы достигает примерно 880 км над поверхностью спутника. Это на 10–15% превышает его размеры, определенные в 1980 г. по измерениям аппарата «Voyager-1».

Astronomy and Geophysics. 2004. V.45. №3. P.3, 27 (Великобритания).

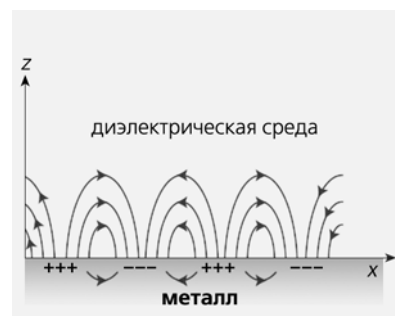
Физика

Молекулярная плазмоника

Современная информатика основана на технологиях электроники и фотоники, в которых для хранения, передачи и обработки информации служат соответственно электроны или фотоны. Плазмоника — ответвление фотоники, использующее в тех же целях поверхностные плазмоны.

Поверхностными плазмонами, или поверхностными плазмонами, называются электромагнитные возбуждения, возникающие при падении пучка света на металл. Электроны на поверхности металла коллективно осциллируют, поглощая, рассеивая или переизлучая фотоны. Результирующие электромагнитные поля распространяются вдоль поверхности металла на расстояния 10–100 мкм, а в глубину ее — на 200–300 нм, затухая экспоненциально. В направлении, перпендикулярном поверхности, интенсивность результирующего поля в 10–100 раз выше, чем интенсивность падающего излучения.

Манипулируя пучком света в нанометровых масштабах, с помощью технологий плазмоники в перспективе можно будет создавать сложнейшие миниатюрные устройства. Уже разработаны фильтры, волноводы, поляризаторы



Поверхностные плазмоны — электромагнитные волны, распространяющиеся вдоль поверхности металла и экспоненциально спадающие в глубину его. Электромагнитное поле присутствует как в самом металле, так и во внешней диэлектрической среде.

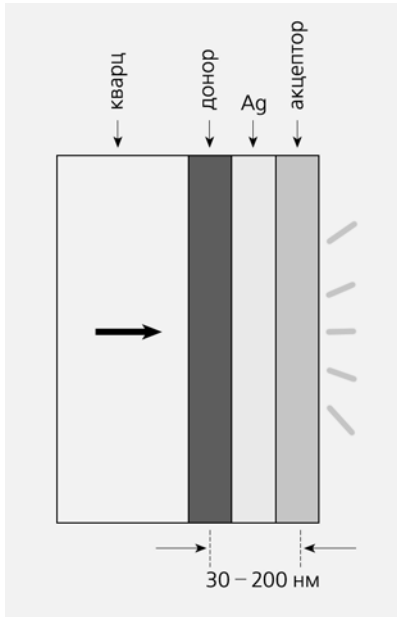


Схема плазмонного устройства, созданного специалистами из Университета Эксетера (Великобритания). Свет падает слева, молекулы донора поглощают его и посредством поверхностных плазмонов передают энергию возбуждения через пленку серебра молекулам акцептора. Те принимают эту энергию и флуоресцируют.

ры, источники света. На очереди — активные устройства, такие как ключи и модуляторы.

Важный шаг к созданию активного плазмонного устройства сделали специалисты из Университета Эксетера (Великобритания). Они нанесли с двух сторон на тонкую (30—120 нм) серебряную пленку два полимерных слоя, один из которых содержал донорные молекулы хромофора, а другой — акцепторные молекулы флуорофора. Полученный таким образом «сэндвич» поместили на кварцевую подложку. Донор поглощал падающий на него свет, за счет диполь-дипольного взаимодействия передавал энергию возбуждения акцептору, и тот флуоресцировал. Обычно предельное расстояние такого взаимодействия не превышает 10 нм, но в данном случае — с помощью поверхностных плазмонов — энергия передавалась (с эффективностью

до 70%) на расстояния в 15—20 раз большие.

По мнению экспериментаторов, полученный эффект можно использовать для совершенствования органических светодиодов, что в свою очередь открывает многообещающие перспективы для создания дешевых, легких и гибких дисплеев. Среди других областей потенциального применения молекулярной плазмоники — наномасштабная оптическая спектроскопия, плазмонно-резонансные датчики, нанолитография.

Science. 2004. V.306. P.1002 (США); http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/4_24/index.htm

Электроника

Сегнетоэлектрическая нанопамять

Теоретические расчеты, выполненные исследователями Университета штата Арканзас (США), показали, что кристаллическая структура наночастиц $Pb(Zr,Ti)O_3$ при понижении температуры становится бистабильной (ранее считалось, что этим свойством обладают лишь объемные образцы). Это означает возможность создания энергонезависимой оперативной памяти с плотностью записи информации $6 \cdot 10^{13}$ бит на квадратный дюйм — на пять порядков величины больше, чем в современных устройствах. Минимальный диаметр нанодиска, при котором происходит указанный фазовый переход, составляет 3,2 нм.

Nature. 2004. V.432. P.737; http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/5_01_02/index.htm

Биология

Человек для некоторых паразитов — случайный хозяин

Согласно распространенной точке зрения, патогенность микроорганизмов отражает их длительные коэволюционные взаимоотношения с хозяевами, в процессе которых переход микробов к паразитизму обусловлен отбо-

ром, происшедшим под влиянием организма хозяина. Однако по мнению Э.И.Коренберга (Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им.Н.Ф.Гамалеи РАМН), для большинства возбудителей природно-очаговых зоонозов человек — случайный хозяин и «биологический тупик». Основанием для этого утверждения служит само существование эволюционно не связанных с человеком возбудителей природноочаговых инфекций, для которых генетически детерминированный признак патогенности не имеет жизненно необходимого эволюционного значения.

Данные о разнообразии микроорганизмов, накопленные главным образом в последнее десятилетие, свидетельствуют, что патогенные для человека вирусы, бактерии, простейшие — всего лишь часть существующих в природе микробов той таксономической группы, к которой они принадлежат. Для возбудителей природноочаговых инфекций организм человека — это новая и необычная среда обитания. Ее освоение возможно при наличии у микроорганизмов особенностей, позволяющих им размножаться в этой среде. Эти особенности возникают еще в прежней среде обитания как случайный, побочный результат эволюционных изменений. Определенные преадаптивные свойства микроорганизмов позволяют им вступать в коадаптивные взаимоотношения с членистоногими и позвоночными.

Успехи современной биологии. 2005. Т.125. №2. С.131—139 (Россия).

Зоология

Кишечнодышщие: конец красивой легенды

Полухордовые животные (Hemichordata) — это немногочисленный тип исключительно морских организмов, имеющих некоторые общие черты с иглокожими и хордовыми. К этому типу относятся два класса: кишечнодыша-

щие (Enteropneusta) и крыложаберные (Pterobranchia). Кишечнодышащие по форме тела напоминают червей и ведут подвижный образ жизни, роаясь в иле. Их длинное тело четко дифференцировано на три отдела: хоботок, воротничок (гладкий, без придатков) и собственно туловище, в котором располагается большинство органов животного. Крыложаберные — сидячие организмы, размеры их тела обычно не превышают нескольких миллиметров. Часто они образуют колонии, внешне очень напоминающие колонии мшанок. Тело тоже разделено на уплощенный щитковидный хоботок, воротничок и туловище, заканчивающееся утонченным стебельком, или ножкой. У крыложаберных воротничок не гладкий и несет на спинной стороне от одной до восьми пар перистых щупалец, с помощью которых пища подгоняется ко рту. Разумеется, есть и другие характерные их отличия от кишечножаберных. Однако сходство в развитии этих двух классов Nemichordata и особенности их строения позволяют думать, что в процессе эволюции крыложаберные произошли от кишечнодышащих в результате перехода какой-то части последних к сидячему образу жизни.

Недавно казалось, что мы вот-вот получим блестящее подтверждение этой гипотезы; представлялось также, что групп полухордовых на самом деле не две, а три. Начиная с 60-х годов XX в., когда в практику глубоководных океанологических работ вошла фотография, в самых разных районах океана на дне стали наблюдать и снимать на пленку тонкие шнуры, образующие спирали и петли метровых размеров, совершенно «инопланетянского» вида. Потом на конце такого шнура удалось увидеть крупное червеобразное животное, и стало ясно, что шнур — это его фекалии. Исследователи понимали, что на снимке изображен кто-то похожий на очень большое кишечнодышащее, но со странно широким воротничком. Когда таких фотографий накопилось много, появилось предположение, что

таких животных существует как минимум несколько видов.

Приглядываясь к пятнам света и тени на фотографиях, исследователи составили графическую реконструкцию этих непойманных обитателей дна. Судя по реконструкции, они обладают признаками как кишечнодышащих, так и крыложаберных, а странную форму воротничок имеет потому, что несет пару перистых щупалец, завитых в спираль, как лофофор. Эту новую группу предварительно назвали Lophenteropneusta и стали с нетерпением ждать, когда удастся заполучить для исследований само животное, а не только глубоководные снимки. А пока лофентеропнеусты прочно заняли место в ряду «переходных» форм, а также в ряду нераскрытых еще загадок океана.

Время шло. Развивалась океанографическая техника. А лофентеропнеусты будто дразнили ученых: они вновь и вновь то попадали на глубоководные фотографии, то мелькали перед самым иллюминатором уже сбросившего балласт и неотвратно идущего на всплытие подводного аппарата... Большие, порою окрашенные в яркие красные и синие цвета, они позволяли себя увидеть, но упорно не давались в руки, пока, наконец, 27 июля 2002 г. один из обладателей широких воротничков не был обнаружен, заснят и поднят подводным роботом в северо-восточной части Тихого океана (43°с.ш., 123°з.д.) с глубины 1900 м.

И это был конец красивой легенды. В работе американских и российских ученых¹ приводится описание нового рода и вида *Torquarator bullocki* из нового семейства Torquaratoridae глубоководных кишечнодышащих. Именно кишечнодышащих, отличающихся от других представителей этой группы лишь некоторыми анатомическими деталями. Никаких щупалец на действительно широком воротничке животного не оказалось. Более того, проведенный теми же исследователями анализ подводных фотографий показал, что нет их,

¹ Holland N.D., Clague D.A., Gordon D.P. et al. // Nature. 2005. V.434. №7031. P.374—376.

по всей вероятности, и у других, еще не пойманных, претендентов в лофентеропнеусты. Старые снимки на самом деле не позволяли сделать однозначный вывод о присутствии или отсутствии щупалец, но ни на одном из полученных в последние годы высококачественных, с высоким разрешением, снимков, сделанных российскими, американскими и норвежскими подводными аппаратами и роботами, не удалось обнаружить этих структур. Так что переходная группа Lophenteropneusta — лишь результат неверной интерпретации ранних глубоководных фотографий с низким разрешением.

Итак, лофентеропнеустов нет (что само по себе не означает конец гипотезы происхождения крыложаберных от кишечнодышащих, у которой есть и другие обоснования). А есть группа видов интересных, по большей части все еще не описанных, глубоководных Enteropneusta с гораздо более широкими, чем обычно, воротничками, возможно, служащими для более эффективного сбора пищи на бедных глубоководных грунтах — и это тоже чрезвычайно интересно. Но все-таки жаль, что интригующей загадки лофентеропнеустов, долгие годы бывшей одним из маленьких дополнительных стимулов для исследователей глубоководной жизни Мирового океана, более не существует...

© **Виноградов Г.М.**,
кандидат биологических наук
Москва

Медицина

Роль оксида азота при инфаркте миокарда

Инфаркт миокарда — одна из актуальных проблем современной медицины. Известно, что в постинфарктном сердце часть сократимых клеток (кардиомиоцитов) гибнет, а на их месте разрастается соединительная ткань, формируется рубец, и сократительная способность сердечной мышцы ухудшается. Как не допустить развития таких событий или хотя бы приостановить их?

В последние годы решение этой проблемы связывают с оксидом азота (NO). Это вещество образуется постоянно в сердце (и ряде других органов человека и животных) как в норме, так и при патологии. Изменение количества NO играет немаловажную роль при инфаркте, но детали этого процесса в литературе пока еще описаны противоречиво.

Удачную попытку прояснить ситуацию предпринял коллектив ученых¹ из Медицинского университета Южной Каролины (США). Они ввели крысам ген NO-синтазы людей (фермента, образующего оксид азота). За неделю до введения гена крысам спровоцировали инфаркт миокарда широко распространенным методом — перезвязкой коронарных артерий сердца. Через шесть недель после инфаркта сопоставили изменения в сердце, произошедшие у крыс, которым не вводился ген NO-синтазы, с теми, кому он был введен, используя при этом целый ряд физиологических, иммуногистохимических и биохимических методов.

Оказалось, что в сердце крыс с геном NO-синтазы, а значит, при повышенном уровне синтеза оксида азота, негативные последствия инфаркта по сравнению с крысами, перенесшими такой же инфаркт, но не получившими ген NO-синтазы, выражены гораздо слабее: у них в сердце не столь сильно разрослась соединительная ткань, ближе к норме было артериальное давление, масса левого желудочка и размер кардиомиоцитов. Более того, на фоне введения этого гена в сердце резко снизилось число гибнущих кардиомиоцитов уже через две недели после инфаркта.

На основании полученных данных авторы делают заключение, что один из возможных подходов к терапии инфаркта может заключаться в изменении уровня образования оксида азота в сердце.

© Липина Т.В.,

кандидат биологических наук
Москва

¹ Smith RS, Jr, Agata J, Xia CF, Chao L, Chao J. // Life Sci. 2005. V.76. №21. P.2457—2471.

Этология

Летучие мыши сооружают жилища

Как известно, большинство летучих мышей селятся в пещерах, дуплах и т.п. Однако недавно выяснилось, что некоторые виды не довольствуются тем, что преподносит им природа, а сами строят себе убежища. Так ведут себя летучие мыши семейства листоносов (Phyllostomidae), широко распространенного в тропиках Нового Света. Своё название эти зверьки получили за своеобразные листообразные кожистые наросты на мордочке. Некоторые представители семейства сооружают из листа пальмы своего рода маленький домик, где и проводят дневные часы.

Один из таких видов — большой фруктоядный листонос (*Artibeus lituratus*) — изучали венесуэльские зоологи М.Мунос-Ромо и Э.Херрера². Для индивидуального распознавания зверьков они обвязывали их предплечья цветными ниточками. Наблюдаемый вид не отличается особо изощренными строительными приемами, и «домики» их, на первый взгляд, как будто не достойны внимания. Это просто кучка близко расположенных маленьких дырочек на огромном листе пальмы; значение их в том, что они позволяют зверькам прочно прикрепляться острыми коготками к внутренней стороне листа, получая таким образом опору и не рискуя быть снесенными порывом ветра.

Зоологам удалось выяснить одну интригующую подробность: такие «домики» сооружают только самцы. Однако это вовсе не значит, что самкам они не нужны: оказалось, они пользуются домиками самцов. Как выяснилось, на одном листе среди проделанных самцом дырочек умещается до пяти—семи представительниц прекрасного пола. Самец между тем интенсивно защищает свое жилище от конкурентов, а заодно и от посягательства на привлеченных его архитектурными изысками са-

² Munoz-Romo M, Herrera E. // Acta chiroptetol. 2003. V.5. №2. P.273—276.

мок. Возможно, причиной такого необычного поведения самцов листоносовых летучих мышей стало просто желание удивить самок!

© Опаев А.С.,
Москва

Экология

Разнообразие хищников ослабляет трофический каскад

Сложность пищевых цепей должна способствовать ослаблению трофических каскадов — опосредованного влияния более высоких трофических уровней на более низкие за счет прессы на промежуточный уровень, находящийся между ними. Если представить себе упрощенную экосистему, в которой есть только трава, овцы и волки, то оказывается, что в такой системе трава испытывает опосредованное влияние волков: поедая овец, волки спасают от поедания часть травы. Увеличение разнообразия хищников в экосистеме должно усложнять пищевые цепи благодаря тому, что хищники могут питаться как общими жертвами, так и друг другом. Иными словами, если кроме травы, овец и волков в экосистеме есть еще лисы и собаки, то овец будет больше из-за того, что волки, лисы и собаки будут отчасти питаться друг другом, а значит, травы в такой экосистеме будет меньше, чем в экосистеме без лис и собак.

Эти умозрительные построения были впервые проверены экспериментально в естественных условиях сотрудниками отдела энтомологии Мэрилендского университета³. В качестве объекта исследования они выбрали экосистему засоленных болот на берегу Атлантического океана в штате Нью-Джерси. Опыты проводили в парниках с условиями, приближенными к естественным, и на искусственно изолированных участках болот. Были изучены четыре типа таких микросистем (см. рис.): 1 — с травянистыми расте-

³ Finke DL, Denno RF. // Nature. 2004. V.429. P.407—410.

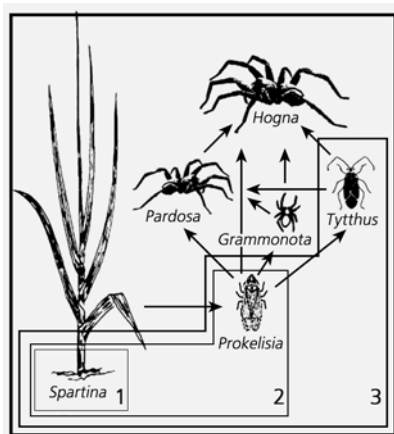


Схема трофических связей в сообществах засоленных болот на берегу Атлантического океана. Изолированные микроэкосистемы трех типов (1–3) включают неполный набор компонентов (1 – только растения; 2 – растения и фитофаги; 3 – растения, фитофаги и один вид хищников), а системы типа 4 – полный (растения, фитофаги и несколько видов хищников). Продукция высока в системах типа 1, где фитофагов нет, и типа 3, где фитофаги испытывают пресс одного вида хищников. В системах типа 2, где есть фитофаги, но нет хищников, и типа 4, где разнообразие хищников велико, продукция значительно ниже.

ниями, но без членистоногих, 2 – с растениями и растительноядными насекомыми, 3 – с растениями, растительноядными насекомыми и одним видом хищных членистоногих и 4 – с растениями, растительноядными насекомыми и несколькими видами хищных членистоногих. Как и следовало ожидать, продукция (прирост биомассы) растений в микроэкосистемах первого и третьего типов сравнительно высока, а в системах второго и четвертого – намного ниже. При этом в системах четвертого типа продукция значительно ниже, чем в системах третьего, где разнообразие хищников минимально, а плотность растительноядных насекомых во много раз меньше, чем в системах второго типа, где хищников нет совсем.

Из полученных результатов авторы делают следующий вывод: изменение разнообразия на высших трофических уровнях может заметно влиять на характер функционирования экосистемы. Следует, впрочем, отметить, что микроэкосистемы четвертого типа отличаются от систем третьего типа не только более высоким разнообразием хищников, но и наличием еще одного трофического уровня – консументов третьего порядка (представленных пауками *Hogna* и *Pardosa*). Однако авторы рассматривают *Hogna* и *Pardosa* как консументов второго порядка (ведь они питаются в том числе и консументами первого порядка). Такой подход, на наш взгляд, не вполне оправдан: ведь не исключено, что принципиальное значение для функционирования данных экосистем имеет не разнообразие хищников, а число трофических уровней. По крайней мере, следовало бы провести дополнительные опыты, позволяющие проверить, что важнее для функционирования этих экосистем – разнообразие хищников или число трофических уровней.

Значение биологического разнообразия для работы экосистем давно стало объектом спекуляций, нередко не основанных на реальных научных данных. Это и неудивительно: охрана биоразнообразия и охрана среды (т.е. собственно экосистем и их нормального функционирования, а не отдельных входящих в экосистемы видов) – два важнейших аспекта природоохранной деятельности, и нередко их ошибочно считают двумя сторонами одной медали. Так, ревнители охраны биоразнообразия нередко утверждают: чем выше разнообразие в экосистеме, тем выше ее первичная продукция (прирост биомассы продуцентов), а значит, тем больше углекислого газа связывают продуценты в ходе фотосинтеза. Но в действительности связь между биоразнообразием и первичной продукцией весьма сложна. Нельзя сказать, что системы с наибольшим биоразнообразием всег-

да наиболее продуктивны¹. Степень и характер взаимосвязи биоразнообразия и работы таких экосистем подлежат дальнейшему всестороннему изучению.

© Петров П.Н.,
кандидат биологических наук
Москва

Охрана природы

Судьба бабочек Британии под угрозой

Начиная с 1970 г. группа британских специалистов, возглавляемая Дж.Томасом (J.Thomas; Национальный центр экологии и гидрологии в Дорчестере), вместе с 20 тыс. добровольцев обследует состояние природы Великобритании. Вся территория страны была разбита на 2861 квадрат площадью 100 км², в каждом из них ведется учет растений, птиц и насекомых (среди последних особое внимание уделяется бабочкам).

Подробнейшую перепись бабочек проводили дважды: в 1970–1982 и 1995–1999 гг. Растения и птиц тоже переписывали в два этапа (правда, разделенных по времени примерно 2,5 годами). Таким образом, Великобритания стала единственной страной, где учет видового разнообразия проводился столь комплексно и длительно.

Эколого-математический анализ собранных данных занял более года. Помимо английских ученых, в работе приняли участие американские специалисты С.Пимм (S.Pimm; Дьюкский университет в Дареме) и А.Шапиро (A.Shapiro; Университет штата Калифорния в Дейвисе). Выяснилось, что в период между двумя этапами переписи по меньшей мере в одном из анализируемых квадратов на территории Великобритании перестали существовать 28% видов растений, около половины видов птиц и примерно 70% видов бабочек. А ведь ранее считалось, что по сравнению с другими организмами

¹ Пиларов А.М. // Успехи современной биологии. 1996. Т.116. №4. С.493–506; Gbilarov А.М. // Oikos. 2000. V.90. №2. P.408–412.

темпы исчезновения видов насекомых невелики! Теперь это предположение опровергнуто, по крайней мере для Британии. (Известно также, что в одной из местностей Нидерландов аналогичный процесс наблюдается уже более столетия.)

Стало очевидно, что опасность, грозящая флоре и фауне Европы (в особенности — насекомым), прежде недооценивалась. Science. 2004. V.303. №5665. P.1747, 1879 (США).

Вулканология

Не спят вулканы в Гватемале

Над равнинным Тихоокеанским побережьем Гватемалы грозно возвышается горная гряда¹, в которой выделяется вулкан Санта-Мария (3772 м над ур.м.). Ученые относят его к стратовулканам, т.е. вулканам, которые построены из остывших потоков лавы, перемежающихся со слоями рыхлого пепла. Их извержения, как правило, начинаются взрывом, сопровождающимся выбросом вулканических бомб и огромных облаков пепла. Затем рыхлые породы покрываются потоками лавы. Обычно жидкая раскаленная лава и пепел извергаются поочередно, в результате чего гора получается слоистой.

Острая вершина вулкана Санта-Мария имеет форму правильного конуса, но на юго-западном склоне симметрию нарушает огромный кратер диаметром более 1 км, возникший при извержении 1902 г., которое привело к огромным разрушениям и большому числу человеческих жертв. Потом вулкан присмирел, но в 1922 г. на месте кратера стал понемногу расти новый купол, сложенный свежими потоками лавы и пеплом.

В ноябре 2003 г. со стороны этого купола стали подниматься клубы густого дыма высотой до 700 м (их заметил пилот проле-

¹ См. также: Гватемала живет на вулкане // Природа. 2000. №4. С.78—79; В Центральной Америке недра неспокойны // Природа. 2002. №3. С.82.

тавшего самолета, а затем зафиксировали приборы со спутника), темное облако растянулось на 35 км. Начались слабый пеплопад и взрывы, по склону горы сошли каменные лавины. Все это продолжалось и в течение декабря.

В январе 2004 г. взрывы происходили один за другим. По южному склону спускались лавины, несшие крупные раскаленные каменные блоки. При одном из взрывов в атмосферу было выброшено облако газов и пепла высотой около 1400 м. Мелкие частицы пепла покрыли землю на расстоянии до 12 км от горы. В марте лавина горячих камней потекла по руслу р.Нима.

В июне только за одни сутки произошло 32 взрыва разной мощности. Выброшенные из недр материалы поднялись над куполом на 1500 м, облако простиралось до мексиканской границы. В июле—сентябре вулкан все еще бесчинствовал. Наблюдения за ним ведут ученые из Национального института сейсмологии и вулканологии в г.Гватемале, Геофизического института в Кито (Эквадор) и Центра изучения спутниковых данных о вулканическом пепле в Кемп-Спрингсе (США).

Bulletin of the Global Volcanism Network. 2004. V.29. №6. P.15 (США).

Геохимия

Свидетельство космической катастрофы

Геофизик Дж.Гортер (J.Gorter; компания «ENI Australia» в Перте, которая ведет поиск нефти в Австралии) проанализировал сейсмические данные, полученные при зондировании морского дна у северо-западного побережья этого континента. При этом была обнаружена геологическая структура, именуемая Беду, с признаками космического происхождения. По мнению исследователя, эта структура могла возникнуть около 250 млн лет назад, на рубеже пермского и триасового периодов, в результате столкновения Земли с крупным астероидом или коме-

той. Этот удар мог вызвать экологическую катастрофу планетарного масштаба, аналогичную той, что была вызвана подобным астероидным ударом у берегов п-ова Юкатан (Южная Мексика).

Первые сведения, выявленные при анализе структуры Беду, позволяли предположить, что здесь, на дне Индийского океана, посреди крупной впадины должна располагаться центральная горка кратера, возникшего при соударении с большим телом.

Геохимик Л.Бекер (L.Becker; Университет штата Калифорния в Санта-Барбаре) и ее коллеги изучали образцы пород, найденные в Восточной Антарктиде и напоминающие обломки небесного тела, которые могли быть выброшены при его столкновении с Землей. Сопоставив характеристики этих южнополярных образцов с данными, полученными в районе австралийского побережья, исследователи нашли подтверждение своей гипотезы: карта мелких вариаций гравитационного поля указывает на существование здесь некоей кольцевой структуры, напоминающей известный кратер Чиксулуб, а радиометрическое датирование пород горки Беду — на их возраст, близкий к 251 млн лет.

Как известно, волны сжатия, вызванные подобным соударением, имеют достаточную силу, чтобы существенно изменить кристаллическую структуру минерала. Один из образцов содержал внутри кристалла застывший расплав того же химического состава, что и сам кристалл. По мнению геохимика Р.Пореды (R.Poreda; Рочестерский университет в штате Нью-Йорк), такие превращения почти невероятны при вулканических событиях — только ударная волна в состоянии их вызвать.

Если космическое происхождение кратерного углубления на дне Индийского океана к северо-западу от побережья Австралии подтвердится, новую пищу уму получат не только геофизики и сейсмологи, но также палеонтологи, ибо такое явление не могло не привести к глобальному вымиранию многих видов флоры и фауны.

Однако есть у данной гипотезы и противники. Так, петрограф Б.Френч (B.French; Национальный музей естественной истории в Вашингтоне) полагает, что указанные характеристики пород могут все же быть связаны с вулканизмом. К.Кёберль (C.Koberl; Венский университет, Австрия) указывает на то, что в мексиканском кратере Чиксулуб захороненный слой перемешанных и расплавленных обломков породы всегда содержит микроскопические частицы кварца, чего в австралийских образцах не наблюдается.

Science. 2004. V.304. №5673. P.941 (США); www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/1093925/

Климатология. Ботаника

Потепление изменяет растительность высокогорий

Одним из разделов Международной глобальной биосферной программы (International Global Biosphere Program), осуществляемой под эгидой ООН и ЮНЕСКО, является проект GLORIA (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments). Участвуя в нем, коллектив Университета Умео (Швеция), возглавляемый экологом-дендрологом Л.Кульманом (L.Kullman), ведет наблюдения за состоянием природной среды на севере шведской части гор Скандинавского п-ова. Особый интерес привлекает динамика растительной жизни в условиях глобального потепления, которое весьма заметно сказывается в приполярном высокогорье.

За последнее столетие средние температуры летнего сезона повысились в данном регионе примерно на 1°C, и эта тенденция сохраняется. Существенно отступили горные ледники, сократилась мощность летнего снежного покрова. Обнажившаяся почва стала подсыхать раньше, и вегетативный сезон для всех видов растительности удлинился. Ученые установили, что многие виды альпийской и субальпийской растительности уже успели в той или

иной мере приспособиться к этим изменениям.

Из-за потепления граница леса в горной Скандинавии поднялась на 150—165 м, а это привело к сокращению площади альпийской тундры, не претерпевавшей подобных перемен по крайней мере последние 4 тыс. лет.

Анализ образцов 20 видов сосудистых растений, встречаемых в шведском горном массиве Сюларна, показал, что почти все они поднялись вверх по склонам примерно на 165 м по сравнению с тем, что занимали всего 50 лет назад. Некоторые из них (более крупные) теперь встречаются вблизи ледника даже на поверхности морен, ядро которых по-прежнему составляют скопления льда, чего исследователи предполагать не могли.

Наиболее продвинулись по склонам скандинавских возвышенностей молодые побеги горной березы, ели и сосны, с недавних пор укоренившиеся в 500—700 м над обычной границей леса, а значит, такое вторжение в альпийскую тундру будет продолжаться.

Высвобождение значительных участков земли из-под снега обнажило ранее захороненные остатки деревьев, произраставших здесь 7—9 тыс. лет назад. Ныне в Скандинавии широколиственные виды — береза повислая (*Betulia pendula*), вяз шершавый (*Ulmus glabra*) и др. — начали встречаться там, где их не было 9—10 тыс. лет, а дуб черешчатый (*Quercus robur*) появился в бореальных лесах Шотландского нагорья. Хотя такое явление в принципе может быть преходящим, оно несомненно свидетельствует о способности многих растительных видов быстро захватывать высокие склоны возвышенностей.

На относительно больших высотах, ранее голых из-за крайне позднего наступления сроков таяния, теперь возникают колонии мхов, например *Polytrichastrum sexangulare*. Ближе к границе леса образуются альпийские травянистые луга, необычные для горных северных ландшафтов.

Многочисленные бороздки и канавки, ранее возникавшие из-за потоков талых вод, ныне заселяются папоротником *Athyrium distentifolium* и карликовыми кустарниками, главным образом черникой (*Vaccinium myrtillus*). Все это приводит к значительным переменам в составе растительных сообществ и к возрастанию роли видов, размножающихся половым, а не вегетативным способом.

Подтверждаются прогнозы, согласно которым в предгорьях и горную местность начнется массовое вторжение чуждых для этих зон растительных видов. Действительно, в субальпийской и альпийской зонах появились виды, которые прежде здесь не встречались, например кедровая сосна европейская (*Pinus cembra*), лиственница сибирская (*Larix sibirica*).

Global Change Newsletter. 2004. №57. P.12 (Швеция).

Палеогеография

И в меловой период возникали ледники

Обычно считается, что в меловой период, в том числе на его позднем этапе (80—65 млн лет назад), климат на Земле был весьма теплым, даже в полярных регионах обитали динозавры. Однако в последнее время стали появляться работы, содержащие свидетельства, что и в позднем мелу гляциологическая цикличность (наступление и отступление ледников) сохранялась.

К числу таких работ относится исследование американских палеоокеанологов, палеоклиматологов и гляциологов, проведенное под руководством Миллера (Miller). Ученые детально изучили образцы осадочных пород, которые были подняты при бурении в пределах прибрежной равнины Атлантического океана, примыкающей к территории штата Нью-Джерси (северо-восток США). Природа осадочных пород (соотношение песков с илами) говорит о глубине моря в различные геологические эпохи. С учетом про-

цессов погружения суши и результатов изотопного датирования ученые построили достаточно четкую кривую изменений относительного уровня моря в геологическом прошлом.

Согласно сделанному выводу, в период между 95 и 65 млн лет назад уровень моря резко менялся, причем разность глубин составляла около 25 м. Такие колебания происходили за этот отрезок времени несколько раз. Вероятно, колебания отражают пульсации ледяного покрова Антарктического континента.

Geological Society of America Bulletin. 2004. V.117. P.368 (США).

Археология

Древнейшая из пивоварен

Специалистам по древней истории Южной Америки известно, что еще до инков большую часть территории современного Перу занимало индейское племя вари. Остатки их жилищ и других сооружений и поныне можно встретить в предгорьях и на склонах Северо-Западных Анд. Летом 2004 г. в этом районе вела раскопки группа археологов во главе с американцем П.Райаном-Уильямсом (P.Ryan-Williams; Музей им.Филда в Чикаго). Им удалось обнаружить поселение вари, существовавшее между 600 и 1000 г. Когда из земли один за другим стали появляться глиняные кубки вместимостью около 1 л каждый, исследователи поняли, что это место могло служить не только для распития, но и для производства напитков.

Постепенно были раскопаны «цеха», в одном из которых древние индейцы осуществляли брожение сырья — плодов и зерен, а в другом — собственно варили пиво. Здесь сохранились каменные стойки и подпорки, на которых можно было одновременно держать над огнем до 20 сосудов, так что производство было пос-

тавлено достаточно широко. Нашлось и помещение, где продукт, видимо, дегустировали, а затем и просто пили. Здесь же в земляном полу обнаружались черепки глиняных сосудов вместимостью по 40—55 л, вероятно, подготовленных к вывозу.

Общая площадь вскрытых ныне производственных помещений достигает 200 м², но сохранившиеся остатки стен говорят, что вся пивоварня могла быть намного больше. Весьма возможно, что вари немалую часть своего продукта вывозили, ведя меновую торговлю со сравнительно недалеко обитавшим племенем тиванаку.

Поблизости от пивоварни найдены следы очагов, отапливавшихся пометом ламы; это единственный вид местного домашнего скота, который служил источником мяса и средством транспорта. О том, что топливом был именно помет лам, свидетельствует анализ неплохо сохранившейся золы. Лежавшие рядом горки семян перечного дерева говорили о вкусах тогдашних потребителей пива, оставшихся во многом неизменными, несмотря на прошедшее с тех пор тысячелетие.

Пиво было знакомо с глубокой древности многим народам, но пивоварню такого возраста и масштаба, да еще в горах, археологам находить еще не случалось. Science. 2004. V.305. №5685. P.774 (США).

Охрана окружающей среды

Загрязнение атмосферы подсудно

Общественное движение в защиту окружающей среды в США все чаще прибегает к обращениям в суд. Так, в 2002 г. экологические объединения граждан возбудили дело против крупнейшего банка «Export-Import» за то, что он не проводил предварительную оценку мер по предупреждению загрязнения атмосферы тепловыми электростанциями, сооружаемыми на предоставляемые им средства. В 2003 г. три штата предъявили иск Управлению по охране природной среды США за нарушение закона о чистом воздухе, выражающееся в отсутствии должного контроля за выбросами CO₂ промышленностью и транспортом.

Наконец, в августе 2004 г. власти г.Нью-Йорка и штатов Калифорния, Коннектикут, Айова, Нью-Джерси, Нью-Йорк, Род-Айленд, Вермонт и Висконсин подали в суд на пять крупнейших энергетических компаний США. Согласно имеющимся данным, принадлежащие им 174 тепловые электростанции, взятые вместе, ежегодно поставляют в воздушное пространство около 650 млн т CO₂ — около 10% всего углекислого газа антропогенного происхождения, поступающего в атмосферу над США. По мнению истцов, это приводит к глобальному потеплению и наносит вред здоровью населения. В заявлении указывается, что вызываемые ростом содержания CO₂ в атмосфере «тепловые волны» регулярно накатываются на перечисленные территории и влекут за собой эрозию морских побережий, загрязнение и засоление грунтовых вод, засухи и наводнения, увеличение числа смертельных случаев, учащение заболеваний астмой.

Власти штатов требуют, чтобы в течение ближайших 10 лет электростанции ежегодно снижали выбросы на 3%. Энергетики оспаривают иск, поскольку уже приняли некоторые меры, позволяющие к 2006 г. сократить выброс CO₂ на 10%. Они также указывают, что загрязнение атмосферы — явление глобальное и с ним нельзя покончить усилиями нескольких компаний.

В юридических кругах США полагают, что судебное решение в пользу истцов маловероятно: проблема глобального потепления и его последствий носит международный характер. Science. 2004. V.305. №5684. P.590 (США).

Пределы индивидуальности человека

Если бы губы Никанора Ивановича да приставить к носу Ивана Кузьмича, да взять сколько-нибудь развязности, какая у Балтазара Балтазарыча, да, пожалуй, прибавить к этому еще дородности Ивана Павловича — я бы тогда тотчас же решилась.

Н.В.Гоголь. «Женитьба».

А.Я.Каплан,

доктор биологических наук

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

Известная гоголевская невеста, очевидно, даже не догадывалась, как долго пришлось бы ей еще сидеть в девках, вздумай она всерьез следовать осенившей ее мысли. В самом деле, возможно ли сконструировать личность из любого набора элементов индивидуальности? Сама житейская мудрость в сказках и поговорках зафиксировала простую идею о том, что особенности строения тела, черты личности, способности и другие индивидуальные характеристики собираются в одном человеке далеко не в любой комбинации. Вряд ли можно себе представить добродушным старцем худосочного Кощея Бессмертного или отъявленным злодеем упитанного Добрыню Никитича.

В свое время американский врач и психолог У.Шелдон обследовал 4 тыс. студентов и выделил среди них три варианта телесной конституции. Сопоставив с этими вариантами 650 различных черт характера, исследователь пришел к выводу, что в большинстве случаев каждый тип конституции характеризуется своим набором личностных характеристик. Как будто среди огромного разнообразия отдельных телесных, психологических и поведенческих осо-

бенностей человека существуют невидимые силы взаимного притяжения и отталкивания. Эти таинственные силы приводят к тому, что индивидуальные особенности человека могут комфортно сосуществовать только в тщательно подобранных комбинациях. В дальнейших исследованиях выяснилось, что число таких естественных комбинаций ограничивается буквально одним-двумя десятками. Значит, на первый взгляд уникальная личность каждого человека, при ближайшем рассмотрении может быть отнесена к одному из немногочисленных типов индивидуальности.

Имеют ли такие « типовые конструкции » индивидуальности, многие из которых стали бытовыми стереотипами, надежные естественнонаучные основания?

Житейская психология издавна выделяла общие типы людей — по преобладанию у каждого из них определенной психической функции. «Эмоции», «разум», «воля», «подвижность» — таковы известные основы этих функциональных типов. Наиболее устойчивым, сохранившимся до наших дней, является разделение людей на «эмоциональных» и «рациональных». Ученые в своих поисках типологии индивидуальности в известной мере следовали бытовым канонам.



Н.Н.Богданов. ТИПОЛОГИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОСТИ.

М.: Институт общегуманитарных исследований, 2004. 384 с. (Из сер. «Современная психология: теория и практика».)

© Каплан А.Я., 2005

Знаменитый физиолог И.П.Павлов, например, выделил типы индивидуальности человека по преобладанию у них первой или второй сигнальной системы или их равновесию: «художники», «мыслители» и люди «гармонического» типа. В попытке раскрыть психологическую основу разделения «чувства» и «разума» швейцарский психолог К.Юнг выделил типы людей, ориентированных в своем поведении, в первую очередь, на внешнее окружение или на свой внутренний мир. Это всем известное сейчас деление людей на экстравертов и интровертов.

Можно было бы перечислить еще не один десяток различных типологий индивидуальности, но за этими «типовыми конструкциями» личности редко кто из их авторов видел нечто больше, чем установление порядка в разнообразии. Между тем постепенно становилось совершенно очевидным, что построение типов индивидуальности открывает новые грани самой личности, подобно тому, как на основе знания законов тяготения астрономам открывались новые планеты.

«Постижение индивидуальности возможно только через типологию» — эта блестящая мысль была положена в основу новой книги «Типология индивидуальности» отечественным исследователем в области нейрофизиологии, нейрофармакологии, дерматоглифики и пато-

графии Н.Н.Богдановым. Здесь рассматриваются психологические и медико-биологические основы индивидуальных различий между людьми с точки зрения известных конституциональных систем.

В шести компактных главах новеллах автор изложил и критически переосмыслил основные направления в мировой науке о типологии человека. На примерах целой галереи литературных персонажей увлекательно проиллюстрированы находки знаменитых исследователей личности Э.Кречмера, У.Шелдона, С.А.Суханова, В.Х.Кандинского, А.А.Малиновского и многих других.

Особенно удались автору главы «Не дай мне бог сойти с ума...» и «Уроки медицинской синдромологии», где приведены исторические основания современной психиатрии, подробнейшим образом на многочисленных примерах рассмотрены индивидуальные особенности проявления шизофрении, а также актуальные проблемы клинической генетики, наследственных психических заболеваний.

Специалистов и неискушенных читателей, несомненно, заинтересует глава «Второе лицо». Здесь Богданов с полным правом крупнейшего отечественного специалиста в этом вопросе раскрывает загадочную сторону проявления индивидуальности человека — так назы-

ваемые узоры гребневой кожи на внутренней поверхности ладоней и подошвах. Характерный рисунок в этой области имеет наследственную детерминацию и свою типологию, которая явно отражает особенности организации центральной нервной системы человека, а следовательно, и некоторые индивидуальные особенности его психики. Вот, оказывается, сколько нового и интересного для себя, в дополнение к криминальной дактилоскопии, могут узнать американские службы таможенного контроля.

О том, что монозиготные близнецы отнюдь не похожи друг на друга в своих душевных проявлениях, и каковы индивидуально-типологические особенности психики левшей (действительно ли они могут предсказывать будущее) — обо всем этом можно прочитать в заключительных главах книги: «И то же, что я, и не то же...» и «Осторожно, левша!».

Широкое знание работ классиков дифференциальной психологии, свободное владение результатами последних научных изысканий, непринужденная манера изложения, и ко всему этому собственный многолетний опыт работы в экспериментальной и клинической нейрофизиологии — все это позволило Николаю Богданову написать действительно интересную и богатую нетривиальными идеями книгу. ■

Этология

М.Л.Бутовская. ЯЗЫК ТЕЛА: Природа и культура. Науч. ред. Е.А.Гороховская. М.: Научный мир, 2004. 440 с.

Язык тела у человека играет едва ли не центральную роль в социальном общении и существенным образом определяет жизненный успех каждого ин-

дивида, идет ли речь о современном индустриальном обществе или о традиционных культурах охотников-собирателей, земледельцев, скотоводов-кочевников.

Ученые-антропологи и этологи установили, что информация, передаваемая словами, составляет лишь около 7% от общего объема информации, получаемой человеком, тогда

как на долю невербальных сигналов приходится 93% (миимика, жесты, запахи составляют до 55%, а голосовая паралингвистическая составляющая достигает 38%). В среднем человек говорит всего 10—11 мин в день, причем вербальный компонент составляет лишь 35% смысловой нагрузки, а невербальный гораздо больше — 65%. Сопровождающие речь

жесты и мимика служат надежным источником сведений об отношении говорящего к теме сказанного, равно как и о реакции слушателя на полученную информацию.

В основу книги положены материалы курсов лекций «Этнология человека» и «Теория и практика межкультурной коммуникации», читаемых автором для антропологов, культурологов и лингвистов в Российском государственном гуманитарном университете. Издание может служить руководством для всех, кто хочет получить адекватное представление о современном понимании роли природы и культуры в человеческом поведении.

Ботаника

Н.Р.Мейер-Меликян, И.Ю.Бовина, Я.В.Косенко и др. АТЛАС ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЕРЕН АСТРОВЫХ: Палиноморфология и развитие спермодермы представителей семейства *Asteraceae*. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. 236 с.

Астровые, или сложноцветные (*Asteraceae*, *Compositae*) — одно из самых обширных семейств покрытосеменных. Оно объединяет около 1400 родов и не менее 25 тыс. видов (более 8% мировой флоры сосудистых растений), распространенных по всему земному шару, однако с филогенетической и систематической точек зрения наиболее интересные обитатели южного полушария.

У астровых своеобразно устроены пыльцевые зерна, поражающие многообразием ультраструктуры и, особенно, ультраструктуры спородермы, что дает возможность с успехом использовать палиноморфологические признаки для целей систематики на разных таксономических уровнях.

В книге собраны сведения о морфологии пыльцевых зерен 212 представителей семей-

ства астровых. Палиноморфологические описания составлены на основе световой и электронной (сканирующей и трансмиссионной) микроскопии. Описан процесс развития спородермы в разных группах астровых. Текст снабжен большим числом оригинальных фотографий и электронных микрографий.

Книга предназначена не только для специалистов, но для всех, интересующихся развитием и строением оболочек пыльцевых зерен.

Информатика. Технология

И.Н.Дорохов, В.В.Меньшиков. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ИНЖЕНЕРНОЕ ТВОРЧЕСТВО В ЗАДАЧАХ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ. Отв. ред. Н.Н.Кулов. М.: Наука, 2005. 584 с. (Из сер. «Системный анализ процессов химической технологии».)

Эта монография стала десятой по счету в серии книг, выпускаемых с 1976 г. издательством «Наука» РАН. Цель выпуска — создание методологической базы и системного подхода к анализу и синтезу химико-технологических процессов, чтобы решать задачи усовершенствования производств с научным обоснованием — начиная с физико-химического анализа процесса в лабораторной колбе и кончая построением промышленного агрегата с высокими техническими показателями.

Десятый том серии посвящен проблеме активизации инженерного творчества для решения нестандартных задач при создании нового высокоэффективного оборудования с использованием интеллектуальных систем поддержки. Это направление уже успешно раз-

вивается в машиностроении, металлообработке, электронике, но в химической технологии находится в зачаточном состоянии, что побудило авторов привлечь внимание читателя к решению проблемы. Работу следует рассматривать как одну из первых попыток в этом направлении.

Издание рассчитано на специалистов, интересующихся вопросами теории и практики системного анализа, искусственного интеллекта и принятия решений.

Металловедение

В.П.Мальшев, Б.Т.Абдрахманов, А.М.Нурмагамбетова. ПЛАВКОСТЬ И ПЛАСТИЧНОСТЬ МЕТАЛЛОВ. М.: Научный мир, 2004. 148 с.

Плавокость и пластичность — близкие понятия не только чисто этимологически (пластичность — от греческого *plastikos* — податливость), но и по способности вещества принимать форму ограничивающего пространства — в первом случае под действием силы тяжести, во втором — под действием механической нагрузки. Эта способность является характеристикой жидкости, и поэтому пластичность можно понимать как предрасположенность к плавлению или в общем случае — к жидкому состоянию.

Авторы книги рассматривают плавокость и пластичность металлов на основе анализа постоянства энтропии плавления с точки зрения соответствия общесистемным критериям устойчивости с помощью распределения Больцмана и уравнения Шредера. Введено понятие жидкоподвижных частиц в кристалле, энергия которых превышает теплоту плавления и которыми определяется пластичность. Показано аналитическое соответствие максимального прироста этих час-

тиц по температуре эмпирическим инвариантам пластичности Бочвара—Таммана. Обосновано термодинамическое выражение полезных затрат энергии при пластической деформации и рассчитан КПД этого процесса.

Работа проводилась в Химико-металлургическом институте (Караганда), а промышленные испытания и внедрение нового устройства для контроля температуры катанки на выходе из стана — на Жезказганском заводе медной катанки (Алма-Ата).

Минералогия

С.М.Николаев. КАМНИ И ЛЕГЕНДЫ. 3-е изд., перераб. и доп. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. 230 с.

Каменные находки издревле привлекали к себе внимание человека, вызывая суеверный страх и рождая веру в их чудодейственные свойства. Для многих народов долгое время самоцвет был не безделушкой, а одушевленным существом, в котором они чувствовали присутствие таинственной жизни горных духов. Волхвы, жрецы и шаманы считали самоцветы магическими камнями, что порождало самые, казалось бы, невероятные суеверия. Легенды коснулись не только самоцветов, но и металлов, полученных из руд и минералов. Некоторые из них связывали с известными тогда семью планетами и светилами: Солнце (золото), Луна (серебро), Венера (медь), Юпитер (олово), Сатурн (свинец), Марс (железо), Меркурий (ртуть).

Книга в занимательной форме рассказывает о самых знаменитых «титированных» минералах, с которыми связаны многочисленные легенды и суеверия, сказания и мифы раз-

ных народов. Систематизированы свойства более 100 минералов, в том числе драгоценных и ювелирно-поделочных.

География

В.Хисдаль. АРХИПЕЛАГ ШПИЦБЕРГЕН (СВАЛЬБАРД): природа и история. Под ред. В.А.Маркина. М.: Научный мир, 2005. 132 с.

Книга норвежского полярного исследователя В.Хисдаля рассказывает о природе и истории одной из самых северных на Земле групп островов, которую в нашей стране называют Шпицбергом, хотя еще в 1969 г. парламент Королевства Норвегии принял решение о ее переименовании в Свальбард, оставив топоним Шпицберген за самым крупным островом.

Помимо старинного скандинавского названия, существует еще одно имя у этой земли — Грумант. Так называли ее архангельские поморы, побывавшие на этих островах в XVII в., а возможно, как утверждают археологи, еще в середине XVI в. (до того, как их открыла голландская экспедиция В.Баренца).

Большая часть площади архипелага покрыта ледниками, но процент оледенения не так велик, как у Гренландии и соседней Земли Франца-Иосифа. Свальбард отличается от самых суровых арктических земель более мягким климатом, разнообразной растительностью, еще сохранившимися популяциями птиц и млекопитающих. Здесь обитает довольно большое стадо дикого северного оленя, произрастает 170 видов цветковых растений. Свальбард называют «мягкой Арктикой».

Цель этой книги — дать краткий обзор природных условий и истории архипелага. Издание хорошо проиллюстрировано. Автор работал в Норвежском полярном институте,

проведя 28 полевых сезонов на Свальбарде.

История науки

Н.А.Суркова, М.И.Алферина. МИХАИЛ АНДРЕЕВИЧ ЗЕНЗИНОВ — КРАЕВЕД, ЕСТЕСТВОИСПЫТАТЕЛЬ ЗАБАЙКАЛЬЯ (20—70-е годы XIX в.). Улан-Удэ: ГОУ ВСГАКИ, 2004. 255 с.

Михаил Андреевич Зензинов (1805—1873) — почетный гражданин города Нерчинска — был известен в 40—70-е годы XIX в. не только в Забайкалье, но и в Иркутске, Москве, Санкт-Петербурге, Риге, Варшаве. Он принадлежал к тому поколению сибиряков, на образование и формирование кругозора которых значительно повлияли декабристы. В исторической литературе о Зензинове больше говорится как о литераторе и краеведе. Сведений же об его естественнонаучных занятиях мало, а архивные материалы, касающиеся этого вопроса, еще недостаточно изучены.

Михаил Андреевич был членом Вольного экономического общества, которым ему в 1853 г. была присуждена золотая медаль «За особенное усердие» и вклад в изучение Забайкальского края. Зензинов состоял действительным и активным членом Русского географического общества, а с 1851 г. и его Иркутского отделения.

Изучая архивы, авторы книги пришли к заключению, что деятельность Зензинова далеко выходила за рамки краеведения, появились основания для изучения его биографии как естествоиспытателя и знатока тибетской медицины. В основу книги положены материалы архивов Зензинова (документы, публикации, рукописи, письма, дневники) и воспоминания родных, рассмотренные на фоне истории Сибири.

Туркестанский пленник

М.Ю.Сорокина,
кандидат исторических наук
Архив РАН
Москва

9 августа 1909 г. улицы Ташкента были запружены так, как это редко случалось в столице Туркестанского генерал-губернаторства: везде по пути следования печальной колесницы собралось много народу, за гробом усопшего шли русские, немцы, поляки, евреи, татары, сарты*. Великий князь Николай Константинович с супругой, генерал-губернатор Туркестана и многие другие чиновники местной российской колониальной администрации пришли проститься с ташкентским аптекарем Иеронимом Краузе [1]. Газетный хроникер констатировал: «Давно уже в Ташкенте не было таких поистине грандиозных проводов. Только врачей Эрн и Фогеля провожали так» [2].

Роль немецких медиков в становлении и развитии российской медицины, прежде всего в обеих столицах — Москве и Санкт-Петербурге, — всегда находилась в фокусе внимания исследователей. Однако история формирования, бытования и исторической судьбы немецкоязычной медицины в регионах Российской Империи, в том числе в русской Средней Азии XIX в., все еще мало известна [3]. Между тем немецкие медики, приехавшие в Туркестан из центральной России и работавшие там на пересечении местной мусульманской культуры и

немецкой традиции рационального знания, принесли с собой не только европейский фармацевтический опыт, но и новую модель социальной организации — симбиоз научного знания, просветительства и предпринимательства.

Представителем этой генерации немецких медиков был один из основателей общественной медицины и фармакологии в Туркестанском крае Иероним Краузе (1845—1909), исследователь природных ресурсов и местной медицинской традиции, видный общественный деятель. Лютеранин, получивший фармацевтическое образование в Москве, он сделал профессиональную карьеру в Средней Азии и был награжден русскими орденами: св.Станислава 2-й и 3-й степени, св.Владимира 4-й степени, медалью в память Хивинского похода, знаком Общества Красного Креста и, наконец, орденом Бухарской восходящей звезды. Краузе крепко связал свою жизнь с Россией: он женился на дочери хорунжего Оренбургского казачьего войска Екатерине Матвеевне Химиной. У них было шестеро детей, крещенных уже в православии [4].

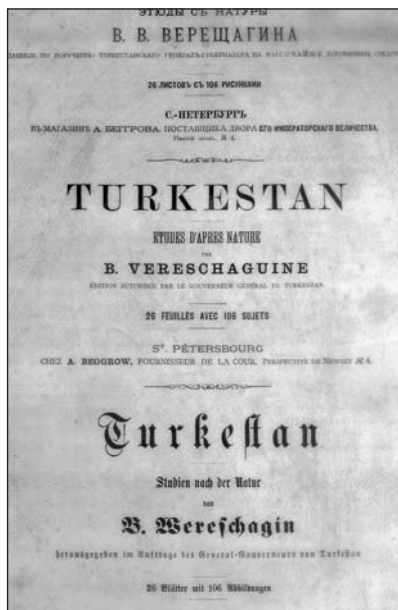
По словам современника, «Иеронима Ивановича Краузе знали все, кто только интересовался чем-либо из жизни Туркестанского края. Нет ни одного общественного учреждения в Ташкенте, в котором Краузе не состоял членом и видным деятелем. Живо интересуясь геогра-

фией, археологией, геологией, сельским хозяйством Туркестанского края, Краузе и других умел привлечь на путь деятельного изучения нашей обширной окраины. Не покладая рук, Краузе четыре десятка лет работал на пользу и в целях развития края» [5].

Туркестан, или страна тюрок, — этим историко-географическим термином обозначалась огромная, площадью свыше 3 млн км², территория в Средней и Центральной Азии, населенная преимущественно тюркскими народностями. От Урала и Каспийского моря на востоке, Ирана и Афганистана на юге до Томской и Тобольской губерний на севере — таковы географические ориентиры этого гигантского пространства, делившегося на Западный, или Русский, Туркестан (южная часть Казахстана и Средняя Азия), Восточный, или Китайский (китайская провинция Синьцзян) и Афганский (северная часть Афганистана).

Вторая половина XIX в. стала эпохой присоединения Средней Азии к России. На территории Западного Туркестана в 1867 г. было образовано Туркестанское генерал-губернаторство, с 1886 г. официально называвшееся Туркестанским краем (в него входили Закаспийская, Самаркандская, Семиреченская, Сырдарьинская и Ферганская области). Рядом находились Хивинское и Бухарское ханства — «вассалы» Российской Империи.

* Сарты — так называли себя оседлые узбеки Средней Азии.



Титульный лист В.В.Верещагина. Туркестан. Этюды с природы.

Начало научного знакомства русских с Западным Туркестаном относится к XVII в.; однако интенсивное изучение, своего рода научная колонизация края, стало возможным только после его присоединения к России. Важнейшую роль в изучении Средней Азии играли Императорское Русское географическое общество (ИРГО) и Императорское Общество любителей естествознания, антропологии и этнографии при Московском университете (ИОЛЕАЭ). Если на долю ИРГО, активно поддерживаемого российским военным ведомством, приходились прежде всего географо-топографические исследования, то ИОЛЕАЭ, опиравшееся на благотворительность, финансовые ресурсы и интересы крупного московского бизнеса, своими научными изысканиями в значительной степени обеспечивало возможность хозяйственного освоения новых земель. С 1860-х годов Общество планировало организацию научной экспедиции в Туркестанский край и в 1867 г. организовало в Москве Всероссийскую этнографическую выставку, посеще-

ние которой туркестанским генерал-губернатором К.П.фон Кауфманом (1818—1882) обеспечило поддержку колониальными властями. Руководителем Туркестанской экспедиции, программа которой выработывалась в тесном сотрудничестве с местными властями и в известном смысле по их заказу, стал Алексей Павлович Федченко (1844—1871), сын сибирского золотопромышленника, выпускник Московского университета, участник знаменитого Богдановского кружка естествоиспытателей — предтечи ИОЛЕАЭ.

Среди тех москвичей, которые личным участием поддерживали новое научное предприятие, открывавшее большие исследовательские и карьерные перспективы, был и Иероним Краузе. Согласно Келмчевской евангелической церковной книге, прусский подданный Карл Иероним Теодор Краузе родился 19 января 1845 г. в Литве — в селении Цытовяну Россиенского уезда Ковенской губернии в семье кузнеца Иогана Краузе и Эмы, урожденной Франк [б. Л.5]. В 1855—1860 гг. он окончил 5 классов Ковенской гимназии и с сентября 1862 г. стал учеником Ново-Мясницкой вольной аптеки Франца Кельчевского в Москве на Моховой. В 1864—1865 гг. Краузе посещал школу Московского фармацевтического общества, а осенью 1865 г. после испытаний в Московском университете получил звание аптекарского помощника, что позволило ему поступить лаборантом в аптеку Карла Келлера на Старо-Мясницкой улице, а в 1868 г. — звание провизора [б. Л.2, 7]. Предметами испытания были: знание Аптекарского устава, перевод статьи из Фармакопеи, чтение нескольких рецептов и оценка лекарств по таксе, определение и характеристика аптекарских материалов, распознавание и описание употребляемых врачебных и ядовитых растений, изложение способов приготовления, свойств и состава двух фармацевтических препа-

ратов, знание различных названий лекарственных веществ (Nomenclatura); знание, в каком приеме (dosis) прописываются сильнодействующие лекарства, приготовление в лаборатории университета под надзором профессора фармации двух препаратов с объяснением и самого способа их приготовления. Тогда же за работу о медоносных растениях Иероним Краузе, страстно увлекавшийся ботаникой* и уже известный своим гербарием московской флоры, был награжден Большой серебряной медалью Императорского Русского общества акклиматизации растений и животных, а в 1869 г. избран действительным членом ИОЛЕАЭ.

Казалось бы, московская карьера Краузе складывалась вполне благополучно, однако он сам, по-видимому, испытывал неудовлетворение достигнутым и в начале 1870 г. принял необычное приглашение Михаила Хлудова**, представителя одной из богатейших русских купеческих семей, интересы которой были тесно связаны со Средней Азией: уехать в Туркестан на исследование вновь открытых в Кокандском ханстве нефтяных месторождений («Майли-сай») близ Намангана.

Работа «химика» в еще независимом от России ханстве не обошлась без опасных инцидентов — поведение Краузе показалось подозрительным местным властям, его арестовали и как ханского пленника около полугода продержали в горном кишлаке. По свидетельству современников, в плену Краузе сделал серию акварельных зарисовок,

* Он активно сотрудничал с профессором ботаники Московского университета Н.Н.Кауфманом (1834—1870), автором ботанико-географического обозрения Московской губернии.

** По словам В.А.Гиляровского, М.А.Хлудов был прежде всего известен как авантюрист и искатель приключений, и именно эти качества привели его в Среднюю Азию. Кроме того, он основал детскую больницу, впоследствии ставшую известной университетской клиникой в Москве.

чем еще более ухудшил свое положение: одна из фигур на рисунке казалась изображением «самого» кокандского хана Худояра, и своевольного художника хотели казнить. Однако благодаря вмешательству туркестанского генерал-губернатора он был освобожден, и с этого момента прямые контакты Краузе и фон Кауфмана, известного покровителя наук и искусств*, расширились и приобрели доверительный характер. По поручению генерал-губернатора, к тому времени ставшего почетным председателем Туркестанского отдела ИОЛЕАЭ, в 1871—1872 гг. Краузе занимался собиранием коллекций для первой Московской политехнической выставки (1872) и участвовал в составлении каталога, за что удостоился Большой золотой и серебряной медалей ИОЛЕАЭ [7].

Собираясь покорить Хиву, фон Кауфман прикомандировал к войскам несколько групп ученых: Красноводский и Оренбургский отряды занимались метеорологическими, барометрическими и другими наблюдениями, Мангышлакский — осуществлял топографическое изучение пути. В марте 1873 г. генерал-губернатор создал специальную Туркестанскую группу для исследований на территории Хивинского ханства и пригласил участвовать в ней Краузе, а также зоолога М.Н.Богданова и ориенталиста А.Л.Куна [8].

Выбор «походного ботаника» фон Кауфманом был неслучаен. Еще в 1871 г. Туркестанский отдел ИОЛЕАЭ по предложению Краузе решил устроить в Ташкенте «опытный сад для разведки местных дикорастущих растений, которые могли бы войти в садоводство или составляли бы интерес для ботанических садов». Такой акклиматизационный сад был заложен на одном из участков при доме самого ге-

* С именем К.П.фон Кауфмана связаны многочисленные культурные начинания как в самой Средней Азии, так и популяризация ее экономического потенциала в метрополии.



Этюды с натуры. Политики. Худож. И.Краузе.

нерал-губернатора, где стараниями Краузе посадили около 300 видов дикорастущих растений, большая часть которых стала гордостью хозяина.

Местная флора и особенно лекарственные растения всегда были в центре интересов провизора Краузе. В сентябре 1871 г. он направил в дар ИОЛЕАЭ гербарий растений, собранных им в Туркестанском крае, регулярно сообщая о своих ботанических исследованиях. Так, докладывая

8 января 1871 г. о растениях, встреченных им во время экскурсий, Краузе обращал внимание коллег, что некоторые медицинские продукты (фисташковые смолы, лаведуловое масло, опий и др.) могут с выгодой продаваться в Сибирь и даже в Россию; что большое число растений могло бы использоваться для местных казенных аптек, которые в то время получали все препараты из России; что зерна винограда могут давать напиток,



Этюды с натуры. Узбеки. Таджики. Худож. И.Краузе.

сходный с кофе и шоколадом. Стремясь найти пути скорейшего практического применения новых для европейцев восточных лекарственных растений, Краузе снабжал сведениями о них коллег в метрополии.

Суммируя в 1892 г. заслуги Краузе в области прикладного растениеводства, Туркестанский отдел Российского общества садоводства отметил, что он:

1) указал на возможность выделки крепкого волокна из стеблей хлопчатника, считавшихся до его опытов годными лишь на топливо; 2) отметил значительное содержание поташа в золе семян хлопчатника; 3) установил противохородачные свойства настойки и отвара из цветов хлопчатника; 4) практически доказал выгоды соединения хлопководства с шелковод-

ством путем посадки на межах хлопковых полей тутовых деревьев, могущих защитить хлопчатник от горячих ветров и дать корм червям; 5) указал две лучшие породы тутовых деревьев, пригодных для выкормки шелковичных червей; 6) первый представил на выставку Вольно-экономического общества сушеные огнем способом местные фрукты, за что экспонаты Туркестанского отдела садоводства были удостоены высшей награды; 7) доказал возможность утилизации неорошенных земель посредством засева их раносозревающими весной полезными растениями; 8) стал готовить местные каперсы, вытеснившие в Ташкенте дорогостоящие иностранные, между тем как до него на каперсовый кустарник (*Capparis berlacea*), в изобилии растущий в Средней Азии, никто не обращал внимания; 9) первым как предприниматель занялся добыванием растительных масел — орехового, миндального, фисташкового, абрикосового. Научные заслуги Краузе-ботаника высоко ценились современниками; по инициативе русских и иностранных ученых его именем были названы обнаруженные им некоторые новые виды туркестанской флоры (*Cousinia krauseana*, *Festuca krausei*, *Conerelvus krauseanus* и ряд других).

Другим важным направлением исследований природных ресурсов Туркестанского края стало для Краузе изучение минеральных источников. На заседании Туркестанского отдела ИО-ЛЕАЭ 12 февраля 1871 г. он сообщил о нахождении горячего минерального источника Адрашан вблизи селения Аблык недалеко от Коканда, водами которого местное население успешно лечилось от кожных болезней. Для осмотра и изучения химического состава этих источников была образована комиссия, в которую вошел Краузе.

Все же главной сферой приложения многочисленных дарований Краузе в Ташкенте по-

прежнему оставалась медицина. Колониальная военная администрация должна была обеспечить здоровье расквартированных в Туркестане российских войск. В условиях повальных эпидемий и массовых заболеваний в крае положение общегражданской медицины было поистине катастрофическим. В 1875 г. в Ташкенте насчитывалось всего 11 военных и гражданских врачей; спустя 35 лет на обширнейшей территории Туркестанского генерал-губернаторства имелось 27 больниц на 356 коек. Если в земских губерниях европейской России одна больничная койка приходилась на 1100 человек, то в Средней Азии в среднем — на 13 тыс.

Со снабжением населения лекарственными средствами было еще сложнее. Отсутствие подготовленных местных кадров приводило к тому, что даже в начале XX в. в Ташкенте существовало всего три аптеки со штатом семь фармацевтов, которые обслуживали 156 400 человек [9]. Привозимые из России и европейских стран препараты были очень дорогими и потреблялись преимущественно местной и колониальной элитой. Впрочем, местные жители редко обращались за помощью в аптеки, предпочитая народные средства лекарей-табибов. Наиболее дальновидные медики, включая Краузе, стремились не ломать местные устои, а выделять рациональное зерно народной медицины, собирая и используя ее опыт в своей фармацевтической практике. Так, во время поездки 1897 г. в Ферганскую обл. он получил от старика-табиба сведения об излечении желчью различных острых заболеваний (желчью молодого горного козла-самца — при лечении натуральной оспы, медвежьей желчью — при воспалении легких).

Еще в 1873 г., после возвращения из Хивинского похода и при поддержке местных властей, Краузе открыл в Ташкенте первую общественную аптеку,

которой заведовал на протяжении шести лет. В 1880 г., уже по своей личной инициативе, он учредил в Туркестанском крае первую вольную аптеку, образцовая работа которой получила заслуженное признание. В апреле 1907 г. он открыл при аптеке также первую в крае хорошо оборудованную частную лечебницу для проходящих больных, где стали работать многие местные врачи. Коллеги отметили деятельность Краузе избранием его действительным членом Петербургского и почетным членом Московского фармацевтических обществ.

Не менее широкую известность Иероним Краузе снискал своей бескорыстной и неутомимой общественно-благотворительной работой. Он безвозмездно помогал медикаментами ташкентскому детскому приюту, а кроме того, в разное время был гласным Ташкентской городской думы, попечителем городской больницы, членом общества «Патронат», одним из директоров Сыр-Дарьинского областного попечительского комитета о тюрьмах, основателем детского сада, активным участником музыкального общества, членом правления Ташкентского отделения Общества востоковедения и одним из инициаторов создания Туркестанского отдела Российского общества садоводства и т.д. [10]. Супруга Краузе в течение ряда лет возглавляла Ташкентский отдел Туркестанского благотворительного товарищества, в котором работала вместе с Ф.М.Керенским — отцом будущего российского премьера А.Ф.Керенского.

Казалось бы, такая многогранная и новаторская деятельность должна была получить одобрение власти и общественную поддержку; однако на протяжении жизни Иерониму Краузе пришлось неоднократно испытывать не только непонимание коллег, но также недоброжелательство и зависть. Он пытался уехать из Ташкента и 12 января 1897 г. направил прошение в



Кокандский хан Худояр. Худож. И.Краузе.

Московское врачебное управление о разрешении открыть вольную (частную) аптеку в Москве, «где будет указано». Вольные аптеки были высокодоходными предприятиями, и московское аптекарское сообщество при поддержке городских властей тщательно охраняло свои доходы, законодательно регулируя создание новых вольных аптек. До конца XIX в. без положительного вердикта «цеха» аптекарей в Москве не могла быть открыта ни одна частная аптека. Ответ «цеха» на прошение Краузе был отрицательным — сильная внутрицеховая конкуренция и клановый монополизм московской аптекарской среды сказались в том, что москвичи предпочли не иметь нового серьезного конкурента и не допустили его в свое сообщество.

Вскоре и новое поколение русских ташкентских врачей, профессиональную и культурную среду которых так тщательно в течение многих лет обустроивал в Туркестане Краузе, также отвергло его, но уже по идеологическим причинам — в условиях глубокого общественного кризиса после революции 1905 г. лозунг «чистой науки», свободной от мира «буржуазно-

го чистогана», приправленный к тому же псевдопатриотической риторикой, был весьма популярным среди русской интеллигенции, жившей на национальных окраинах разваливающейся империи. В декабре 1908 г. Краузе предложил передать в ведение Общества врачей и естествоиспытателей Туркестанского края свою амбулаторию и химико-бактериологический кабинет при аптеке в Ташкенте. Его инициатива была отклонена подавляющим

большинством голосов с оскорбительной мотивировкой: «Обществу, преследующему научные цели, представляется неудобным по чисто моральным соображениям входить в соглашение с частными лицами, преследующими в данном случае главным образом свои личные интересы, а не интересы общественного характера».

Иероним Краузе скончался 8 августа 1909 г. В России начала XX в. триада «научный опыт — предпринимательство — прос-

ветительство», воплощенная в его судьбе, оказалась преждевременной и невостребованной, но все же заслужила признание и память потомков*.

* Династию медиков Краузе продолжил Николай Иеронимович Краузе (1887—1950), ученик А.И.Спасокукоцкого, после ухода которого (1926) в течение многих лет заведовал кафедрой хирургии в Саратове. Изобретатель, конструктор, музыкант, он известен как автор 57 научных работ по биомеханике, физиологии и патологии опорного аппарата, а также проблемам заживления ран и борьбы с рубцами.

Литература

1. Робинзон В. Жизнь и деятельность Иеронима Ивановича Краузе // Вестник юбилейной Туркестанской выставки. Ташкент, 1909. №1, 3, 4, 9.
2. Туркестанский курьер. 1909. №178.
3. Gelehrte—Unternehmer—Aufklärer: Aus der Geschichte der freien Apotheken in Moskau und Mittelasien // Kaestner I., Pfrepper R. (Hgg.) Naturforschung, experiment und Klinik: Deutsch-russische Beziehungen in der naturwissenschaftlichen Medizin des 19. Jahrhunderts — Vortrage des Symposiums vom 5. und 6. Juli 2001 am Karl-Sudhoff-Institut für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften. Aachen, 2002. S.99—116.
4. Центральный исторический архив г.Москвы (ЦИАМ). Ф.1. Оп.2. Д.2129. Л.21—28об.
5. Лукин Б.В. Научные общества Туркестана. Ташкент, 1962.
6. ЦИАМ. Ф.418. Оп.34. Д.192.
7. Краузе И.И. Каталог Туркестанской выставки. Кустарный отдел. Ташкент, 1890.
8. Краузе И.И. О хивинском земледелии // Известия Императорского Русского географического общества. 1874. №1.
9. Mary Schaeffer Conroy. In health and in sickness. Pharmacy, pharmacists, and the pharmaceutical industry in late Imperial, Early Soviet Russia. East European Monographs, Boulder; N.Y., 1994.
10. Туркестанский календарь на 1904 г. / Ред. В.В.Стратонов. Ташкент, 1904.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

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
С.В.ЧУДОВ

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Е.А.ПИМЕНОВА

Графика, верстка:
Д.А.БРАГИН

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредитель:
Российская академия наук,
президиум
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
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 04.07.2005
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 501
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП типографии «Наука»
Академиздатцентра «Наука» РАН,
121099, Москва, Шубинский пер., 6