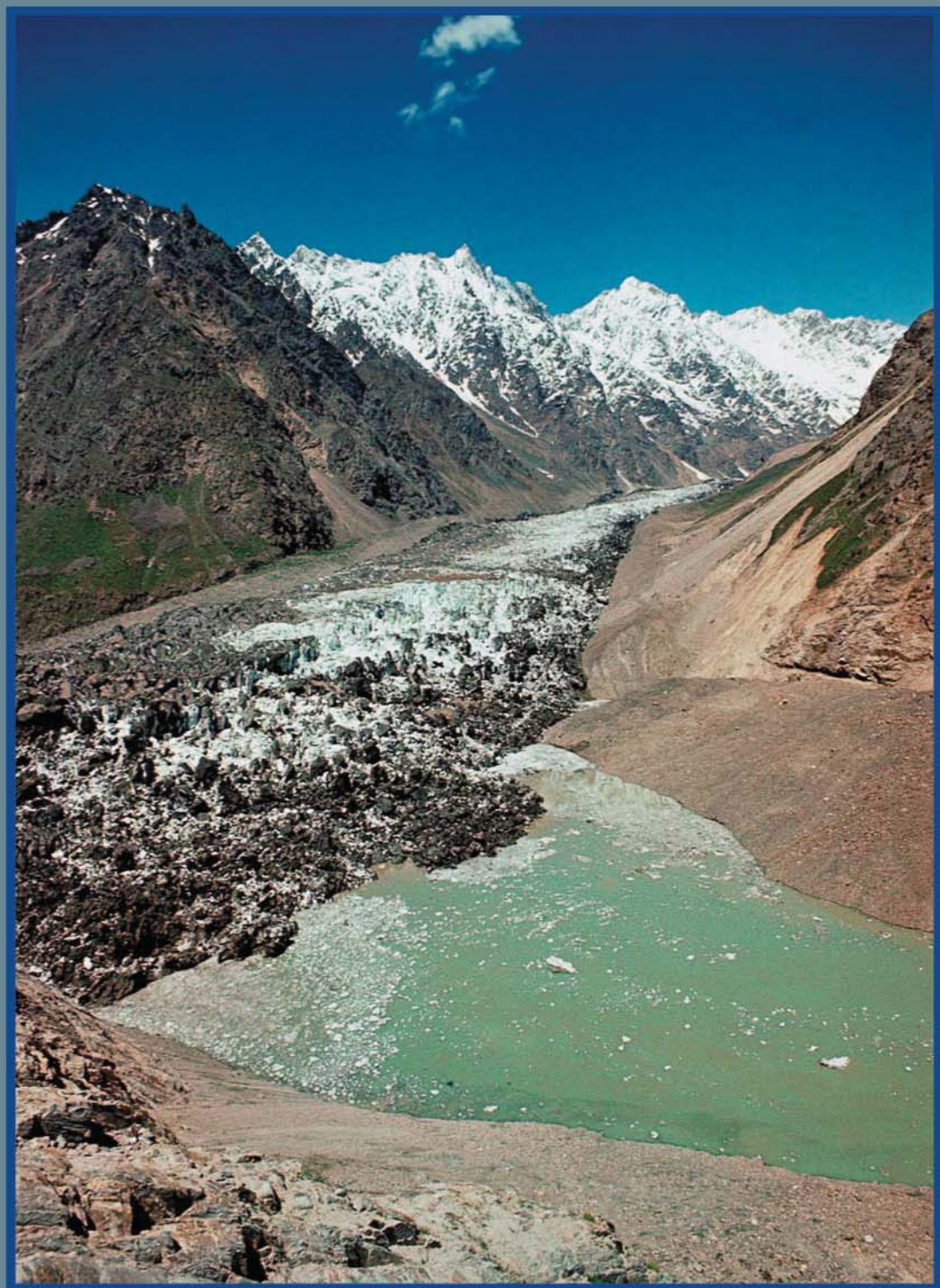


ПРИРОДА

4 03



В НОМЕРЕ:**3 Осипова Г.Б., Цветков Д.Г.**
Что дает мониторинг пульсирующих ледников?

Постоянное слежение за поведением ледников непосредственно на них самих, а также при помощи фотосъемки с самолетов и космических аппаратов позволяет понять причины и механизмы ледниковых пульсаций.

Апрельский факультатив**14 Расцветаева Р.К.**
Союз Ломоносовитских Республик**Кузьмин А.В.****Полярное сияние над Москвой (29)****18 Орлов В.Н., Паклина Н.В.**
Вернутся ли тахи в природу?

Разведение лошади Пржевальского в неволе некогда спасло ее от полного исчезновения, однако теперь эта дикая азиатская лошадь опять оказалась в критическом положении.

Заметки и наблюдения**25 Худяков Ю.С.**
На берегах Кыргыз-Нура**30 Леменовский Д.А., Крутько Д.П., Борзов М.В.****Циркониевые сэндвичи для активации углеводов**

Промышленная нефтехимия — получение органических соединений — основана на разрыве С–Н и С–С-связей в природных углеводородах. Оказалось, С–Н-связь могут разрывать и комплексы благородных металлов в виде сэндвичей. А в последнее время эти металлы успешно заменяют цирконием, но пока в экспериментах.

Калейдоскоп**35**
Сохранить ценную геологическую информацию (35). Нанотрубки взрываются от фотовспышки (59). Секретное оружие крокодилов (74).**36 Ширяев А.Н.**
Жизнь в поисках истины
К 100-летию со дня рождения
Андрея Николаевича Колмогорова**54 Вартамян Р.В.**
Проблемы цитомегаловирусной инфекции

Многообразие клинических форм этой болезни обусловлено способностью вируса поражать различные органы и ткани. Вот почему цитомегаловирус сравнивают с мифологическим многоликим чудовищем Протеем.

60 Головин Ю.И., Тюрин А.И.
Микро- и наноконтактное взаимодействие твердых тел

Можно ли изучать физические процессы, происходящие при трении или ударе, на атомном уровне? Современная экспериментальная механика динамического наноиндентирования дает такую возможность.

69 Чизмаджев Ю.А.
Как вирус проникает в клетку

Один из решающих этапов на пути вируса в клетку — слияние его оболочка с клеточной мембраной. Понять механизм этого процесса позволяют новые методы высокого разрешения.

75 Сергеева Н.А., Силкин Б.И.
Всемирная сейсмическая сеть**Новости науки**

77 Луна — как на ладони! **Сурдин В.Г.** (77). Марс изучается в Арктике (78). Получен новый сверхтяжелый элемент? (78). Миниатюрные роботы с бортовыми микродатчиками (79). Первый молекулярный модуль памяти (80). Российские кремний-эрибиевые диоды светят ярче! (80). Так ли уж необратима эволюция? **Гиляров А.М.** (80). Изощренный способ изучения скрытно живущей ящерицы. **Семенов Д.В.** (81). Обнаружен новый вид попугаев! (82). На Дальнем Востоке кавказские слизни? **Чернышев А.В.** (82). Участь ящериц в городе (82). Возраст Кергеленского плато (83). Полезные ископаемые Австралии (83). «Золотые» галионы помогают океанологам (84). Морские приливы инициируют землетрясения (84). Ускорилось таяние гималайских ледников (85). Теплый воздух городов приносит дожди в пригороды (85). Неожиданное о грибах. **Панова Т.Д.** (85).
Коротко (17)

Рецензии**86 Тахтеев В.В.**
Природа Байкала в кривом зеркале**Новые книги****89****Встречи с забытым****91 Фащук Д.Я.**
Под «Веселым Роджером» к тайнам океанов

CONTENTS:

- 3 Osipova G.B. and Tsvetkov D.G.**
What's the Point in Monitoring Pulsating Glaciers?
Continuous surveillance of the behavior of glaciers, both on the spot and through aerial and satellite photography, provides insight into the mechanisms of glacial pulsations.

April Topics

- 14 Rastsvetaeva R.K.**
The Union of Lomonosovite Republics
Kuzmin A.V.
Aurora over Moscow (29)

- 18 Orlov V.N. and Paklina N.V.**
Will Przewalski's Horses Return to Nature?
The breeding of the Przewalski's Horse in captivity once saved this species from complete extinction. This time, however, this wild Asian horse is in dire straits again.

Notes and Observations

- 25 Khudyakov Yu.S.**
On the Banks of the Kirgыз-Nur

- 30 Lemenovsky D.A., Krutko D.P., and Borzov M.V.**
Zirconium Sandwiches for Hydrocarbon Activation
The petrochemical industry, which produces organic compounds, is based on the breakage of C-H and C-C bonds in natural hydrocarbons. It was found that the C-H bond can be broken also by sandwich-type complexes of noble metals. In recent time, these metals have been successfully replaced by zirconium, but only in experiments so far.

Kaleidoscope

- 35**
 To Preserve Valuable Geological Information (35). Nanotubes Explode from a Flash Lamp (59). A Secret Weapon of Crocodiles (74).

- 36 Shiryayev A.N.**
A Life in Search of the Truth:
 On the 100th Anniversary of the Birth of Andrei Nikolaevich Kolmogorov

- 54 Vartanyan R.V.**
Problems of Cytomegalovirus Infection
The multiplicity of the clinical forms of this disease is due to the ability of the virus to attack various organs and tissues. This is why cytomegalovirus is likened to the mythological many-faced monster Proteus.

- 60 Golovin Yu.I. and Tyurin A.I.**
Micro- and Nanocontact Interaction of Two Bodies
Is it possible to study the physical processes that are due to friction or impact at the atomic level? Modern experimental mechanics of dynamic nanoindentation provides this possibility.

- 69 Chizmadzhev Yu.A.**
How a Virus Penetrates a Cell
One of the crucial stages for a virus penetrating a cell is to fuse its shell with the cellular membrane. The mechanism of this process is illuminated by new high-resolution methods.

- 75 Sergeeva N.A. and Silkin B.I.**
Global Seismic Network

Science News

- 77**
 The Moon So Clearly Visible! **Surdin V.G.** (77). Mars Being Studied in the Arctic Region (78). A New Superheavy Element Obtained? (78). Miniature Robots with Onboard Microsensors (79). The First Molecular Memory Module (80). Russian Silicon-Erbium Diodes Are Brighter! (80). Is Evolution Really So Irreversible? **Gilyarov A.M.** (80). A Sophisticated Method for Studying a Secretive Lizard. **Semenov D.V.** (81). A New Parrot Species Discovered! (82). Caucasian Slugs in the Far East? **Chernyshev A.V.** (82). The Fate of Lizards in Town (82). The Age of the Kerguelen Plateau (83). The Mineral Resources of Australia (83). Golden Galions Helping Oceanologists (84). Tides Can Induce Earthquakes (84). The Melting of Himalayan Glaciers Has Accelerated (85). The Warm Air of Cities Brings Rains to Suburbs (85). Something Unexpected about Mushrooms. **Panova T.D.** (85).
 In Brief (17)

Book Reviews

- 86 Takhteev V.V.**
The Nature of Lake Baikal in a False Mirror

New Books

- 89**
Encounters with the Forgotten
91 Fashchuk D.Ya.
To Oceanic Mysteries under a Jolly Roger

Что дает мониторинг пульсирующих ледников?

Г.Б.Осипова, Д.Г.Цветков

Обвал ледника Колка в Северной Осетии 20 сентября 2002 г., приведший к многочисленным человеческим жертвам и разрушениям, вызвал шквал информации в печати и на телевидении. Комментировать причины трагедии приглашали самых разных ученых. Единства среди них не было. Некоторые склонялись к внешним воздействиям: например, на Колку упал другой висячий ледник и столкнулся вниз; случилось землетрясение, применили тяжелую артиллерию, киношники что-то взорвали; на Эльбрусе существует некая циклоническая аномалия (бароцентр) — именно он спровоцировал катастрофу. Версия тех, кто непосредственно занимается горным оледенением, менее экзотична. Произошла подвижка пульсирующего ледника, правда, необычная по масштабам и раньше предсказанного времени из-за большого количества осадков и потепления на Кавказе и, возможно, усиления вулканической деятельности в его недрах.

Однако при самых разнообразных точках зрения всем участникам этой дискуссии очевидно, что необходим мониторинг пульсирующих ледников — постоянное слежение за их поведением, которое в последние годы по разным причинам в нашей стране свернуто. Между тем начиная с 60-х годов такая работа велась сотрудниками Института географии РАН и давала неплохие результаты. Мы предоставляем слово специалистам, занимающимся пульсирующими ледниками почти 40 лет.

В горных районах нередки случаи стихийных бедствий, связанных с нивально-гляциальными явлениями — лавинами, селями, ледяными обвалами, прорывными паводками, подвижками пульсирующих ледников. Когда обрушился ледник на Кавказе, на повестку дня снова встал вопрос о прогнозировании таких катастроф и предотвращении их последствий.

Колка — один из пульсирующих ледников, основное отличие которых от обычных — периодические подвижки. Был ли сход ледника связан с такой подвижкой? Можно ли было заранее ее предсказать? Прежде чем попытаться ответить на эти вопросы, необходимо выяснить причины ледниковых пульсаций, их механизмы и возможно-



Галина Борисовна Осипова, кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела гляциологии Института географии РАН. Область научных интересов — динамика пульсирующих ледников. Основной район экспедиционных работ — Памир.



Дмитрий Георгиевич Цветков, кандидат географических наук, старший научный сотрудник того же института. Область научных интересов — мониторинг колебаний ледников. Много работал на Полярном Урале, Памире и Камчатке.

© Г.Б.Осипова, Д.Г.Цветков



Конец ледника Медвежьего после подвижки 1973 г.

Фото Г.Б.Осиповой

сти прогнозирования эволюции пульсирующих ледников. Такие исследования были начаты Институтом географии РАН на леднике Медвежем в Западном Памире в 1963 г.

Это сравнительно небольшой по памирским масштабам ледник — его общая площадь около 25 км², а площадь пульсирующей части 5 км². Его подвижки зафиксированы в 1951, 1963, 1973 и 1989 гг. После подвижки 1963 г. Медвежий стал своеобразной природной лабораторией для изучения неизвестного ранее явления пульсаций. Наблюдения на леднике и прогнозирование его подвижек было необходимо и из практических соображений — при быстром наступании ледниковый язык перегораживает боковую долину, и там образуется озеро объемом до 20 млн м³. Его прорывы вызывают разрушения в лежащей ниже ледника населенной долине р.Ванч. Так в 1963 г. паводок разрушил мосты, дороги, линии электропередачи. Даже в пос.Ванч, находящемся в 80 км ниже ледника, он размыл аэродром и унес самолет.

Начиная с 1963 г. в течение многих полевых сезонов экспе-

диция нашего института под руководством известного гляциолога Л.Д.Долгушина, до этого изучавшего ледники Полярного Урала, Антарктиды и Центральной Азии, проводила наземные метеорологические, гидрологические и гляциологические исследования на Медвежем. Они включали фототеодолитные съемки и геодезические измерения скорости движения льда. Работа на Медвежем и других пульсирующих ледниках позволила выявить и описать основные особенности режима сравнительно простого пульсирующего ледника на разных стадиях развития и разработать принципы прогнозирования его подвижек [1].

Общая, или классическая схема

Для эволюции пульсирующих ледников характерно чередование длительных, сравнительно спокойных периодов (стадия восстановления) и кратковременных периодов активизации, когда в концевой части языка резко увеличивается скорость движения льда, одновре-

менно падая в верховьях, и ледниковый язык с большой скоростью продвигается вниз по долине (стадия подвижки, или сёрдж — от англ. surge). Затем он замирает, начинает интенсивно таять и разрушаться (эту часть ледника называют зоной деградации). А в верховьях, откуда в результате подвижки лед был вынесен, начинается восполнение дефицита за счет прихода льда из фирновой области, а также лавин, обвалов снега со склонов и атмосферных осадков. Поверхность ледника повышается, увеличивается скорость движения льда (зона активизации). Граница между двумя зонами (фронт активизации) перемещается вниз, и постепенно весь ледник становится активным и приближается к критическому состоянию, когда произойдет очередная его подвижка. Это состояние определяется многими параметрами: критической массой льда, которая должна накопиться в зоне активизации, положением фронта активизации, характером распределения и абсолютными значениями скорости движения льда и др.

Зная параметры критического состояния ледника, можно прогнозировать его очередную подвижку по скорости накопления критической массы и продвижению фронта активизации.

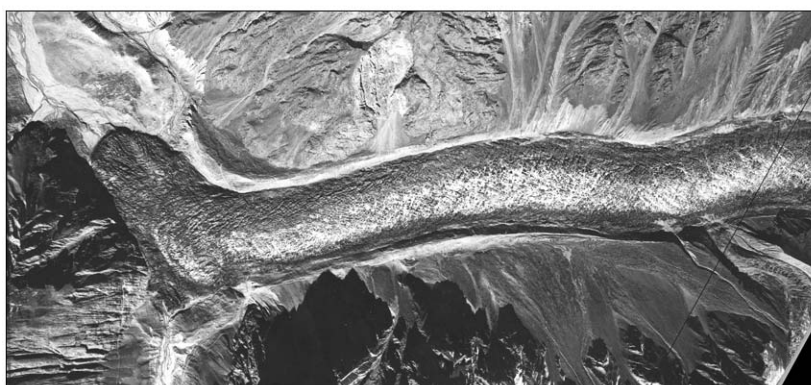
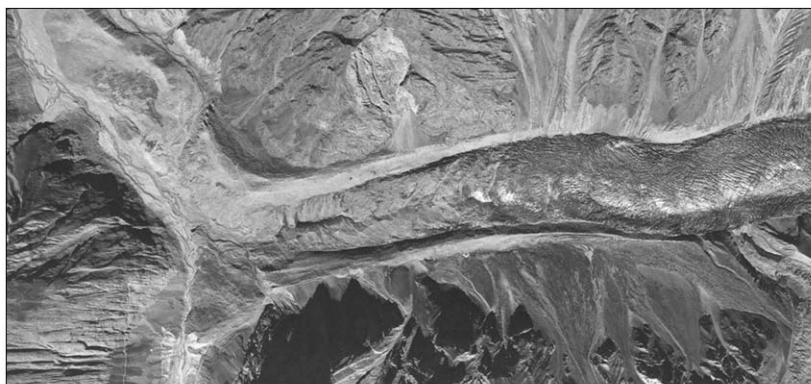
Таким этот процесс представляется в чистом виде, однако свои коррективы вносят климатические изменения, влияющие на скорость накопления льда и его расхода за счет таяния и таким образом ускоряющие или замедляющие «созревание» ледника для быстрой подвижки. Кроме того, существует еще ряд факторов, влияющих на скорость активизации — лавинная активность, изменение гидрографической сети и др. Все это должно учитываться при прогнозе, но не может быть достаточно адекватно описано математически. Вот почему на современном этапе развития гляциологии достаточно точный

прогноз возможен только на основе наблюдений за поведением пульсирующего ледника в стадии его восстановления, и в первую очередь за кинематикой и структурой его поверхности. Сделанный на такой основе прогноз очередной подвижки Медвежьего оправдался в 1973 г. [2]. Благодаря этому в долине р. Ванч были приняты защитные и предупредительные меры, и катастрофических последствий удалось избежать.

Дистанционный мониторинг

Наземные наблюдения на ледниках трудоемки, в какой-то степени опасны, а в ходе подвижек просто невозможны, так как разбитая трещинами поверхность становится совершенно непроходимой. В связи с этим возникла необходимость разработки методики их изучения с использованием дистанционных наблюдений — с самолетов и космических аппаратов.

С 1988 по 1991 г. на Медвежьем был проведен аэрофотографический мониторинг, предназначенный для наблюдений за кинематикой его поверхности в стадию подвижки. В июне и сентябре 1988 г. выполнены аэрофотосъемки, при фотограмметрической обработке которых установлено приближение очередной подвижки. Поверхность ледника в верхней части языка достигла критического уровня, а фронт активизации приблизился к морфологическому концу. Всего за три года было выполнено 15 повторных аэрофотосъемок. В результате их обработки удалось впервые в гляциологической практике проследить изменения высоты поверхности и скорости движения льда во время подготовки, развития и завершения подвижки ледника в 1989 г. и в начале следующей стадии восстановления [4]. Исследования показали высокую эффективность использования съемок с самолета

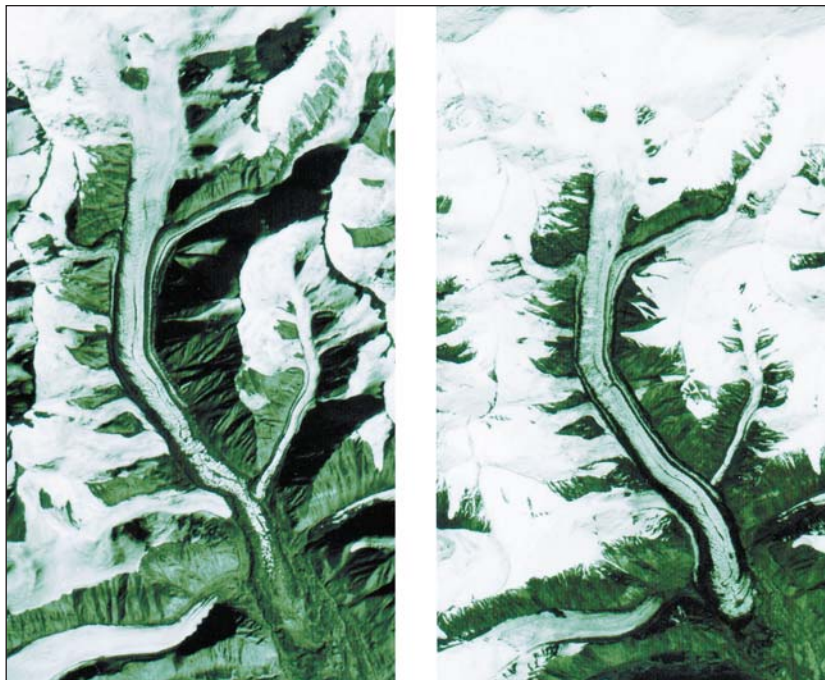


Аэрофотоснимки языка ледника Медвежьего. Вверху — накануне подвижки, 21 июня 1988 г.; в середине — в ее начале, 23 марта 1989 г., когда образовались продольные разломы вдоль бортов ледника (черные линии на фоне белого снега), свидетельствующие о быстром движении; внизу — после подвижки, 3 октября 1989 г.

для мониторинга пульсирующих ледников. Однако возможность их проведения сильно ограничена их высокой стоимостью, а в некоторых районах просто невозможна по политическим причинам.

С начала 70-х годов появились фотографии ледников, сделанные с отечественных спутников Земли. К началу 90-х го-

дов в Институте географии РАН уже была собрана уникальная коллекция снимков из космоса территории Памира, и появилась возможность космического мониторинга пульсирующих ледников. Его основу составило дешифрирование фотографий разного времени — оно позволило выявить изменение границ и структуры поверхности лед-



Космические снимки ледника Октябрьского 1985 г. (слева) и 1990 г. позволяют увидеть изменения его морфологии в результате мощной подвижки, измерить смещение его языка и характерных точек на поверхности, вычислить скорость движения льда.

ников и измерить скорости движения льда.

С помощью специально разработанной методики были изучены особенности многолетнего режима нескольких сложных пульсирующих ледников Памира — Бивачного, Сугран, Гандо, Октябрьского [5]. Основным исходным материалом для исследований стали отпечатки формата 30×30 см² (масштаб 1:200 000—1:270 000), полученные фотокамерой КФА-1000 в 1972—1991 гг. и имеющие высокое разрешение на местности (5—10 м).

Чтобы определить скорость движения льда, на двух разновременных космических снимках одного и того же участка ледника с помощью стереокомпаратора измерялось смещение идентичных контурных точек — характерных участков морен, трещин и других деталей поверхности, хорошо опознаваемых на обоих снимках. По нашим оценкам, точность таких

измерений в стадии восстановления ледника — около 10 м, а во время подвижки, когда структура его поверхности сильно изменяется и выявить идентичные точки трудно, — от 50 до 100 м. Это вполне приемлемо, учитывая значительные абсолютные значения самих смещений (порядка 1—3 км) в этой стадии (погрешность составляет не более 10%).

Для анализа динамики ледников были получены серии графиков скорости движения льда по продольным профилям их языков за годовые или кратные им последовательные промежутки времени. Каждая «скоростная кривая» строилась по 5—15 точкам, причем продвижение некоторых точек было прослежено за весь период наблюдений, т.е. практически за 20 лет. При анализе динамики каждого ледника использовалось от 8 до 11 таких кривых.

Другая важная составляющая космического мониторинга —

оценка изменений границ и морфологии поверхности ледника на основе просмотра последовательных по времени пар космических снимков. Особое внимание при исследовании сложных ледников мы уделяли местам соединения их основных стволов и притоков.

От простого ледника к сложному

Остановимся подробнее на результатах исследования ледника Октябрьского (Восточный Памир). На картах и космических снимках он напоминает гигантское дерево, поэтому его называют дендритовым. Площадь его около 70 км², расположен он в верховьях р.Коксай (бассейн оз.Каракуль), на стыке хребтов Заалайского и Зулумарт, в районе пика Ленина. Область питания находится на склонах этих хребтов на высотах до 6500 м, а 10-километровый язык, принимающий большое число притоков, спускается на равнину Памирского нагорья до 4500 м.

В процессе составления каталога пульсирующих ледников Памира [6] при просмотре космических снимков мы обнаружили, что между 1985 и 1990 гг. произошла подвижка Октябрьского. Проследить его эволюцию почти за 50 лет и сделать выводы о взаимодействии составляющих этой крупной ледниковой системы позволили 11 повторных космических фотографий Памира, а также аэрофотоснимки начиная с 1946 г.

На самом раннем из них было видно, что примерно 10 лет назад, т.е. в середине 30-х годов, на Октябрьском тоже была подвижка, более мощная, чем в конце 80-х. Ко времени съемки язык ледника уже омертвел, и притоки верхнего течения начали выдвигаться в основной ствол, изогнув срединные морены. На аэроснимке 1966 г. изгибы морен спрямлены в результате увеличения скорости движения льда, что свидетельствует

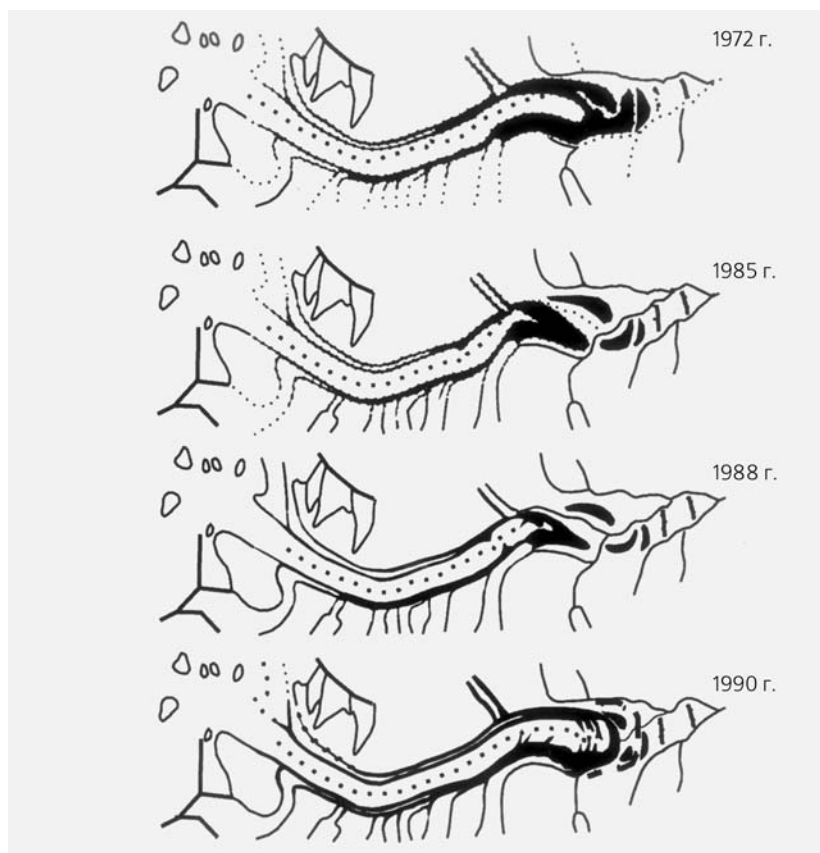
о начале очередной активизации верховьев ледникового языка. А нижняя его часть деградировала — таяла, покрывалась мореной и разрушалась водотоками. Притоки нижнего течения с противоположных сторон выдвинулись в долину и частично перегородили ее.

В 1972—1973 гг. произошло ускорение движения льда — микроподвижка, в результате которой фронт активизации быстро продвинулся вниз, достиг запруды, созданной притоками, и здесь на несколько лет задержался.

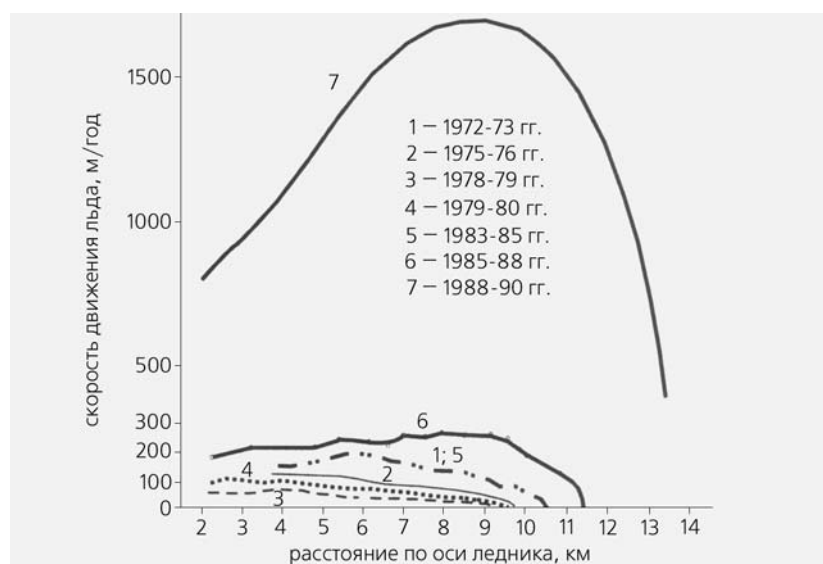
В результате продолжающейся активизации верховьев поверхность ледника выше запруды вздулась и там образовался район со значительным продольным сжатием льда. Об этом свидетельствует резкое падение скорости его движения в районе запруды.

Между 1985 и 1988 гг. произошла разрядка накопившихся здесь напряжений и началась подвижка ледника. Преодолев запруды притоков нижнего течения, фронт активизации основного ствола (практически его новый конец, поскольку ниже остались лишь отдельные участки мертвого льда) быстро продвинулся (на 1 км за три года) вниз по долине, вытянув язык правого притока и обрезав конец левого. К 21 августа 1990 г. ледник прошел еще 2 км, и в сентябре его движение продолжалось, хотя и со значительно меньшей скоростью (до 0.5 м/сут). Если мы примем за начало подвижки 1985 г., то за все ее время конец ледника продвинулся на 3 км и всего 300 м не достиг положения языка в 1946 г., т.е. границы предыдущей подвижки.

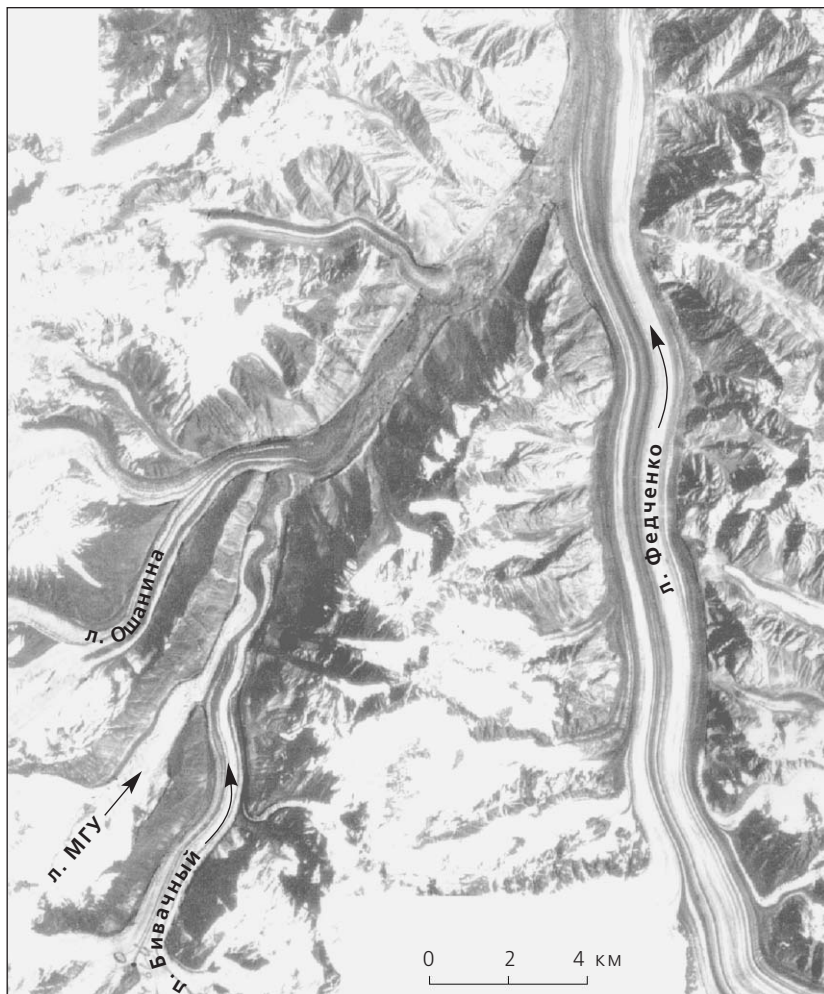
Таким образом, с помощью измерений и анализа аэро- и космических снимков мы проследили эволюцию ледника Октябрьского практически за полный период пульсации, составивший около 55 лет. Выяснилось, что каждый этап эволюции ледника тесно связан с характе-



Морфология поверхности языка ледника Октябрьского во второй половине стадии восстановления (1972—1985) и во время подвижки (1985—1990). Зачернены участки льда под моренным покровом.



Скорость движения льда по продольному профилю языка ледника Октябрьского. После микроподвижки в 1972—1973 гг. она уменьшалась вплоть до 1979 г., а затем увеличивалась и в 1985—1988 гг. выросла до 200—250 м/год. Такие значения и характер кривой скорости говорят о начале подвижки. В среднем за 1988—1990 гг. скорость составила 1600 м/год, а в максимум подвижки могла быть значительно выше.



Система ледников Федченко—Бивачный в 1980 г., после крупной подвижки ледника Бивачного. На фоне покрытого мореной льда основного ствола видны светлые «капли» языка ледника МГУ.

ром взаимодействия основного ствола с притоками. Подпруживание основного ствола притоками верхнего и среднего течения стало причиной резкого увеличения скорости движения льда в пределах языка (микродвижки). Притоки нижнего течения, сдерживая некоторое время продвижение вниз по долине фронта активизации, способствовали накоплению напряжений в леднике, разрядка которых вызвала быструю подвижку языка.

Аналогичные исследования были проведены еще на нескольких крупных пульсирующих ледниках Центрального Па-

мира — Бивачном, Сугран, Гандо и др. Они показали, что в целом процесс пульсаций сложных ледников развивается по классической схеме, впервые детально изученной на леднике Медвежем. Их активизация происходила сравнительно медленно, сопровождаясь микродвижками, связанными с преодолением движущимся льдом изломов в рельефе ложа, поворотов и сужений долины, подпруживания притоками. Во время подвижек скорость движения льда увеличивалась в 50—100 раз, ее максимум перемещался из верховьев в среднюю и нижнюю части языка, а динамические концы

продвигались вниз по долинам на несколько километров. Вслед за этим скорость движения льда резко падала на всем протяжении пульсирующей части, а в верховьях начиналась очередная активизация ледника.

Персональные сценарии

В то же время каждый из исследованных ледников имеет присущие только ему особенности режима, связанные с его строением и морфологией. Наиболее важную роль в эволюции сложных ледников играет взаимодействие их основных стволов и притоков. Степень влияния притоков зависит от многих причин, в том числе от соотношения мощности основного ствола и притоков, места их впадения и угла слияния с основным стволом.

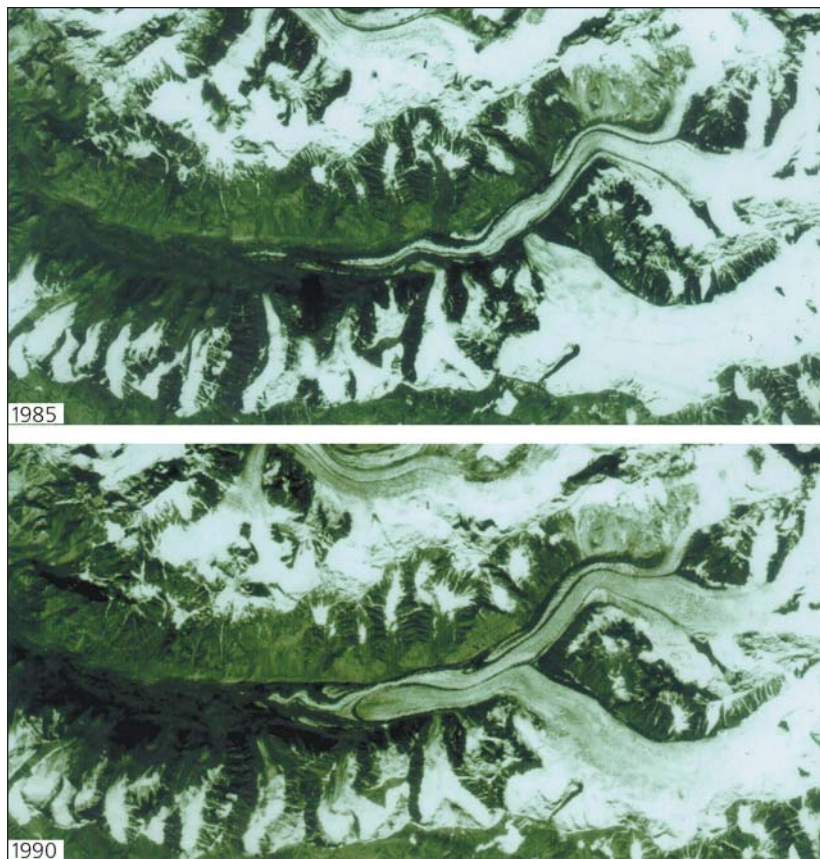
На сложном леднике Сугран (северный склон хребта Петра Первого) в стадию восстановления фронт активизации на несколько лет задержался выше запруды, созданной верхним притоком — ледником Перевальным, что привело к образованию зоны сжатия. Когда запруда верхнего притока была преодолена, произошла аналогичная задержка фронта активизации у нижнего притока — ледника Вилка. И только когда было преодолено это препятствие, скорость движения резко увеличилась, составив в среднем за четыре года (1977—1980) 600—700 м/год, а конец ледника продвинулся на 5 км.

Большую роль в эволюции ледника Бивачного, притока ледника Федченко, играет его крупный левый приток, ледник МГУ. В стадию восстановления Бивачного чистый конец ледника МГУ непрерывно выдвигается в долину малоактивного основного ствола. Испытывая при этом торможение, он приобретает форму лапы, которая к началу подвижки перегораживает более половины всей ширины долины Бивачного,

изгибаемая срединные морены и отесняя к противоположному склону его поток. В ходе подвижки 1985—1990 гг. быстро движущийся лед основного ствола вытянул язык ледника МГУ вдоль левого борта на 3,5 км вниз по течению. В последующие годы новый язык опять начал выдвигаться в долину, а нижние по течению «капли» постепенно покрывались мореной.

Наблюдавшаяся нами подвижка Бивачного завершилась в 4 км выше его впадения в ледник Федченко. Однако не исключено, что в прошлом, когда истоки и притоки Бивачного были более мощными, его язык при подвижках выдвигался в долину ледника Федченко, активизируя его нижнюю часть. Так, гляциолог Н.Л.Корженевский в 1927 г. отмечал, что, впадая в ледник Федченко, «Бивачный ледник сильно вспучивается и выносит массу материала на поверхность главного потока, который здесь разбивается многочисленными трещинами и громадными пирамидами» [3; С.71].

В верховьях р.Обихинго расположена система, состоящая из двух ледников, сопоставимых по размерам и потенциальной активности, — Гандо и его левый приток — ледник Дорофеева. На космическом снимке 1972 г. было видно, что они сливались, а к 1976 г. ледник Дорофеева отделился и отступил от основного ствола. Однако в 1980—1985 гг. он заметно активизировался, продвинулся и уперся в боковую морену ледника Гандо. В результате сильного продольного сжатия заметно увеличилась ширина и толщина его нижней части. Космическая съемка 1989 г. зафиксировала систему этих ледников в состоянии крупной подвижки. Ледник Дорофеева, преодолев сопротивление маломощного к этому времени ледника Гандо, вызвал подвижку всей системы. Скорость движения льда в 1989—1990 гг. увеличилась до 1,4 км/год, а динамический конец ледника Гандо к 1991 г. продвинулся на 8 км,



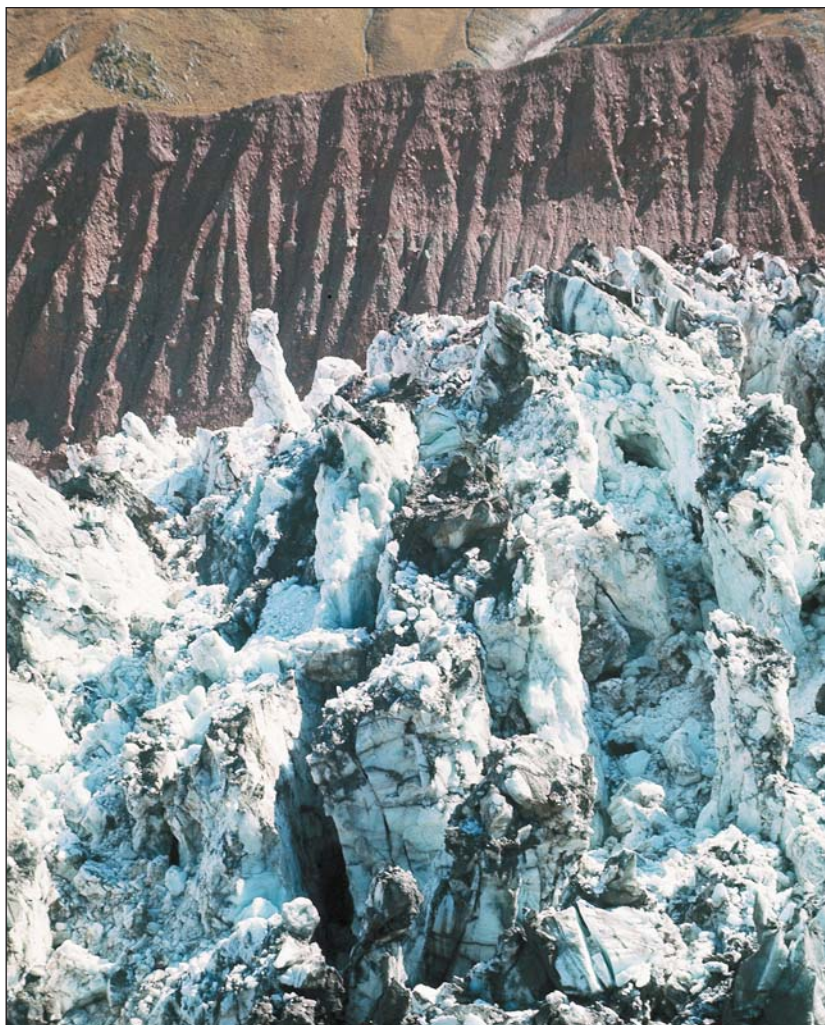
Космические снимки системы ледников Гандо—Дорофеева. На верхнем снимке (1985) видно, что язык ледника Дорофеева набух и уперся в береговую морену ледника Гандо, оказавшись, таким образом, подпруженным. На нижнем снимке (1990) ледники в состоянии крупной подвижки. Язык ледника Дорофеева внедрился в долину основного ствола ледника Гандо, сдвинул его к противоположному борту, изогнув срединные морены, и вместе с ним продвинулся вниз по долине.

не дойдя 3,2 км до границы предыдущих подвижек.

Для каждого исследованного ледника выявлено подобие пространственно-временных изменений морфологии поверхности и скорости движения льда в разные периоды пульсаций. Это дает принципиальную возможность, зная эволюцию конкретного ледника в прошлом, прогнозировать время и масштабы подвижек. Заметим, что на современном этапе деградации оледенения Памира масштабы пульсаций со временем уменьшаются, может измениться и поведение ледников.

Одним из наиболее надежных свидетельств динамичес-

кой неустойчивости сложного ледника и его индикационным признаком являются петли срединных морен и «капли» чистого льда притоков. Они могут образоваться как при подвижке притока (ледник Дорофеева в системе ледника Гандо), так и при выдвигании языка притока в основной ствол ледника в стадию его восстановления и последующего перемещения вниз по течению при его подвижках (ледник МГУ в системе ледника Бивачного). Серии петель срединных морен свидетельствуют о периодичности явления. Однако при использовании этого признака для определения генезиса подвижек необ-



Разбитая во время подвижки поверхность ледника Дидаль на северном склоне хребта Петра Первого (1974). При продвижении его языка на крутой участок долины дважды происходили обвалы льда, вызывавшие образование мощных ледово-каменных селей.

Фото К.П.Рототаева

ходим анализ динамики всей системы пульсирующего ледника за достаточно продолжительный период времени.

Таким образом, каждый пульсирующий ледник имеет свой собственный сценарий поведения. Различаются периоды между подвижками (от нескольких до 100 лет и более), характер и масштабы самих подвижек, а следовательно, и их последствия.

Можно выделить два основных типа пульсирующих ледников. К первому типу относятся ледники, подвижки которых происходят по сравнительно

пологим долинам со скоростями от нескольких десятков до сотен метров в сутки. Продвигающиеся языки могут разрушить находящиеся на их пути сооружения и коммуникации, но основную опасность представляют гляциальные сели, связанные с прорывами озер, если ледники перегораживают боковые или главную долины. Так происходили подвижки ледника Медвежьего, многих пульсирующих ледников в Каракоруме и на Аляске. Второй тип — ледники, расположенные в висячих долинах или на крутых склонах.

При подвижках языки таких ледников могут обрываться, выходя на крутой участок, вызывать обвалы или сели, с большой скоростью устремляющиеся вниз по долинам. Сюда относятся ледники Дидаль и Равак на Памире, Аллалин в Швейцарских Альпах, Колка на Кавказе.

Ледник Колка

Это небольшой ледник, расположенный в вытянутом каре (углублении) в верховьях р.Геналдон в Казбекско-Джимарайском горном массиве. Его основное питание — обвалы льда, снега и камней с крутых склонов массива Джимарай-хох. Поэтому тело ледника содержит огромную массу обломочного материала, а поверхность почти сплошь покрыта мореной. В начальный период стадии восстановления из-за асимметричного питания (преимущественно с правого борта) лед движется поперек кара, и левобережная боковая морена становится как бы конечной. Затем, по мере накопления льда и повышения поверхности, лед начинает двигаться вдоль оси кара, и узкий язык постепенно выдвигается на крутой участок в его устье. При накоплении критической массы происходит быстрая подвижка. В прошлом известны подвижки этого ледника в 1902 и 1969 гг.

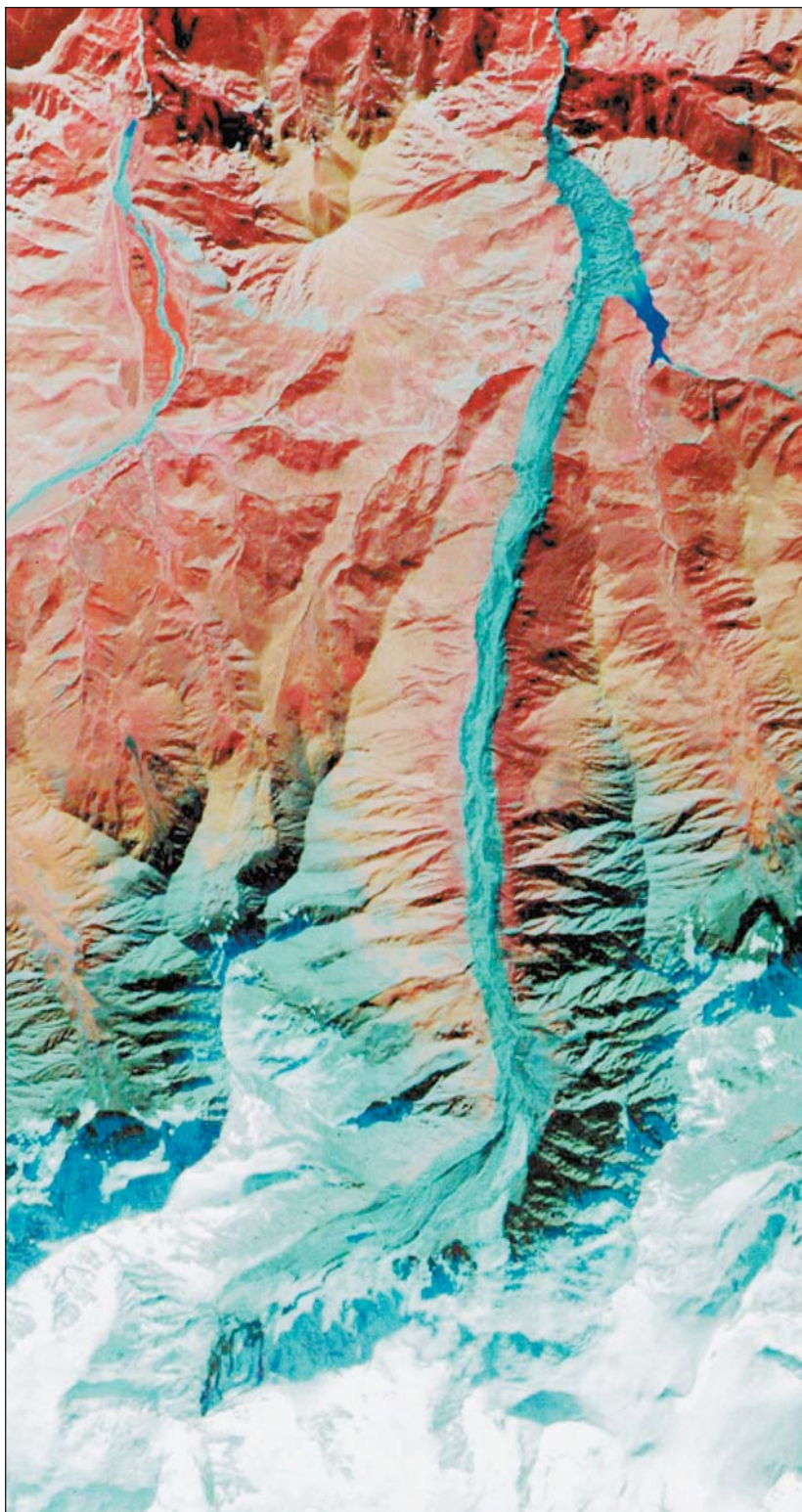
В 1902 г. произошел обвал ледника Колка, известный как Геналдонская катастрофа. По свидетельствам очевидцев, начиная с первых чисел мая в верховьях ледника был слышен треск, со склонов долины стали падать камни, а 3 июля раздался грохот и через несколько минут язык ледника рухнул, промчался по долине около восьми верст и разрушил селение Тменикаст. Погибло 32 человека и много скота. 6 июля произошел второй обвал, в результате которого погибли еще четыре человека. Объем выброшенного льда оценивается разными авторами от 40 до 75 млн м³ [8].

Подвижка ледника в 1969 г. документирована лучше, чем предыдущая, но и на этот раз с самого начала ее никто не наблюдал. С 1946 г. язык медленно наступал и к началу подвижки продвинулся на 650 м. Быстрое его продвижение началось в конце сентября 1969 г., когда было достаточно сухо, и продолжалось до начала января 1970 г. Продвинувшись на 4,6 км, он остановился, не вызвав катастрофического обвала, как в 1902 г., когда подвижка языка совпала с периодом дождей и бурного снеготаяния и ледник был насыщен водой.

С 1969 по 1978 г. сотрудники нашего Института проводили наземные наблюдения на леднике Колка во время и после его подвижки. Была вычислена его критическая масса и сделан прогноз — при постоянстве климатических условий и отсутствии аномальных внешних воздействий она должна накопиться через 65–70 лет [7], т.е. к 30-м годам нынешнего столетия. Сопоставление результатов аэрофотосъемок 1958, 1972, 1981 и 1987 гг. показало, что процесс шел примерно с той скоростью, что и в прогнозе. В последующие 15 лет детальных наблюдений за ледником из-за финансовых трудностей не проводилось.

И вот осенью 2002 г. произошла неожиданная катастрофа. Основываясь на свидетельствах очевидцев, фотографическом материале и опираясь на собственный опыт исследований других пульсирующих ледников, мы можем предложить следующую версию развития событий.

В предшествующие несколько лет процесс восстановления ледника по классическому сценарию был ускорен экстремальными внешними воздействиями. Из-за теплых и дождливых летних сезонов в 2000–2002 гг. и, возможно, усиления теплового потока из недр вулкана Казбек, на ложе и в теле ледника скопилось очень много воды. Необычно мощные непрерывные обва-



Снимок долины р.Геналдон с американского спутника, осень 2002 г. В верховьях расположены кар, где находился ледник Колка до его выброса, и ледник Майли со следами пронесшегося по его поверхности льда. Путь следования селя виден по ободранным склонам долины.



Опустевшее ложе ледника Колки после его выброса осенью 2002 г.
Фото Геологической службы
Северной Осетии

Отложенная масса льда с озером в долине Саниба.
Фото Геологической службы
Северной Осетии

лы снега, льда и камней в августе—сентябре вызвали перегрузку верховьев ледника. Не исключено, что один из наиболее крупных обвалов привел к тому, что 20 сентября ледник, находившийся практически «на плаву», полностью «вылетел» из своего вместилища, и огромная масса льда, смешанного с породой и насыщенного водой, за считанные минуты промчалась по долине р.Геналдон. Основная его часть объемом более 100 млн м³ задержалась перед узким ущельем в Скалистом

хребте и образовала завал, который занял всю Кармадонскую котловину на протяжении 4 км. Лед проник и в начало ущелья, завалив тоннель на автодороге. В перегороженной боковой долине образовалось озеро, затопившее дома в селении Саниба. Вниз по долине еще на 12 км пронесся водно-грязевой поток с глыбами льда. Был причинен огромный материальный ущерб, погибли люди.

К сожалению, во всех известных случаях мы не имеем данных ни о состоянии ледника до

подвижек, ни о них самих. Поэтому невозможно однозначно определить причины и механизмы катастрофы. Сейчас ясно, что необходимо срочно восстановить наблюдения не только за Колкой, но и за окружающими его тысячами ледниками. Кроме того, следует возобновить мониторинг районов с аналогичными потенциально опасными ледниками.

До конца 80-х годов прошлого века в горных районах Советского Союза проводились сравнительно регулярные облеты с целью фиксации колебаний ледников и детальные наблюдения на нескольких эталонных ледниках. Результаты систематизировались, публиковались и передавались в отечественную и международную службы мониторинга ледников. Однако в последние годы такие работы были почти повсеместно прекращены.

Мы надеемся, что все-таки удастся их возродить. Монито-



ринг пульсирующих и других нестабильных ледников следует начинать с их выявления и затем проводить наблюдения за их динамикой с целью прогноза подвижек. Здесь незаменимы дистанционные методы исследований, и в частности повторные космические съемки, эффективность использования которых мы попытались показать в этой статье. Никакими другими средствами нельзя

добиться одновременного охвата всей площади ледника, повторить наблюдения, с достаточной точностью выполнить простейшие, доступные практически любому исследователю стереоскопические измерения, в первую очередь скорости движения льда, и дать предварительный прогноз эволюции ледника. Вносить же коррективы в предложенные сценарии поведения ледников необходи-

мо с помощью наземных наблюдений.

И все же учесть аномальные природные явления, которые могут оказать решающее влияние на режим пульсирующего ледника, как это было на Колке в 2002 г., пока невозможно. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 00-05-64937.

Литература

1. Долгушин Л.Д., Осипова Г.Б. Пульсирующие ледники. Л., 1982.
2. Долгушин Л.Д., Осипова Г.Б. // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1972. №2. С.89—98.
3. Корженевский Н.Л. Мук-су и ее ледники // Геоморфология и оледенение Памиро-Алая. Ташкент, 1979. С.29—88.
4. Осипова Г.Б., Цветков Д.Г., Бондарева О.А. и др. Возможности аэрофотографического мониторинга пульсирующих ледников (на примере ледника Медвежьего, Западный Памир) // Материалы гляциологических исследований. М., 1990. Вып.68. С.149—156.
5. Осипова Г.Б., Цветков Д.Г. // Изв. РАН. Сер. геогр. 2002. №3. С.29—38.
6. Осипова Г.Б., Цветков Д.Г., Щетинников А.С., Рудак М.С. Каталог пульсирующих ледников Памира // Материалы гляциологических исследований. 1998. Вып.85. С.3—136.
7. Роттаев К.П., Ходаков В.Г., Кренке А.Н. Исследование пульсирующего ледника Колка. М., 1983.
8. Штебер Э.А. Ледниковые обвалы в истоках Геналдона // Терский сборник. Владикавказ, 1903. Вып.7. С.72—81.

Союз Ломоносовитских Республик

Минералогическая сказка

Р.К.Расцветаева,

доктор геолого-минералогических наук
Институт кристаллографии им.А.В.Шубникова РАН
Москва

От автора

Минералы различаются не только своим видом, но и внутренним устройством. Например, структура эвдиалита состоит из колец, а лабунцовита — из цепочек*. Структура минералов группы ломоносовита слоистая. Недаром эти минералы называют титаносиликатными слюдами. И что удивительно — слои могут раздвигаться, поэтому минералов в этом семействе уже больше 30. Но как бы ни различались такие титаносиликатные слюды, все равно они объединены в один «Ломоносовитский Союз», потому что сами слои у них похожи друг на друга. Как говорят ученые, эти минералы образуют мероплезиотипную серию. А что там в пространстве между слоями и как они устроены, можно узнать из новой сказки.

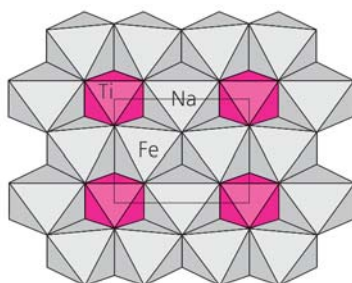
Пролог

Все началось с беспорядков в Лабунцовитовом дворце, где, как вы помните, ось второго порядка потерялась. Народ взбунтовался против царского режима и захотел свою, народную, республику построить. Вожди объявили (а им ведь все извест-

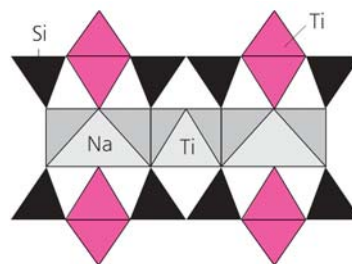
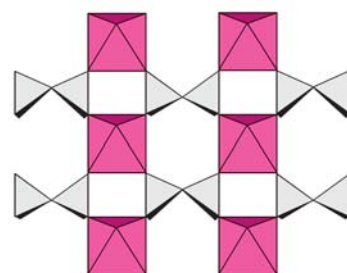
но!), что простому народу не нужны дворцы со всеми их колоннами, кольцами и другими излишествами. Архитектура должна быть простой и удобной. Ну, например, стенка. Она и от врагов защитит, и от ветра укроет. Недаром, когда завидуют, говорят: «Живет как за каменной стеной». И гербы должны быть не какие-то там монархические $R3m$ или $C2/m$, а простые (примитивные по-научному), которые на латинскую букву «Р» начинаются: $P1$ да $P2$.

Серия первая

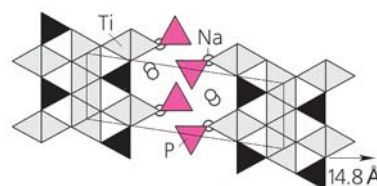
Вот и разгромили дворцы и разломали колонны. Кольца кремнекислородные на силикатные кирпичи разобрали (на всякий случай, авось когда-нибудь пригодятся). Из октаэдров соорудили стенки. Ровные, прямые, высокие и длинные. Не обойдешь, не объедешь и перелезть нельзя. Что там Великая Китайская стена или Кремлевская...



К стенкам с обеих сторон сторожевые башни из титановых октаэдров пристроили и двойными силикатными кирпичами (диортогруппы по-научному) подперли.

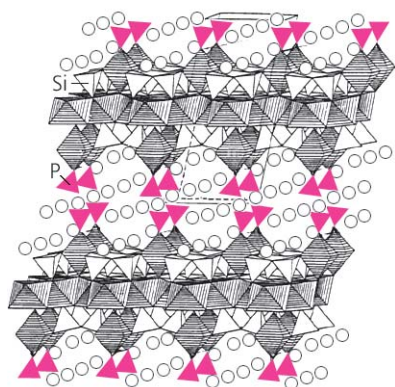


Словом, сооружение получилось надежное, а чтобы не слишком казарму напоминало, к башням фонари подвесили — фосфорные тетраэдры.



* См.: Расцветаева Р.К. Царь Эвдиалит и его династия // Природа. 2001. №4. С.63–67; Она же. Страна Лабунцовития // Там же. 2002. №4. С.40–42.

Конечно же благородного материала (титана) на все стенки не хватило, стали строить из железа, повсюду валявшегося. Некоторым представителям одновалентно-интеллигентного натрия также дозволено было часть октаэдров занять. Но поскольку на всех благоустроенных квартирах не напасешься, то остальных разместили между стенками, в ожидании вакансий. И никто не в обиде — каждому свое. Зато впереди — светлое будущее... И назвали эту республику Ломоносовитией, а минерал — **ЛОМОНОСОВИТОМ**, в честь великого ученого, который тоже, как говорят, из народа вышел.

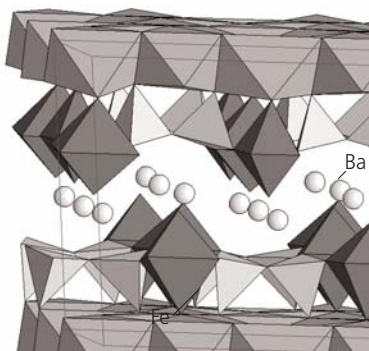


Серия вторая

Вскоре пришел новый вожьд барий и решил укрепить республику: отправил в ссылку весь одновалентный натрий, а в его квартиры вселил железных депутатов. (Ведь железо надежнее защитит завоевания народа. Недаром одного из вождей в народе ласково назвали железным Феликсом.) Фонари побили, чтобы энергию экономить. Да и зачем барию свет? Ему и так видно, кто и что про него думает. Ну, а если в народе считают, что учение — свет, так пусть учатся...

Барий, который раньше барином был, теперь перестроился в барца... простите, в борца за всеобщее равенство. А поскольку он не нашел себе равных,

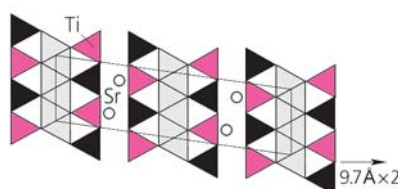
то и остался в одиночестве за железным занавесом. И автономию эту назвали **бафертиситом** (Ba-Fe-Ti-Si).



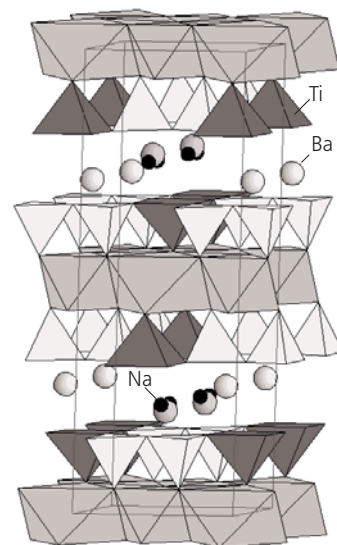
Видя недовольство простого народа, барий решил пожертвовать некоторыми железными депутатами и заменить их на марганцевых. Новую номенклатуру назвали **хейтманитом**. Но лучше от этого не стало...

Серия третья

Не понравилась народу власть бария. Призвал он богатыря стронция, который, как вы помните, не сумел (а может, не захотел?!) выпрямить колонны и был выдворен царем из Лабунцовитии. Помня славное революционное прошлое стронция, народ возлагал на него большие надежды. Первым делом новый вожьд заменил все башни из титановых октаэдров на полуоктаэдры. Вышла большая экономия: из каждой башни две получилось. К тому же вторая половина все равно без надобности пропадала — фонари разбиты и никогда больше не понадобятся, потому как скоро начнется электрификация всей страны и каждый получит по лампочке Ильича. Так и назвали эту автономию **лампрофилитом**.



А когда вместо стронция поселились натрий и барий, минерал переименовали в **набалампрофилит**.



Серия четвертая

Кончилось терпение народа, сверг он железную диктатуру. Даже железного Феликса с пьедестала сняли. Башни восстановили, фонари повесили. Прогнали всех барцов и борцов, выбрали президента, который объявил демократию и стал развивать рыночные отношения. Со всех концов света съехались торговцы — Na, Ca, Mg (и даже мафиозный Mn стал уважаемым бизнесменом), — и каждый со своим фонарем (чтобы в темноте не просчитаться). В **иннэлите** заменили фосфорные фонари на более высоковольтные, то бишь высоковалентные — сульфатные. А в недавно открытом **буссените** и вовсе перешли на портативные углеродные в треугольной упаковке.

Серия пятая

Жизнь в стране закипела, но стало тесновато. Стенки разъехались аж на 20 Å (ангстрем). Минерал этот **квадруфи-**



Радиально-лучистые кристаллы лампрофиллита. Диаметр сростка 2 см (из коллекции В.Г.Гришина). Кольский п-ов, Ловозерский массив, гора Сенгисчорр.



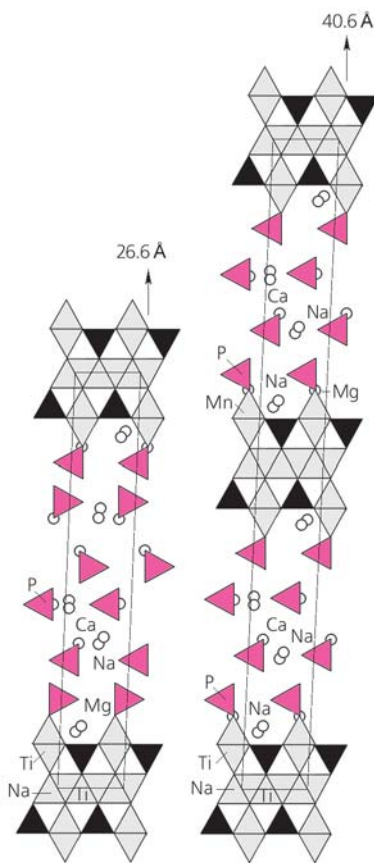
Оранжевые кристаллы сейдозерита (6×4 мм²) с черным эгирином (из коллекции И.В.Пекова). Ловозерский массив, гора Суоулайв.



Расщепленный кристалл мурманита (12×12 мм²) в породе (из коллекции В.Г.Гришина). Ловозерский массив, гора Флора.

Фото Н.А.Пековой

том назвали. Но гости продолжали прибывать, а стенки продолжали раздвигаться все дальше и дальше. Вот уже и не видно их. Народ живет сам по себе, торгует вовсю. Надо бы производство налаживать, да стенки совсем разъехались — между ними в **полифите** почти 30, а в **соболевите** и вовсе 40 Å стало. Попробовали в **соболевите** поставить посередине еще одну, наподобие Берлинской. Из-за нехватки титана половину башен построили из марганца и железа. Все бы ничего, но стена разделила единый натрий-кальциевый народ на две части, и родственники по разные стороны уже не могли ходить друг к другу в гости...



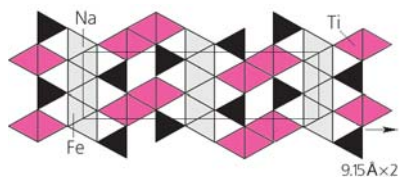
Серия шестая

Не понравилось все это президенту: «**Квадруфит** еще куда ни шло, а вот **полифит** и **соболевит** — это уж слишком. Дай

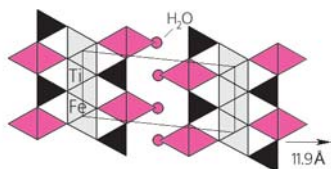
Атлантический океан становится

Космос

им свободу, понимаешь, так они страну в балаган превратят». И велел обратно стенки задвинуть на прежнее место. Чиновники и рады стараться (если нужно что-нибудь задвинуть, то они с превеликим удовольствием). Взялись дружно. Да, видно, перестарались (хотели как лучше, а получилось как всегда). Стенки въехали друг в друга и сцепились. Народу совсем негде стало жить: одна номенклатура по стенкам сидит, да натрий между башнями под силикатными кирпичами приютился. Словом, **сейдозерит** какой-то получился.



Попробовали немного раздвинуть стенки, но в узкую щель только водород втиснулся.

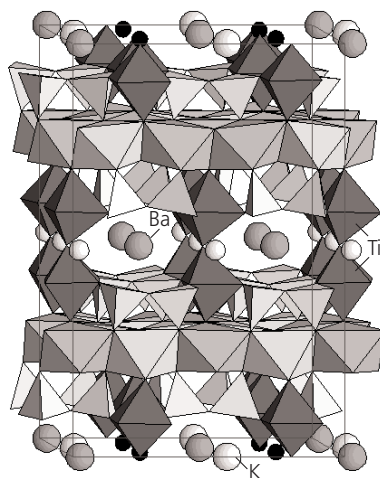


А водород — мелковатый народ. И силенок у него маловато. Вот и ерзают стенки, опереться-

то не на кого. А **мурманит** минерал хоть и красивый, фиолетовый, но непрочный — на тонкие пластинки расщепляется.

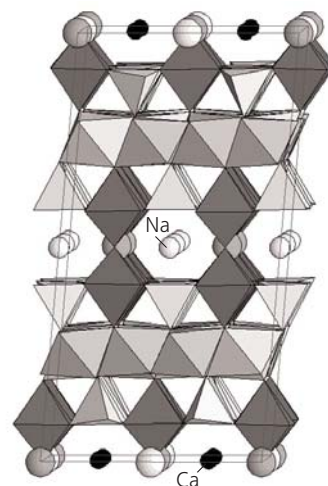
В **эпистолите** заменили титановые башни на ниобиевые, но минерал от этого крепче не стал...

Тогда попробовали стенки поперек сдвинуть. А они снова сцепились, но уже башнями (вершинками Ti-октаэдров). Бариевый и натриевый народы оказались в колодцах, а минерал стал называться **цзиньшацзянитом**. (Разве выговоришь такое? Хорошо хоть минералог Чао похожее соединение назвал **перротитом**.) Но делать нечего: из колодца ведь не выпрыгнешь...



Посоветались между собой натрий, кальций, калий и барий

и решили, что раз уж им придется жить в доме с коридорной системой, то хорошо бы обзавестись индивидуальными коридорами. Расселились они: крупные и солидные калий с барием заняли просторные колодцы, а более мелкие кальций и натрий — скромные узкие (но зато собственные!). Новый минерал совсем недавно назвали **сурхобитом**.



Эпилог

Народ наш терпелив и неприхотлив и продолжает мечтать о том времени, когда все снова объединятся и заживут дружно и весело в едином Союзе Ломоносовитских Республик. ■

Исследователи Вудсхоллского океанографического института (США) пришли к заключению, что за два последние столетия численность китов в Северной Атлантике сильно сократилась и ныне их поголовье близко к исчезновению. Темпы воспроизводства, гарантирующие смену поколений, резко снизились: многие самки умирают, едва достигнув половой зрелости, число родов

уменьшилось с пяти до одного. Столь тяжелое положение исследователи объясняют столкновениями китов с судами, попаданием китов в рыболовные сети и гибелью в них, а также климатическими изменениями. Terre Sauvage. 2002. №169. P.22 (Франция).

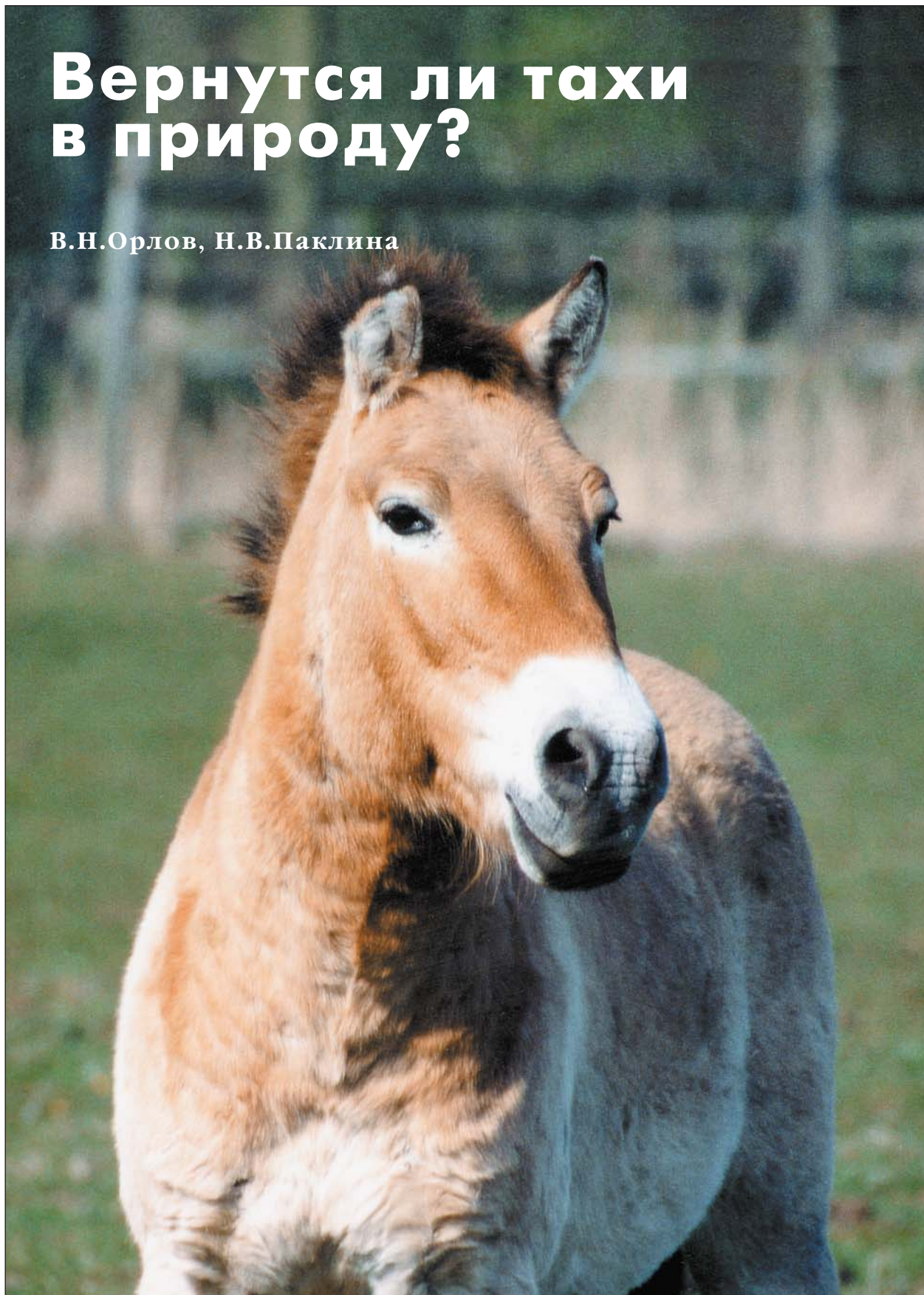
По космическим данным, обработанным в лабораториях Национального управления

США по изучению океана и атмосферы, озонная дыра над Антарктикой уже более трех лет остается неизменной: ее площадь по-прежнему составляет около 24.4 млн км². Ныне выброс в атмосферу веществ, разрушающих молекулы озона, медленно, но верно начинает снижаться.

Spaceflight. 2002. V.44. №1. P.15 (Великобритания).

Вернутся ли тахи в природу?

В.Н.Орлов, Н.В.Паклина



Тахи — монгольское название дикой азиатской лошади, или лошади Пржевальского. Первым из европейских ученых встретил этих лошадей в природе Н.М.Пржевальский во время третьего центрально-азиатского (первого тибетского) путешествия в 1879—1880 гг. Он же привез в Петербург шкуру и череп, по которым в 1881 г. профессор И.С.Поляков описал новый вид диких лошадей — *Equus przewalskii*. Не прошло и 100 лет, как лошадь Пржевальского была полностью истреблена в природе. До 40-х годов минувшего столетия в южных предгорьях Монгольского Алтая и в пограничных районах Юго-Западной Монголии (около 20 тыс. км²) еще сохранялась вполне жизнеспособная популяция диких лошадей. По самым минимальным оценкам она состояла из нескольких сотен лошадей, но уже с середины 40-х годов их поголовье стало резко сокращаться. Причины этого внезапного и, казалось бы, трудно объяснимого сокращения численности вида были установлены в результате проведенных в 1988—1991 гг. опросов местных жителей [1]. Резкое сокращение числа тахи началось после суровой (с морозами до -40°C) и многоснежной зимы 1944/45 гг., последовавшей за летней засухой и вошедшей в историю Монголии под названием «Джут* года обезьяны». Такие зимы бывают в Монголии не чаще чем раз в 100 лет. Многие семьи из района Джунгарской Гоби потеряли тогда весь скот и были вынуждены охотиться на тахи и куланов. Кроме того, на территории Монгольской Джунгарии оказалось довольно много вооруженных людей: около тысячи переселившихся из Китая семей казахов-мусульман, а также военные из отрядов самообороны. Всех их монгольское правительство снабдило оружием для отражения ожидае-

* Джут — зимняя бескормица скота (монг.).

© В.Н.Орлов, Н.В.Паклина



Виктор Николаевич Орлов, доктор биологических наук, заведующий лабораторией микроэволюции и доместикации Института проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН. Занимается проблемами систематики, цитогенетики и охраны редких видов млекопитающих. Автор четырех монографий, посвященных млекопитающим Монголии.



Наталья Владимировна Паклина, младший научный сотрудник той же лаборатории. Область научных интересов — поведение и экология диких лошадей, охрана природы, реинтродукция животных.

мого нападения китайцев. Своего скота ни у переселенцев, ни у военных почти не было, поэтому, чтобы прокормиться, они также убивали диких лошадей. И если раньше немногочисленные местные жители охотились со старинными монгольскими ружьями, применение которых не могло серьезно отразиться на численности тахи, то теперь охота велась в гораздо большем масштабе с применением современного нарезного оружия и машин. Такая охота быстро подорвала численность лошади Пржевальского. Последних диких лошадей в Монголии видели в 1969 г., в Китае они исчезли еще раньше.

Монголы-скотоводы, живущие в местах, где ранее обитали тахи, до сих пор не хотят верить, что дикие лошади исчезли из этих краев навсегда. «На них много охотились, и они куда-то ушли, но они обязательно вернуться, потому что здесь их родина», — говорят они. К счастью, у лошади Пржевальского

еще есть шанс на восстановление в природе, так как около двух тысяч особей этого вида было сохранено в зоопарках, благодаря их успешному размножению в неволе.

Подобно птице Феникс

На рубеже 19-го и 20-го столетий было организовано и проведено несколько экспедиций в Западную Монголию для отлова диких лошадей по заявке европейских зоопарков. Естественно, в то время лошади Пржевальского были большой редкостью, и все состоятельные зоопарки стремились заполучить их в свои коллекции. Счастливым обладателем первых жеребят стала в 1899 г. «Аскания-Нова», а всего в Европу до 1907 г. было доставлено 53 жеребенка.

Разведение лошадей Пржевальского в неволе привело к образованию нескольких изо-

лированных близкородственных групп. Однако к концу 30-х годов из 150 лошадей (как завезенных из Монголии, так и родившихся в неволе) осталось лишь 15, а вторая мировая война едва не погубила и их. Столь неутешительно закончился первый опыт разведения тахи в неволе.

С 50-х годов зоопарки вновь взялись за дело: каждые 10 лет поголовье лошадей Пржевальского как минимум удваивалось, и к началу 1997 г. во всех зоопарках и в центрах полувольного разведения насчитывалось уже более 1400 лошадей. Исчезнувший из природы вид, казалось бы, возродился подобно птице Феникс. Но это значительное поголовье по-прежнему рассредоточено по множеству (более 100) зоопарков, большинство которых имеет по одной небольшой группе (три—пять особей).

В 90-х годах появилась тревожная тенденция: многие владельцы лошади Пржевальского стали полностью или частично отказываться от ее разведения, объясняя это ограниченностью территории и перепроизводством поголовья. Так, в Чехии, где содержалось более 60 лошадей Пржевальского, за три года появился на свет лишь один жеребенок. В заповеднике «Аскания-Нова» с крупнейшим в мире поголовьем диких лошадей (около 100) не только перестали заниматься их размножением, но даже начали их уничтожать. К забою намечено около 30 лошадей, и более половины из них были отстреляны прежде, чем это стало известно и вызвало протест ученых.

Сейчас положение с разведением лошади Пржевальского в неволе без преувеличения опять можно назвать критическим. Продолжать их размножать зоопарки смогут лишь в том случае, если получат возможность передавать «излишки» животных для выпуска в природу.

Судьба лошади Пржевальского давно волнует специали-

стов. С момента завоза первых диких лошадей в зоопарки ведется и издается Племенная книга, регулярно проводятся международные симпозиумы, на которых обсуждается проблема сохранения вида. Лошадь Пржевальского занесена в «Красную книгу Международного союза охраны природы» и в Приложение I Конвенции о международной торговле животными. За ее судьбой также следят эксперты Программы ООН по окружающей среде и Продовольственной и сельскохозяйственной организаций ООН. В 80—90-х годах проведено четыре международных симпозиума, посвященных сохранению тахи. И на всех встречах обсуждались проблемы интродукции лошади Пржевальского из зоопарков в природу. В резолюциях постоянно подчеркивалось, что только возвращение азиатской дикой лошади в природные сообщества и формирование одной или нескольких больших природных популяций могут гарантировать сохранение вида.

Можно ли вернуть диких лошадей в природу?

В настоящее время популяции некоторых видов животных сократились настолько, что без помощи человека им неминуемо грозит вымирание. Поэтому разведение редких животных в зоопарках — оправданный, если не единственный, способ их сохранения. Безусловно, отрадно, что сотни видов птиц, рептилий и млекопитающих успешно размножаются в многочисленных зоологических парках и центрах, где животным созданы чуть ли не идеальные условия: они обеспечены кормом, им не угрожают хищники, да и климатические условия часто мягче, чем на родине. Но не все так просто, в таких группах животных в результате инбридинга неизбежно происходит

накопление разнообразных так называемых доместикационных изменений и нежелательных мутаций, что рано или поздно приводит к потере животных. Чтобы избежать этого, зоопарки обычно время от времени пополняют свои коллекции новыми, отловленными в природе, особями. Что же делать, если вида уже нет в естественных условиях? Успешно размножающиеся зоопарковские группы животных можно попытаться вернуть в пределы их бывшего ареала.

Все сказанное, безусловно, относится и к лошади Пржевальского. Представители современной зоопарковской популяции этой лошади существенно отличаются от обитавших в природе предков. С 1901 г. сменилось 13 поколений диких лошадей, и естественно за это время произошли значительные изменения и в поведении, и в морфологии содержащихся в неволе животных. Близкородственное скрещивание, связанное с раздробленностью зоопарковской популяции и трудностью обмена животными, содержание лошадей в небольших, ограничивающих движение вольерах, более мягкие климатические условия, смена питания и т.д. — все это не могло не сказаться на их физическом развитии. Жизнь в неволе привела к утрате животными страха перед человеком. До начала первых экспериментов по выпуску лошадей Пржевальского в природу трудно было оценить, сохранили ли они способность противостоять суровым климатическим условиям, добывать корм из-под снега (тебеневать), защищаться от хищников, а также смогут ли гаремные жеребцы умело ориентироваться в обстановке, защитить и сохранить группу. Эти качества, в значительной степени утраченные многими породами домашних лошадей, могли исчезнуть и у лошадей Пржевальского, почти 100 лет содержащихся в неволе. Половозре-



Лошади Пржевальского из коллекций Московского (слева) и Хельсинского зоопарков.

Здесь и далее фото К.ван Ордена и Н.В.Паклиной

лые жеребцы в зоопарках изолируются друг от друга и поэтому могут демонстрировать только зачатки характерного для вида поведения, направленного на защиту группы и репродукцию. У них нет необходимости отстаивать свой социальный ранг, поддерживать целостность и численность своей группы, изгонять из группы молодых жеребцов и т.д. Очевидно, что из-за утраты этих качеств нельзя было сразу выпускать лошадей на волю, это неминуемо привело бы их к гибели.

Важным переходным этапом от жизни в неволе к самостоятельному существованию в природе стало полувольное содержание лошадей Пржевальского на сравнительно больших огороженных участках, где животные могли свободно пастись и пить воду из естественных источников. В старейшем центре полувольного разведения — украинском заповеднике «Аскания-Нова» — лошадей содержат в огромных вольерах, площадью до 1,5 тыс. га. В 1980 г. подобные центры были организованы

в Нидерландах и Германии Фондом сохранения и защиты лошади Пржевальского (Нидерланды). Площадь их вольер — от 30 до 265 га.

Таким образом, к моменту проведения Совещания экспертов ООН в Москве в 1985 г. было подготовлено достаточное для выпуска в природу количество лошадей Пржевальского. Выбор участков, пригодных для реаклиматизации тахи в Монголии, был поручен нашему институту (в те времена — Институту эволюционной морфологии и экологии животных им.А.Н.Северцова АН СССР).

Лошадь Пржевальского иногда называют джунгарской, но из этого не следует, что дикие лошади в прошлом встречались только в Джунгарии. Известный ареал лошади Пржевальского в XIX в. был ограничен окраинами Джунгарской котловины (предгорья Восточного Тянь-Шаня и юга Монгольского Алтая). Но несомненно, дикие лошади населяли всю зону степей Евразии. Есть свидетельства, что они обитали на боль-

шей части степей Монголии, но были истреблены еще в средние века.

Обследование степных районов Монголии, проведенное специальным отрядом совместной советско-монгольской экспедиции в конце 80-х годов, позволило наметить в качестве наиболее перспективного места для реинтродукции лошади Пржевальского невысокий горный массив Хустайн-Нуру, расположенный в излучине р. Туул, примерно в 100 км западнее Улан-Батора. Хорошая доступность участка позволила ускорить и удешевить подготовку его к приему животных. В этом районе был организован заповедник, который в 1998 г. приобрел статус районного значения, а позднее, по решению монгольского правительства, преобразован в национальный парк площадью 57 тыс. га. В 1992 г. Фонд сохранения и защиты лошади Пржевальского завез на заранее подготовленные акклиматизационные участки, площадью около 40 га каждый, первые группы лоша-



В парке полувольного разведения «Лелистад» (Нидерланды).

дей (16 особей) из своих центров полувольного разведения и из заповедника «Аскания-Нова». С тех пор в «Хустайн-Нуру» успешно осуществляется программа интродукции лошадей Пржевальского, финансируемая голландским правительством и Монгольским союзом охраны природы и окружающей среды. С 1992 по 1999 гг. в «Хустайн-Нуру» завезено 68 лошадей Пржевальского и получено 68 жеребят. В 1995 г. первые три гаремные группы были выпущены с акклиматизационных участков в природу.

К началу 1999 г. в заповеднике насчитывалось уже 87 лошадей Пржевальского: шесть гаремных групп размером от четырех до 20 особей и одна смешанная группа, состоявшая из четырех холостяков и одной двухлетней кобылы. Эти животные свободно паслись на территории национального парка, а 11 вновь привезенных животных находились на акклиматизационных участках. Выпущенные в природу группы тогда осваивали только небольшую часть национального парка — не более 10 тыс. га. Средний размер домашних участков групп составил в 1998 г. 677.60 га, которые не перекрывались, что может быть связано с обилием корма и источников воды на территории заповедника при малой плотности популяции. С 1992 по 1999 гг. по разным причинам погибло 49 животных (из них 31 жеребенок). Общая смертность составила около 35%, а смертность молодняка около 46% [2]. Высокая смертность тем не менее не была для нас неожиданностью. Мы предполагали, что интродукция лошади Пржевальского в места прежнего обитания потребует длительной акклиматизации и поведенческой адаптации, которые, скорее всего, будут сопровождаться гибелью значительной части завезенных животных.

По предварительным оценкам, на территории националь-

ного парка может обитать популяция лошадей Пржевальского от 500 до нескольких тысяч особей. Последний завоз был осуществлен в 2000 г. Проект реинтродукции рассчитан на 10 лет. Предполагается, что к 2003 г. основа популяции со сбалансированной возрастной и половой структурой будет заложена и численность диких лошадей достигнет примерно 150 особей.

Реально ли создание большой популяции диких лошадей?

Известно, что для сохранения генетической изменчивости такого вида, как лошадь Пржевальского, в течение по крайней мере нескольких столетий, необходимо создать популяцию численностью не менее 300 особей. Это означает, что общая численность всех популяций диких лошадей должна быть не менее 1.5 тыс. особей. Столь крупная популяция может обезопасить вид от вырождения. Однако создание большой популяции ранее исчезнувшего вида копытных животных достаточно сложная задача, поскольку при этом возникают не только экологические, но и экономические и социальные проблемы.

Несмотря на успешное начало интродукции лошади Пржевальского, создание популяции диких лошадей необходимого размера и сохранение ее в чистоте в одном из степных районов Монголии, по нашему мнению, весьма проблематично. Основные препятствия, стоящие на этом пути, — насыщенность степных районов Монголии домашними лошадьми и традиционные методы их разведения.

Лошади круглый год находятся под открытым небом и питаются подножным кормом. Крытых помещений для них не строят. Зимой они собираются в большие табуны, которые

к весне распадаются на косяки, состоящие из одного половозрелого жеребца и нескольких кобыл. Спаривание происходит в основном с конца мая до середины июля. Лошади пасутся самостоятельно при минимальном контроле, который заключается в том, что люди периодически подгоняют группы ближе к жилью. Табунный способ разведения домашних лошадей может привести к гибридизации домашних лошадей с дикими.

Создание большой природной популяции тахи в гобийской части Монголии (зоне полупустынь и пустынь), где домашних лошадей значительно меньше, тем не менее тоже мало вероятно из-за ограниченности территорий, пригодных для существования этих животных. Лошадь Пржевальского, в отличие от кулана, никогда не заходила в глубь пустынь Центральной Азии. Попыты по акклиматизации лошади Пржевальского в пустынной зоне (экоцентре «Джейран» в Узбекистане) показали, что дикие лошади могут существовать в климатических условиях пустыни, но кормовых ресурсов (особенно злаков) и водопоев для них недостаточно. Одицавшие домашние лошади в Южной Монголии (в пограничных с Китаем районах) существуют главным образом за счет остепненной части нейтральной зоны, шириной около 50 км, и прилегающих к ней районов.

Шансы создания большой природной популяции лошади Пржевальского гораздо выше в степных районах (в пределах восстановленного ареала вида), где коневодство развито слабо или свободный выпас лошадей ограничен. Долго считалось, что такой идеальной территории не существует. Однако это не так. Заслуживает внимания степная зона Нижнего Поволжья (междуречье Волги и Урала). Это один из немногих регионов России, где в настоящее время может быть создана крупная природная популяция лошади Пржевальского. Здесь не занимаются

разведением домашних лошадей табунным способом, а стойловое содержание домашних животных позволяет легко избежать гибридизации с дикими. Кроме того, в регионе создано немало заповедных территорий. В Саратовской, Волгоградской, Оренбургской областях и в современной Уральской обл. Казахстана сохранились большие участки нераспаханных сухих степей (в том числе и бывшие военные полигоны). В последние годы площади распаханых малопродуктивных земель и выпасов, на которых земледелие в современных условиях оказывается нерентабельным, сократились в тех регионах на миллионы (!) гектаров. С этим связан и отмеченный в 90-х годах рост численности редких степных видов птиц (стрепета и дрофы) в Поволжье. Создание популяции диких лошадей при ситуации, сложившейся в междуречье Волги и Урала, может стать даже определенной экономической альтернативой.

Как положительный момент можно отметить также относительную близость Поволжья к основным центрам разведения лошади Пржевальского в зоопарках (по сравнению с Забайкальем или Монголией) и хорошую транспортную инфраструктуру. Последнее обстоятельство

весьма существенно, так как транспортные расходы (по перевозу животных из зоопарков к местам выпуска) составляют значительную часть общих расходов.

Наиболее подходящее, по нашему мнению, место для создания центра полувольного содержания лошадей Пржевальского есть в Саратовской обл., откуда в последующем можно было бы без особых трудностей выпускать животных в природу, что позволит создать на юге России крупную естественную популяцию диких лошадей. Именно на юге Саратовской обл. и на территории Уральской обл. Казахстана, близ Большого и Малого Узеней, табуны диких лошадей встречались до 50-х годов 20-го столетия.

По архивным и литературным материалам, дикие лошади в историческое время были широко распространены в степях западнее Алтая и Монгольского Алтая. Дикие лошади Джунгарии и Восточного Казахстана, несомненно, составляли (возможно, даже в XVIII в.) единую популяцию. Так, в середине XVIII в. они водились восточнее г. Семипалатинска, и есть сведения, что на Черном Иртыше их можно было встретить даже в начале XX в.

По данным В.Г. Гептнера, именно лошадь Пржевальского

(а не иной вид или подвид диких лошадей) была широко распространена в историческое время в степной и лесостепной зонах Казахстана, Южной Сибири и Предуралья — от Алтайских гор до Волги [3]. Дикие лошади из этих мест не сохранились в коллекциях, и Гептнер основывался на описании масти (окраски) диких лошадей современниками.

Согласно архивным документам, в XVIII в. — первой половине XIX в. дикие лошади обитали в лесостепной, степной и полупустынных зонах Волго-Уральского междуречья (между 49—53° с.ш.) Что касается масти диких заволжских лошадей, то П.И. Рычков описывал ее как саврасую (характерную для лошади Пржевальского) и голубую или мышастую, характерную для европейского тарпана (дикий лошади степей Восточной Европы), а Э. Эверсманн как «серого или песочного» цвета [4]. Гептнер поэтому полагал, что в междуречье Волги и Урала существовала зона гибридизации европейского тарпана и лошади Пржевальского. Следовательно, интродукцию лошади Пржевальского в этом регионе можно рассматривать как возвращение вида в пределы исторического ареала. Можно ли желать лучшего? ■

Литература

1. Паклина Н.В. По следам исчезнувших тахи // Природа. 1997. №7. С.91—101.
2. Воитан І. // Вестник зоологии. 1999. №11. С.32—47 (Украина).
3. Гептнер В.Г. Тарпан // Гептнер В.Г. и др. Млекопитающие Советского Союза. Т.1. М., 1961. С.715—729.
4. Кириков С.В. Изменения животного мира в природных зонах СССР. М., 1959.

На берегах Кыргыз-Нура

Ю.С.Худяков,

доктор исторических наук

Институт археологии и этнографии СО РАН

Новосибирск

Неповторимое впечатление на путешественников производит величаво спокойный Кыргыз-Нур — одно из великих озер Монголии. Далеко на западе от него протянулся горной стеной Монгольский Алтай, на севере — хребет Тогтохын-Шил, южнее расположились пески пустыни Монгол Элс. В древности этот район пересекали многие кочевые народы, по нему проходили войска могущественных империй, торговые караваны с Великого шелкового пути сворачивали здесь на север, в Саяно-Алтай и таежную Сибирь.

Еще в 1927 г. выдающийся востоковед В.В.Бартольд предположил, что район Кыргыз-Нура — прародина древних кыргызов, и по имени этого народа оно и получило свое название [1]. Тем не менее берега озера долгое время находились в стороне от маршрутов многих археологических и историко-культурных экспедиций.

Впервые мне удалось побывать там в 1987 г., в период работы экспедиции, осуществлявшей инвентаризацию и картографирование археологических памятников в Убсу-Нурской котловине, в рамках комплексного биосферного научного эксперимента «Убсу-Нур», проводив-

шегося совместно учеными СССР и Монголии. Тогда мне удалось побывать на западном побережье Кыргыз-Нура, осмотреть археологические памятники, расположенные в горном ущелье восточнее сомона Наран-Булах.

В глубине ущелья, у подножия невысокой одинокой сопки с отвесными скалистыми стенами, были обнаружены каменные курганы с округлой насыпью и каменным кольцом, множество которых разбросано в горах и степях Монголии, Тувы, Алтая [2].

Кыргызскими могилами, или гнездами, называли их кочевники-монголы в период своего расселения по Центральной Азии в эпоху средневековья. Однако, несмотря на название, к древним кыргызам они отношения не имеют. Эти курганы сооружали над могилами умерших сородичей древние томады бронзового века, воины-колесничие, покорившие три тысячелетия назад всю Центральную Азию. Древние китайцы считали этих кочевников демонами за их необычную европеоидную внешность — рыжие волосы, голубые глаза, белый цвет кожи и выступающий нос — и называли их «ди» или «динлины» [3]. С их потомками древним кыргызам приходилось воевать и вступать в союзнические от-

ношения на протяжении нескольких веков (конец 1-го тысячелетия до н.э. — начало 1-го тысячелетия н.э.) [4].

На могильном поле Хягяс-Нур были обследованы каменные курганы, поминальные ограды с квадратной или прямоугольной стенкой из каменных плит, внутри которых или по углам высились массивные каменные стелы. На поверхности скальных выходов на безымянной сопке обнаружили петроглифы — схематичные фигуры диких копытных животных были выбиты каменным отбойником на почерневших от времени плоскостях. На одной из них была изображена фигура горного козла-ямана с крупными круто загнутыми рогами и заданным кверху хвостом, на другой это животное выглядело более схематично. Целое стадо горных коз, вытянувшееся в цепочку, было выбито на отдельном скальном выходе. Ниже по склону древний художник изобразил фигуру оленя с ветвистыми рогами. Подобные рисунки исследователи наскального искусства датируют бронзовым и ранним железным веками [5]. Считается, что охотники изображали животных, чтобы они могли возродиться, и их поголовье в будущем не уменьшалось.

На одном из скальных выходов выбита дуга восходящего



Оз.Кыргыз-Нур.
Здесь и далее фото автора



Вид на озеро с севера.



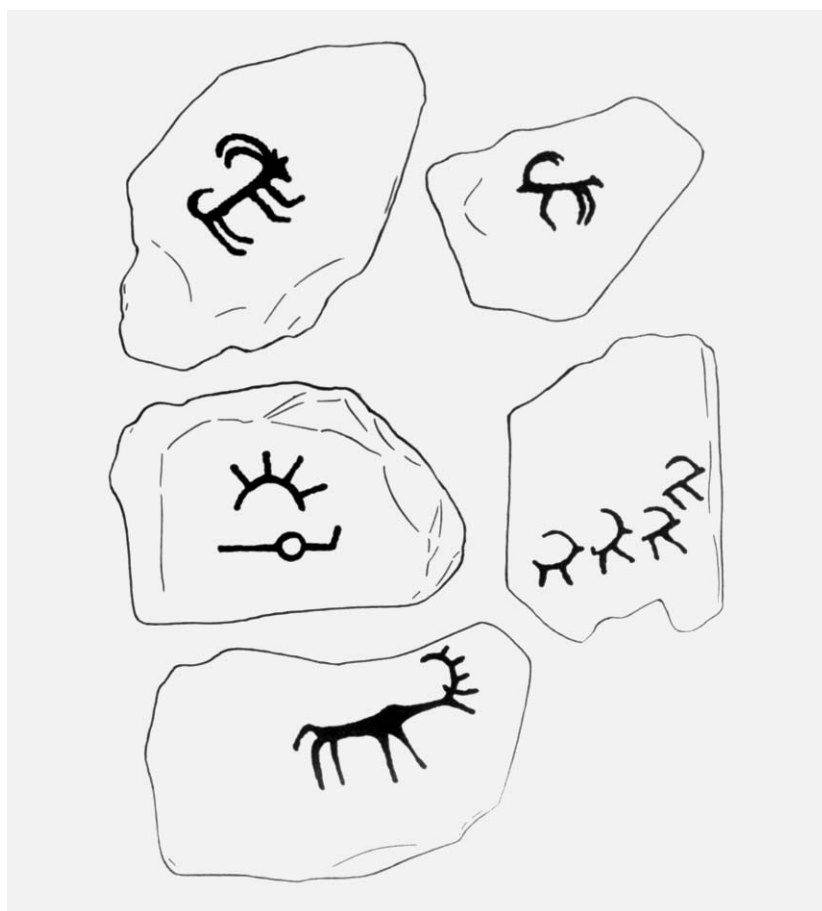
Кольцевая каменная выкладка.

солнца с радиально расходящимися лучами. Под ней — круг с отходящей в обе стороны горизонтальной чертой, окончание которой с правой стороны загнуто вверх. Это — тамга, родовый знак, которым кочевники клеймили принадлежавший им скот и который наносили на скалы, чтобы за столбить место стоянки. Тамги появились в эпоху становления кочевого образа жизни и сезонных перекочевок номадов со стадами с одного места на другое в раннем бронзовом веке и продолжали применяться до современности.

Вторая поездка на Кыргыз-Нур состоялась в 2000 г. Маршрут экспедиции, в которой работали археологи из Новосибирска, этнограф из Абакана и востоковед из Москвы, пролегал от Улаангома до Наран-Булака и Хар-Термеза, знаменитого в эпоху «кочевого социализма» монгольского курорта. Поездка оказалась очень нелегкой. На лагерь обрушилась ночная буря. Ураганный ветер срывал палатки, которые приходилось удерживать крупными валунами. Автомашину откапывали из зыбучего песка, куда ее загнал монгольский Иван Сусанин. Однако, несмотря на все преграды, удалось обследовать археологические памятники вдоль сухого русла ручья Цимэ, выходящего из ущелья, по которому проложена дорога на Мачин-Сумон.

Были обнаружены курганы с пологими каменными насыпями и крепидами из крупных скальных обломков. Вокруг больших могильников находились небольшие кольцевые выкладки с массивными вертикально установленными стелами и ряды из отдельно стоящих камней [6]. Эти памятники свидетельствуют о том, что в бронзовом и раннем железном веках древние кочевники населяли северное побережье Кыргыз-Нура, горные долины и ущелья.

Третье путешествие на берега озера состоялось в июле



Петроглифы, обнаруженные на сопке близ оз. Кыргыз-Нур.

2002 г., куда я был приглашен президентом Кыргызстана А.А.Акаевым в качестве научного консультанта для участия в правительственной делегации. Кроме официальных лиц и журналистов в ее составе был монгольский археолог Д.Баяр, один из ведущих специалистов по изучению памятников древних и средневековых кочевников Центральной Азии, как ни странно, никогда ранее не бывавший на Кыргыз-Нуре [7]. Самолет с делегацией вылетел из Улан-Батора и приземлился на северном берегу озера, прямо на землю, без специально подготовленной взлетной полосы.

У самолета нас встретил дарга (глава) Убсу-Нурского аймака Л.Тогоо, одетый в яркий монгольский халат-дээл, подпоясанный широким поясом.

Гостям преподнесли пиалы с кумысом. Участники поездки совершили прогулку вдоль озера, во время которой к берегу подплыла стая крупных рыб, прекрасно просматривающихся в прозрачной воде. Монголы, которые еще несколько десятилетий назад не ловили и не ели рыбу, пренебрежительно называя ее «водный червяк», показали нам пример ловли на спиннинг и на леску без всякой наживки, на «голый крючок». Одну крупную рыбину поймал сам президент, но наиболее удачливым рыбаком оказался его сын Илим, вытащивший в течение нескольких минут целый десяток. Монгольские хозяева, как водится, устроили в честь высоких гостей показательные соревнования борцов и стрелков из лука, выступления местных



Президент Кыргызстана А.Акаев и его сын Илим на берегу Кыргыз-Нура.

фольклорных ансамблей. В своей речи президент Акаев, которому подарили коня местной породы, благодаря хозяев за радостный прием, не забыл отметить важное символическое

значение для кыргызов посещения оз.Кыргыз-Нур, которое считается их исторической прародиной. Мы же вместе с Баяром и писателем К.Жусуповым отправились вдоль се-

верного берега озера. На выходе из ущелья нам посчастливилось обнаружить выкладку из камней — конструкцию в виде несомкнутого кольца из двух-трех рядов. Скорее всего это ритуальная выкладка эпохи средневековья [7].

Всего же за время трех очень непродолжительных по времени посещений Кыргыз-Нура на его северном побережье удалось обнаружить и обследовать курганы, херексуры, поминальные ограды и выкладки со стелами, ряды камней и петроглифы, относящиеся к эпохам бронзы, раннего железа и средневековья. До проведения целенаправленных поисков и раскопок различных по конструкции древних сооружений трудно определить, имеются ли среди них такие объекты, которые могут относиться к культуре древних кыргызов. Однако не приходится сомневаться, что окрестности оз.Кыргыз-Нур лежали на пути миграции древних кыргызов во время их переселения из района горного хребта Боро-Хоро в долину Енисея и на пути военных походов кыргызских войск в период многолетней ожесточенной войны с уйгурами в IX в. и в последующие века. Поэтому Кыргыз-Нур по праву относится к историческим местам, связанным с этим древним народом. ■

Литература

1. Бартольд В.В. Киргизы // Сочинения. М., 1963. Т.2. Ч.1. С.477.
2. Худяков Ю.С. Херексуры и оленные камни // Археология, этнография и антропология Монголии. Новосибирск, 1987. С.14.
3. Грумм-Гржимайло Г.Е. // Журн. М-ва нар. просвещения. 1899. Ч.СССXXII. №6. Отд.2. С.342—318.
4. Худяков Ю.С. // Этнограф. обозрение. 2001. №5. С.80.
5. Новгородова Э.А. Мир петроглифов Монголии. М., 1984. С.82—85.
6. Борисенко А.Ю., Бямбадорж Ц., Худяков Ю.С. Исследования в Убсу-Нурском аймаке Монголии // Пробл. археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Т.VI: Материалы годовой юбил. сессии Ин-та археологии и этнографии СО РАН. Новосибирск, 2000. С.249.
7. Худяков Ю.С. От Алтын-Келя до Кыргыз-Нура, или Возвращение к истокам: Результаты визита Президента Кыргызстана А.Акаева в Хакасскую Республику и Монголию // Слово Кыргызстана. 2002, 31 окт. №120. С.11.

Полярное сияние над Москвой

А.В.Кузьмин,

кандидат физико-математических наук

Институт истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН

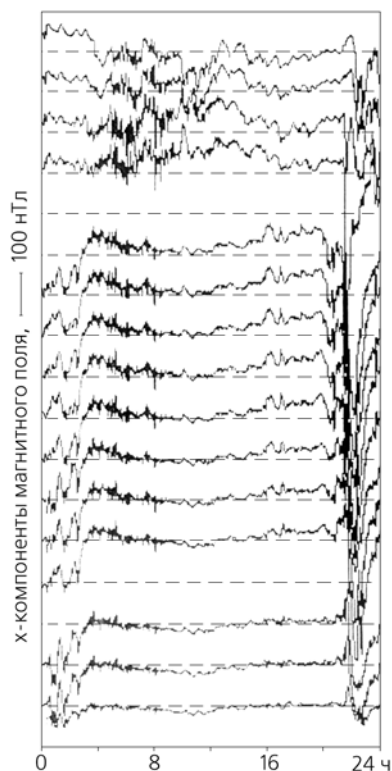
Москва

В самом конце 2001 г., 25 декабря, в Москве наблюдалось редкое явление. Все небо неожиданно оказалось пронизанным вертикальными лучами полярного сияния. На-

© А.В.Кузьмин

более яркие полосы находились в северной части небосклона. На фотографии, сделанной вечером на юго-западе Москвы, изображена северная часть неба. Справа — на горизонте здание Московского государствен-

ного университета им.М.В.Ломоносова, слева — микрорайон Раменки. На первом плане — темные силуэты деревьев. Светящее к горизонту небо — быстро надвигающийся туман, подсвеченный огнями города. ■



Сводная запись работы магнитометров, расположенных на разных широтах. Все они показывают всплеск напряженности магнитного поля вечером 25 декабря 2001 г.





Циркониевые сэндвичи для активации углеводородов

В начале всяческой философии лежит удивление, ее развитием является исследование, ее концом — незнание.

М.Монтень

Д.А.Леменовский, Д.П.Крутько, М.В.Борзов

По существу каждое исследование задает вопросы природе и заканчивается не только готовыми результатами, но и появлением новых вопросов. Вероятно, именно в таком смысле следует понимать слово «незнание» в эпиграфе.

Основой промышленного синтеза громадного числа органических соединений и производства полимеров служит главный сырьевой источник — нефть. Не менее значим также природный газ, использование которого для органического синтеза предпочтительнее, но пока менее развито. К сожалению, природа заготовила для нас запасы химически связанного углерода не в самом удобном виде. Известно, что чем инертнее вещество, тем оно лучше сохраняется, и именно потому существуют его большие запасы. Почти на 80% нефть состоит из насыщенных углеводородов — парафинов (их название указывает на химическую инертность: лат. *parum affinis* означает лишенный сродства) и нафтенов (алициклических углеводородов).

Если мы хотим использовать нефть и газ как сырье для синтеза, то должны превратить исходные углеводороды в соединения с функциональными, ре-



Дмитрий Анатольевич Леменовский, доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией координационных металлоорганических соединений химического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Круг научных интересов — металлоорганическая химия, металлокомплексный катализ.



Дмитрий Петрович Крутько, кандидат химических наук, старший научный сотрудник той же лаборатории. Научные интересы связаны с металлоорганическими соединениями, гомогенным катализом, ЯМР-спектроскопией.



Максим Владимирович Борзов, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник той же лаборатории. Занимается сэндвичевыми структурами металлокомплексов.

© Д.А.Леменовский, Д.П.Крутько, М.В.Борзов

акционноспособными, группами. Для этого необходимо разорвать С–Н- либо С–С-связи. Сегодня довольно хорошо разработаны методы таких превращений, однако большинство из них, такие как, например, крекинг (разрыв связи С–С) или галогенирование (разрыв связи С–Н), очень энергоемки и не селективны, т.е. дают много различных продуктов. Итак, существует потребность в избирательной переработке углеводов, чтобы получать полезные продукты. Для этого применяют катализ.

Чем он привлекателен?

Известно, что стабильные химические вещества инертны потому, что располагают низким запасом энергии, и для их превращения в другие соединения необходимо преодолеть большой энергетический барьер, высоту которого измеряют энергией активации. Барьер можно преодолеть, существенно повысив температуру или давление, либо другим способом ужесточив условия. В результате получим скорее всего не только нужный продукт, но и «осколки» соединений, участвующих в реакции. В присутствии катализатора энергия активации бывает намного ниже, и реакция может пойти по иному пути. Кроме того, переходный комплекс катализатора с реагентом, имеющий строго определенное строение, способен придать реакции высокую избирательность.

Катализ в химии можно уверенно сравнить с эндхирургическими методами, которые позволяют проводить операцию, не вскрывая брюшную полость, а подводя инструмент к нужному месту по кровеносным сосудам.

Современная научная мысль направлена на поиск катализаторов нового типа, приближающихся по свойствам к тем, что существуют в живой природе. Например, известны бактерии, которые усваивают атмосферный азот или парафиновые углеводороды, причем исключитель-

но деликатно, при обычных температуре и давлении. Исследования показали, что во всех подобных случаях в роли катализаторов выступают комплексные соединения металлов. Разрабатывая новые катализаторы, химики не всегда стараются копировать природу, чаще стремятся найти другие, не менее эффективные системы, которые позволяют не только получить нужный результат, но и понять сам механизм происходящих превращений. А это дает в руки исследователя способ управлять свойствами будущего катализатора.

Раздумья перед походом

Возможность каталитического расщепления С–Н-связи при участии комплексов металлов впервые обнаружили Дж.Чатт и Дж.Дэвидсон в 1965 г. Получив фосфиновый комплекс рутения, они установили, что соединение может перегруппировываться, при этом атом рутения внедряется по связи С–Н в метильной группе лиганда: $[L(CH_3)_2-Ru \rightarrow L(CH_3)-Ru(H)-CH_2L$ (L — фосфиновый лиганд). Вслед за тем усилиями многих исследователей удалось установить, что некоторые комплексы иридия и платины тоже способны разрывать связь С–Н [1], причем не только в органической группе лиганда, но и в насыщенных углеводородах, специально введенных в реакционную систему.

До определенного момента полагали, что справляться со столь трудной задачей могут только соединения благородных металлов. Однако интенсивные исследования комплексов переходных металлов косвенно указывали на то, что катализировать разрыв связи С–Н должны также соединения «ранних» переходных элементов (т.е. тех, что стоят в начале их ряда в каждом периоде), но лишь в том случае, если они находятся в низкой степени окисления. В первую очередь

интересны в этом отношении титан, цирконий и гафний. Основная трудность при использовании таких элементов состоит в том, что в низких степенях окисления они крайне не стабильны. Поэтому прежде всего предстояло найти способ их защитить от возможного окисления.

Но вначале нужно было решить, соединения какого типа следует предпочесть. Опыт работы с благородными металлами не мог быть полезен, поскольку у элементов IV группы химические свойства несколько иные. В качестве основы были выбраны π -комплексы переходных металлов, прямые «потомки» ферроцена — знаменитого соединения 20-го столетия [2]. Эти комплексы имеют сэндвичевое строение: в них атом металла зажат между двумя плоскими органическими циклами, в нашем случае пентадиенильными. Химия таких циклических соединений на сегодня хорошо разработана и открывает исключительные возможности для конструирования разнообразных комплексов.

Выбор металла мы сделали в пользу циркония, поскольку именно от него можно было ожидать более высокую активность. Впрочем, это не означает, что титан и гафний в той же роли менее интересны. Перевести атом металла, находящийся в структуре комплекса, из высшей степени окисления в низшую сравнительно несложно, но необходимо защитить его от окисления. Проще всего это сделать с помощью координирующих лигандов, а чтобы они в дальнейших реакциях не могли далеко отойти от комплекса, необходимо их прикрепить каким-либо образом к металлсодержащей молекуле. Таким требованиям полностью отвечают так называемые хелатные (chelate — клешня) лиганды. Они одним концом химически связаны с циклопентадиенильным фрагментом, а другим — с координирующим атомом (склонным к образованию донорно-

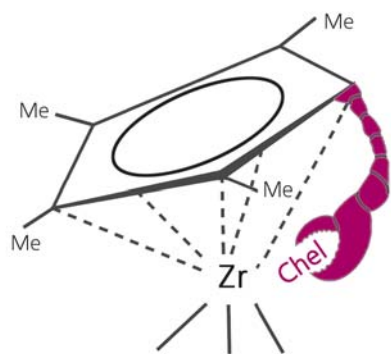


Рис. 1. Модель метилированного циклопентадиенильного лиганда с «клешней» (Chel).

акцепторной связи с металлом), в первую очередь из числа непереходных элементов V и VI групп, т.е. азотом, кислородом, фосфором или серой.

Длина «клешни» должна быть такой, чтобы группа, содержащая хелатирующий атом, легко дотягивалась до металла. Ее можно определить расчетом или (что гораздо интереснее) с помощью структурных моделей. Мы выбрали цепочку из двух метиленовых групп $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$. Помимо хелатной защиты металлического центра от окисления мы дополнительно экранировали молекулу, присоединив к пентадиенильному кольцу «торчащие усы» метильных групп (рис.1). Таким образом, общая схема была наметчена, осталось лишь ее реализовать.

Долгий лестницы ступени

Неизбежная и весьма трудоемкая часть нашего плана — получение необходимых лигандов, содержащих хелатирующий хвост. Кроме того, необходимо было заранее предусмотреть, чтобы такие лиганды могли образовывать π -комплексы с металлом.

Мы обратились к мощному аппарату классической органической химии. В последние го-

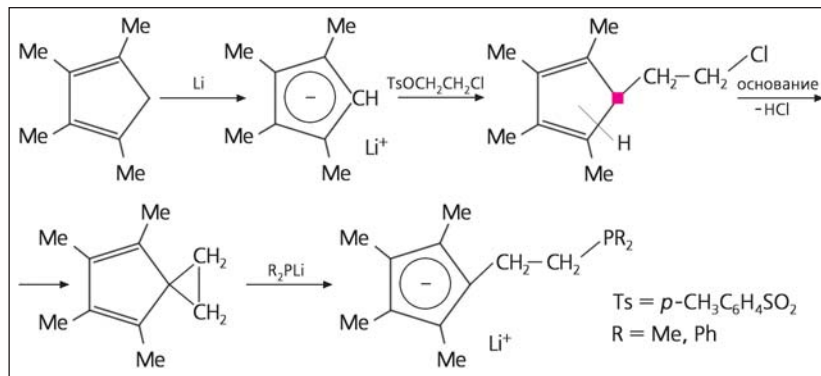


Рис.2. Получение лиганда с фосфинной хелатирующей группой.

ды ее явно затмевают металлоорганическая химия и биохимия, однако, именно искусство органического синтеза, созданное нашими предшественниками, позволило двум указанным дисциплинам достичь современных высот.

Мы не можем отказать себе в удовольствии показать хотя бы в общих чертах всю цепочку синтеза таких лигандов [3, 4].

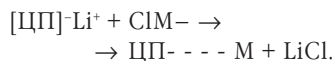
Вначале рассмотрим получение лигандов с хелатирующей группой PR_2 (рис.2). На первой стадии метилированный циклопентадиен образует с литием ионное соединение, которое далее при взаимодействии с эфиром толуолсульфокислоты (тозилатом, Ts) переходит в соединение, содержащее ветку $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Cl}$, и представляет собой смесь изомеров. Об этом можно судить по тому, что у одного атома водорода связь направлена не к конкретному углероду, а в середину цикла. Так что изомеры отличаются положением атома водорода — он может занимать место у любого углеродного атома в цикле. Все изомеры находятся в равновесии, но если один из них начнет участвовать в какой-либо реакции, его концентрация понизится и оставшиеся изомеры станут перестраиваться, чтобы повысить до равновесного уровня количество исчезающего изомера. Тот изомер, у которого

блуждающий атом водорода находится в точке присоединения ветви $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Cl}$, отщепит HCl , и в результате возникнет спироцикл (два цикла, соединенные одним общим атомом). На последней стадии трехчленный цикл размыкается под действием диметилфосфида (или дифенилфосфида) лития R_2PLi . В итоге образуется запланированный лиганд: метилированный циклопентадиенильный анион с хелатным хвостом $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{PR}_2$. И кроме того — катион лития, который позволит в дальнейшем присоединить к лиганду цирконий.

Для получения лигандов, содержащих хелатирующие атомы азота, кислорода или серы, рассмотренный способ не применим, поскольку никакие реагенты с этими атомами не способны раскрывать спироцикл. Поэтому мы решили собирать пентадиенильные циклы из фрагментов, поместив хелатирующие ветви в исходные заготовки (рис.3). От бромированного бутена переходим к его литийпроизводному. Две такие молекулы объединяем в одну с помощью связывающего центра, который уже содержит ветку с хелатирующей группой (это было предусмотрено заранее). Разветвленную молекулу замыкаем в цикл и далее переводим его в литийпроизводное. В результате получаем такие же лиганды, как тот,

что показан на рис.2, но с иными хелатирующими атомами.

Теперь можно приступать к синтезу металлсодержащих комплексов. Общая схема присоединения лиганда к атому металла традиционная — взаимодействие литийпроизводного цикlopentadiена (этот лиганд обозначен в схеме как ЦП) с галогенидом металла:



Именно такая простая на первый взгляд реакция приводит к сандвичевым соединениям, где атом металла связан не с конкретным углеродным атомом лиганда, а со всем циклом сразу, в данном случае все определяет химическая природа ЦП-лиганда.

Так как мы двигались к новым соединениям, то не могли заранее сказать, насколько плотно следует укрывать атом циркония, вполне возможно, что и одной хелатирующей группы достаточно, но мы запланировали различные варианты [5, 6]. Наши исходные соединения позволяют получить несколько структурных типов комплексов: полусандвич (рис.4, структура 1), а также сандвичи с двумя или одной хелатирующей веткой (структуры 2 и 3).

Не будем забывать, что мы имеем четыре типа хелатирующих веток, следовательно, возможны 12 вариантов комплексов. На самом деле их больше, так как у хелатирующего атома могут располагаться различные органические группы (у нас метильная Me или фенильная Ph). Кроме того, в процессе синтеза, как выяснилось, могут появиться различные модификации, например те, что содержат молекулы сольватированного растворителя.

Итак, мы предложили цирконию разнообразное облачение. Теперь нужно было проследить за его поведением в комплексах. Рассмотрим лишь некоторые из них.

Цирконий сразу обнаружил особенности своего характера.

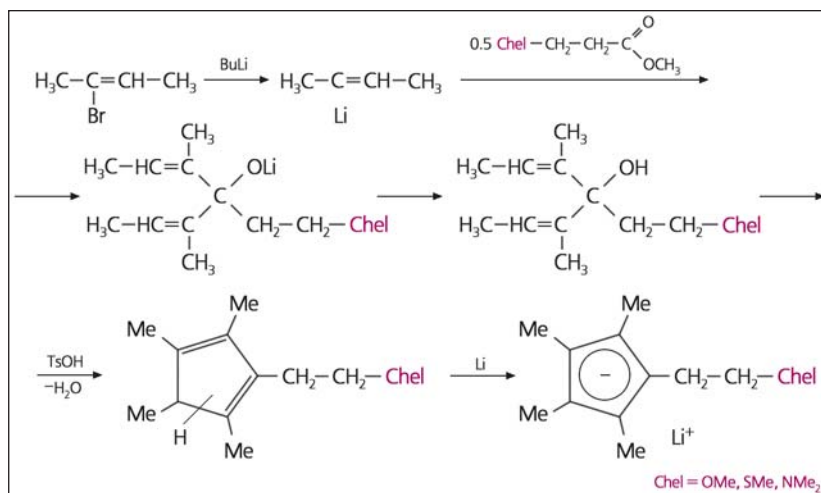


Рис.3. Синтез лигандов с хелатирующими атомами кислорода, серы или азота.

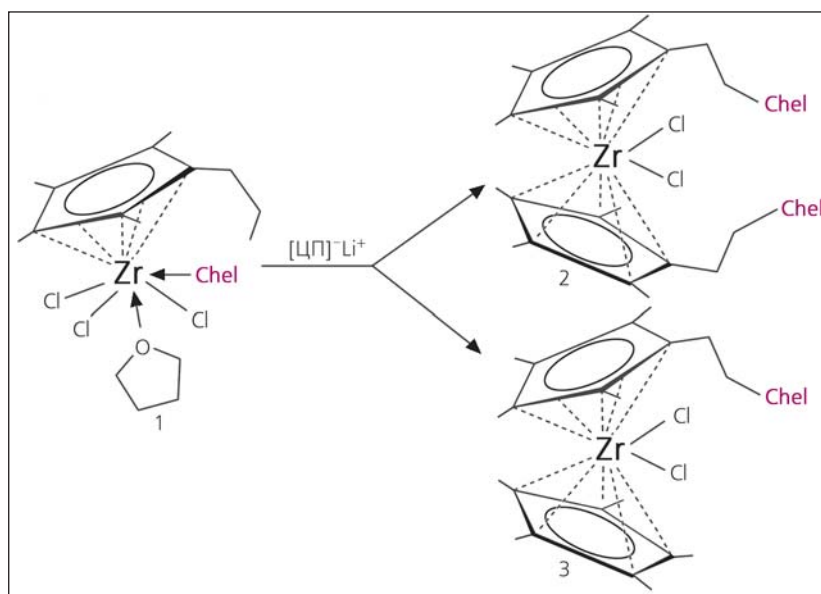


Рис.4. Циркониевые комплексы — полусандвич и два сандвича. Метильные группы у ЦП-лиганда обозначены упрощенно, в виде валентных черточек.

Во всех полусандвичах он отчетливо демонстрировал координационную ненасыщенность, привлекая для заполнения координационной сферы не только хелатную группу, но и растворитель, например тетрагидрофур. Молекулу растворителя цирконий охотно обменивал на ЦП-лиганд с хелатирующей веткой или без нее, отчетливо показывая, что с ЦП-лигандом воз-

никают энергетически более выгодные структуры.

В полностью завершенных сандвичах (с двумя ЦП-лигандами) цирконий чувствовал себя вполне комфортно и не проявлял интереса к хелатирующим группам. Это позволило нам скорректировать дальнейшие действия и использовать для последующего восстановления только сандвичи.

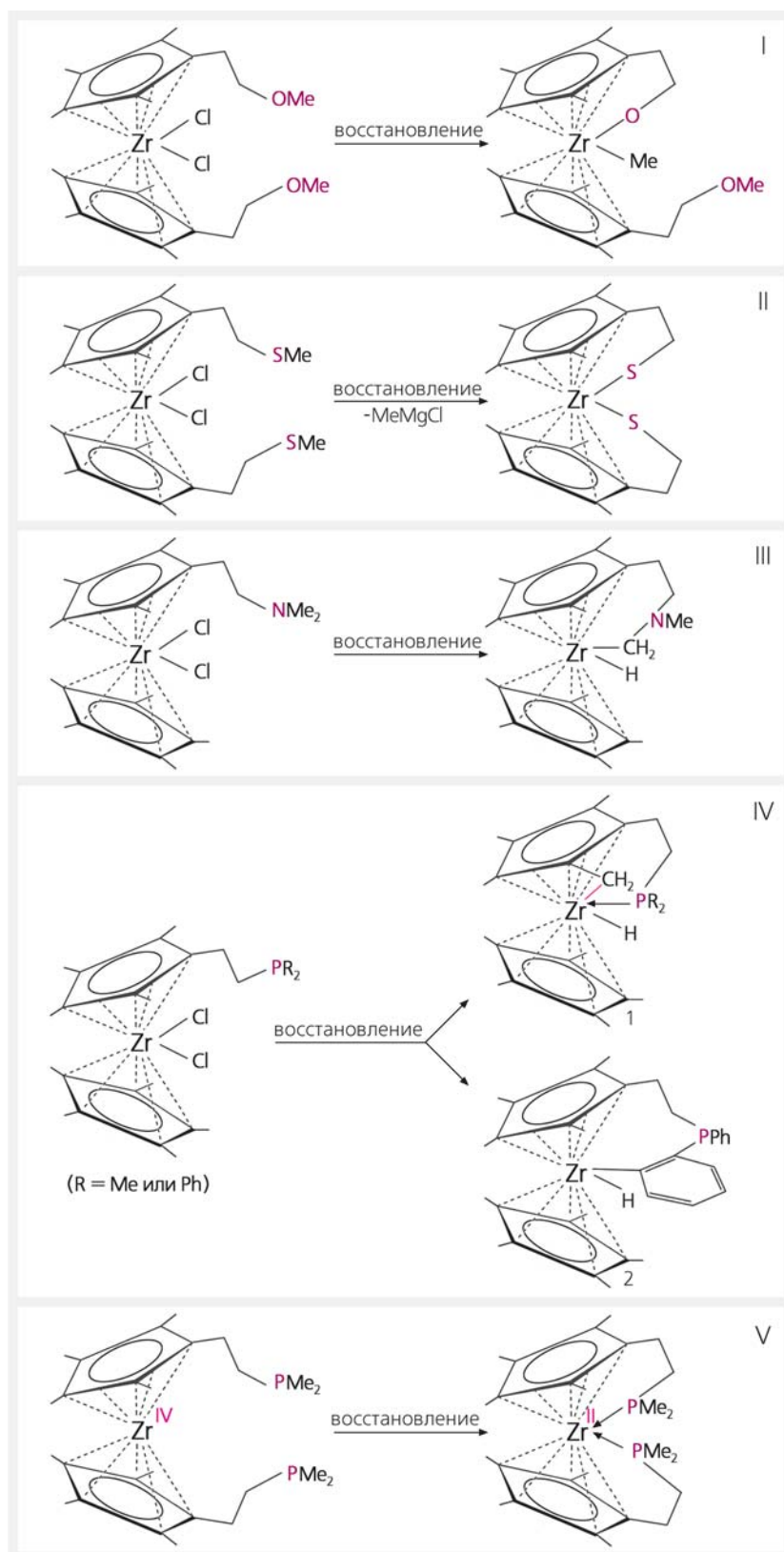


Рис.5. Восстановление амальгамой магния комплексов циркония, содержащих разные хелатирующие группы.

Радуга превращений

Самый интересный этап — восстановление полученных комплексов [5, 6]. Восстанавливающим реагентом была амальгама магния, которая легко забирает атомы Cl от Zr(IV), превращая его в Zr(II). Забегая вперед, скажем, что цирконий полностью оправдал наш интерес к нему, а в некоторых случаях сумел удивить спектром своих превращений (рис.5).

Одно свойство циркония проявилось сразу: образующийся при восстановлении Zr(II) крайне неустойчив, стремится перейти в исходное состояние Zr(IV) и использует для этого все, что находится рядом, в первую очередь — хелатирующие группы (Chel). В случае, когда Chel = OMe, цирконий отрывает метильную группу от атома кислорода и присоединяет их по отдельности (рис.5, схема I). Все происходит точно так же, когда в комплексе имеется только одна хелатирующая группа SMe, а если две, то цирконий присоединяет два атома серы и делает все крайне энергично (рис.5, схема II). На это указывает одно обстоятельство: две освободившиеся метильные группы образуют реактив Гриньяра как побочный продукт реакции. Можно себе представить, сколь энергетически выгодно присоединение цирконием двух атомов серы, если при этом еще образуется исключительно реакционноспособное вещество.

Если хелатирующей группой служит NMe₂, цирконий не отрывает метильную группу от азота, а разрывает связь C–H в одной из них (рис.5, схема III). Это уже довольно близко к поставленной цели — разрыву C–H-связи в углеводородах, но разница все же есть.

Наиболее интересные превращения мы наблюдали, когда стали восстанавливать комплексы, в которых хелатирующими группами были PR₂ (R — Me или Ph). Цирконий не привлекал для своего окисления метильные

остатки, связанные с фосфором, а использовал находящуюся рядом Me-группу из циклопентадиенильного лиганда, разорвав в ней связь C–H, в результате чего неожиданно возникла связь C–Zr (схема IV, соединение 1). Это уже разрыв связи в «настоящей» метильной группе, такая входит в состав углеводорода. Здесь хелатная группа работает по прямому назначению — заполняет координационную сферу металла.

Когда у фосфора расположены фенильные остатки, помимо соединения 1 (схема IV) образуется еще соединение 2 из-за отрыва атома водорода от фенильного радикала, что также интересно и неожиданно.

Комплексы Zr(II), показанные на схемах I–IV, неустойчивы и переходят в соединения Zr(IV). Тем не менее, комплекс с Zr(II)

нам все же удалось получить, используя для восстановления соединения с двумя группами PMe₂ (рис.5, схема V). Теперь, когда поведение восстановленного циркония нам в общих чертах стало понятно, мы смогли объяснить этот факт. Как видно из рис.5, метильные остатки, с которыми цирконий не реагирует, те, что связаны с фосфором, а привлечь для взаимодействия Me-группу из циклопентадиенильного лиганда мешают блокирующие его четыре метильные радикала, принадлежащие двум атомам фосфора (PMe₂).

Итак, цирконий вполне успешно начинает вторгаться в область, где уверенно лидировали благородные металлы, и при этом демонстрирует большие возможности: восстановленные комплексы циркония могут разрывать связи O–C, S–C,

C_{алкил}–H и C_{арил}–H. В этом весьма представительном наборе не хватает, пожалуй, только связи C–C, но мы полагаем, что сумеем разорвать и ее. Гораздо важнее другое — научиться проводить такие превращения не с группами, входящими в состав комплекса, т.е. не внутримолекулярно, а с реагентами, которые приближаются к комплексу извне.

Таким образом, подтверждается то, о чем мы говорили в самом начале: выполненная научная работа не бывает полностью завершённой, полученные результаты как бы сами формулируют новые задачи. А это вносит некоторый азарт в исследование и делает его интереснее. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 98-03-33057.

Литература

1. Comprehensive coordination Chemistry / Ed. G.Wilkinson. Oxford; N.Y.; Frankfurt; San Paulo; Tokyo; Toronto. 1987. V.6.
2. Первалова Э.Г., Реуштова М.Д., Грандберг К.И.. Методы элементоорганической химии // Ферроцен. М, 1983.
3. Krut'ko D.P., Borzov M.V., Kuz'mina L.G. et al. // Inorg. Chim. Acta. 1998. V.280. №1–2. P.257–263.
4. Krut'ko D.P., Borzov M.V., Veksler E.N. et al. // Polyhedron. 1998. V.17. №22. P.3889–3901.
5. Krut'ko D.P., Borzov M.V., Veksler E.N. et al. // Eur. J. Inorg. Chem. 1999. №11. P.1973–1979.
6. Krut'ko D.P., Borzov M.V., Veksler E.N. et al. // Pure Appl. Chem. 2001. V.73. №2. P.367–371.

Организация науки. Геология

Сохранить ценную геологическую информацию

В последнее время в американских научных кругах усиливаются опасения за судьбу информации, содержащейся в геологических образцах. Известно, насколько важны для геологов, геофизиков, сейсмологов, палеонтологов и других специалистов керны грунта. Тем не менее выясняется, что условия для их длительного хранения во многих случаях отсутствуют, а нередко керны вообще уничтожаются.

Особое беспокойство вызывает сохранность первичных данных, получаемых нефте- и газодобывающими компаниями, которые не желают тратить средства на хранение «отработанных» проб. Восстановление же утраченных образцов или требует огромных расходов, или вообще невозможно.

Проблема заключается главным образом в недостатке полезных площадей для хранения имеющихся геологических коллекций, не говоря уж об их постоянном пополнении. Этот факт с тревогой отмечается в докладе специального комитета, созданного Национальным исследовательским советом США

под руководством палеонтолога К.Мейплса (С.Мейплс). В нем признается, что далеко не все заслуживает длительного сохранения, однако то, что может оказаться ценным в обозримом будущем, требует создания трех новых финансируемых государством центров стоимостью по 50 млн долл. каждый, причем отбор экспонатов для них должен осуществляться специальным консультативным органом.

Каждое хранилище должно занимать полезную площадь в 16 тыс. м². Только так можно решить проблему сохранения ценных данных в течение 10–20 лет.

Science. 2002. V.297. №5579. P.181 (США).

Рамейдская

Жизнь в поисках истины

К 100-летию со дня рождения Андрея Николаевича Колмогорова

Член-корреспондент РАН А.Н.Ширяев
Москва

Человек, которому было суждено одарить мир хотя бы одной великой созидательной идеей, не нуждается в похвале потомства. Его творчество даровало ему более значительное благо.

Альберт Эйнштейн

Великий русский ученый, один из крупнейших математиков 20-го столетия, достойно признанный едва ли не всеми авторитетными научными сообществами мира, — член Национальной академии наук США и американской Академии искусств и наук, член Нидерландской королевской академии наук и Академии наук Финляндии, член Академии наук Франции и Германской академии естествоиспытателей «Леопольдина», член Международной академии истории наук и национальных академий Румынии, Венгрии и Польши, почетный член Королевского статистического общества Великобритании и Лондонского математического общества, почетный член Международного статистического института и Математического общества Индии, иностранный член Американского философского и Американского метеорологического обществ; лауреат самых почетных научных премий: премии П.Л.Чебышева и Н.И.Лобачевского Академии наук СССР, Международной премии Фонда Балъдана и Международной премии Фонда Вольфа, а также Ленинской и Государственной премий, награжденный семью орденами Ленина и золотой медалью Героя Социалисти-

ческого Труда — академик Андрей Николаевич Колмогоров сам себя называл «просто профессором Московского университета».

С университетом связана вся жизнь Андрея Николаевича начиная с 1920 г., когда 17-летним юношей он пришел на физико-математический факультет, и до самого последнего своего дня — 20 октября 1987 г., когда его не стало. От первой научной статьи «Доклад математическому кружку о квадрильяже», датированной 1921 г., и до «Избранных трудов», для первых трех томов которых, вышедших в 1985—1987 гг., он еще сам отобрал работы. Между этими двумя датами 65 лет — огромная жизнь. Эта жизнь вместила в себя столько творческих свершений, что за время, прошедшее со дня его кончины, не удастся даже приблизиться к сколько-нибудь полному их описанию.

Заведомо нет возможности, да вряд ли и есть необходимость, стараться представить здесь математическое творчество Колмогорова. «Андрей Николаевич Колмогоров занимает уникальное место в современной математике, да и в мировой науке в целом. По широте и разнообразию своих научных занятий он напоминает классиков естествознания прошлых веков», — свидетельствуют Н.Н.Боголюбов, Б.В.Гнеденко и С.Л.Со-

болев в своей юбилейной статье к 80-летию Колмогорова [1]. Работы по теории тригонометрических рядов, теории меры и теории множеств; исследования по теории дифференцирования и интегрирования, теории приближений, конструктивной логике, топологии, теории суперпозиций функций и знаменитой 13-й проблеме Гильберта; труды по классической механике, эргодической теории и теории турбулентности, диффузии и моделям динамики популяций; работы по основаниям теории вероятностей, предельным теоремам, общей теории случайных процессов, теории марковских, стационарных и ветвящихся процессов, математической статистике, теории автоматов и применениям математических методов в гуманитарных науках (в том числе, работы по теории стиха и статистике текста); исследования по истории и методологии математики — вот неполный перечень областей, в которых Колмогоровым получены основополагающие результаты, выработаны принципиально важные концепции, определившие лицо и пути развития многих разделов математики XX в. и других ветвей науки и знаний. Почти треть своей жизни Андрей Николаевич посвятил школьному математическому образованию, он оставил

© А.Н.Ширяев



Андрей Николаевич Колмогоров
(1903–1987)

огромное число работ о содержании и методах обучения математике в средних учебных заведениях, научно-популярные статьи для учащихся и учителей и непосредственно учебники для средней школы.

За время, прошедшее после кончины Андрея Николаевича, вышли три больших сборника воспоминаний о нем («Колмогоров в воспоминаниях» [2], «Явление чрезвычайное. Книга о Колмогорове» [3], и «Kolmogorov in Perspective» [4]) и огромное число иных публикаций по всему миру. Достаточно сказать, что раздел «О Колмогорове» в его библиографии уже содержит более 150 позиций. Эта обновленная, пополненная и выверенная библиография войдет в первую биобиблиографическую книгу юбилейного издания «Колмогоров», посвященного 100-летию со дня рождения великого ученого. Книга включает также большой очерк о жизни и творчестве Колмогорова и некоторые другие материалы к его биографии.

Во второй книге публикуется избранная переписка Колмогорова с другом всей его жизни и одним из первых учителей, выдающимся математиком, топологом и геометром Павлом Сергеевичем Александровым.

В третьей книге впервые увидят свет некоторые дневники Андрея Николаевича.

Из писем и дневников для публикации отобраны относящиеся к довоенному и военному периодам, уже отдаленным от нас и нашего времени, но таким ярким и насыщенным творческими свершениями и дружбой.

Эти три книги под общим названием «Колмогоров» должны выйти к международной юбилейной конференции «Колмогоров и современная математика», которая пройдет в Москве под эгидой Российской академии наук и Московского университета с 16 по 21 июня 2003 г.

А двумя месяцами раньше, 25 апреля, Андрею Николаевичу исполнилось бы 100 лет.

«Начало было так далёко, так робок первый интерес...»

Отодвинем мысленно на эти 100 лет назад, в апрель 1903-го, когда в Тамбове, по пути из Крыма, оказалась младшая из шести дочерей предводителя угличского дворянства и почетного попечителя народных училищ Ярославской губернии, зажиточного помещика либеральных взглядов Якова Степановича Колмогорова. Там, в Тамбове, Мария Яковлевна родила сына. Она не перенесла родов, и в дом ее отца, в имение Туношна под Ярославлем пришла тревожная телеграмма:

ОЧЕНЬ НЕБЛАГОПОЛУЧНО. ПРИЕЗЖАЙТЕ НЕМЕДЛЕННО.

Эта телеграмма, записанная от руки на почтовом бланке, и сейчас хранится в колмогоровском доме. За маленьким выехала старшая из дочерей, Софья Яковлевна, и в десятидневном возрасте он был привезен в дом деда и наречен Андреем (будто бы в честь князя Андрея Болконского, любимого литературного героя его матери). Все заботы о младенце взяли на себя его тетушки, и позднее одна из них, Вера Яковлевна, усыновила его и прожила с ним всю жизнь до самой своей кончины в 1951 г. Крестным отцом Андрея стал его единственный дядя, Степан Яковлевич Колмогоров. Родители мальчика не были венчаны, и при крещении, по правилам того времени, он должен был получить, по имени своего крестного, отчество Степанович и фамилию Степанов. Но тут было разрешено сделать отступление от правил: Андрей получил фамилию матери — Колмогоров, а отчество по отцу — Николаевич.

Отец Андрея Николаевича, Николай Матвеевич Катаев, по образованию агроном, окончивший Петровско-Разумовский сельскохозяйственный институт (ныне — Тимирязевская академия), оказался в Ярославле в ссылке за участие в народни-

ческой организации, работал земским статистиком. Он был практически отстранен от участия в воспитании маленького сына хлопотавшими вокруг него тетушками, хотя, как свидетельствуют его недавно найденные письма, очень печалился об этом и не оставлял надежды со временем стать ему ближе. Но время распорядилось по-другому — Николай Матвеевич погиб в гражданскую войну, в 1919 г.

Теперь невозможно судить, что было оставлено Андрею Николаевичу его отцом и что — его матерью. Однако в Свидетельстве об окончании Марией Яковлевной Колмогоровой в 1893 г. Ярославской гимназии читаем: «...с отличием и особыми успехами по выбранному специальному предмету — математика». А агрономом, точнее лесоводом, Андрей Николаевич мечтал стать с самого детства.

У Якова Степановича Колмогорова был дом в Ярославле на Пробойной улице, доставшийся ему от отца Степана Петровича, который, по словам Андрея Николаевича, «разбогател и получил дворянство благодаря личной предприимчивости». В Календаре Ярославской губернии на 1877 год говорится: «Пробойная улица. От площади Ильинской до площади Семеновской казенное здание Присутственных мест. Рядом дом Степана Петровича Колмогорова». Из переписки Андрея Николаевича с автором Путеводителя по памятникам истории и культуры Ярославля узнаем, что Пробойная улица переименована в Советскую, в здании Присутственных мест расположился Облисполком, а на колмогоровском доме — мемориальная доска памяти выдающегося русского театрального деятеля Ф.Г.Волкова (1729—1763), основавшего в 1750 г. в Ярославле первую русскую профессиональную труппу. Каким образом дом перешел во владение Колмогоровых, Андрей Николаевич не знал, и ярославский краевед не

смог ему объяснить. «В городском доме я бывал в гостях по несколько дней или недель (хозяйство там вела моя тетка Варвара Яковлевна). Кроме городского дома в Ярославле Якову Степановичу принадлежал еще дом в Угличе и загородный дом в Туношне, в восемнадцати верстах от Ярославля вниз по Волге. В этом загородном доме я провел свое раннее детство»*.

Сестры Колмогоровы были свободомыслящими женщинами с высокими общественными идеалами. В туношенском доме размещался подпольный гектограф, и, как сообщил Андрей Николаевич, даже ему в младенческом возрасте удалось участвовать в революционном движении — во время очередного обыска нелегальная литература была спасена, будучи подложена под его колыбель. «Жандармы вошли, но не решились меня поднять. Они все-таки, конечно, тоже знали, что эти злокозненные молодые женщины, как-никак, являются дочерьми местного предводителя дворянства, так что у них были сложные задачи», — заключил Андрей Николаевич, посмеиваясь.

Радость математического открытия

В туношенском доме тетушки Андрея Николаевича «устроили маленькую школу, в которой занимались с десятком детей разного возраста по новейшим рецептам того времени» (позднее в Туношне «на средства Варвары Яковлевны Колмогоровой было отстроено здание школы из пустотелых кирпичей, бывшее тогда технической новинкой»). В школе «издавался» журнал «Весенние ласточки», в котором А.Н. «публиковал» придуманные им арифметиче-

ские задачки. Среди них была, например, такая: «Имеется пуговица с четырьмя дырочками. Для ее закрепления достаточно протянуть нить, по крайней мере, через две дырочки. Сколькими способами можно закрепить пуговицу?»

В статье «Как я стал математиком», откуда мы процитировали эти строки, читаем: «Радость математического открытия я познал рано, подметив в возрасте пяти-шести лет закономерность:

$$1 = 1^2$$

$$1 + 3 = 2^2$$

$$1 + 3 + 5 = 3^2$$

$$1 + 3 + 5 + 7 = 4^2, \text{ и так далее.}$$

В Москве, куда в 1910 г. Андрей Николаевич прибыл с Верой Яковлевной для получения образования, он определяется в частную гимназию Е.А.Репман, основанную кружком демократической интеллигенции, одну из немногих с совместным обучением мальчиков и девочек и из самых умеренных в отношении платы за обучение. Андрей Николаевич вспоминал: «В гимназии классы были маленькие (15—20 учеников). Значительная часть учителей сама увлекалась наукой. Иногда это были преподаватели университета, наша преподавательница географии сама участвовала в интересных экспедициях. Многие школьники состязались между собой в самостоятельном изучении дополнительного материала, иногда даже с коварными замыслами посрамить своими знаниями менее опытных учителей. Делался опыт ввести в традицию публичную защиту кончающими учащимися выпускного сочинения. По математике я был одним из первых в своем классе, но первыми более серьезными научными увлечениями в школьное время для меня были сначала биология, а потом русская история».

И дальше: «В детские годы мечты о будущей деятельности законно переплетаются с игрой. В 11—12 лет я затратил немало

труда на собиранье подробных сведений о необитаемых островах южных океанов, так как собиравшись на вербовать выходцев из разных стран и организовать на этих островах некое идеальное государство, для которого даже написал конституцию. Был предусмотрен и военный флот для защиты от возможных посягательств на нашу свободу. Но в 13—14 лет такие занятия были бы уже дурашливостью. К тому же наступил 1917 год, и мы все, товарищи по школе, вдруг стали взрослыми.

Первым серьезным планом дальнейшей жизни и работы было намерение заняться лесным хозяйством — стать лесничим, сажать леса, растить их и охранять. Увлекала, конечно, и романтика жизни в лесу.

Мои способности к математике к этому времени уже в значительной мере проявились. Я решал трудные задачи, а в теории ушел много дальше школьных программ. Высшую математику изучал по статьям в Энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона, что не слишком легко, так как статьи эти имели не учебный характер, а скорее справочный. Но оформленная мысль стать математиком, исследователем, самому делать в математике серьезные открытия, продвигать математическую науку вперед, пришла не сразу. Скорее всего, в шестнадцать лет».

Если революционные события 1905 г. пришлось на очень ранний возраст Андрея Николаевича, то обе революции 1917 г. застали его уже 14-летним. Мы не знаем доподлинно, как отнесся юный Колмогоров к этим потрясениям — знаем только, что как раз в этом возрасте он стал самостоятельно двигаться в математике и пришел в университет с довольно значительными познаниями. Одновременно он поступил и на математическое отделение Химико-технологического института им. Д.И.Менделеева. «Техника тогда воспринималась как что-

* Эту и другие цитаты из высказываний А.Н.Колмогорова мы берем из разных опубликованных [2—9] или рукописных источников, не ссылаясь всякий раз на точный адрес.



Яков Степанович и Юлия Ивановна Колмогоровы — дед и бабушка Андрея Николаевича.



Сестры Колмогоровы в туношенском саду. Стоит Мария Яковлевна, мать Андрея Николаевича. В кресле, возможно, их бабушка.



Таким Колмогоров был в пять лет.



Имение в Туношне, где прошло его детство.



Единственная сохранившаяся фотография отца и матери.



С тетушкой Верой Яковлевной (1863—1951), усыновившей Андрея Николаевича.

то более серьезное и необходимое, чем чистая наука», — так он объясняет этот свой шаг. Обучение сразу пошло успешно: «Сдав в первые же месяцы экзамены за первый курс, я получил право на 16 килограммов хлеба и 1 килограмм масла в месяц, что, по представлениям того времени, обозначало уже полное материальное благополучие. Одежда у меня была, а туфли на деревянной подошве я изготовил себе сам».

«В первые студенческие годы, кроме математики, я занимался самым серьезным образом в семинаре по древнерусской истории профессора С.В.Бахрушина». В этом семинаре в 1920 г. Колмогоров сделал свой первый научный доклад о земельных отношениях в Новгороде на основе анализа писцовых книг XV—XVI вв. «с использованием некоторых приемов математической теории». Долгое время считалось, что рукописи первых работ Колмогорова по истории не сохранились. Найденные недавно, они опубликованы его учеником Л.А.Бассальго [10]. «Будь работа Андрея Николаевича издана вскоре после ее написания, наши знания сегодня были бы много полнее и, главное, точнее... История потеряла гениального исследователя, математика навсегда приобрела его», — так оценивает сегодня эту работу историк академик В.Л.Янин во вступлении к ее публикации.

В стране Лузитания

Андрей же Николаевич делает окончательный выбор в пользу математики. Он становится учеником Н.Н.Лузина, одним из Лузитаний. Вот как описывает свои первые встречи с Лузиным другой «лузитанин», Павел Сергеевич Александров:

«Я впервые встретился с Николаем Николаевичем Лузиным, будучи студентом 2-го курса. Впечатление от этой встречи было, можно сказать, потрясающим, и я запомнил его на всю

жизнь. Обратившись к нему после лекции за советом, как мне заниматься математикой дальше, я был, прежде всего, поражен внимательностью и, не могу найти другого слова, уважением к собеседнику, как ни странно звучит это, когда речь идет о беседе уже знаменитого, хотя и молодого еще ученого, с 18-летним студентом. Выслушав меня, Лузин умело поставленными вопросами очень скоро разобрался в характере моих математических склонностей и сразу же в доступной форме обрисовал основные направления, которые он мог мне предложить для дальнейших занятий; он сам меня склонил к выбору одного из этих направлений, причем все это было сделано очень тонко, без всякого нажима и — как я теперь могу сказать — очень правильно. Я стал тогда же учеником Лузина, и это было в эпоху его наивысшего творческого подъема. Лузин жил тогда совершенно один в меблированных комнатах, жил только наукой. Мне запомнилась его фраза, сказанная в одну из многочисленных наших встреч: «Я дни и ночи думаю над аксиомой Цермело (такая есть в математике знаменитая аксиома, которая была тогда — и еще много лет спустя — в центре исследований по логическим основаниям математики). Если бы только кто-нибудь знал, что это за вещь!» [11].

Вхождение сначала Александра, а затем и Колмогорова в Лузитанию (так называли свою страну ученики Лузина) пришлось на время, в котором Николай Николаевич получил все самые значительные свои результаты. «В нем в эти годы ярко проявлялось то, что может называться вдохновенным отношением к науке, и его ученики не только учились у него математике, но и получали урок того, что такое настоящий ученый, а также и того, чем может и должен быть профессор университета. Им становилось зримо понятным, что наука и при-

общение к ней новых молодых людей — две стороны одной и той же деятельности — деятельности ученого», — продолжим мы цитату Александра.

«Возможность общаться с Н.Н.Лузиным, рассказывать ему еще не полностью завершённые результаты была очень важна», — вторит ему Колмогоров. Среди недолгих, но ярких учителей молодого Колмогорова следует назвать еще одного «лузитанина», П.С.Урысона, лекции которого слушал Андрей Николаевич на самых первых курсах. «На одной из лекций Урысона Андрей Николаевич заметил ошибку в сложных построениях Павла Самуиловича в его доказательстве теоремы о размерности трехмерного пространства. Ошибку эту Урысон на другой же день исправил, но острота математического восприятия, проявленная восемнадцатилетним студентом Колмогоровым, произвела на него большое впечатление», — свидетельствует Павел Сергеевич. Андрей же Николаевич пишет: «Московская математика того времени была богата яркими и талантливыми индивидуальностями, но П.С.Урысон и на этом фоне выделялся универсальностью интересов в соединении с целеустремленностью в выборе предмета собственных занятий, отчетливостью постановки задач, ясной оценкой своих и чужих достижений в соединении с доброжелательством в применении к достижениям совсем маленьким».

Эти слова, сказанные Колмогоровым о своем очень рано и нелепо погибшем (во время купания в шторм) учителе, любой из его учеников мог бы сказать о нем самом.

К 1929 г. студенчество и аспирантура позади. Колмогоров — автор уже более двух десятков работ, среди которых и выдающиеся: самый знаменитый результат в области тригонометрических рядов — пример ряда Фурье—Лебега, расходящегося почти всюду; первая статья

по теории вероятностей «О сходимости рядов, члены которых определяются случаем» (совместно с другим учеником Лузина — А.Я.Хинчиным); первая работа по интуиционистской логике «О принципе “tertium non datur”». Об этой работе Андрей Николаевич говорил: «Работа мыслилась мною как вводная часть более широкого замысла. Построение в рамках интуиционистской математики моделей различных разделов классической математики должно было служить для обоснования их непротиворечивости». Осенью 1929 г. Колмогоров становится научным сотрудником Института математики Московского университета (этот Институт объединял математиков, отделяя их от физиков тогда еще общего физико-математического факультета).

Всего через два года Андрей Николаевич становится профессором, еще через два — директором (!) этого Института. И дальше каждые два года какой-нибудь серьезный шаг: в 1935 г. Колмогоров основывает в университете кафедру теории вероятностей (и становится ее заведующим), затем открывает и тоже возглавляет отдел теории вероятностей в Математическом институте им.В.А.Стеклова АН СССР и, наконец, в 1939 г. избирается (минуя член-корреспондентство) действительным членом Академии наук, членом президиума и академиком-секретарем Отделения физико-математических наук.

«Души высокая свобода, что дружбою наречена»

А между окончанием аспирантуры и началом работы, летом 1929 г., состоялось лодочное путешествие, неожиданно ставшее вехой в жизни Колмогорова. В это путешествие по Волге, куда собирались Андрей Николаевич и его гимназический друг, был приглашен Павел



С Павлом Сергеевичем Александровым. Германия. 1931 г.

Сергеевич Александров. «Мне до сих пор не совсем ясно, как я решил предложить Павлу Сергеевичу быть нашим компаньоном. Однако он сразу согласился... Со дня отплытия — 16 июня — мы с Павлом Сергеевичем и исчисляем нашу дружбу».

И дальше Андрей Николаевич свидетельствует: «Наверное, математиком я стал бы и самостоятельно, но мои человеческие качества сложились в значительной мере под влиянием Павла Сергеевича. Он действительно был изумительнейший человек по богатству и широте

взглядов. Его знание музыки, живописи, его душевное отношение к людям — необычайно».

Из этого первого путешествия Александров и Колмогоров вернулись уже с твердым намерением поселиться вместе где-нибудь под Москвой, тем более что не только у выпускника аспирантуры Андрея Николаевича, но и у профессора Московского университета Павла Сергеевича своего жилья в Москве не было, — еще долгие годы, до самой войны, они занимали две комнаты в квартире Л.С.Нейман, сестры П.С.Урысона, бли-



Комаровский дом.

жайшего друга Александрова. Некоторое время всерьез рассматривалась перспектива уехать вместе куда-нибудь из Москвы — вплотную обсуждались планы переселения в Киев или в Тбилиси...

Первым совместным пристанищем Павла Сергеевича и Андрея Николаевича и первой пробой жизни такой «математической коммуной» был дом в поселке Клязьма по Северной железной дороге, принадлежавший семье Александровых. Потом в этом же поселке снималась половина дома, нехитрое хозяйство вела Вера Яковлевна.

В июне 1935 г. после долгих поисков и юридических сложностей, на паях с несколькими покупателями, был приобретен дом на берегу Клязьмы в небольшой деревушке Комаровка. Этот старинный дом когда-то принадлежал семье известного мецената, текстильного промышленника С.В.Алексеева, отца К.С.Станиславского. Алексеев открыл в нем на свои средства бесплатную лечебницу и назвал ее Елисаветинской, по имени жены, матери основателя Московского художественного театра. К 1935 г. владение перешло дочери Алексеева Анне Сергеевне. Лечебницы, конечно, уже не было, и дом фактически пусто-

вал. «Дом в Комаровке удовлетворял всем нашим потребностям, давая возможность разместить большую библиотеку и помещать в отдельных комнатах наших гостей», — пишет Колмогоров. Гостями — добавим от себя — чаще всего бывали ученики того и другого.

С интересом читаем мы в письмах Павла Сергеевича и Андрея Николаевича историю приобретения комаровского дома. 1935-й. Андрею Николаевичу 32 года, Павлу Сергеевичу без году 40. Понятно, что все заботы и хлопоты, связанные с поиском и покупкой (а в дальнейшем и ремонтом) подходящего дома, взял на себя Александров. Он вообще относился с отеческой снисходительностью к некоторой беспомощности Колмогорова в житейских делах и в ответственные моменты все брал на себя. Рассматривался вариант покупки приличного дома, предназначенного на снос (их продавалось немало — ожидалось, что многие мелкие деревушки в округе уйдут под воду с приближением строящегося канала Москва—Волга), перевозки его на Клязьму. Дом в Комаровке казался просто осуществимой мечтой, хотя стоил он так дорого, что осуществимость эта была весь-

ма призрачной. Но Александрову удалось склотить «кооператив покупателей», который на паях выкупил дом у прежних владельцев. Денег на первый взнос ссудил Михаил Сергеевич, старший брат Александрова, известный московский хирург. В дальнейшем в течение многих лет Александров с Колмогоровым выкупали доли, принадлежавшие другим «покупщикам», пока, наконец, в 1950 г. не сделались полновластными хозяевами своей мечты.

Всю дальнейшую жизнь, уже и после обретения Андреем Николаевичем и Павлом Сергеевичем комфортабельного московского жилья (после войны им были предоставлены квартиры в известном доме академиков на Б.Калужской, 13, а в 1953 г. они вместе с Московским университетом переехали на Ленинские горы и поселились в профессорской башне «Л», в соседних квартирах — № 9 и 10), часть недели, обычно с вечера пятницы до утра вторника, они проводили в своем комаровском доме. В дневнике Андрея Николаевича есть календарики, которые он составлял на каждый месяц, и все недели в них начинались с пятницы.

Жизнь в Комаровке не была, конечно, праздной. Более того,

она была очень организованной. Сохранился рисунок Андрея Николаевича (он вообще очень любил рисовать пером, его письма и особенно дневники напоминают этим пушкинские черновые рукописи), где в веселых картинках изображен распорядок в комаровском доме — исполнялся же он как раз вполне серьезно и непреложно. В этой комаровской жизни было немало хозяйственных забот, которых и не могло не быть, — дрова, печи, ремонт... Но эта жизнь была творческой, а значит, свободной, вольной. Книги и музыка, путешествия и спортивные занятия, встречи и беседы с учениками и, конечно, прежде всего их собственное творчество — математика.

Мировое потрясение

1941-й... Казалось, рухнул весь мир, но мир комаровского дома устоял.

Вместе с Математическим институтом Александров и Колмогоров отправляются в эвакуацию в Казань, оставив комаровский дом на попечение местной жительницы, помогавшей по хозяйству с момента его покупки. Благодарную память о ней Андрей Николаевич и Павел Сергеевич сохраняли на протяжении всей жизни. В Казани соединенному семейству Колмогоровых и Александровых (в Казань выехали мать и сестра Павла Сергеевича и Вера Яковлевна, а позднее и другая тетушка Андрея Николаевича, Варвара Яковлевна) удастся поселиться в двух больших комнатах в квартире аптекаря А.А.Вильде. Сказочное везение по тем временам!

Колмогоров вскоре возвращается в Москву к своим обязанностям академика-секретаря Физико-математического отделения Академии и для выполнения работ оборонного характера. В Казань выбирается только временами, в войну к тому же на это всякий раз требовалось разрешение. Андрей Николаевич

занимался теорией стрельбы в ответ на запрос «дать свое заключение по поводу разногласий имеющихся приемов оценки меры точности по опытным данным». Сам Колмогоров замечает, что его работа «Определение центра рассеивания и меры точности по ограниченному числу наблюдений», сданная в печать 15 сентября 1941 г., т.е. уже через три месяца после начала войны, претендует по преимуществу лишь на методологический интерес благодаря критическому сопоставлению различных подходов. Однако Андрей Николаевич со своими сотрудниками по Математическому институту, механико-математическому факультету университета и непосредственными практиками из Артиллерийского научно-исследовательского морского института разворачивает большую теоретическую и расчетную работу по эффективности систем стрельбы. Завершается она появлением отдельного выпуска «Трудов МИАН» (Андрей Николаевич называл его «Стрельбным сборником»). Одновременно он читает курс математической теории стрельбы в университете, который объявляет обязательным для студентов, выбравших своей специальностью теорию вероятностей.

«Завтра самый длинный день в году и годовщина начала войны, — пишет Колмогоров Александрову в Казань 21 июня 1942 г. — Пора уже мне перестать, по преимуществу, заниматься переживанием происходящего мирового потрясения, подвести некоторый итог первой фазы этого переживания, привести себя в порядок и заниматься делом».

Александрова удалось вывезти в Москву для возобновления преподавания в университете лишь к осени 1943 г. До этого времени на нем оставались тяжкие обязанности по устройству жизни в эвакуации их соединенного семейства. «Только после того, как планы моего скорого



Анна Дмитриевна, жена Андрея Николаевича. 1942 г.

возвращения в Москву провалились, я понял, как много все-таки значила для меня предполагавшая возможность иметь отправной точкой во всякой моей деятельности Комаровку, каким отдыхом для меня была бы возможность после любой работы возвращаться туда хотя бы только для того, чтобы провести там вечер, ночь и утро. Мне так хотелось побывать в Комаровке летом, когда такая пышная зелень и можно сидеть у открытого окна и нет всех этих зимних забот, которых так много будет предстоящей зимой, где бы мы ни были», — пишет Александров Колмогорову из казанской эвакуации.

Помимо академических дел и работ оборонного характера, Андрей Николаевич принимает на себя и заботы по организации деятельности механико-математического факультета теми немногими силами, что еще оставались в Москве. Он председательствует в ученом совете факультета и экспертном совете ВАК, курирует математические журналы (с момента создания «Успехов математических наук»

руководит этим журналом, а позднее организует и ряд новых, в частности первый «отраслевой» математический журнал «Теория вероятностей и ее применения»). Продолжает активную деятельность и в своем первом Институте математики и механики. В эти первые военные годы, когда, казалось бы, и час трудно выделить для собственно математического творчества, Андрей Николаевич публикует статьи, которым суждено было заложить основы теории турбулентности, интерес к которой у него возник еще в конце 30-х годов. «Серия работ, опубликованных в 1941 г., — писал У.Фриш в книге «Турбулентность. Наследие Колмогорова», — до сих пор оказывает свое влияние на изучение турбулентности. Новые достижения часто позволяют увидеть в классических работах не замеченные ранее жемчужины. Так обстоит дело и с этими статьями Колмогорова 1941 г.»

В том же 1941-м выходят и другие основополагающие работы Андрея Николаевича: «Стационарные последовательности в гильбертовом пространстве» и «Интерполирование и экстраполирование стационарных случайных последовательностей». Завершился этот год присуждением ему (совместно с А.Я.Хинчиным) Сталинской премии за цикл работ по теории случайных процессов.

1942-й, трудный военный год был освещен для Андрея Николаевича радостным, светлым событием: 3 сентября он вступил в брак с Анной Дмитриевной Егоровой, своей ровесницей и одноклассницей по гимназии. Анна Дмитриевна вошла в жизнь Колмогорова вместе со своим, тогда 15-летним, сыном, которому Андрей Николаевич очень хотел стать другом и отцом. Олег учился в Московской художественной школе, собирался, как и его отец С.М.Ивашев-Мусатов, стать профессиональным художником, но постепенно и, конечно же,

под влиянием Андрея Николаевича склонился к математике, закончил механико-математический факультет университета и на всю жизнь связал себя с ним, работая по сей день доцентом кафедры математического анализа.

«Посвящается мне самому»

В 1943 г. сорокалетний Андрей Николаевич впервые решает вести дневник. На первой странице выведены крупно, красивым почерком две цитаты из Гёте и посвящение. Приведем их здесь полностью.

Посвящается мне самому к моему восьмидесятилетию с пожеланием сохранить к этому времени достаточно смысла хотя бы для того, чтобы понимать писания себя самого — сорокалетнего — и судить их с сочувствием, но и со строгостью.

Das Erlebte weiss jeder zu schätzen, am meisten der Denkende und Nachsinnende im Alter; er fühlt, mit Zuversicht und Behaglichkeit, dass ihm das niemand rauben kann.

Goethe*

Alles Gescheite ist schon gedacht worden, man muss nur versuchen es noch einmal zu denken.

Goethe**

В колмогоровском дневнике 1943 г. вообще записано многое из Гёте (особенно, конечно, из его поэзии), которого Андрей Николаевич очень любил и читать, и исследовать как литературовед. «Так уж я смешно устроен, что формальные анализы ритмов и т.п. помогли мне, видимо, проникнуть и в существо гётевской поэзии. Во всяком случае, сейчас я ей увлечен до край-

* Пережитое дорого каждому, а особенно — тому, кто вспоминает и размышляет о нем на склоне лет в отрадной уверенности, что этого-то у него уж никто не отнимет.

** Все стоящее уже давно придумано, надо только не бояться попробовать перепридумать это еще раз.

Переводы Б.Заходера.

ности», — читаем мы в дневнике. «Увлечен до крайности», — вряд ли можно лучше охарактеризовать отношение Андрея Николаевича ко всему, чем он занимался.

Есть в этом дневнике и другая замечательная страница, которую Колмогоров озаглавил: «Конкретный план того, как сделаться великим человеком, если на это хватит охоты и усердия» (см. с.47).

Об этом уникальном документе можно было бы сказать многое, но мы оставляем читателю возможность самому ознакомиться с ним и составить свое собственное мнение. Мы же лишь обратим внимание на то, что план состоит из двух отдельных частей, которые, как нам кажется, можно озаглавить, как план «больших» (верхняя часть) и план «малых» (нижняя часть) дел на будущее. (Читатель, конечно, обратил внимание и на то, как и где расставлены Андреем Николаевичем знаки вопросов и знаки пропусков (Z), а иногда и оба вместе.)

Время показало, что Андрей Николаевич выполнил весь свой план и даже скончался в то десятилетие, которое отмечено одними знаками пропуска (Z). Он не стал публиковать Полное собрание своих сочинений, но успел отобрать те из них, что вошли в три тома «Избранных трудов», изданных его учениками. Дело не дошло только до самого последнего пункта — писания воспоминаний о прожитой жизни...

Время показало, что он сделал много-много больше запланированного — он действительно стал великим, и все в мире признали это.

«Мировое сообщество математиков потеряло своего сочлена, университет — профессора, Отечество — одного из разумнейших и честнейших своих граждан. В его жизни и смерти есть назидание — пример того, как нужно служить Отечеству», — сказал, прощаясь с Колмогоровым, его ученик академик Ю.В.Прохоров.

Конкретный план того, как сделаться великим человеком, если на это хватит охоты и усердия

1944–1953	Малый курс анализа	Исследования по линейной алгебре, представлениям групп и многомерной дифференциальной геометрии	Случайные процессы и динамические системы. Однородные поля случайных величин и турбулентность. Основы теории вероятностей и матем. статистики. Теория наблюдений и эксперимента.	Z	Z
1954–1963	Большой курс анализа	?	?	Исследования по математической физике	Z
1964–1973	Второе издание малого курса анализа	Z	?	?	Курс математической физики
1974–1983	?	Z	Z	Z	?
1984–1993	Z	Z	Z	Z	Z

1944–1953	Исследования по основам математики	Z	Деятельность <u>только</u> непосредств. педагогическая	Алгебра и элементы анализа для средней школы	Z
1954–1963	Исследования по логике	Z	При благоприятных условиях деятельность университетская и академическая	Геометрия и тригонометрия для средней школы	Z
1964–1973	Курс логики	Иссл. по истории науки	?	Логика для средней школы	Подготовка полного собрания математических работ к 70-летию
1974–1983	«История форм человеческой мысли»	?	Z	«Математические развлечения»	Писание воспоминаний о прожитой жизни
1984–1993	Z	Z	Z	Z?	Z?

Обязанности лидера

Последние военные и первые послевоенные годы можно связать с исключительным вниманием Колмогорова к проблемам теории вероятностей и путям ее развития. 11 декабря 1944 г. он делает в Математическом обществе свой знаменитый доклад «О проблемах теории вероятностей». Вот как он сам формулирует цели этого доклада: «Доклад будет содержать характеристику современного состояния теории вероятностей и попытку наметить перспективы ее развития в ближайшие годы. Кроме общей характеристики больших направлений работы, представляющихся докладчику особенно актуальными, будут в виде примера указаны отдельные отчетливо сформулирован-

ные проблемы, заслуживающие внимания исследователей».

В комаровском доме сохранилось письмо Лузина самому, быть может, выдающемуся из его учеников, заканчивающееся такими проникновенными словами:

«Вам дан высокий дух, и я хочу, чтобы Вы его силы берегли для вещей, которые под силу очень немногим. Глубочайше уважающий Вас Н.Лузин».

В ответном письме 7 октября 1945 г. Андрей Николаевич так рассказывает своему учителю о планах дальнейших исследований и своих математических обязанностях (сам этот термин «математические обязанности» мы взяли из его дневника):

«Конечно, эти своеобразные обязанности «лидера» известного направления в теории веро-

яностей надо нести, так как исследования в этом направлении должны продолжаться. Я даже задумал опубликовать вскоре на русском и английском языках небольшой обзор проблем теории вероятностей, которые, по моему мнению, заслуживают внимания серьезных исследователей. Остались и некоторые проблемы, которыми, по-видимому, придется заниматься и мне.

Но уже давно (с 1936 года) я начал некоторый цикл исследований, который возник из проблем теории вероятностей и динамических систем, а оказался же, по существу, исследованием унитарных представлений групп в гильбертовом пространстве. Это звучит несколько изысканно и «не классически», но у меня имеется убеждение,



На конференции в Тбилиси. 1963 г.

что здесь скрывается один из центральных вопросов будущей «классической» математики: очень уж многие проблемы самых разных стилей согласно ведут именно сюда.

Очень соблазняет меня еще гомологическая топология, в которую я было погрузился в 1934-36 годах.

И еще — исследования в области логических оснований математики, где мне видятся зародыши очень большого нового движения в результатах Turing'a и Church'a.

С чем из всего этого я справлюсь в самом деле, конечно, сказать трудно...».

Теперь мы можем судить, с чем «из всего этого он справился в самом деле» и как много ко всему этому еще добавилось.

«Существует лишь тонкий слой между тривиальным и недоступным. В этом слое и делаются математические открытия», — слова, записанные Андреем Николаевичем в дневник 14 сентября 1943 г.

«А.Н.Колмогоров принадлежит к числу тех математиков, у которых каждая работа в каждой области производит полную переоценку ценностей. Трудно найти математика в последних десятилетиях не просто такой широты, а с таким воздействием

на математические вкусы и на развитие математики», — такую оценку дает открытиям Колмогорова Александров [12].

С двух работ Андрея Николаевича 1947 г., выполненных совместно с его учениками, — «Ветвящиеся случайные процессы» (с Н.А.Дмитриевым) и «Вычисление финальных вероятностей для ветвящихся случайных процессов» (с Б.А.Севастьяновым) — началось бурное развитие вскоре ставшего самостоятельным новым разделом теории вероятностей — теории ветвящихся случайных процессов (и сам этот термин, теперь повсеместно и всеми употребляемый, был введен Андреем Николаевичем на его семинаре в Московском университете).

Колмогоров не только сам выдвигал и развивал плодотворные идеи как универсальный математик, но и живо откликался на обращения к нему как к прикладному математику, обладая удивительной способностью проникновения в суть поставленной проблемы, выявления главного, определяющего, внесения ясности в дискуссионные ситуации. Наглядной иллюстрацией может служить, например, работа «Решение одной задачи из теории вероятностей, связанной с вопросом о механизме

слоеобразования». А.Б.Вистелиус в своем комментарии к ней во второй книге «Избранных трудов» Колмогорова свидетельствует: «В момент публикации этой статьи в геологических науках практически отсутствовали такие понятия, как случайная величина, функция распределения вероятностей... Принципиальной перестройке, приведшей в дальнейшем к возникновению математической геологии, сильно способствовала не только эта статья, но и личные советы и высказывания А.Н.Колмогорова».

К этому ряду следует отнести и статью «Об одном новом подтверждении законов Менделя», появившуюся в 1940 г., в период острых дискуссий в биологии. Можно назвать и ставшую классической еще более раннюю (1937) работу Колмогорова в соавторстве с И.Г.Петровским и Н.С.Пискуновым «Исследование уравнения диффузии, соединенной с возрастанием количества вещества, и его применение к одной биологической проблеме».

В самом конце 40-х годов Андрей Николаевич приходит в издательство «Большая Советская Энциклопедия» и на долгие годы связывает с ним свою судьбу, возглавив отдел математики 2-го издания БСЭ. Он не только готовит словник, подбирает авторов, редактирует и переделывает их статьи, но и сам пишет огромное количество статей по самым разнообразным математическим дисциплинам (всего для разных энциклопедических изданий Андреем Николаевичем написано свыше 100 статей!).

Но, конечно, совершенно особое место занимает среди них статья «Математика», написанная им для 38-го тома (за тем много раз перепечатавшаяся в разных других энциклопедических изданиях), в которой он «в сжатой форме и на принципиальной основе проследил историческое развитие математики, указал узловые моменты этого развития и предложил для него оригинальную

схему периодизации» [1]. Среди бумаг Андрея Николаевича сохранилась стенограмма заседания Московского математического общества с двухчасовым обсуждением этой основополагающей статьи.

Может быть, здесь будет к слову сказать, что с Московским математическим обществом жизнь Андрея Николаевича была связана с 1930 г., когда он вступил в него, и до самого последнего дня (с 1964 по 1966 и снова с 1973 по 1985 гг. он — президент ММО). Свой первый доклад на заседании общества Андрей Николаевич сделал, будучи студентом, 8 октября 1922 г.; 2 апреля 1985 г. состоялось его последнее, 102-е выступление.



С Альбертом Николаевичем Ширяевым. Середина 60-х годов.

Просто профессор Московского университета

Наш очерк, следуя этапам творческого пути Андрея Николаевича в науке, как-то невольно оставил в стороне вопросы математического образования и преподавания математики, хотя на самом деле Колмогоров придавал им первостепенное значение и отдавал массу времени, сил и творческой энергии. Дадим слово самому Андрею Николаевичу: «Все мои годы активной работы в университете обычно складывались так: скажем, два часа в неделю какой-нибудь обязательный курс — я перечитал все-таки очень много разных обязательных курсов: «Теория функций действительного переменного», «Функциональный анализ», «Дифференциальные уравнения», «Теория вероятностей» <...> один специальный курс о новейших работах с участием и своих собственных — вторые два часа. А потом один или два семинара, куда приходят человек десять, скажем, делают поочередно доклады. Руководитель, конечно, рассказывает несколько больше других. И потом уже в этих се-

минарах выделяются те участники, с которыми начинается строго индивидуальная работа».

Андрей Николаевич упомянул здесь лишь немногие из обязательных (т.е. тех, которые должны сдавать все студенты-математики) курсов, которые он читал в Московском университете, и совсем не назвал никаких специальных (т.е. тех, которые сдают только студенты, специализирующиеся в той или иной узкой области математики). В бытность мою студентом Андрей Николаевич читал обязательный курс «Анализ-3», который сам придумал (объединив главы читавшихся раньше по отдельности), курсу годом моложе нас — специальный курс теории случайных процессов, конечно, тоже по своей программе.

И спецсеминары... В своих воспоминаниях «Об А.Н.Колмогорове» [13] один из самых прославленных его учеников академик В.И.Арнольд приводит сохранившуюся у него программу семинара для студентов старших курсов по теории динамических систем и гидродинами-

ке, который объявил Андрей Николаевич в 1957/58 учебном году. Перепечатаем ее здесь полностью, чтобы дать читателю представление, сколько разных глубоких и сложных тем Колмогоров собирался поднять и обсудить со своими юными учениками лишь в одном семинаре одного учебного года!

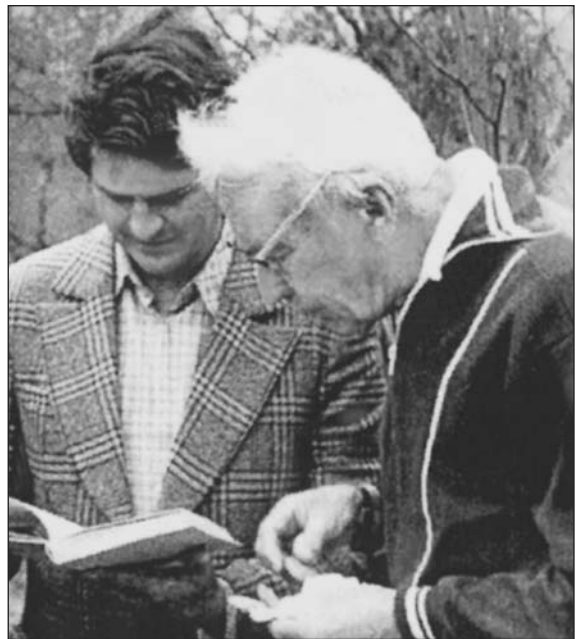
Программа (темы семинара):

1. Краевые задачи для гиперболических уравнений, решения которых всюду разрывно зависят от параметра (см., например, С.Л.Соболева, ДАН (1956), №109, с.707).

2. Задачи классической механики, в которых собственные функции всюду разрывно зависят от параметра (обзор проблематики — в докладе Колмогорова на Амстердамском конгрессе 1954 г.).

3. Моногенные функции Бореля и квазианалитические функции Гончара (в надежде на применение к задачам типа 1 и 2).

4. Возникновение высокочастотных колебаний при стрем-



С Владимиром Михайловичем Тихомировым.

С известным шведским математиком Г.Краммером.
Сухуми. 1965 г.

лении коэффициентов при старших производных к нулю (работы Волосова и Лыковой для обыкновенных дифференциальных уравнений).

5. В математической теории уравнений в частных производных с малым параметром при старших производных до настоящего времени изучены явления типа пограничных слоев и внутренних слоев, сходящихся к поверхностям разрыва предельных решений или их производных при «исчезновении вязкости». В реальной турбулентности решения портятся всюду плотным образом. Математическое изучение этого явления предполагается провести хотя бы на модельных уравнениях (модель Бюргера?).

6. Вопросы устойчивости ламинарных течений. Асимптотически исчезающая устойчивость (хотя бы на модельных уравнениях).

7. Обсуждение возможностей применения к реальным механическим и физическим задачам представлений метрической теории динамических систем. Вопросы устойчивости различных типов спектра. Грубые системы и грубые свойства (в этом последнем направлении для систем с несколькими степенями свободы почти ничего не известно!).

8. Рассмотрение (хотя бы на моделях) гипотезы, что в обстановке конца п.5 в пределе динамическая система превращается в случайный процесс (гипотеза практической невозможности долгосрочного прогноза погоды).

Упомянутый здесь амстердамский доклад Колмогорова «Общая теория динамических систем и классическая механика» составил заключительное заседание Международного конгресса математиков в Амстердаме (1954). Эта тема, если

следовать терминологии Пуанкаре, относится к «основной проблеме динамики» — исследованию поведения квазипериодических движений гамильтоновых систем при малом возмущении функций Гамильтона. Теория, построенная Колмогоровым, и ее последующее развитие дали возможность решить множество проблем, давно ждавших своего решения. Из нее следуют, например, устойчивость быстрого вращения несимметричного тяжелого твердого тела вокруг неподвижной точки, устойчивость движения астероида пренебрежимой массы в плоской ограниченной задаче трех тел, а также сохранение большинства магнитных поверхностей при малых изменениях магнитного поля в тороидальных системах. Сам метод, предложенный Колмогоровым и позволивший преодолеть трудности, связанные с малыми знаменателями, впоследствии развивался

учеником Андрея Николаевича В.И.Арнольдом и швейцарским математиком Юргеном Мозером — теперь известная КАМ-теория (Колмогорова—Арнольда—Мозера).

За работы по теории возмущений гамильтоновых систем А.Н.Колмогоров и В.И.Арнольд в 1965 г. были удостоены Ленинской премии.

Необыкновенный подъем

Десятилетие 1953—1963 было необычайно плодотворным. В память всем 1953-м Андрею Николаевичу исполнилось пятьдесят. 5 мая 1953 г. в 74-й аудитории старого здания Московского университета на Моховой на торжественном совместном заседании ученого совета механико-математического факультета, Московского математического общества, Отделения физико-математических наук АН СССР и Математического института им.В.А.Стеклова И.Г.Петровский выступил с докладом: «Роль А.Н.Колмогорова в математической жизни нашей страны». Второй большой доклад П.С.Александрова, И.М.Гельфанда и А.Я.Хинчина назывался «А.Н.Колмогоров как математик». В ответ на многочисленные приветствия Андрей Николаевич сказал: «Главное было то, что в 1953 г. появилась надежда. От этого я почувствовал какой-то необыкновенный подъем. Мне посчастливилось открыть некоторые закономерности природы... Но моя основная любовь — математика. Берясь за многое, я много ошибался и вызывал много острых обид. В трудные минуты жизни, когда мне казалось, что я провалился и перессорился, ко мне вдруг все тепло относилось. Вероятно, потому, что я всегда ошибался не для себя, а для дела».

В это десятилетие, наряду со становлением КАМ-теории, была решена 13-я проблема Гильберта (с участием на завершаю-

щей стадии Арнольда) и затем дано ее поразительное обобщение, создана новая глава теории приближений и вычислительной математики (ϵ -энтропия), доказана равномерная предельная теорема в теории вероятностей — одно из высших достижений в этой области, сделан крупнейший сдвиг в эргодической теории. Необычайно плодотворна и работа Колмогорова с учениками: под его руководством были получены выдающиеся результаты в теории случайных процессов (Ю.К.Беляев, В.П.Леонов, Р.Ф.Матвеев, Ю.А.Розанов, Я.Г.Синай, А.Н.Ширяев), была начата новая глава в теории динамических систем (В.М.Алексеев, В.И.Арнольд, Я.Г.Синай, К.А.Ситников), созданы новые главы в теории информации (И.М.Гельфанд и А.М.Яглом, Р.Л.Добрушин, М.С.Пинскер), заложено новое направление в функциональном анализе — линейная и аппроксимативная размерность. В эти же годы были инициированы замечательные работы по математической логике (Ю.Т.Медведев, В.А.Успенский), по классической теории вероятностей (В.С.Королюк, В.С.Михалевич, С.Х.Сираждинов, А.В.Скорород) и по ее новым направлениям, в частности функциональным предельным теоремам и принципу инвариантности (Ю.В.Прохоров, А.В.Скорород), по новым направлениям в теории приближений — поперечники, экстремальные задачи (К.И.Бабенко, А.Г.Витушкин, А.А.Гончар, В.Д.Ерохин, В.М.Тихомиров). Колмогоровым были выдвинуты яркие идеи в дискретной математике и кибернетике (Я.М.Барзинь, Ю.П.Офман). И еще многое-многое другое.

В эти же годы (1954—1958) Андрей Николаевич становится деканом механико-математического факультета университета, т.е. непосредственно возглавляет учебный процесс и всю организацию жизни этого уникального коллектива. «Андрей Николаевич был замечательным деканом. Он говорил, что надо

прощать талантливым людям их талантливость, и спас не одного из известных сейчас математиков от исключения из университета. Уровня, которого достиг тогда факультет, он более никогда не достигал и вряд ли когда достигнет», — свидетельствует Арнольд [13], бывший тогда студентом. Колмогоров возглавляет также и отделение математики, курируя всю аспирантуру. «Стремиться к административной деятельности — я никогда не стремился. В некоторых случаях было такое чувство долга, вера в то, что если я возьмусь, то сделаю существенно лучше — ну, в случае деканства моего, например...» — замечает сам Андрей Николаевич.

Весенний семестр 1958 г. Колмогоров проводит в Парижском университете, почетным доктором которого он был избран в 1955-м. Сохранился отчет Андрея Николаевича об этой командировке, с ним можно ознакомиться в очерке о жизни и творчестве Андрея Николаевича (первая книга юбилейного издания «Колмогоров»). Приведем самый конец отчета:

«На собственную научную и литературную работу у меня оставалось немного времени, но все же я получил некоторые новые результаты в теории приближений, усовершенствовал многие доказательства теорем.

Кроме того, во время посещения Всемирной выставки в Брюсселе я прочел доклад в Брюссельском университете с изложением некоторых результатов по теории функций. Аналогичный доклад я прочел 19 июня в Гёттингене (ФРГ), где пробыл на обратном пути один день. Также на обратном пути я прочел два доклада в Праге, задержавшись там для этого на два дня, и один доклад в Варшаве 24 июня».

Наверное, в этот единственный июньский день 1958 г., проведенный Андреем Николаевичем в Гёттингене, ему вспоминались многие и многие другие



С учениками на Уче в день 75-летия: В.А.Лебедев, М.Б.Малютов, А.В.Булинский, Г.В.Мартынов, В.И.Питербарг, А.Н.Колмогоров, Л.И.Питербарг, В.М.Тихомиров. 1978 г.

дни — в 30-х годах он неоднократно бывал в Гёттингенском университете с его Математическим обществом и уникальной, основанной Ф.Клейном, библиотекой (от читального зала у всех, в том числе и у Колмогорова с Александровым, были свои ключи), с его спортивными площадками и купальным заведением Кли, которые они с Павлом Сергеевичем тоже не оставляли своим вниманием. А главное — тогда были живы и открыты к общению Д.Гильберт и Р.Куррант, А.Вейль и Э.Нётер...

Программа подъема математической культуры статистических исследований

В самом начале 60-х Колмогоров, которого всерьез удручала низкая культура статистических исследований в стране, открывает при механико-математическом факультете университета лабораторию вероятностных и статистических методов, которую все сразу стали называть колмогоровской. Получив таким образом возможность набрать новых сотрудников для

прикладных исследований, Колмогоров приглашает помощником В.В.Налимова, специалиста в области планирования статистического эксперимента, и вместе с ним организует работу семи отделов: теоретического, который берет себе; теории вероятностей и случайных процессов; планирования эксперимента; статистических методов в медицине; теории надежности и массового обслуживания; статистических методов в геологии; вычислительной техники. «Первое, что меня поразило, — это удивительная озабоченность Андрея Николаевича практическими приложениями — он, будучи активно работающим математиком-мыслителем, живущим в мире абстрактных идей, взял на себя тяжкий труд по созданию и руководству Лабораторией», — пишет в своих воспоминаниях Налимов [2].

В этой лаборатории среди прочих важных прикладных исследований Андрей Николаевич занялся с молодыми сотрудниками (Н.Г.Рычковой, Н.Д.Светловой, А.П.Савчук, А.В.Прохоровым) некоторыми работами по стиховедению, осуществив таким образом свою давнюю мечту. Он ор-

ганизует и первые опыты по определению энтропии текста с помощью угадывания продолжений. Идея таких опытов, восходящая к К.Шеннону, была Андреем Николаевичем усовершенствована и привела к численным результатам. Вообще в эти годы он публикует более десятка статей стиховедческой и лингвистической тематики.

Колмогоров основывает при лаборатории уникальную библиотеку по теории вероятностей и математической статистике. Зарубежные книги и журналы закупаются и выписываются на средства, составившие денежную часть присужденной ему в 1962 г. Международной премии Фонда Бальцана. (Этой премии, задуманной как аналог Нобелевской в областях, не охваченных Нобелевским фондом, вместе с Колмогоровым были тогда удостоены Папа Иоанн XXIII, биолог Карл фон Фриш, историк Сэмюэл Морисон и композитор Пауль Хиндемит.)

В 1963 г. в ознаменование 60-летия со дня рождения Колмогорову было присвоено звание Героя Социалистического Труда «За выдающиеся заслуги в области математики».

Дело, столь важное для нашей страны

Начиная примерно с этого времени, с середины 60-х, Андрей Николаевич переносит центр тяжести своей деятельности на реформирование математического образования в средней школе. И хотя реформа эта была очень дискусионной, многими встречена в штыки и отняла у Андрея Николаевича массу нервной энергии, результат ее можно сформулировать словами академика А.П.Ершова: «На колмогоровских программах выросло новое поколение успешно работающих математиков, которое доминирует в лучших проявлениях нашей математической мыс-

ли и практики. Кроме того, учителя, при всех пережитых ими трудностях, вкусили немало свежих и новаторских мыслей и тем самым перешли на новый уровень самосознания. Активность А.Н.Колмогорова пробудила творческую энергию коллег-академиков, в результате чего математическая литература по школьной математике весьма обогатилась» [14].

Школьным математическим образованием Колмогоров занимается и непосредственно. В том же 1963-м он открывает в Москве специализированную физико-математическую школу-интернат для одаренных ребят из провинции (по уставу, москвичей в школу не принимали), возглавляет ее попечительский совет, подбирает учителей (многие из его непосредственных университетских учеников-аспирантов идут преподавать в этой школе), сам ведет уроки и читает лекции, проводит выездные школы летом по отбору новых учащихся и, конечно, пишет учебники. Школа, которую всегда называли колмогоровской, с 1989 г. непосредственно состоит при университете и официально носит его имя.

В 1970 г. Андрей Николаевич вместе с И.К.Кикоиным учреждает новый физико-математический журнал для юношества «Квант». В журнале Колмогоров возглавляет математический раздел и начиная с первого же номера пишет туда статьи. «Очень ценно, что Вы, ученый такого исключительно крупного научного дарования, занимаетесь вопросом воспитания молодежи», — пишет Колмогорову П.Л.Капица. Это увлечение Андрея Николаевича школой нельзя считать неожиданным. В своем интервью, которое он дает кинодокументалисту А.Н.Марутяну во время подготовки фильма к его 80-летию, Андрей Николаевич в ответ на вопрос о выборе профессии говорит: «Был довольно длинный период, когда наиболее увлекавшей меня перспективой было <...> положение директора такой идеальной школы, не обязательно математической».

В пору студенческой юности Андрей Николаевич преподавал математику и физику в средней школе на ул.Потылиха в Москве. Пришел он туда ради дополнительного заработка, но всегда вспоминал об этой школе с ис-

кренним удовольствием: «Тогда не боялись поручать преподавание двух предметов сразу девятнадцатилетним учителям. Я принимал самое активное участие в жизни школы — был секретарем школьного совета и воспитателем в интернате».

И в свой предпоследний, 83-й, день рождения, когда он собрал самых близких из своих учеников в комаровском доме, он опять говорит о школе: «Я считаю свою научную карьеру, в смысле получения новых результатов, законченной. Печалюсь об этом, но склоняюсь перед неизбежностью. В последние годы моя деятельность развивается в другом направлении — в участии в деле, столь важном для нашей страны, как реформа школы. Тут я, во-первых, думаю, что, если старость не помешает, я смогу внести еще много полезного и даже незаменимого, работая над учебниками для обычной школы и для юношества, увлеченного наукой. Оба направления деятельности меня увлекают, и имеется желание участвовать в них самым энергичным образом и с юношеским задором».

«И с юношеским задором» — то есть как всегда. ■

Литература

1. Боголюбов Н.Н., Гнеденко Б.В., Соболев С.Л. // УМН. 1983. Т.38. Вып.4.
2. Колмогоров в воспоминаниях / Ред.-сост. А.Н.Ширяев. М., 1993.
3. Явление чрезвычайное. Книга о Колмогорове / Ред. В.М.Тихомиров; Сост. Н.Х.Розов. М., 1999.
4. Kolmogorov in Perspective // A.M.S./L.M.S. History of Mathematics. 2000. V.20.
5. Колмогоров А.Н. Как я стал математиком // Огонек. 1963. №48.
6. Колмогоров А.Н. Воспоминания о П.С.Александрове // УМН. 1986. Т.41. Вып.6.
7. Последнее интервью: [Беседа А.Н.Колмогорова с А.Н.Марутяном, 1983 г.] // Явление чрезвычайное. Книга о Колмогорове / Ред. В.М.Тихомиров; Сост. Н.Х.Розов. М., 1999.
8. Колмогоров А.Н., Люстерник Л.А., Тихонов А.Н. и др. Павел Сергеевич Александров (К 70-летию со дня рождения и 50-летию научной деятельности) // УМН. 1966. Т.21. Вып.4.
9. Колмогоров А.Н., Архангельский А.В., Мальцев А.А., Олейник О.А. Павел Сергеевич Александров (К 80-летию со дня рождения) // УМН. 1976. Т.31. Вып.5.
10. Колмогоров А.Н. Новгородское землевладение XV века / Публ. Л.А.Бассалыго. Наука, 1994.
11. Александров П.С. Страницы автобиографии // УМН. 1981. №6.
12. Александров П.С. Несколько слов об А. Н. Колмогорове // УМН. 1983. Т.38. Вып.4.
13. Арнольд В.И. Об А.Н.Колмогорове / Колмогоров в воспоминаниях / Ред.-состав. А.Н.Ширяев. М., 1993.
14. Ершов А.П. Компьютеризация школы и математическое образование // Математика в школе. 1989. №1.

Проблемы цитомегаловирусной инфекции

Р.В.Вартанян

За последние 25 лет выявлено более 30 видов новых инфекционных заболеваний, среди которых уже известные и хорошо контролируемые болезни получили широкое распространение. В этом ряду особое место занимает цитомегаловирусная инфекция (ЦМВИ, цитомегалия), которая вызывается вирусом, относящимся к семейству герпесов. Несмотря на то что история этой болезни насчитывает более 100 лет, наши знания о ее значении в патологии детей и взрослых далеко не полные. По определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), цитомегалия — новая таинственная инфекция.

27 июня 1881 г. на заседании Нижнерейнского общества врачей немецкий патологоанатом Х.Риберт впервые описал гипертрофию почечных канальцев при нефрите у мертворожденного младенца с врожденным сифилисом. Обнаружив в эпителии почечных канальцев необычные гигантские клетки с ядерными включениями, он предположил, что их возникновение обусловлено специфической инфекцией. Позднее, в 1904 г., он описал подобные клетки в различных органах новорожденных детей [1].



Раиса Викторовна Вартанян, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник клинического отдела Научно-исследовательского института вирусологии им.Д.И.Ивановского РАМН. Научные интересы связаны с патологией внутриутробных инфекций и заболеваниями органов дыхания, вызываемыми респираторными вирусами.

В 1921 г. Е.Гоодпаустун и Ф.Талбот впервые высказали мнение, что гигантские клетки образуются из нормальных эпителиальных клеток в результате хронического воспаления, и назвали их цитомегалами, а состояния, при которых они встречаются, — детской цитомегалией. Спустя четыре года были описаны такие же клетки в печени и кишечнике умершего тридцатилетнего мужчины, страдавшего язвенным колитом и абсцессом печени.

В 1926 г. Р.Коле и А.Куттнер доказали вирусную природу цитомегалии у животных, выделив вирус из слюнных желез грызунов и проведя его семь пасса-

жей. А спустя шесть лет К.Фарбер и К.Вольбах предположили, что цитомегалия у детей также вирусного происхождения. Только в 1956 г. А.Смит и В.Рове независимо друг от друга изолировали цитомегаловирус (ЦМВ) из ткани почек и подчелюстной железы. Через год А.Веллер с сотрудниками обнаружили этот вирус в моче у детей с клиническими симптомами цитомегалии и рекомендовали использовать свой метод для диагностики. В нашей стране первые работы, посвященные этому заболеванию, относятся к 1958 г., а в 1961 г. вирус был выделен из мочи, слюны и молока кормящих матерей. В 1967 г. ЦМВИ во-

шла как нозологическая единица в международную номенклатуру ВОЗ.

Известно, что источник инфекции — человек, носитель вируса или больной острой формой. В большинстве случаев цитомегалия протекает латентно, но становится опасной при беременности, в перинатальном периоде, у детей раннего возраста, а также при иммунодефиците. После первичного инфицирования вирус не выводится из организма хозяина, а циркулирует в нем всю жизнь. Отсюда и довольно высокая (до 100%) его выявляемость в отдельных популяциях.

Семейство *Herpes viridae*, к которому принадлежит цитомегаловирус (HHV5, или *Cytomegalovirus*), объединяет около 70 вирусов и включает три подсемейства: *Alphaherpesvirinal*, куда входят вирусы простого герпеса человека, ветряной оспы и опоясывающего герпеса; *Gammaherpesvirinal*, к которому относится вирус Эпштейн—Барра; *Bethaherpesvirinal*, включающее вирус цитомегалии человека и мышей.

Все вирионы герпеса имеют примерно одинаковый размер (120—150 нм в диаметре) и сложное строение. Сердцевина, заключенная в белковый капсид, содержит ДНК. Геном вируса представляет линейная двунитчатая ДНК с молекулярной массой 80—150·10⁶. Капсид, состоящий из 162 мономеров, окружен липопротеидной оболочкой с шипиками на поверхности. Между капсидом и оболочкой расположен слой, размер которого значительно варьирует у разных вирусов. Молекулярная масса вирионов более 10·10⁸.

Пять гликопротеидов (оА, оВ, оС, оD и оЕ) расположены на наружной поверхности липопротеидной оболочки. Ряд вирусных антигенов связан и с внутренними белками, и с гликопротеидами. Основные иммуногены — гликопротеиды (gB, gC, gD), которые индуциру-

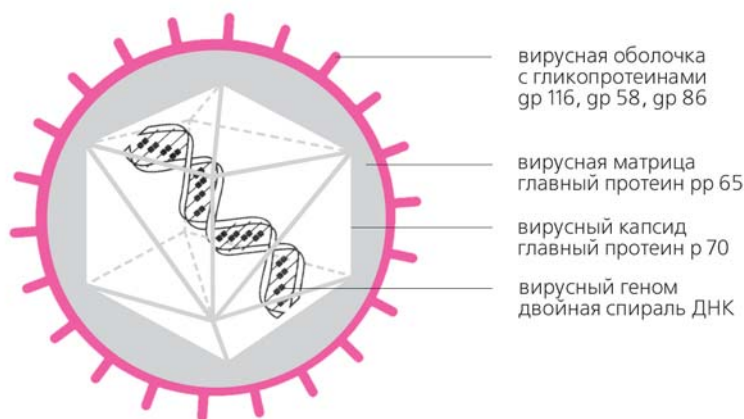


Схема строения цитомегаловируса.

ют синтез антител, нейтрализующих вирус, и клеточный иммунный ответ организма.

Вирусы термолabileльны, чувствительны к эфиру, детергентам, инактивируются при pH < 4.0 и хорошо сохраняются при комнатной температуре.

В клетку проникают путем рецепторного эндоцитоза. В результате слияния плазматической и вирусной мембран и стенки эндоцитарной вакуоли липопротеидная мембрана вируса разрушается и нуклеокапсид достигает клеточного ядра.

Вирус активизирует синтез ряда клеточных ферментов, а также двух собственных. В инфицированных клетках образуется большое количество вирусспецифических белков, которые превращаются в структурные вирусные белки. Капсидные белки, проникшие в клеточное ядро, ассоциируются с вновь синтезированными геномами. Нуклеокапсиды соединяются с модифицированными участками ядерной мембраны, и вирусные частицы отпочковываются в околоядерное пространство. Затем они транспортируются в аппарат Гольджи и оттуда выносятся на поверхность плазматической мембраны [2].

Для цитомегаловируса характерна медленная репликация, низкая вирулентность и способность подавлять кле-

точный иммунитет. Различают три стадии репликации.

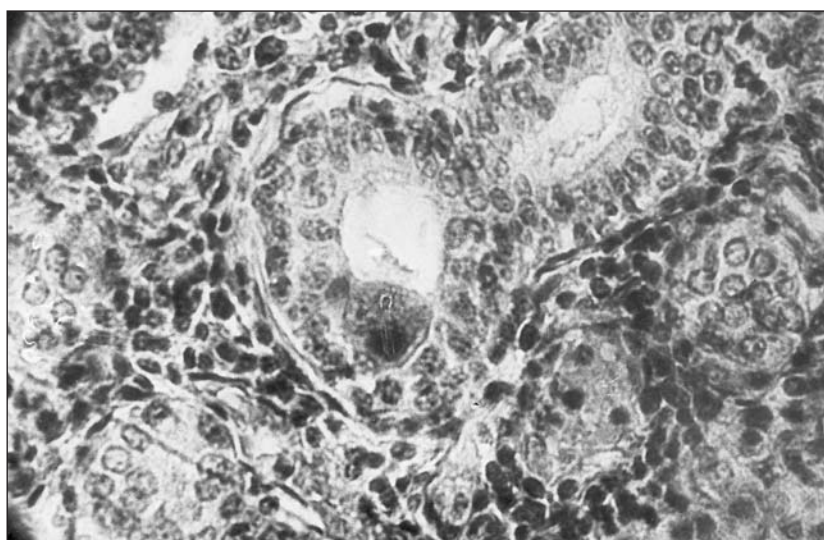
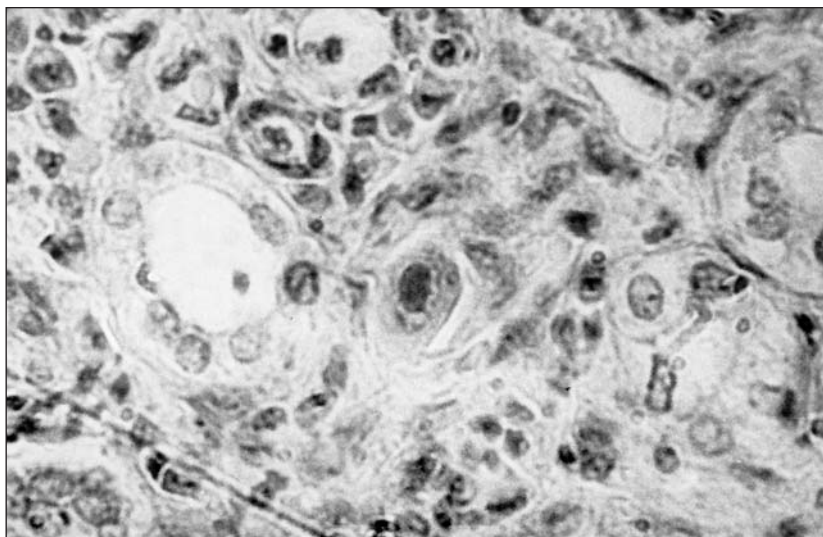
Очень ранняя фаза продолжается первые 24 ч после инфицирования. В этот период образуются протеины, обеспечивающие начало вирусной репликации. Антигены аккумулируются в клеточном ядре и синтезируются в течение вирусной репликации.

Ранняя фаза определяется от начала синтеза вирусной ДНК (спустя 2—4 ч от инфицирования) и длится 24—72 ч. На этом этапе возникают ферменты, необходимые для размножения ДНК, — ДНК-полимеразы.

Поздняя фаза начинается спустя 24—48 ч после инфицирования и заканчивается гибелью клетки. Вирус строится в ядре клетки, а затем вымывается через цитоплазму к поверхности клетки.

На электронно-микроскопических снимках цитоплазматические и внутриядерные вирусные частицы имеют различное строение. Чаще всего в ядрах вирусных клеток видны частицы в виде колечек, реже — кольцевидные двухконтурные частицы. Встречаются электронно-плотные образования округлой, овальной форм различной величины, часто в виде скоплений.

Морфологии цитомегаловирусных поражений посвящено много работ как в нашей стране,



Цитомегаловирусные включения, напоминающие свиный глаз, в почечном канальце (вверху) и в протоках слюнной железы. Увел. 320.

так и за рубежом. Основной, наиболее типичный признак — появление гигантских (диаметром 25–40 мкм) клеток с ядерными и цитоплазматическими включениями, похожих на свиный глаз. Они имеют типичную структуру, разнообразную форму и размеры, зависящие от стадии метаморфоза. Обнаружение подобных клеток в моче, слюне и других выделениях позволяют поставить диагноз цитомегалии.

Наиболее часто цитомегалы встречаются в слюнных железах, почках, печени, поджелудочной железе, кишечнике, над-

почечниках, щитовидной железе, мозге и легких. Поскольку вирус выделяется с мочой, носоглоточным секретом, слюной, спермой, молоком, кровью, заражение соответственно может быть перинатальным, трансплacentарным, через грудное молоко, трансфузию крови и ее препаратов, половым и контактно-бытовым. Когда-то из-за частого обнаружения в слюне пациентов цитомегаловирусных включений даже существовал термин «болезнь поцелуев». Распространенность этой инфекции зависит от социально-эко-

номических и гигиенических условий жизни. У лиц, имеющих более низкий уровень жизни и проживающих в условиях скученности, антитела к цитомегаловирусу определяются чаще.

Механизм развития заболевания зависит от пути передачи вируса, его особенностей, а также от состояния организма в момент инфицирования, и в первую очередь иммунитета. Первичная репродукция вируса вероятнее всего происходит в клетках ретикулоэндотелиальной системы и эндотелия в результате его непосредственного перехода из одной клетки в другую.

Отдельные специалисты считают, что вирус попадает в слюнные железы, где может длительно циркулировать, проходя своеобразную тренировку вирулентности. Эпителиальные клетки слюнных желез — хорошая питательная среда для вируса, в которой его активность, а значит, и способность проникать в клетки, достаточно высоки. При носительстве или латентной инфекции, когда подавлен иммунитет (вирусные инфекции, гиповитаминозы, облучение, беременность), вирус реактивируется и может привести к активному процессу. В настоящее время активно изучается роль иммунной системы в патогенезе заболевания, в основном клеточного звена иммунитета.

Многообразие клинических форм этой инфекции обусловлено способностью вируса поражать различные ткани и органы. Это дало повод сравнивать цитомегаловирус с многоликим Протеем — мифологическим чудовищем, принимающим облик различных существ.

Вспомним, что впервые цитомегалия была обнаружена у новорожденного. И сегодня эта инфекция особое значение имеет для беременных и детей, среди которых она распространяется из-за увеличения числа инфицированных женщин. Вирус в основном попадает к детям от матерей-носителей. В ходе беременности плод получает

его через плаценту. Во время родов источником может быть инфицированная шейка матки. Наиболее опасны для плода первые 20 недель беременности при первичном заражении женщины. Инфицирование в ранние сроки беременности приводит к мертворождению, выкидышам и различным уродствам. Заражение во второй половине беременности или реактивация хронической цитомегалии вызывает внутриутробное поражение различных органов и систем у плода. После родов важную роль в передаче инфекции играет грудное вскармливание. У 8—10% детей, рожденных от матерей с первичной цитомегалией, имеются клинические признаки — гепатоспленомегалия, гидроцефалия, микроцефалия, тромбоцитопения, петехии, гепатит. Спустя несколько лет после заражения у 5—15% детей может возникнуть слепота, глухота, умственная отсталость, т.е. дети с такими расстройствами становятся инвалидами [3, 4].

Наиболее часто страдает печень, при этом гепатит протекает в безжелтушной и желтушной форме. У новорожденных цитомегалы находят в эпителии желчных протоков, в капиллярах и реже в паренхиме.

В головном мозге в результате инфекции развивается гидроцефалия или микроцефалия. Инфицированию, особенно у новорожденных, подвергаются нервные клетки и глиа [5]. При УЗИ выявляют кисты, хореоретинит с атрофией зрительного нерва, нередко приводящий к слепоте.

При поражении желудочно-кишечного тракта возникает диспептический синдром, энтероколит, ведущий к дистрофии. Особенно часто ЦМВ-антиген выявляется в клетках пищевода, тонкой и толстой кишке, в прямой кишке.

Когда вирус проникает в нижние дыхательные пути, картина характеризуется появлением бронхита, бронхиолита и интерстициальной пневмонии.

Цитомегалия способствует возникновению миокардитов, васкулопатий, атеросклероза [4]. Постоянные носители или резервуары вируса — больные СПИДом, которые и распространяют инфекцию [6]. Высокий риск заражения отмечен также для онкологических больных, проходящих курс агрессивной химиотерапии.

В настоящее время ведется поиск новых локализаций цитомегаловируса и генеза самого заболевания. Как довольно часто бывает, прогресс в одной области создает проблемы в смежных областях. Так, достижения трансплантологии породили новые проблемы в отношении вирусных заболеваний, сопровождающих пересадку органов. Ведущим инфекционным фактором в трансплантологии считается цитомегаловирус. После пересадки различных органов риск заражения резко возрастает (от 69 до 92%) и зависит от иммунного статуса реципиента (пациента), донора и от наличия (или отсутствия) профилактики инфекции. Особенно отчетливо такая тенденция проявляется при трансплантации костного мозга: очень часто наблюдается тяжелая пневмония, нередко заканчивающаяся летальным исходом. В то же время успехи реконструктивной хирургии одновременно стимулируют и поиск новых диагностических технологий и терапевтические подходы к цитомегаловирусной инфекции.

В отличие от других вирусных заболеваний клинический диагноз цитомегалии нельзя установить без соответствующего лабораторного подтверждения. В настоящее время существует целый ряд лабораторных методов. Сравнительно простым и доступным считается присутствие в осадках слюны и мочи характерных внутриядерных включений. Для клинициста более значимы вирусологические методы, основанные на выделении вируса или его белковых

антигенов в культуре ткани, зараженной материалами от больных. Наряду с этим используют также и иммунологические тесты — определение специфических антител различных классов. Так, наличие IgM антител свидетельствует об острой форме инфекции или ее реактивации, IgG — о латентной или хронической форме.

В последнее время для обнаружения вирусной ДНК широко применяются молекулярно-биологические методы: молекулярная гибридизация, полимеразная цепная реакция. Помимо специфических лабораторных данных, необходимо учитывать клинические проявления, анамнез и результаты других методов исследования (УЗИ, биохимии крови, состояния Т-клеточного иммунитета и др.).

Несмотря на то что цитомегаловирусную инфекцию изучают более 100 лет, единой классификации этого заболевания нет ни в нашей стране, ни за рубежом. В повседневной практике мы используем рабочий вариант, предложенный сотрудниками Института вирусологии им.Д.И.Ивановского (с учетом срока и механизма инфицирования): врожденная и приобретенная ЦМВИ, острая и хроническая форма, реактивация инфекции, латентное течение (табл.). Правомерная интерпретация лабораторных показателей, определение формы и типа течения болезни способствуют выбору оптимальной терапии [7].

Эффективное лечение цитомегалии сопряжено с определенными трудностями как в диагностике, так и в выборе медикаментов. В арсенале врачей сегодня имеются несколько терапевтических средств — антивирусные препараты (ганцикловир, фоскарнет, валганцикловир) и человеческие иммуноглобулины, оказывающие антиинфекционное и иммуномодулирующее действие.

Ганцикловир подавляет синтез ДНК вируса при активной

Таблица

Классификация цитомегаловирусной инфекции у детей

Форма инфекции	Степень тяжести	Вид инфекции	Критерии установления	Течение
ВРОЖДЕННАЯ (при внутриутробном инфицировании)	Легкая Среднетяжелая Тяжелая	Первичная: острая, хроническая, реактивированная	Появление симптомов заболевания или выявление маркеров инфекции в течение первых двух недель жизни	Субклиническое Гематологическое (моноклеозоподобный, нейтропенический, тромбоцитопенический, анемический, панцитопенический синдромы) Органное (с поражением печени, легких, ЦНС, почек, сердца, кишечника, желудка, пищевода, поджелудочной железы, надпочечников, слюнных желез, кожи, внутреннего уха, глаз и др.) Генерализованное (при поражении трех и более органов)
ПЕРИНАТАЛЬНАЯ (при инфицировании интранатально или в течение первого месяца жизни)	Легкая Среднетяжелая Тяжелая	Первичная: острая, хроническая, реактивированная	Появление симптомов заболевания либо обнаружение маркеров инфекции впервые после 14 дня и по 4 месяц жизни включительно	Аналогично врожденной инфекции
ПРИОБРЕТЕННАЯ (при инфицировании в возрасте старше 1 месяца)	Легкая Среднетяжелая Тяжелая	Первичная: острая, хроническая, реактивированная	Появление симптомов заболевания или первичное выявление маркеров инфекции впервые начиная с 5 месяца жизни	Субклиническое Моноклеозоподобное Гематологическое (нейтропенический, тромбоцитопенический, анемический, панцитопенический синдромы) Далее аналогично врожденной инфекции

фазе болезни. Показания для его применения очень строгие: наличие вируса в культуре клеток, определение цитомегаловирусного антигена в крови, моче или методом молекулярной гибридизации ДНК цитомегаловируса. Если анализы не подтверждают активную инфекцию, то ставить диагноз только по присутствию антител к ЦМВ или по обнаружению вирусных включений в биоптатах нужно осторожно.

Специфические анти-ЦМВ-иммуноглобулины (Цитотект, Мегалотект) в отличие от противовирусных препаратов способствуют нейтрализации свободного и внутриклеточного вируса, тем самым предотвращая инфицирование других клеток.

Однако и противовирусные препараты, и иммуноглобулин Цитотект весьма дорогостоящие, и их применение в наших условиях проблематично. Для нейтрализации ЦМВ-антигена и ограничения размножения вируса в организме мы используем отечественный нор-

мальный человеческий иммуноглобулин для внутримышечного введения (титр антител к ЦМВ в иммуноферментном анализе 1:640 000).

Многолетние наблюдения за пациентами, инфицированными цитомегаловирусом, выявили дисбаланс иммунокомпетентных клеток (снижение субпопуляций хелперов—индукторов и увеличение супрессоров—киллеров, снижение соотношений хелперов—супрессоров <1.0 и активности естественных киллеров). Полученные данные о нарушениях Т-клеточного иммунитета при цитомегалии послужили основанием для применения иммуномодуляторов (тактивин, рибомунил и т.д.), т.е. возникли предпосылки для патогенетической терапии. В ходе поиска наиболее эффективного лечения принималась во внимание слабая продукция интерферона, поэтому появилась необходимость в препаратах интерферонового ряда (виферон) или индукторов интерферона.

Накопленный за много лет опыт (более 700 инфицированных пациентов) позволил разработать несколько терапевтических режимов в зависимости от клинических проявлений и тяжести заболевания [8]. При тяжелых формах (прогрессирующей гидроцефалии, энцефалопатии, фетального гепатита, лихорадки, иммунодефицитного состояния), представляющих угрозу для жизни пациентов, назначали ганцикловир. В результате лечения активность вирусной инфекции подавлялась.

Больным с реактивированной формой назначали отечественный нормальный иммуноглобулин с высоким титром анти-ЦМВ-IgG. Терапевтический эффект наблюдали по отсутствию антигена цитомегаловируса в крови, моче и по нормализации температуры. Однако у 20% больных после лечения иммуноглобулином сохранялись и антиген ЦМВ, и анти-ЦМВ-IgM, свидетельствующие

об остроте процесса. В этих случаях повторяли курс иммуноглобулина в сочетании с тактивином, что приводило к исчезновению остаточной клинической симптоматики и признаков острой инфекции.

В ходе поиска наиболее эффективного лечения цитомегалии возникла необходимость в комбинированной терапии, т.е. в одновременном использовании противцитомегаловирусного иммуноглобулина и интерферонов (виферона, неовира, циклоферона). В результате такого лечения у подавляющего большинства больных (82%) признаки острой инфекции исчезали.

Сложности диагностики и лечения обусловлены много-

факторностью цитомегалии, и решение этих задач зависит от мастерства врачей и медицинского персонала. Опыт последнего 20-летия свидетельствует, что в отдельных случаях недостаточная компетентность врачей приводит к диагностическим ошибкам, следовательно, к неправильному лечению, а нередко — к так называемой дорогостоящей несистематизированной политерапии. Проблема усложняется и тем, что в последние годы появилось на рынке много названий препаратов и модуляторов, которые не совсем объективно рекламируются различными зарубежными фирмами и компаниями.

Состояние здоровья детей, снижение рождаемости и рез-

кое увеличение инфицированных цитомегаловирусом — все это требует глубоких медико-биологических исследований, дальнейшего улучшения лечебно-диагностической работы, совершенствования здравоохранения, и особенно педиатрических служб. Сегодня диагностика и терапия цитомегалии составляют приоритетный раздел современной науки и практики. Учитывая характер и распространенность этого заболевания в природе, данная проблема важна не только для медиков, но и для специалистов, участвующих в разработке профилактики и поиске химических соединений, применяемых в терапии цитомегаловирусной инфекции. ■

Литература

1. Демидова С.А., Семенова Е.И., Жданов В.М. и др. Цитомегаловирусная инфекция человека. М., 1976.
2. Букринская А.Т. // Вирусология. 1986. С.198—200.
3. Фарбер Н.А., Кетиладзе Е.С. // Сов. медицина. 1982. №2. С.68—71.
4. Ершов Ф.И., Касьянова Н.В. // Инфекции и антимикробная терапия. 2002. Т.4. №4. С.116—119.
5. Лещинская Е.В., Мартыненко И.Н., Демидова С.А. и др. // Вопр. охраны материнства и детства. 1985. №5. С.610—615.
6. Fuomcissi D., Tosti A., Baldelli F. et al. // AIDS. 1997. V.11. P.1341—1345.
7. Чешик С.Г., Малышев Н.А., Досев С.Д. и др. // Рос. вестн. перинатол. и педиатрии. 1995. Т.40. №2. С.15—18.
8. Вартанян Р.В. // Врач. 2002. №3. С.26—28.

Физика

Нанотрубки взрываются от фотовспышки

Группа исследователей из Политехнического института Ренсселара (США) совместно с коллегами из научных учреждений Мексики, Великобритании и Франции попыталась сфотографировать нанотрубки с помощью обычного фотоаппарата со вспышкой¹. Это привело к тому, что блок нанотрубок издал громкий хлопок и, ярко вспыхнув, взорвался. Уче-

¹ См. также: Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки — материал для компьютеров XXI века // Природа. 2000. №11. С.23—32.

ные утверждают, что неожиданно открытый эффект может найти самые разные применения — вплоть до использования в качестве детонаторов для подрыва боезарядов с помощью светового сигнала. Использование же нанотрубок в некоторых других областях этот эффект, возможно, поставит под сомнение или затруднит.

По одной из гипотез, нанотрубки взрываются потому, что световая энергия вспышки превращается в тепловую, а та не может быстро рассеяться вдоль сборки трубок. Как только в их стенках температура углерода достигает 600—700°C, он мгновенно сгорает. Интересно, что взрываются только одностен-

ные нанотрубки и только в кислородсодержащей среде. Ударная волна возникает вследствие нагрева кислорода внутри нанотрубок и между ними (в это время и слышен хлопок).

Другое объяснение эффекта предложила Е.Д.Образцова (Институт общей физики РАН): возможно, так ярко и с выделением большого количества тепла горит ультрадисперсный металл, который остается в одностенных нанотрубках.

Попытка сжечь нанотрубки в газовой среде в отсутствие кислорода привела к тому, что они деформировались — приобрели форму микроконусов.

Science. 2002. V.296. P.705 (США); http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/2_09/index.htm

Камейдаскин

Микро- и наноконтактное взаимодействие твердых тел



Ю.И.Головин, А.И.Тюрин

Человек знакомится с контактным взаимодействием различных тел и испытывает его на самом себе буквально с первых шагов по Земле, отталкиваясь от нее за счет сил трения, набивая шишки об острые предметы, пробуя «на зуб» прочность любимых игрушек, вскрикивая от боли, когда жалит пчела, и т.п. Простейшие технологии обработки материалов и изготовления орудий труда путем обкалывания камней и обтесывания деревяшек, дробления сырья (например, зерна) включали как основной элемент ударное контактное взаимодействие. На протяжении тысячелетий его использовали и в вооруженных столкновениях с применением холодного оружия (стрелы, копья, тарана). В эпоху машин, механизмов и даже компьютеров и роботов роль процессов, происходящих при контактировании различных элементов между собой и с окружающими предметами, несколько не уменьшается. Более того, она даже возрастает, а физические процессы в контакте интенсифицируются и усложняются в связи с ростом нагрузок, скоростей, числа активно действующих факторов и др. Однако что мы знаем о природе кратковременных контактов реальных тел в настоящее время?

© Ю.И.Головин, А.И.Тюрин



Юрий Иванович Головин, доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заведующий кафедрой теоретической и экспериментальной физики Тамбовского государственного университета. Область научных интересов — динамика структурных дефектов в различных материалах, влияние магнитных и микроволновых полей на подвижность дислокаций, нанотехнологии.



Александр Иванович Тюрин, кандидат физико-математических наук, доцент, докторант той же кафедры. Занимается исследованием кинетики процессов наноконтактной деформации, выявлением их стадийности и роли точечных дефектов в массопереносе при динамическом локальном деформировании.

От объема — к поверхности, от поверхности — к точке

Механическое, механохимическое, гальваническое взаимодействия твердых тел в процессе их контактирования происходят первоначально в небольшом числе точек, воспринимающих всю нагрузку (рис.1,а).

При этом в областях с субмикронными характерными размерами развиваются напряжения, близкие к теоретическому пределу прочности (порядка нескольких процентов от модуля Юнга), и относительные деформации ϵ в десятки процентов. (Напомним, что интенсивность деформации определяется безразмерной величиной $\epsilon = \Delta L/L$,

где ΔL — изменение исходного размера L .) Причем подобные напряжения возникают даже в таких хрупких и не деформируемых пластически (в обычных условиях) материалах, как карбиды или бориды тугоплавких металлов.

По мере удаления от точки контакта напряжения и деформации быстро падают и не представляют уже никакой опасности для материала. Благодаря крайней малости локально деформированной области ($R < 1$ мкм) скорость относительной деформации, определяющая атомные механизмы пластического течения, $\dot{\epsilon} = d\epsilon/dt = dR/R \cdot dt = v/R$ (даже при невысоких скоростях абсолютного перемещения $v < 1$ м/с) достигает значений 10^6 с⁻¹, характерных для деформации детонирующим взрывчатым веществом (рис.2). Такковы условия при сухом трении одного тела по поверхности другого, механическом шлифовании, абразивном износе (например, при движении ленты вдоль магнитных головок в магнитофоне), при накоплении повреждений в результате соударения пылинок с поверхностью движущихся транспортных средств (в том числе и космических), при тонком помоле в различных мельницах и в активаторах механохимических реакций, в контактных модах зондовой атомно-силовой микроскопии и при модификации поверхности, в вершине быстро растущей квазихрупкой трещины и во многих иных ситуациях (рис.1). Атомарные процессы, которые происходят при этом в тонких приповерхностных слоях, определяют служебные свойства изделия, его долговечность, износостойкость, коэффициент трения, химическую и каталитическую активность поверхности, ее способность эмитировать электроны и другие частицы, а также многое другое. До последнего времени эти процессы изучались главным образом феноменологически на макроуровне путем ус-

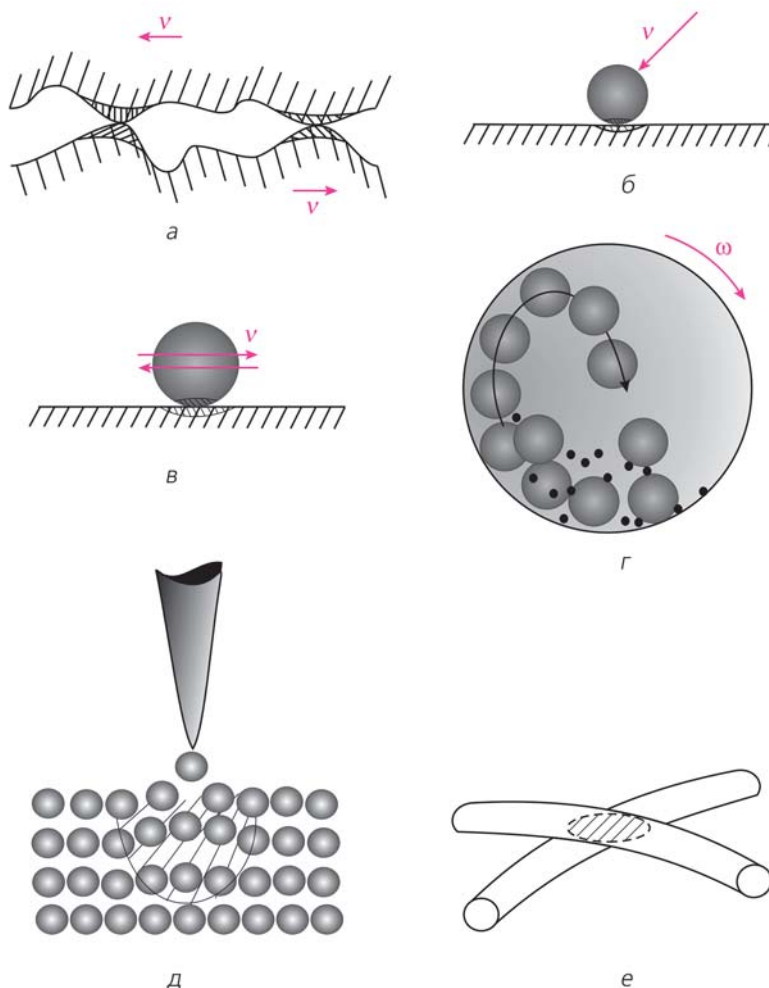


Рис. 1. Примеры ситуаций, в которых реализуется наноконтактное взаимодействие (v — линейная скорость, ω — угловая скорость; тонкая штриховка обозначает области высокой локальной деформации):
 а — сухое трение, абразивный износ при латеральном перемещении одной микрошероховатой поверхности по другой;
 б — эрозионный износ поверхности мелкими частицами, бомбардирующими ее под разными углами;
 в — локальная приповерхностная усталость, фреттинг под действием знакопеременной локальной нагрузки;
 г — тонкий помол, механохимический синтез продуктов в шаровой мельнице, осуществляемый за счет кратковременного ударного контактирования твердых шаров;
 д — исследование и модификация поверхности атомно-острыми иглами в туннельных и атомно-силовых микроскопах;
 е — наноконтакт в области соприкосновения двух фуллереновых нанотрубок.

реднения характеристик по всей кажущейся поверхности контакта. Поэтому большинство подобных проблем находилось в ведении инженеров-механиков, технологов, электриков.

С начала 90-х годов прошлого века к изучению контактных взаимодействий стали привлекать современные физические методы, обладающие нанометровым разрешением (такие

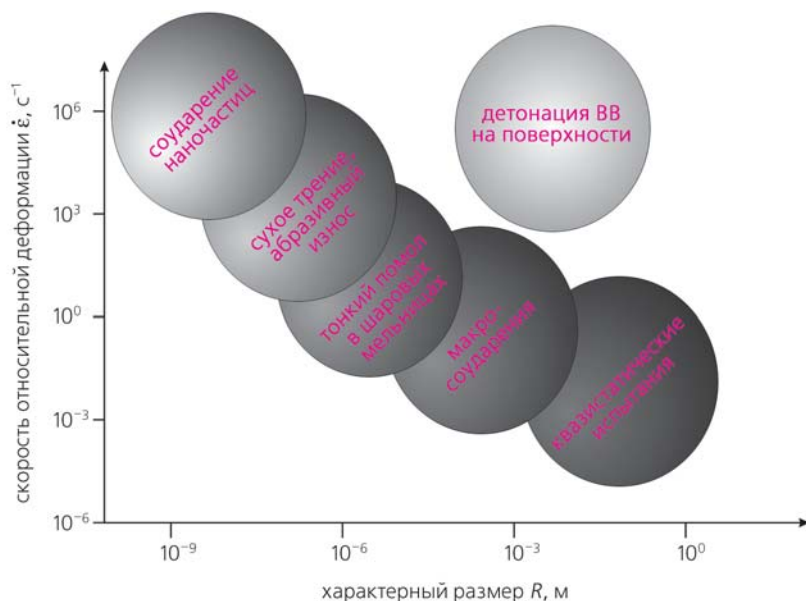


Рис.2. Связь скорости относительной деформации $\dot{\epsilon}$ с характерными размерами объектов для некоторых процессов (ВВ — взрывчатое вещество).

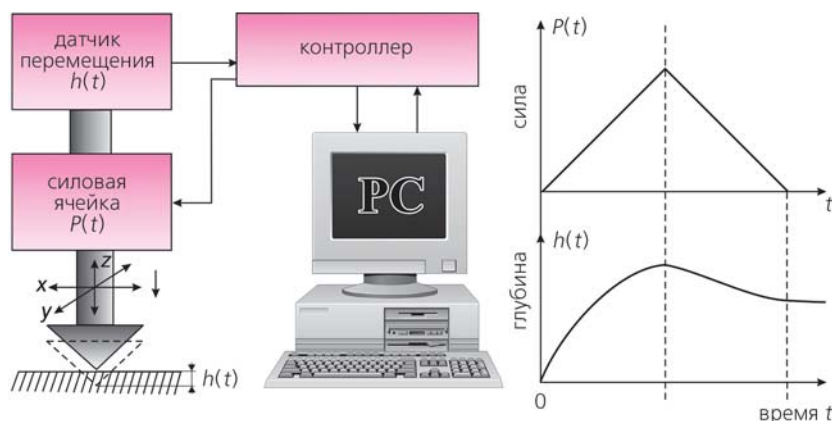


Рис.3. Принципиальная схема нанотестирования поверхности (слева) и временные зависимости усилия P и глубины погружения h при внедрении индентора по нормали к поверхности (справа).

микро- (или нано-) контакте. В частности, технологии исследования и модификации приповерхностных слоев, использующие атомно-острые иголки, локализуют воздействие в объемах нанометрового масштаба и должны учитывать большую разницу в механических и других свойствах материала при переходе от макро- к наномасштабам объекта.

Мы не будем обсуждать здесь хорошо развитые «неразрушающие» методы сканирующей зондовой микроскопии (хотя то, в какой мере они не повреждают поверхность, всегда остается под вопросом), а рассмотрим методы, основанные на прецизионном локальном силовом воздействии на исследуемую поверхность (рис.3).

Невиданные возможности

Благодаря удобству, гибкости, отсутствию жестких требований к образцу и окружающей среде методы наноиндентирования приобрели большую популярность в последние несколько лет [3–8]. Они позволяют приблизиться к условиям, возникающим в реальных микро- и наноконтактах, и смоделировать при хорошо контролируемых условиях элементарные процессы в областях, сильно деформированных высокой локальной нагрузкой.

В соответствии с направлением движения зондирующего поверхность инструмента (чаще всего это хорошо аттестованная трехгранная алмазная пирамидка Берковича) по отношению к плоскости образца их подразделяют на наноиндентирование (индентор движется по нормали к поверхности) и наносклерометрию (индентор движется по касательной к поверхности). Сущность этих методов состоит в программируемом приложении малых или ультрамалых усилий к индентору и непрерывной регистрации

как сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия, наноиндентирование) [1, 2]. Впервые со времен Гильома Амонтона — гениального французского физика-самоучки, создателя первого учения о трении (1699) — появилась возможность перейти от усредненных по поверхности характеристик трения, износа, электрического сопротивления и т.п. к локальным их значениям и заполнить брешь между макрокопи-

ческим и атомарным описанием этих сложных процессов.

Потребности нанотехнологии, наноматериаловедения, миниатюризации элементной базы микроэлектроники и оптоэлектроники, создание интегрированных микроэлектромеханических систем, интеллектуальных микророботов заставили в последние годы резко активизировать работы по изучению явлений на уровне отдельных элементарных событий в одном

зависимости силы сопротивления P от смещения (глубины погружения h или тангенциально-го перемещения x). Типичные записи диаграмм для обоих случаев показаны на рис.4.

Коммерческие нанотестеры таких известных фирм, как MTS, «Hysitron», «Micro Photonics», «CSM Instruments» и др., имеют разрешение в канале измерения силы около 1 нН, а по перемещению — значительно лучше, чем 1 нм (т.е. близкое к атомному). Многие принципиальные и конструктивные решения в нанотестерах близки к используемым в зондовой сканирующей микроскопии, и ряд производителей объединяют оба типа испытания в одном комбинированном приборе. Это позволяет не только визуализировать микро топографию поверхности, но и исследовать более десятка механических характеристик материала в приповерхностных слоях, покрытиях, пленках толщиной от единиц нанометров до нескольких микрометров, т.е. перейти от двумерного к трехмерному анализу приповерхностных слоев материала. В частности, обработка $P-h$ диаграмм, полученных при nanoиндентировании, дает возможность определять сопротивление упруго-пластическому локальному деформированию в наноконтакте и осуществлять экспериментальную проверку имеющихся теорий микро- и наноконтактного взаимодействия. Отношение приложенной нагрузки P к площади контакта S характеризует нано-твердость $H=P/S$ при упруго-пластическом контакте, а площадь петли полного цикла нагружение—разгрузка в координатах $P-h$ (рис.4, слева) — поглощенную в контактом взаимодействии энергию W . По данным непрерывного nanoиндентирования можно восстанавливать кривые активного деформирования $\sigma = f(\epsilon)$ и ползучести $\epsilon = f(t)$ материалов, не поддающихся пластическому деформированию в макроопытах из-за

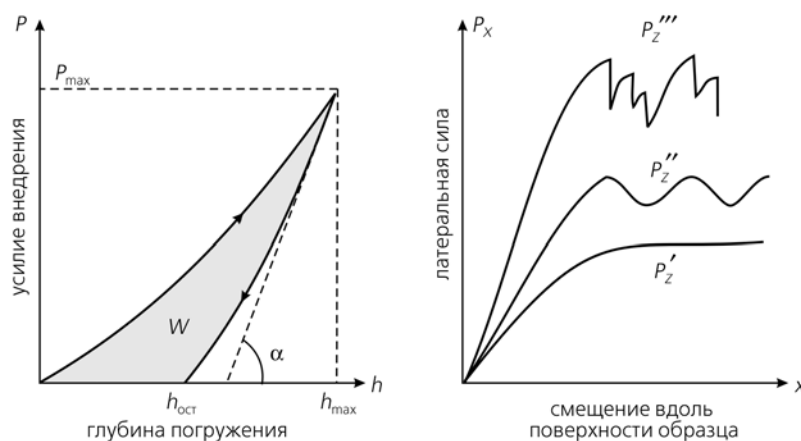


Рис.4. Типичные диаграммы сила—перемещение при nanoиндентировании (слева) и наноскрабировании (справа). h_{max} — максимальная глубина погружения индентора, $h_{ост}$ — глубина отпечатка, оставшегося после снятия нагрузки. W — поглощенная энергия. P_z', P_z'', P_z''' — низкие, умеренные и высокие значения силы прижима индентора к поверхности соответственно.

опережающего квазихрупкого разрушения (керамик, минеральных и металлических стекол, карбидов, нитридов, боридов тугоплавких металлов и т.д.). Этим методом также определяют характеристики подвижности дислокаций в кристаллических материалах и коэффициент вязкости разрушения K_{Ic} (по размерам трещин вокруг отпечатка и величине силы вдавливания). Путем многократного нагружения одной и той же области или нанесения нанопарцип моделируют процессы износа и усталости в приповерхностных слоях, изучают фазовые переходы, индуцированные высоким гидростатическим давлением под индентором, исследуют зависящие от времени характеристики материала и коэффициенты скоростной чувствительности механических свойств как на стадии погружения, так и на стадии вязкоупругого восстановления отпечатка после разгрузки. Методом nanoиндентирования можно также оценивать пористость материала, величину и распределение внутренних напряжений, толщину, степень адгезии и меха-

нические свойства тонких слоев и покрытий, исследовать структуру многофазных материалов, определять модули упругости, скорость звука и анизотропию механических свойств, а также многое другое.

Упомянем несколько характерных примеров конкретного использования нанотестеров для исследования свойств материалов в тонких приповерхностных слоях. Во многих работах исследовали и анализировали причины масштабного эффекта (indentation size effect) — роста твердости при низких и сверхнизких усилиях внедрения (порядка микро-ньютона), которые приводят к образованию отпечатков нанометровой глубины. При нагрузках ниже некоторых критических (зависящих от природы материала, температуры, формы индентора и т.д.) практически все материалы начинают демонстрировать в контакте другое поведение. Типичные значения критической неразрушающей глубины составляют обычно несколько десятков нанометров [4]. По начальному наклону кривой усилие—глубина на стадии разгрузки (угол α на рис.4, слева)

можно определить пористость и модуль Юнга в области с размерами меньше микрометра. Большое число работ посвящено исследованиям методами наноиндентометрии свойств тонких пленок, покрытий, эпитаксиальных слоев на поверхностях твердых тел. Кроме собственно нанотвердости, обычно определяют степень адгезии, модуль Юнга, плотность, однородность. Рекордными к настоящему времени, по-видимому, являются измерения, проведенные на пленках толщиной в единицы нанометров.

Методами локальных изменений электросопротивления и спектров рамановского рассеяния были обнаружены и исследуются *in situ* фазовые переходы в GaAs, Ge, Si, SiC, кварце, алмазе и др., индуцированные высоким давлением в зоне деформации под индентором. Так, например, в кремнии наблюдается до пяти фаз высокого давления и аморфизация исходной монокристаллической структуры.

Влияние скорости деформирования на механические свойства различных материалов при индентировании изучается в весьма широком диапазоне относительных скоростей деформаций (10^{-4} – 10^{+1} с⁻¹). Определены коэффициенты скоростной чувствительности твердости, предела текучести, степени упрочнения и т.д. Однако скорости в этих исследованиях пока ограничены сверху значениями, недостаточными для моделирования микро- и наноконтактного взаимодействия во многих важных случаях. Да и физические процессы, происходящие в реальных наноконтактах и даже в хорошо контролируемых условиях наноиндентирования в зоне локальной деформации, во многом остаются малоизученными. В частности, неясно, до какого масштаба объекта сохраняются механические свойства материала (т.е. до каких пор можно опираться на данные, полученные в макроопытах). Какова структура матери-

ла под индентором и куда девается материал из-под него в случае отсутствия «навалов» вокруг отпечатка? В чем роль возможных фазовых переходов, индуцируемых высокими давлениями и сдвиговыми напряжениями, в формировании локальных механических свойств? Большинство из этих вопросов сводятся к одному, принципиально важному: каковы атомные механизмы пластической деформации в локально деформированной зоне, зависят ли они от ее размеров и скорости деформации?

Предел текучести и нанотвердость — ближайшие родственники?

С первых шагов исследования твердости различных материалов предполагалось, что ее величина H должна быть определенным образом связана с пределом текучести σ_y при одноосном растяжении/сжатии макрообразцов. Так, было установлено, что для большинства металлов и сплавов $H = A\sigma_y$, где $A \approx 3$. Поскольку величина σ_y в металлах определяется главным образом процессами размножения специфических квазиодномерных дефектов кристаллической структуры — дислокаций, твердость также стали связывать с поведением дислокационных ансамблей. Впоследствии эти представления были молчаливо распространены (заметим, без достаточных на то оснований) и на другие материалы и ситуации. Учитывая широкий спектр современных материалов, исследуемых в настоящее время методами наноиндентирования, случаи, когда $A = \text{const} \approx 3$, следует считать скорее исключением, чем правилом. Например, в ионных кристаллах зачастую полностью отсутствует однозначная связь между H и σ_y . Различные способы их упрочнения (предварительное деформирование, по-

нижение температуры испытания, легирование, облучение), дающие одинаковый прирост σ_y , оказывают совершенно разное влияние на H , и одним и тем же значениям H могут отвечать сильно отличающиеся величины σ_y , а при неизменном значении σ_y могут наблюдаться изменения H более чем на порядок величины. При этом отношение H/σ_y может достигать $>10^2$. Все это наглядно демонстрирует отсутствие простой и однозначной связи между H и σ_y в общем случае и указывает на различную природу этих характеристик материала.

В более жестких кристаллах (Ge, Si, Al₂O₃), карбидах, боридах, нитридах, многокомпонентных керамиках дислокации если и появляются вокруг отпечатка, то их так мало, что они заведомо не могут существенно повлиять на твердость. В работе [8] приводятся оценки возможной роли дислокаций при поглощении энергии W (а следовательно, и при формировании значения твердости H , поскольку $H \sim W$) для локального нагружения монокристаллического Ge и циркониевой керамики. По оценке сверху, даже при повышенных температурах (до 400°C для Ge и 800°C для ZrO₂) вклад дислокаций не превышает единиц процентов.

Простые оценки устойчивости дислокационной петли в поле внешних и собственных внутренних напряжений (последние возникают вследствие большого линейного натяжения, которое делает дислокационную линию похожей на сильно растянутое резиновое колечко, закрепленное в кристалле другими дефектами в нескольких точках) показывают, что зарождение и существование в кристалле петель с размерами менее нескольких нанометров энергетически невыгодно. Ситуация здесь совершенно аналогична той, что возникает при фазовых переходах первого рода, нуждающихся в генерации зародышей новой фазы критических раз-

меров. Так, для закипания жидкости необходимо образование паровых пузырьков с радиусом больше критического, а для инициирования дислокационной пластичности — генерирование петель закритических размеров. Если область локальной деформации имеет размеры меньше критических для дислокаций в данном кристалле, то последние не могут образоваться в принципе.

Следует отметить, что картина локальной деформации может значительно осложниться за счет развития различного рода неустойчивостей и самоорганизации отдельных событий. При погружении индентора нормально к поверхности природа деформации может быть обусловлена взрывообразным размножением дислокаций, их деформационным старением и закреплением диффундирующими точечными дефектами, фазовыми переходами, индуцированными высокими давлениями, зарождением микротрещин и т.д. При боковом движении индентора явления неустойчивости могут приобрести еще более разнообразный характер. Ясно, что на фундаментальном уровне взаимодействия атомарно гладких поверхностей должен проявляться эффект неравномерности движения с периодичностью кристаллической решетки в этом направлении (что реально и наблюдается в латеральной контактной моде атомно-силовой микроскопии). При взаимодействии шероховатых поверхностей макроскопически плавное скольжение, как правило, в действительности состоит из чередующихся отдельных актов прилипания — скачкообразного отрыва (*stick-slip effect*). (Вспомните простейший опыт — генерация звука при движении пальца по сухому стеклу.) В результате возникает необходимость включить в рассмотрение и адгезионные явления, и процессы образования разрывающихся «мостиков» в микроконтактах.

Наноконтакты «on line»

Известны попытки исследовать динамику внедрения индентора, скачки и неустойчивость локальной деформации *in situ* посредством стандартных нанотестеров с непрерывной записью глубины отпечатка во времени. Однако недостаточное временное разрешение (~0.1 с) ограничивало сверху доступный для исследования диапазон $\dot{\epsilon}$ величиной $\sim 10^1 \text{ c}^{-1}$ и не позволяло регистрировать динамический отклик материала на самой интересной, начальной стадии погружения.

В лаборатории наноиндентирования Тамбовского государственного университета разработан ряд оригинальных методик и динамических наноиндентометров, обладающих не только высоким пространственным, но и временным разрешением (в некоторых моделях — до 1 мкс), что дает возможность исследовать скоростные зависимости свойств материалов в субмикрообластях при $\dot{\epsilon}$ до $10^4 - 10^5 \text{ c}^{-1}$ [9–14].

Упомянутая выше неправомерность рассмотрения *a priori* процесса индентирования как автомодельного диктует необходимость специального изучения начальных стадий погружения с адекватным пространственно-временным разрешением. Как известно, наиболее полно и просто динамические свойства системы могут быть исследованы путем анализа ее отклика на скачкообразное возмущение. В одном из разработанных методов реализован этот подход: постоянная испытательная нагрузка прикладывается к индентору скачкообразно, и кинетика его погружения в материал регистрируется непрерывно (рис.5).

Разработанные нанотестеры позволяют также варьировать в широких пределах длительность воздействия треугольных импульсов нагрузки (от 1 мс до 1000 с), осуществлять нагружение с постоянной скоростью относительной деформации $\dot{\epsilon}$, проводить микроконтактные установочные испытания (путем многократно повторяющегося нагружения одной и той же об-

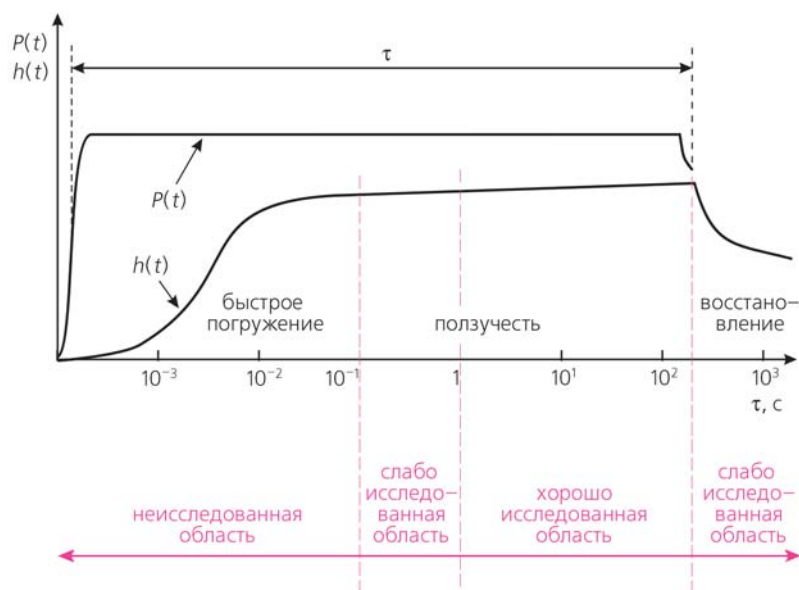


Рис.5. Динамический отклик приповерхностных слоев материала на кратковременно приложенное постоянное локальное усилие P . $h(t)$ — глубина погружения, τ — длительность прямоугольного импульса нагрузки.

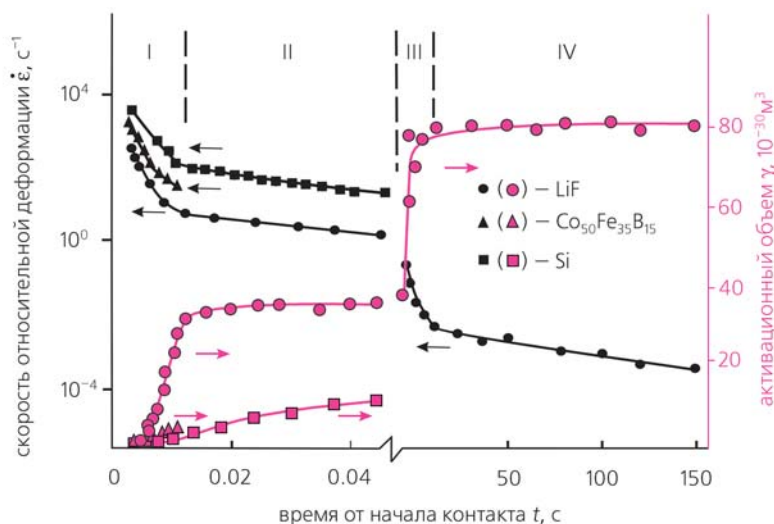


Рис. 6. Зависимости скорости относительной деформации $\dot{\epsilon}$ и активационного объема γ от продолжительности контакта для некоторых материалов. Римскими цифрами обозначены различные стадии в процессе формирования отпечатка.

ласти образца), определять величину энергии, поглощенной при локальном деформировании, и т.д. Сочетание перечисленных выше методик дает возможность исследовать в совокупности комплекс динамических свойств, недоступный квазистатическим методам.

При испытаниях прямоугольным импульсом силы на кинетических кривых погружения индентора в полулогарифмических координатах $\lg \dot{\epsilon} = f(t)$ (рис.6) отчетливо различимы несколько участков с разным наклоном, которые можно отождествить с отдельными стадиями в процессе формирования отпечатка. Близкий к линейному закон падения во времени $\lg \dot{\epsilon}$ на каждом из выявленных участков отражает экспоненциальный характер релаксации. Различие в показателе экспоненты на разных стадиях достигает четырех порядков величины, а в предэкспоненциальном множителе — более пяти порядков величины. Ясно, что в условиях практически постоянной приложенной нагрузки и контактных напряжений такое поведение $\dot{\epsilon}(t)$ является

следствием смены механизмов пластической деформации и выноса материала из-под индентора в зоне контакта.

Силловая зависимость скорости погружения в координатах $\lg \dot{\epsilon} = f(\sigma)$ имеет участки, близкие к линейным, что позволяет путем экстраполяции в точку $\sigma_0 = 0$ определить эффективные значения начальной скорости деформации $\dot{\epsilon}_0$ на каждой стадии при различных температурах T . Зависимость $\lg \dot{\epsilon}_0 = f(1/T)$ в некотором диапазоне температур (различном для разных материалов) также оказывается линейной. Все это дает право говорить о термоактивированном режиме деформации, протекающей в соответствии с аррениусовским уравнением $\dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}_0 (\exp(U - \gamma\sigma)/kT)$ (здесь U — энтальпия активации, σ — среднее действующее напряжение в контакте, γ — активационный объем, т.е. объем материала, в котором происходит деформация в результате одной термической активации). Активационные объемы, полученные из наклонов зависимостей $\lg \dot{\epsilon} = f(\sigma)$, имеют на начальных стадиях погружения очень низ-

кие значения $\sim 10^{-3} \text{ nm}^3$ (порядка одного атомного) для всех исследованных материалов (рис.6), что прямо свидетельствует о деформации за счет движения отдельных атомов. Опыты по влиянию всестороннего внешнего давления на скорость диффузии дают также значения γ около $0.6 \div 0.7$ от величины атомного объема. Разумеется, существуют и дислокационные механизмы пластичности, характеризующиеся малыми значениями γ (например, переползание), однако они слишком «медленные» для того, чтобы обеспечить скорость относительной деформации $\dot{\epsilon} \geq 10^3 \text{ s}^{-1}$, реализующуюся на начальных стадиях внедрения.

По мере углубления индентора и перехода ко второй и последующим стадиям, когда динамическое значение H начинает приближаться к статическому ($t \geq 10 - 12 \text{ мс}$), γ в ионных кристаллах увеличивается до значений 0.1 nm^3 (рис.6). Это свидетельствует о преимущественно дислокационном механизме течения материала под индентором на поздних стадиях внедрения. Из результатов независимых экспериментов хорошо известно, что для дислокационной пластичности в ионных кристаллах характерны величины γ в несколько сотен атомных объемов, что и наблюдается на заключительных стадиях внедрения индентора. Но в кристаллах Ge, Si и аморфных сплавах $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{35}\text{B}_{15}$ величина γ и на заключительной стадии составляет менее 10 атомных объемов. Существует также много других свидетельств значительной роли точечных дефектов при локальном деформировании, полученных независимыми (правда, чисто качественными) методами [15, 16]. В ионных кристаллах переход от первой стадии погружения индентора ко второй наряду с быстрым увеличением γ сопровождается сильным ростом U и плотности поглощаемой энергии. Схематическое изображение смены доми-

нирующих механизмов деформации при формировании отпечатка представлено на рис.7. Здесь отдельная зона отведена точечным дефектам особой конфигурации — краудионам (одномерным сгущениям в расположении атомов, когда лишний атом внедряется вдоль определенного кристаллографического направления).

В совокупности данные о величине γ и приросте глубины отпечатка Δb , на каждой i -й стадии позволяют установить вклад различных микромеханизмов массопереноса на каждой из выявленных стадий и оценить долю объема $\Delta V_i/V_0$, вытесненного при формировании отпечатка посредством того или иного микромеханизма пластической деформации (V_0 — установившееся значение объема отпечатка). Как следует из рис.8, даже при длительности контакта $\tau \geq 1$ с значительную часть пластической деформации во всех исследованных материалах обеспечивают моно- или малоатомные микромеханизмы массопереноса. При $\tau \leq 10$ мс доля дислокационных механизмов массопереноса под индентором сильно понижается и вряд ли превышает 50% даже в мягких кристаллах. На тех стадиях внедрения, когда точечные дефекты дают преобладающий вклад в пластическую деформацию, максимальная динамическая твердость H_d^{\max} может многократно превышать статическую H_s .

Из приведенных данных вытекает, что с уменьшением продолжительности контактного взаимодействия и размеров отпечатка роль и вклад точечных дефектов возрастает, а дислокаций — падает. Поэтому анализ микроконтактной пластичности, возникающей во многих практически важных ситуациях, должен в большей степени опираться на представления о модах пластичности с участием точечных дефектов, нежели дислокаций. Завершая обсуждение динамики наноконтактов, укажем на неожиданную анало-

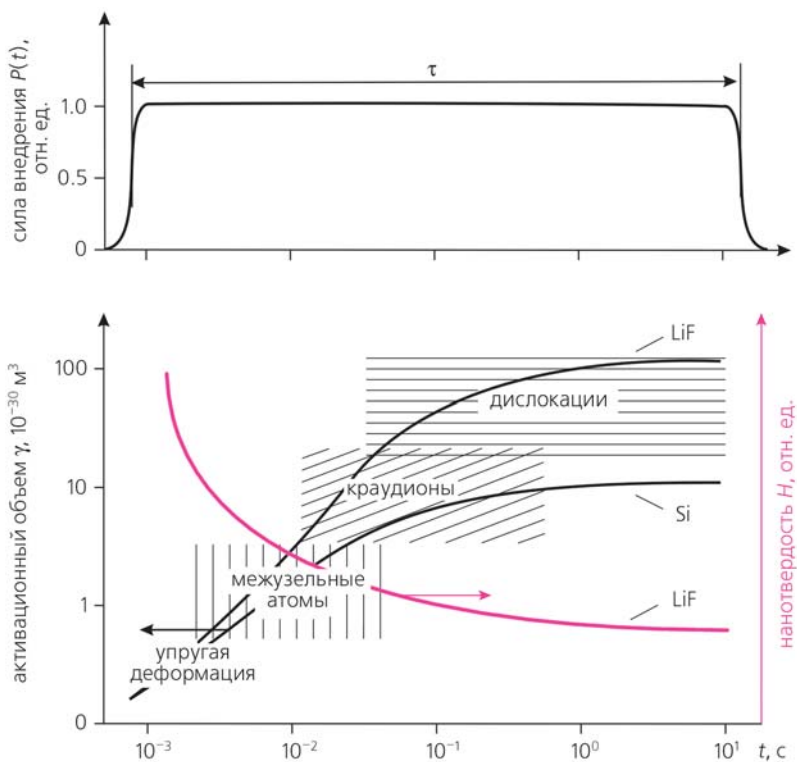


Рис.7. Схема, иллюстрирующая смену механизмов массопереноса при динамическом наноиндентировании в кремнии и фториде лития. Штриховкой показаны области, где отпечаток формируется благодаря движению дефектов того или иного типа.

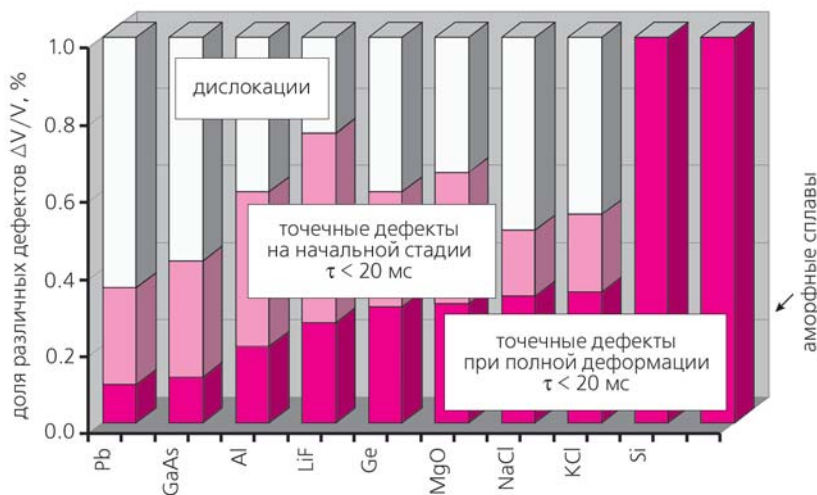


Рис.8. Роль точечных дефектов и дислокаций в массопереносе при наноиндентировании для различных материалов.

гию: поднятые проблемы до некоторой степени схожи с теми, которые возникли в космологии при анализе динамики расширяющейся Вселенной (та же сингулярность в «нуле» времени, те же изменения всех существенных параметров на много порядков величин, та же смена «эпох» по мере течения времени и роста характерных размеров задачи).

Отдельные замечательные главы в науке о наноконтактах — исследование электрических токов, спинового состояния и химических реакций в малой области поверхности, расположенной напротив близко стоящего атомарно острого зонда. В перспективе — это и наноэлектроника нового поколения (так называемая одноэлектроника, т.е. приборы, управляемые одним-единственным электроном), и нанолитография — высокоразрешающая технология локального химического моди-

фицирования поверхности с целью получения сверхвысокой плотности элементов на кремниевой подложке, записи информации и многое другое. Но описание этих бурно развивающихся разделов физики наноконтактов выходит за пределы объема статьи.

* * *

Несмотря на значительное продвижение в понимании природы наноконтактов, достигнутое в последние годы, ряд принципиальных вопросов остается тем не менее открытым. Чем обусловлена смена механизмов массопереноса и пластической деформации по мере погружения индентора — изменением масштаба отпечатка и зоны деформации, течением времени, понижением действующих напряжений и скорости относительной деформации или необходимостью иметь большую концентрацию

точечных дефектов для зарождения мелких дислокационных петель в условиях очень стесненной деформации? Каковы природа зависящей от времени части поглощаемой энергии в зоне деформации и механизмы восстановления отпечатка после разгрузки? И уж если пометать, нельзя ли добиться в конце концов такого режима сверхскольжения, для которого трение бы вовсе отсутствовало, подобно отсутствию сопротивления при сверхпроводимости или сверхтекучести? Можно надеяться, что развитие прецизионных динамических методов нанотестирования позволит со временем ответить и на эти вопросы. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 01-02-16573) и Министерства образования РФ (проект Е02-3.4-263).

Литература

1. Дедков Г.В. // УФН. 2000. Т.170. №6. С.585—618.
2. Bull S.J. // Wear. 1999. V.233—235. P.412—423.
3. Pethica J.B., Hutchings R., Oliver W.C. // Phil. Mag.A. 1983. V.48. №4. P.593—606.
4. Oliver W.C., Pharr G.M. // J. Mater. Res. 1992. V.7. №6. P.1564—1583.
5. Wolf B. // Cryst. Res. Technol. 2000. V.35. №4. P.377—399.
6. Bhusban B., Kulkarni A.V., Bonin W., Wyrobek J.T. // Phil. Mag. A. 1996. V.74. №5. P.1117—1128.
7. Булычев С.И., Алехин В.П. Испытание материалов непрерывным вдавливанием индентора. М., 1990.
8. Farber B.Ya., Orlov V.I., Heuer A.H. // Phys. Stat. Sol.(a). 1998. V.166. №1. P.115—126.
9. Головин Ю.И., Тюрин А.И. // Письма в ЖЭТФ. 1994. Т.60. №10. С.722—726.
10. Головин Ю.И., Тюрин А.И. // ФТТ. 1996. Т.38. №6. С.1812—1819.
11. Головин Ю.И., Тюрин А.И., Иволгин В.И., Коренков В.В. // Журн. техн. физики. 2000. Т. 70. №5. С.82—91.
12. Golovin Yu.I., Tyurin A.I., Farber B.Y. // J. Mater. Sci. 2002. V.37. P.895—904.
13. Golovin Yu.I., Tyurin A.I., Farber B.Ya. // Phil. Mag. A. 2002. V.82. №10. P.1857—1864.
14. Golovin Yu.I., Ivolgin V.I., Korenkov V.V. et al. // Phil. Mag. A. 2002. V.82. №10. P.2173—2177.
15. Rozhanskii V.N., Velednitskaya M.A. // Phys. Stat. Sol.(a). 1971. V.8. №2. P.551—564.
16. Akchurin M.Sh., Regel V.R. // Chemistry Reviews. 1998. V.23. Pt2. P.61—90.



Как вирус проникает в клетку

Ю.А.Чизмаджев

Как известно, клетка содержит огромное количество мембранных образований — от изолированных везикул до непрерывной сети эндоплазматического ретикулума. И вся эта система находится в состоянии постоянной перестройки, которая включает многочисленные акты слияния и деления. Так, в аппарате Гольджи белок упаковывается в контейнеры-везикулы, которые сливаются с плазматической мембраной. Это завершает процесс экзоцитоза. Другой пример — слияние синаптической мембраны и секреторных пузырьков с нейромедиаторами, в результате чего и происходит передача нервного импульса, одного из основных переносчиков информации.

Доставка крупных частиц внутрь клетки осуществляется посредством эндоцитоза. Клетка заглатывает частицы из внешней среды, которые обволакиваются участком плазматической мембраны, образуется впадина, перемишка разрушается, и контейнер оказывается внутри клетки. Его разборка — это уже другая история, а нам остается подчеркнуть, что и эндоцитоз, и экзоцитоз опосредованы множеством белков, чья природа и механизм действия не вполне установлены.



Юрий Александрович Чизмаджев, член-корреспондент РАН, доктор химических наук, профессор кафедры биофизики МГУ, заведующий лабораторией биоэлектрохимии Института электрохимии им.А.Н.Фрумкина РАН. Лауреат Государственной премии СССР (1986). Основные научные интересы связаны с изучением биологических и модельных мембран.

Кроме «полезного» слияния клетка сплошь и рядом переживает случаи слияния «вредного». Например, когда ее атакует вирус, которому достаточно сказать: «Сезам, откройся!», и липидная оболочка вируса сливается с плазматической мембраной. При этом формируется так называемая пора слияния, и вирусная ДНК или РНК начинают хозяйничать внутри клетки. Справедливости ради надо отметить, что уникальную способность вирусов «вскрывать сейфы» уже используют во благо организму. В генной терапии подбирают безвредные вирусы-взломщики, к которым приши-

вают полезный ген, способный помочь больной клетке.

Разобраться в физическом механизме слияния биологических объектов чрезвычайно трудно. Как всегда, в подобных случаях на помощь приходят модельные системы. Обращаясь в недавнее прошлое, следует подчеркнуть, что в середине 80-х были достигнуты впечатляющие успехи в изучении механизма слияния липидных бислоев [1]. Однако к середине 90-х выяснилось: интермедиаты этого процесса, принятые в теоретических моделях, имеют настолько высокую энергию, что его расчетная скорость, вопре-

ки экспериментальным данным, ничтожно мала. Кроме того, хотя было доказано, что специальные белки играют ключевую роль в ходе слияния, оставалось неясным, что же они делают. Решению этих задач были посвящены экспериментальные и теоретические работы нашей лаборатории, которые проводились во второй половине 90-х.

Путь вируса в клетку

Мир вирусов весьма разнообразен. Общее для них то, что любой наследственный материал (в форме ДНК или РНК) бережно упакован в защитный скафандр из белков. Вирусные частицы (вирионы) отличаются по форме и размерам. Так, диаметр сферических вирионов — от 20 до 300 нм. Некоторые вирусы имеют дополнительную липидную оболочку, в которую включены специализированные белки, способствующие слиянию мембран. Такие вирусы называются оболочечными. Требования к липидно-белковой оболочке двойственны. С одной стороны, она должна уберечь наследственный материал от превратностей судьбы, а с другой — легко разрушаться, когда

вирус начинает активную жизнь внутри клетки-жертвы.

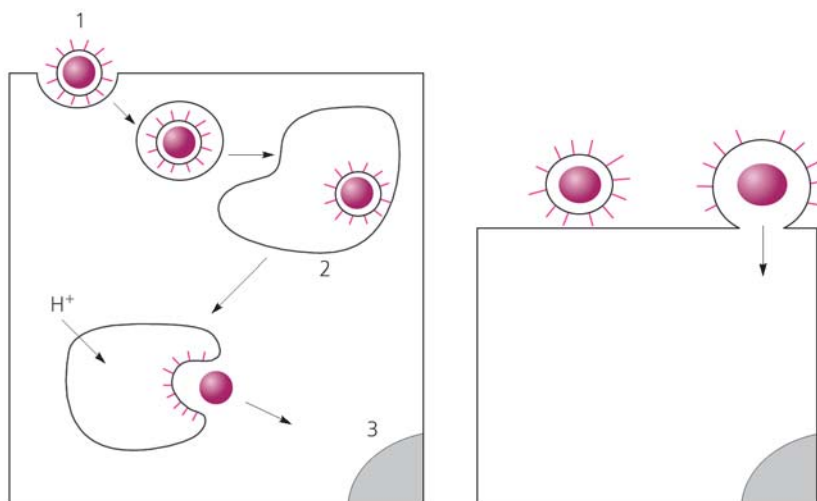
Оболочечные вирусы проникают в клетку двумя путями. В первом случае вирус связывается с рецепторами клеточной поверхности, затем в результате эндоцитоза, везикулы, содержащие вирион, отпочковываются. В таком состоянии вирус упакован в дополнительную оболочку, образованную клеточной мембраной. От второй оболочки он освобождается при слиянии везикулы с эндосомой, в которой кислая среда активирует белки слияния и тем самым способствует объединению мембраны вириона с эндосомальной. В результате наследственный материал попадает в цитоплазму и может добраться до ядра. На первых стадиях этого процесса, включая проникновение в эндосому, вирус играет пассивную роль. Здесь используется обычный механизм эндоцитоза, причем доверчивая клетка даже не знает, какую опасность таит в себе этот «подарок судьбы». И только оказавшись в эндосоме, вирус активируется и берет всю игру на себя, вызывая слияние своей оболочки с эндосомальной мембраной. Именно так действует всем известный вирус гриппа.

Другие вирусы, например вирус иммунодефицита человека (HIV), не нуждаются для активации в низких pH и проникают в клетку более простым путем, в ходе которого их оболочки сразу сливаются с плазматической мембраной, и наследственный материал оказывается к клетке. Теперь ему остается только добраться до ядра.

Таким образом, в любом случае ключевое событие в битве оболочечного вируса с клеткой — слияние его липидной оболочки с плазматической или лизосомальной мембраной. Именно этой важнейшей стадии инфицирования клетки и посвящен наш рассказ. Конкретно речь пойдет о вирусе гриппа А. Благодаря особенностям своего строения он оказался наиболее удобным объектом для экспериментального изучения механизма слияния.

Вирус гриппа

Этот оболочечный вирус имеет примерно сферическую форму с диаметром около 0.13 мкм. В его центральной части находятся молекулы РНК и ряд белков, необходимых вирусу на первых стадиях жизни в клетке. Сердцевина вириона окружена оболочкой из белка М1, следом за ней располагается липидная мембрана. Белковая оболочка, утопленная в липидной мембране, напоминает рыболовную сеть, которая крепится на сваях. Размер ячеек в белковой сети примерно $4 \times 4 \text{ нм}^2$, так что такая крупная «рыба», как комплекс РНК-белок, пройти сквозь них не может. Липидная оболочка формируется из плазматической мембраны инфицированной клетки при отпочковывании синтезируемого вируса. В этой мембране закорены три белка: нейраминидаза (Н), ионный канал М2 и гемагглютинин (ГА). При закислении среды благодаря ионному каналу внутри вириона понижается pH, что приводит к разрушению белко-



Два пути проникновения оболочечного вируса в клетку. Слева — эндоцитоз и слияние в эндосоме: 1 — вирус, 2 — эндосома, 3 — ядро. Справа — слияние с плазматической мембраной.

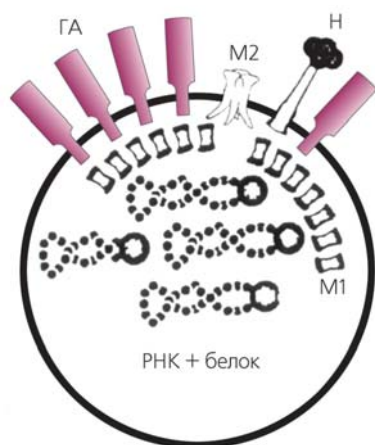


Схема вириона гриппа: ГА — гемагглютинин, M2 — ионный канал, Н — нейраминидаза, M1 — белковая оболочка.

вой оболочки M1. Одновременно активируется гемагглютинин, главная составляющая «машин слияния». В ходе ее работы мембраны вируса и клетки смыкаются, и в цитоплазму открывается путь для чужеродного генетического материала.

Структура гемагглютинина

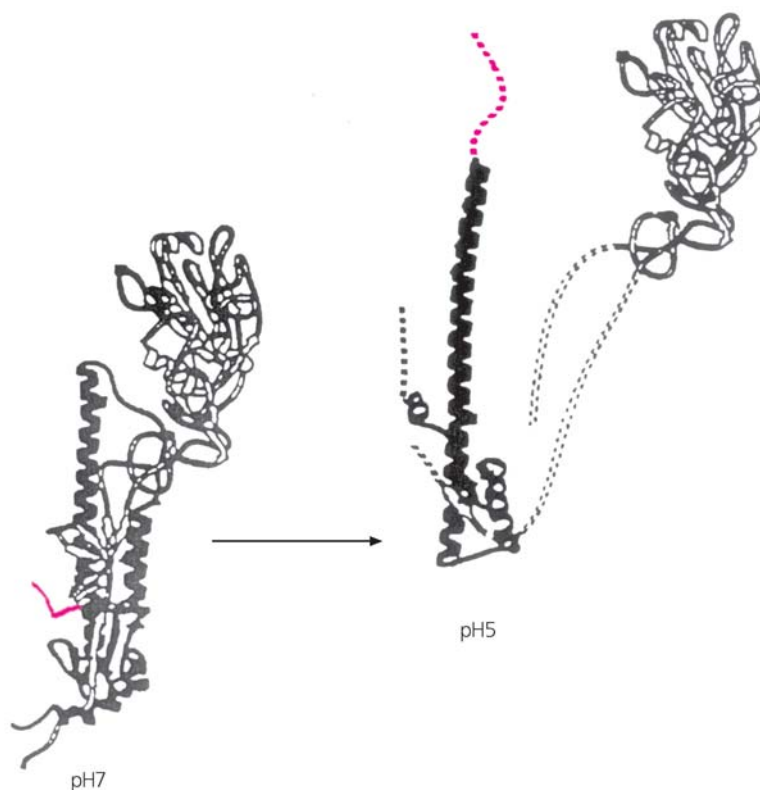
На поверхности вирусной оболочки гемагглютинин присутствует в виде тримеров. Каждая его молекула состоит из двух субъединиц: ГА1, обеспечивающей первичный контакт с клеткой-мишенью, и ГА2, отвечающей за слияние. В исходном, нейтральном, состоянии (при pH7) все тримеры ориентированы примерно перпендикулярно к поверхности мембраны, их протяженность ~13 нм. Каждая молекула гемагглютинина прочно закорена в своей мембране и, что очень важно, имеет в своем составе короткий (25 аминокислот) пептид, который при pH7 спрятан внутри тримера и локализован недалеко от основания белка. После уменьшения pH с 7 до 5 молекулы гемагглютинина глобально перестра-

иваются, и пептид слияния не просто выходит на свободу, а перемещается в самый верхний конец молекулы и проникает в мембрану жертвы.

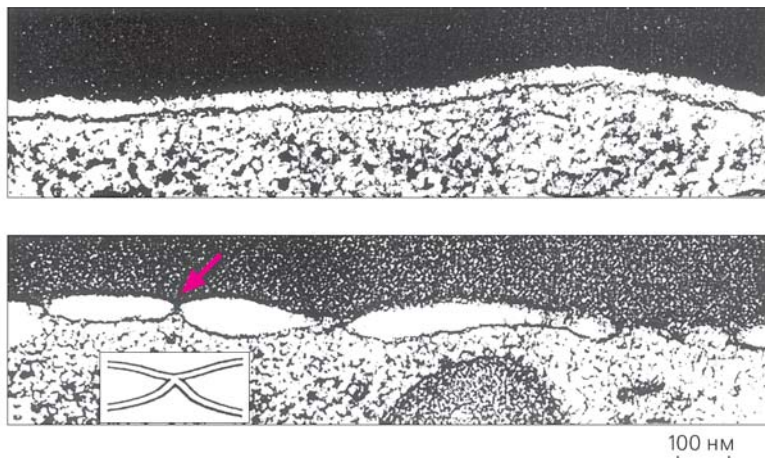
В нейтральной среде молекула гемагглютинина напоминает пружину, зажатую защелкой, роль которой играет пептид слияния, спрятанный в «гидрофобный карман» тримера. Но стоит снизить pH до 5, как пептид выходит из заточения и молекула ГА может перейти в новое конформационное состояние. Выделяющаяся при этом энергия, судя по измерениям, довольно велика, но еще не достаточна для сближения мембран клетки и вируса. Чтобы решить эту задачу, молекулы гемагглютинина действуют не поодиночке, а коллективно. Как показали эксперименты, в ходе взаимодействия вируса с клеткой-мишенью образуются розетки из шести—восьми триме-

ров, внутри каждой из которых находятся изогнутые липидные участки с радиусом ~10 нм. С помощью электронно-микроскопических и электрофизиологических исследований удалось обнаружить такие локальные вспучивания, получившие название димплов [2].

Именно здесь, на верхушках димплов, начинается перестройка липидов, приводящая к образованию поры слияния. Теоретическая модель этого процесса [3] состоит в следующем: белки слияния, изгибая мембраны, не только сближают их, но и обеспечивают энергией, облегчая образование монослойной перемычки — сталка; липиды из удаленных монослоев деформируются без больших энергетических затрат. В результате образуются новые промежуточные структуры — низкоэнергетические интермедиаты, обеспечивающие слияние.



Структура гемагглютинина в исходном (pH7) и в активном (pH5) состояниях. Цветом отмечен пептид слияния, который в кислой среде меняет свою конформацию.



Образование димплов между мембранами эритроцитов и клеток, экспрессирующих гемагглютинин. Вверху — граница мембран эритроцита и клетки, экспрессирующей ГА, рН 7.4; внизу — то же, но рН 4.9 — видно большое количество контактных областей (цветная стрелка). На врезке показана схема контакта.

Экспериментальные модели

Под слиянием клеток, вирусов или клеточных органелл понимается объединение ограниченных мембранами водных объемов и самих мембран. Для наблюдения за этим процессом используют растворимые в липиде флуоресцентные метки. Если такая метка изначально содержится в клетках А, то появление ее в клетках В говорит о слиянии. Правда, бывают случаи, когда происходит так называемое полуслияние, т.е. объединяются только внешние монолои клеток, сближенные в области локального контакта. Чтобы различить случаи полу- и полного слияния, в клетки А вводят водорастворимый краситель. Его перетекание из одних клеток в другие свидетельствует о полном слиянии с образованием поры, через которую осуществляется связь. Так в эксперименте изучают массовое слияние, например в суспензии вирусов и клеток. Однако возможности этой методики ограничены, с ее помощью трудно разобраться в деталях процесса, включая образование локального контакта, появление поры и ее развитие. Подобные

задачи можно решать только с использованием более точного метода, позволяющего следить за одиночными объектами, т.е. с помощью методов флуоресцентной микроскопии и совре-

менной электрофизиологии. Впервые это было сделано при изучении экзоцитоза в тучных клетках с использованием микроэлектронной техники.

Однако вирусные частицы настолько малы, что непосредственно применить к ним микроэлектронную технику нельзя. И тут на помощь пришла генная инженерия. На основе фибробластов получены клетки (названные HAb2), которые содержат на своей плазматической мембране молекулы гемагглютинаина. Они оказались прекрасной моделью вирусной частицы с диаметром порядка 10 мкм, на которой можно проводить электрические измерения.

В типичном опыте по слиянию клетки HAb2 и эритроцита при закислении окружающего раствора до pH5 образуется пора. Через нее протекает емкостной ток, который заряжает эритроцит. Его изменение во времени отражает расширение поры слияния. Одновременно из мембраны эритроцита в мембрану HAb2 перетекает краси-

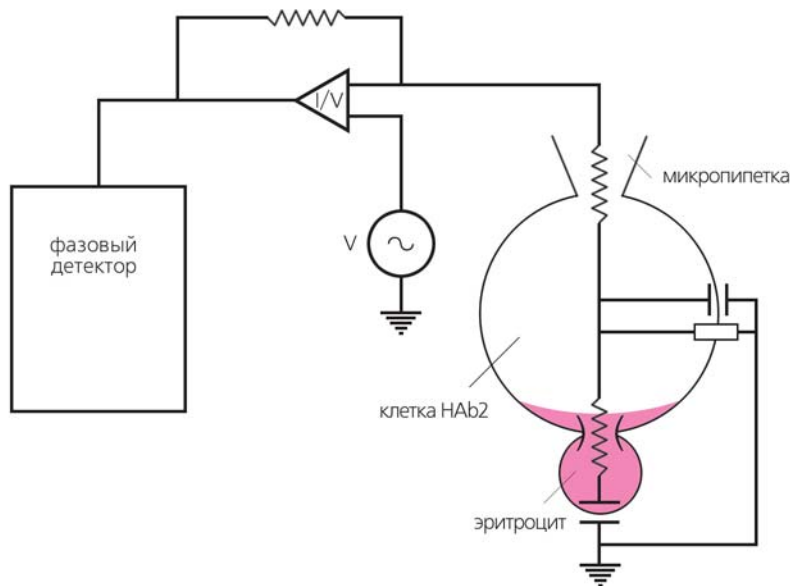


Схема эксперимента по слиянию клетки HAb2 с эритроцитом, мембрана которого окрашена флуоресцирующим липидным зондом. В ходе развития поры слияния краска распространяется по мембране HAb2. Электрический сигнал измеряется с помощью электродов и усилителя тока, а перетекание зонда — с использованием флуоресцентного видеомикроскопа.

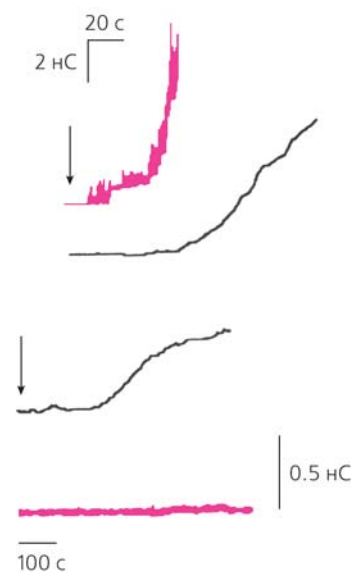
тель. Сопоставляя две кривые (проводимости и интенсивности флуоресценции) в зависимости от времени, замечаем, что вторая значительно отстает от первой. Предполагается, что эта временная задержка вызвана белковой розеткой из тримеров гемагглютинина, которая образует своеобразный заслон потоку липидного зонда. Первичная пора слияния образуется в области липидных димплов. Следовательно, изменяя липидный состав мембран, можно воздействовать на весь процесс. При сближении липидных бислоев может образоваться перемычка между близлежащими монослоями (так называемый стелк), зародыш будущей поры. Вероятность его образования существенно зависит от липидного состава. Например, введение в монослой лизофосфатидилхолина (LPC), даже в небольших концентрациях, полностью ингибирует слияние. Эксперименты в системе HAb2—эритроцит показали, что лизофосфатидилхолин здесь столь же эффективен, как и в модельных липидных системах. Иными словами, пора слияния после введения LPC не возникает вообще, хотя, судя по появлению флуоресценции, монослои объединяются.

Итак, молекулы гемагглютинина готовят поле для липидных игр. Но этим дело не ограничивается, белок участвует и в последующих стадиях. В специальных опытах, когда понижается активность белка (например, уменьшается степень закисления раствора), вместо полного слияния и образования поры происходит полуслияние, т.е. липидный зонд перераспределяется между клетками, а тока нет. Это значит, что уже после формирования контактов и образования перемычки белок совершает определенную работу, необходимую для возникновения поры. Такие важные результаты получены в группе Л.В.Черномордика в Национальном институте здоровья (США), а электрофизиологические измерения

выполнены сотрудником нашей лаборатории В.А.Фроловым [4]. Результаты опытов в сочетании с теоретическими моделями позволили предложить определенную схему процесса слияния, включающую четыре стадии.

Однако любая модель всегда отличается от реального объекта. Мембрана клетки HAb2 имеет другой липидный состав, нежели мембрана вириона, различна и плотность гемагглютинина, а клетка HAb2 не содержит белков M1 и M2. Разработанная в нашей лаборатории методика позволяет изучать слияние одиночного вириона с бислоем липидной мембраной [5]. В нейтральную среду (буферный раствор с pH7) впрыскиваются вирионы, часть которых адсорбируется на бислое. После этого к плоской мембране прижимается микропипетка, заполненная раствором с pH5. Поскольку кончик пипетки имеет радиус ~1 мкм, весьма вероятно, что внутри него, на липидном пятнышке, окажется один или несколько вирионов, в мембрану которых включен флуоресцентный зонд в концентрации самогашения. Низкое pH внутри пипетки инициирует слияние, и зонд диффундирует в бислое. Возникающее при этом разбавление приводит к флуоресценции, которую можно регистрировать.

Электрические измерения показали, что наряду с латеральным потоком зонда возникает флуктуирующий электрический ток, который течет через пору слияния и какие-то проводящие структуры в мембране вируса.



Кривые проводимости поры (цветная) и интенсивности флуоресценции. Вверху — контроль, внизу — та же система, но с добавкой лизофосфатидилхолина. По оси ординат — проводимость, по оси абсцисс — время.

Специальными опытами доказано, что дело обстоит именно таким образом [6]. В этих экспериментах ионные каналы M2 блокировались амантадином, а закисление внутри вириона достигалось уменьшением pH (до 5) в нижнем отсеке ячейки. Очевидно, что при такой постановке опыта сразу после слияния протоны из нижнего отсека должны устремиться внутрь вириона через открывающуюся пору, что разрушит белковую

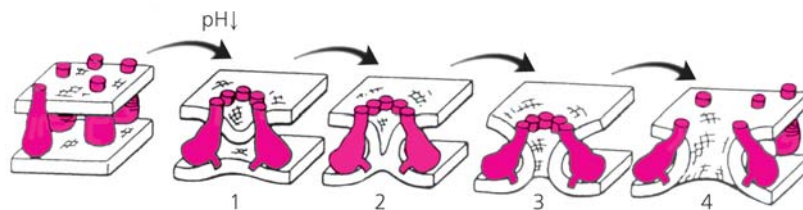


Схема процесса слияния. После понижения pH образуется розетка слияния (1), которая способствует образованию локального мембранного контакта (2) и перемычки, которая затем превращается в пору слияния (3, 4).

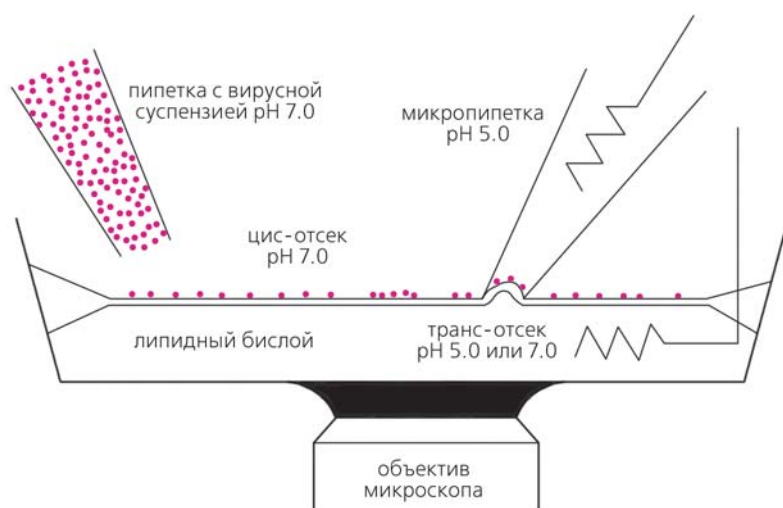


Схема экспериментальной установки. Подробности в тексте.

оболочку из М1 даже при заблокированных каналах М2. Действительно, в этих условиях возникает электрическая активность, точно такая же, как при открытых М2 каналах. Значит, таким способом можно следить не только за эволюцией поры

слияния в липидной мембране, но и за разрушением белкового каркаса. Это чрезвычайно существенно, так как выход генетического материала вируса в цитоплазму лимитируется обеими защитными оболочками — белковой и липидной.

Итак, сочетая методы электронной микроскопии и электрофизиологии, удалось обнаружить локальные мембранные контакты (димплы). Введение лизолипида ингибирует биологическое слияние, что доказывает: первым интермедиатом процесса, как и в модельных системах, служит перемычка (сталк).

Разработанная методика изучения слияния одиночных вирионов с липидными бислоями позволяет исследовать кинетику этого процесса, а модель слияния, использующая принципиально новые интермедиаты, решает проблему «энергетического кризиса».

Выяснение роли липида и белка в таком процессе имеет не только познавательный интерес. В перспективе это важно для разработки новых методов антивирусной терапии. ■

Результаты были получены в ходе исследований, поддержанных грантами РФФИ: №93-04-20590, №96-04-50779, №99-04-48427 и №02-04-48287.

Литература

1. Черномордик Л.В., Меликян Г.Б., Чизмаджев Ю.А. // Биол. мембраны. 1987. Т.4. С.117—164.
2. Frolov V.A., Cho M.-S., Bronk P. et al. // Traffic. 2000. №1. P.6.
3. Kuzmin P.I., Zimmerberg J., Chizmadzhev Yu.A. et al. // PNAS. 2001. V.98. P.7235—7240.
4. Chernomordik L.V., Frolov V.A., Leikina E. et al. // The Journal of Cell Biology. 1998. V.140. P.1369—1382.
5. Макаев Г.И., Самсонов А.В., Липатов А.С. и др. // Биол. мембраны. 2000. Т.17. С.312—323.
6. Макаев Г.И., Михалев И.И., Фролов В.А. // Биол. мембраны. 2001. Т.18. С.489—495.

Зоология

Секретное оружие крокодилов

Поджидая свою жертву, неподвижный и наполовину погруженный в воду крокодил пользуется не только слухом и зрением — вести охоту в темноте и чувствовать добычу на расстоянии ему позволяет уникальное осязание. Рецепторами

служат бугорки, к которым подходят нервные окончания, — они расположены на голове, вдоль челюстей, и выглядят как слегка выступающие голубоватые пятна; кожный покров под ними очень тонок. Д.Соарес (D.Soares; Мэрилендский университет, США) доказал, что эти бугорки чрезвычайно восприимчивы к колебаниям давления воды: животные ощуща-

ют падение в воду даже небольшой капли на расстоянии нескольких метров.

Следы таких сенсорных органов обнаружены на черепах предков крокодилов, живших 200 млн лет назад. По мнению Соареса, их наличие позволило этому отряду пресмыкающихся сохраниться до наших дней.

Terre Sauvage. 2002. №174. P.22 (Франция).

Всемирная сейсмическая сеть

Н.А.Сергеева,
кандидат физико-математических наук
Мировой центр данных по физике твердой Земли
Б.И.Силкин
Москва

Наблюдательная сейсмология — наука сравнительно молодая. Первые сейсмографы, способные с какой-либо приемлемой точностью регистрировать время и движения земной поверхности, были созданы лишь около 100 лет назад. Развертывание первой же стандартизированной глобальной сети «WWSSN» (World Wide Standard Seismic Network — Всемирная стандартная сейсмическая сеть) относится к началу 60-х годов. Регистрация событий тогда велась на фотобумаге. Лишь с середины 70-х стала применяться цифровая регистрация.

Полученные данные в виде сейсмограмм хранились и обрабатывались на сейсмостанциях, но затем специалисты приступили к созданию современной системы баз данных, позволяющей обмениваться сейсмограммами, используя искусственные спутники Земли, цифровые телефонные каналы и Интернет.

В 70-х годах стали надежно определять местонахождение очагов крупных (с магнитудой более 5.5) землетрясений. К началу 80-х накопилось достаточное количество записей, позволяющих систематически анализировать глобальные процессы разрядки напряжений в земной коре, а также приступить к глобальным томографическим исследованиям глубинного строения Земли [1].

Развитию сейсмологии способствовало появление приборов с широкополосной полосой цифровой регистрации, которые фик-

сируют амплитуды и частоты всех полезных сигналов, исключая фоновые шумы. Теперь уже не столько качество данных, сколько их странственное разрешение, централизованное хранение и длительность наблюдений становятся определяющими для понимания динамических процессов, происходящих в твердой Земле.

Разрешающая способность фиксирования источника землетрясения зависит от плотности, с которой расположены приемные устройства на поверхности. Первые томографические исследования опирались на данные 10—20 беспорядочно разбросанных цифровых станций. Они показывали неоднородности строения Земли на территории протяженностью до 5 тыс. км. Сегодня же (по крайней мере на суше) практически каждая площадь в 2 тыс. км² оснащена цифровой станцией. С высокой же точностью определять региональные неоднородности и очаги землетрясений можно, когда приборы стоят друг от друга на десятки или, хотя бы, на несколько сотен километров. Для предсказания сильных толчков в населенных промышленных районах требуется еще большая плотность сейсмических станций — одна на несколько километров. К такому уровню на сегодняшний день приближается лишь Япония...

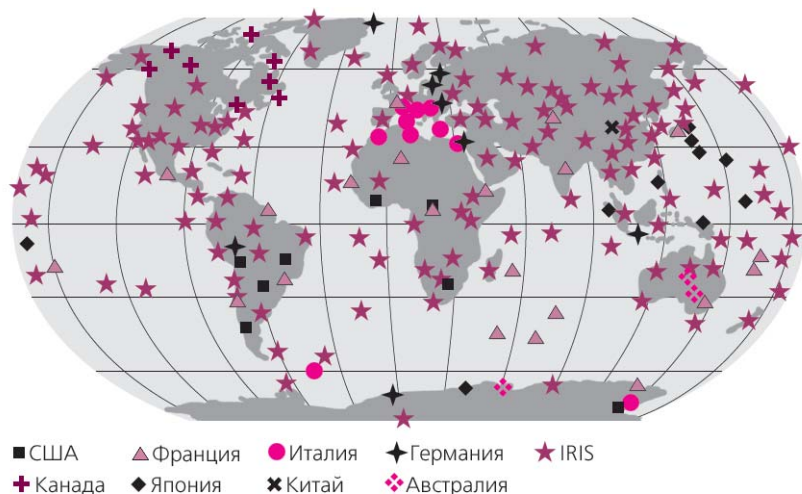
Сейсмические события происходят нерегулярно, их источники распределены в недрах Земли неравномерно, и только непрерывные, продолжающиеся многими десятилетиями наблюдения в со-

стоянии создать адекватную картину глобальной сейсмичности.

За последние 10 лет сейсмология развивалась в значительной степени благодаря росту доступности информации. Как международные, так и многие национальные организации теперь предоставляют в распоряжение исследователей собранные сейсмологические данные. Сейчас в общедоступных архивах хранятся сейсмограммы, в сжатой форме составляющие десятки тысяч терабайтов информации. Быстрый доступ к ним дает возможность завершить детальное изучение любого катастрофического землетрясения всего за несколько месяцев после события. Примером может служить работа японских и тайваньских специалистов по материалам трагических событий в Кобе (о.Хонсю, 1995) и Чи-Чи (Тайвань, 1999), когда вся информация была немедленно предоставлена в распоряжение ученых.

Существующие архивы сохраняют непрерывный ряд наблюдательных результатов, которые, несомненно, представляют ценность для будущих поколений сейсмологов. В центрах хранения сейсмологической информации повседневно при помощи новейших методов ведется переработка старых данных, полученных от лучших обсерваторий мира.

В отличие от системы WWSSN, которую, надо признать, удалось создать в значительной мере для обнаружения ядерных взрывов, нынешняя глобальная сеть построена с научным прицелом, причем средства на это довольно щедро выде-



Расположение цифровых широкодиапазонных сейсмостанций, принадлежащих Всемирной сети.

лялись правительствами ряда стран [2, 3]. Сейчас существует Международная федерация цифровых сейсмографических сетей (FDSN — Federation of Digital Seismograph Networks; ее адрес: <http://www.fdsn.org>), активно координирующая размещение цифровых широкодиапазонных сейсмических приборов и способствующая их национальной поддержке.

Разработан стандартный порядок обмена данными и создана компьютерная связь между основными архивами Европы, США и Японии. Головное учреждение IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology — Объединение исследовательских сейсмологических институтов) находится в США. Его центр (<http://www.iris.edu>) координирует порядок обмена.

Дальнейшее развитие глобальных сейсмологических наблюдений требует увеличения плотности станций не только на суше, но и на дне океана. Кроме того, должно происходить тесное общение между научным сообществом и представителями Междуна-

родной системы сейсмического наблюдения, созданной в рамках Договора о всестороннем запрещении испытаний ядерного оружия. Тут все еще существует взаимное «перекрывание» целей.

В региональном масштабе сейсмические сети традиционно разобщены границами государств. Особенно этот недостаток проявляется в Европе. В некоторых районах плотность широкодиапазонных станций очень высока — одна на 50 км², а всего на континенте работает более 40 местных центров. При этом лишь немногие из них охватывают территорию нескольких стран. Национальные организации часто заинтересованы в наблюдениях явлений, происходящих лишь внутри своих границ, и не понимают выгоды свободного обмена информацией.

Сбор, хранение и распространение сейсмических данных в Европе производится под общей эгидой центра ORFEUS (Observatories and Research Facilities for European Seismology — Обсерватории и научно-исследовательские средства для европейской сейсмологии),

находящегося в Нидерландах (<http://orfeus.knml.nl>). Однако у него небольшая территория охвата в сравнении с масштабом средств, вкладываемых отдельными европейскими странами. Только расширение его деятельности и усиление централизации в сборе и распространении данных позволит интегрировать разрозненную сейсмическую сеть в эффективную общеконтинентальную...

До недавнего времени сходное положение было и в США. Множество региональных сетей действовало, используя технологии еще 60-х годов. Ныне же успешно развиваются две взаимодополняющие программы: ANSS (Advanced National Seismic System — Передовая национальная сейсмическая система; <http://www.anss.org>), основная цель которой — выявление сейсмических опасностей, и USArray (сеть США), изучающая строение и эволюцию американского континента.

Эксплуатация и обслуживание современных сейсмических сетей обходится дороже их создания. Установка высококачественного оборудования широкодиапазонной сейсмостанции требует примерно 50—100 тыс. долл. США, а поддержание ее работы — от 10 до 50 тыс. долл. в год, не считая централизованного хранения данных. Национальные организации должны понимать, что долгосрочные выгоды могут появиться только в результате неограниченного и свободного (бесплатного) обмена информацией [4].

Правительствам отдельных государств и международным агентствам необходимо приложить усилия и средства, чтобы превратить неоднородные региональные сети в интегрированную систему как наблюдений за землетрясениями, так и фундаментальных научных исследований в континентальных масштабах. ■

Литература

1. Romanowicz B.A., Dziewonski A.M. // *Eos*. 1986. V.67. P.541.
2. Dziewonski A.M., Chou A.T., Woodhouse J.H. // *J. Geophys. Res.* 1981. V.86. P.2825.
3. Nolet J., Romanowicz B.A. ORFEUS science plan. Dordrecht, 1986.
4. Romanowicz B.A., Giardini D. // *Science*. 2001. V.293. P. 2000—2001.

Новости науки

Космические исследования.

Луна — как на ладони!

Изучать поверхность Луны с помощью наземных телескопов уже давно стало немодно: космические аппараты сфотографировали ее с расстояния нескольких километров, а отдельные участки — даже с расстояния нескольких метров. Три десятилетия назад астронавты ходили по поверхнос-

ти Луны, трогали ее руками. Стоит ли после этого рассматривать Луну с расстояния почти в 400 тыс. км, да еще сквозь беспокойную земную атмосферу? Оказывается, еще как стоит!

Нет сомнений, что Луна в недалеком будущем станет главной базой для развития космонавтики. Хотя транспортировка ее материалов на поверхность Земли вряд ли когда-нибудь окажется целесообразной, однако произ-

водство на Луне аппаратов для изучения ближнего и дальнего космоса, для работы на геостационарной орбите выглядит чрезвычайно привлекательно, поскольку запускать их с Луны значительно выгоднее, чем с Земли. Поэтому детальное изучение лунной поверхности — задача сегодняшнего дня.

Первые подробные карты нашего естественного спутника были получены в середине XIX в. стараниями энтузиастов, любителей астрономии. В течение многих лет они проводили у телескопа ночь за ночью, дожидаясь тех редких мгновений, когда «бурление» земной атмосферы замирало и на краткий миг становились видны мелкие детали лунной поверхности. Эти карты сыграли свою роль на первом этапе покорения Луны (1959—1972), давшем детальную информацию о нескольких участках, на которых побывали люди и автоматы. После четвертьвекового затишья возобновились полеты автоматических зондов к Луне, начался новый этап изучения всей ее поверхности. Хотя для некоторых исследований космические аппараты незаменимы (к их запуску в ближайшее время готовятся в США, Западной Европе, Китае и Индии), наземная астрономия, как оказалось, также может внести свой вклад: телескопы нового поколения способны на порядок увеличить четкость изображений Луны. Осенью 2002 г. это доказали сотрудники Европейской южной обсерватории, получившие на 8-метровом телескопе Йепун, входящем в систему Очень большого телескопа (VLT), непревзойденные по качеству наземные снимки лунной поверхности.



Участок лунной поверхности размером 60×45 км² вблизи кратера Тарунций (Taruntius), между морями Спокойствия и Изобилия. В верхней части снимка — кратер Камерон диаметром 10 км, названный в честь американского астронома Роберта Камерона (1925—1972). Высота Солнца над горизонтом в момент съемки 7°.

Успех этой работе обеспечило не только высокое качество телескопа и прекрасные атмосферные условия на горе Сьерро-Параналь в чилийской пустыне Атакама, где этот телескоп установлен¹, но — главное — система адаптивной оптики, компенсирующая атмосферное дрожание. Угловое разрешение на полученных изображениях составляет 0.07 с дуги, что соответствует 130 м на лунной поверхности. Так может видеть этот участок человек с острым зрением на расстоянии 400 км, т.е. с околорунной орбиты. Столь детальных карт Луны до сих пор не было получено даже с помощью космической техники. Теперь наземные исследования вновь на некоторое время займут лидирующее положение в изучении нашего естественного спутника.

© В.Г.Сурдин,

кандидат физико-математических наук
Москва

Планетология

Марс изучается в Арктике

Около 23 млн лет назад Земля столкнулась с крупным небесным телом в районе о.Девон, в высокоширотной Канадской Арктике. Здесь, среди тундры, и сейчас можно заметить оставшийся после этой катастрофы шрам — 20-километровый кратер, получивший название Хафтон. Многие специалисты видят в нем аналог образований, наблюдающихся на Марсе; отсюда и особый интерес, проявляемый к этому кратеру².

С результатами своих пятилетних исследований кратера ознакомил коллег планетолог П.Ли (P.Lee) из Института SETI (Search for Extra-Terrestrial Intelligence — Поиск внеземного разума), выступая на конференции по астробиологии (апрель 2002 г., Маунтин-

¹ Кстати, напомним, что название Йепун на языке народа мапуче означает Сириус. — *Примеч. ред.*

² Подготовка к экспедиции на Марс ведется в наземном кратере // Природа. 2000. №3. С.78.

Вью, Калифорния). Как полагает Ли, существующая на Марсе и о.Девон сходная сеть небольших долин появилась в ходе таяния мощного ледяного покрова под воздействием тепла, выделившегося при столкновении с астероидом или кометой.

Условия вечной мерзлоты способствовали сохранению свидетельств далекого прошлого. Так, американский палеоботаник Л.Хикни (L.Hickney) продемонстрировал собравшимся добытые им в кратере Хафтон неокаменившие остатки древних животных и растений, которые залежали в осадочных породах на дне давно исчезнувшего там озера. Канадские геологи Г.Осински и Дж.Спрей (G.Osinski, J.Spray) провели экспедицию в район кратера и составили карту железосодержащих отложений, образованных горячими ключами, которые начали бить изпод земли после падения небесного тела. Исследователи считают, что ударные кратеры, возникающие в областях с холодным климатом, отлично сохраняют информацию о природной среде. Подобное может быть справедливо и для Марса, что заставляет искать место для высадки именно вблизи известных там крупных кратеров. Один из наиболее подходящих — кратер Гусева, 150-километровая округлая впадина на юге средних широт Марса.

Однако некоторые специалисты предупреждают, что никакую местность на Земле нельзя считать идеальным подобием Красной планеты. По данным телекамер аппарата «Mars Global Surveyor», в высоких широтах Марса идут такие атмосферно-криосферные процессы, для которых на Земле вообще нет аналогов.

Ведущий научный американский сотрудник программы по изучению Марса Дж.Гарвин (J.Garwin) считает перспективными для моделирования марсианских условий Исландию, сухие долины в Антарктиде, ударный кратер Попигай в Якутии, а также крайне засушливую пустыню Атакама в Чили.

Science. 2002. V.296. №5568. P.648 (США).

Физика

Получен новый сверхтяжелый элемент?

В Лаборатории ядерных реакций (Объединенный институт ядерных исследований, Дубна) под руководством члена-корреспондента РАН Ю.Ц.Оганесяна ведутся эксперименты по синтезу сверхтяжелого элемента №118. В работе принимают участие ученые из Ливерморской национальной лаборатории (США).

Чтобы получить новый элемент как продукт ядерной реакции, в которой ядро атома мишени сливается с ядром бомбардирующей частицы, мишень из ²⁴⁹Cf облучается ионами ⁴⁸Ca, ускоренными на циклотроне У-400. Первый этап эксперимента длился в общей сложности 2300 ч — с февраля по июнь 2002 г. Интегральная доза облучения составила рекордную величину — $2.5 \cdot 10^{19}$ ионов, что соответствует 2 мг ⁴⁸Ca, прошедших через мишень. Из общей массы продуктов ядерных реакций, возникающих при взаимодействии ядер калифорния и кальция, атомы нового элемента отделялись «на лету» с помощью масс-сепаратора, который отличается высокой степенью избирательности и уже успешно использовался¹ при синтезе элементов 114 и 116. Высокоэффективная «колодеобразная» детекторная система регистрировала сам атом нового элемента и место его попадания на поверхность детектора (площадь 48 см²) с точностью ± 1.5 мм. Эта же система регистрировала α -частицы и осколки спонтанного деления (СД), исходящие из зафиксированного места, их энергию E и время T между моментом попадания первичного атома в детектор и последующими распадами (и между ними). По выявленным корреляциям устанавливался факт синтеза атома нового элемента и продукты его распада, находящиеся с ним в генетической связи.

В данном эксперименте удалось зафиксировать два события,

¹ См.: Шеголев В.А. За краем таблицы Менделеева // Природа. 2003. №1. С.36—45.

которые могут быть отнесены к образованию и распаду искомого ядра $^{294}118$. В первом случае наблюдалась цепочка α -распадов, закончившаяся спонтанным делением: $^{294}118 \rightarrow \alpha$ ($E=11.81$ МэВ, $T=2.55$ мс) \rightarrow $^{290}116 \rightarrow \alpha$ (10.71 МэВ, $T=42.1$ мс) \rightarrow $^{286}114 \rightarrow$ СД ($E=207$ МэВ, $T=0.52$ с). Поскольку генетическая связь наблюдаемых распадов была определенно установлена, то с вероятностью $>87\%$ можно утверждать, что в данном случае наблюдался факт образования ядра 118-го элемента с последующими распадами в ядра 116-го и 114-го элементов. Во втором случае произошло только спонтанное деление: $^{294}118 \rightarrow$ СД ($E=207$ МэВ, $T=3.16$ с). Близость значений T (2.55 мс и 3.16 мс) для $^{294}118$ и в первом, и во втором событиях позволяет предположить, что ядро $^{294}118$ может испытывать как α -распад, так и спонтанное деление.

Полученные экспериментальные значения согласуются с теоретическими оценками и предсказаниями существования острова стабильности в области сверхтяжелых элементов. Для полной уверенности в факте синтеза элемента №118 необходимо провести следующий этап экспериментов, чтобы удостовериться в воспроизводимости результатов. Имеющиеся данные уже дают материал для дальнейших экспериментальных и теоретических исследований.

Сообщения ОИЯИ Д7-2002-287, 2002. Дубна.

Техника

Миниатюрные роботы с бортовыми микродатчиками

В последнее время значительное распространение в разных областях техники получают микророботы. Первые модели были на колесном ходу, однако более перспективными оказались гусеничные, сохраняющие устойчивость даже на неровной местности. Для передвижения роботов используют пьезоэлектрические, электромеханические и электромагнитные двигатели. Весьма эф-

фективен пьезомотор — свыше 90% электроэнергии он преобразует в механическую. Состоит он из тонких керамических пластин, которые изгибаются при подаче питания и возвращаются к первоначальной форме при выключении.

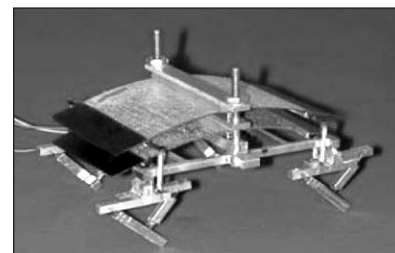
Подачей напряжения на пьезокристаллы управляет специальная микросхема; она же считывает с установленных на корпусе многочисленных датчиков информацию (в том числе и визуальную) о параметрах движения робота, характеристиках исследуемых объектов и состоянии внешней среды (давлении и температуре).

Насекомоподобный робот величиной 2–3 см, изготовленный сотрудниками Университета Вандербильта в Нашвилле (США), приводит в движение батарейка от наручных часов — ее энергии достаточно для прохождения микророботом нескольких сот метров. Устройство предназначено для военных и разведывательных целей, но может выполнять и мирные задачи, передвигаясь, например, в трубах и вентиляционных шахтах.

Микророботы, созданные группой шведских ученых, имеют размер $670 \times 170 \times 240$ мкм³ и способны благодаря покрытию полупроводниковой «начинки» тонким слоем полипиррола функционировать в токопроводящих жидкостях, в частности в крови и моче (незащищенные кремниевые микророботы в таком случае быстро выходят из строя). Детали из этого полимера в момент прохождения через них электрического тока сокращаются, подобно мускулам руки. Манипулятор из полипиррола может работать даже с отдельными клетками. Оборудованный сенсорным блоком робот превращается в микролабораторию, самостоятельно передвигающуюся и проводящую исследования внутри живого организма. Такие устройства предназначены прежде всего для медицины, где сыграют роль хирургического инструмента при бескровных операциях — как крупных (в ходе которых целая группа роботов будет действовать



Микроробот на гусеничном ходу, созданный специалистами Министерства энергетики США.



Микроробот на пьезодвигателе, изготовленный в Университете Вандербильта.

сообща), так и локальных, на клеточном уровне. Уже изготовлено 140 опытных экземпляров, их возможности продемонстрированы на искусном перемещении небольших стеклянных бусин.

В одной исследовательской лаборатории Министерства энергетики США сконструирована серия дистанционно управляемых роботов объемом меньше 1 см³. Перемещаясь со скоростью 0.5 м/мин, они могут контролировать подозрительные участки и проникать внутрь зданий по вентиляционным шахтам и трубопроводам для обнаружения взрывных устройств. Параметры их процессоров (тактовая частота до 1 МГц, объем постоянного запоминающего устройства ~8 кб) близки к характерным для первых персональных компьютеров. Пока действующая модель робота снабжена только датчиками температуры, в дальнейшем планируется оснастить его микрофоном, радиопередатчиком, устройствами дистанционного управления и инфракрасными датчиками движения. Установить же видеокамеру для получения изображения в мас-

штабе реального времени пока не удалось, хотя отдельные кадры от микрофотокамеры принимать уже можно.

http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/2_12/index.htm

Электроника

Первый молекулярный модуль памяти

В начале сентября компания «Hewlett-Packard» объявила о создании первого модуля памяти, построенного на основе молекулярной технологии¹. 64-битный чип представляет собой «сандвич» — структуру, состоящую из двух проводящих слоев, между которыми находится запоминающее вещество. Проводники верхнего и нижнего слоев перпендикулярны друг другу и образуют прямоугольную матрицу. При подаче напряжения на пару ортогональных проводников в точке их скрещивания возникает разность потенциалов, меняющая характеристики (в частности, сопротивление) разделяющего вещества. Разные величины сопротивления соответствуют значениям 1 и 0 — на этом и основан принцип записи информации; считать ее можно, подавая более низкое напряжение.

В первом молекулярном чипе задействованы восемь платиновых проводников шириной 40 нм, все устройство занимает площадь менее 1 мкм². В дополнение к запоминающей матрице разработано столь же миниатюрное считывающее устройство. Модули, созданные по новой технологии, обладают по сравнению с кремниевыми микросхемами примерно в 10 раз более высокой битовой плотностью. Создаются они методом печати на кремниевой подложке всего за несколько минут, в то время как изготовление обычных микросхем способом фотолитографии требует нескольких недель.

Из-за малой емкости опытный образец памяти не имеет практи-

¹ См. также: Микроэлектроника: от кристалла к организованному молекулярному ансамблю // Природа. 1997. №5. С.8—18.

ческого применения, но уже к 2005 г. компания планирует изготовить 16-килобайтный чип, который сможет реально использоваться в электронике. В будущем создание полноценных молекулярных микросхем позволит многократно уменьшить размеры и энергопотребление компьютеров.

www.lenta.ru/10/09/2002/;

http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/2_17/index.htm

Электроника

Российские кремний-эрбиевые диоды светят ярче!

Группа ученых из Института физики микроструктур РАН и Нижегородского государственного университета, возглавляемая З.Ф.Красильником, разработала диодные структуры на основе легированного эрбием кремния. Они эффективно излучают в оптимальном для волоконно-оптической связи диапазоне (1.54 мкм). Используемый же метод сублиминационной молекулярно-лучевой эпитаксии¹ (СМЛЭ) выгодно отличается от широко применяемой ионной имплантации².

Существенное (на порядок) увеличение квантовой эффективности электролюминесценции в режиме прямого смещения диода и фотолюминесценции при низких температурах в структурах, где слои кремния и эрбия толщиной от двух до нескольких десятков нанометров разделены чистым кремнием, происходит из-за уменьшения безызлучательной рекомбинации в нелегированных слоях. Различное позиционирование активного (легированного) слоя позволяет изменять концентрацию в нем свободных электронов, а также исследовать ударный механизм возбуждения ионов эрбия в режиме обратного смещения диода.

http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/2_12/index.htm

¹ Эпитаксия — ориентированный рост одного монокристалла на поверхности другого (подложки).

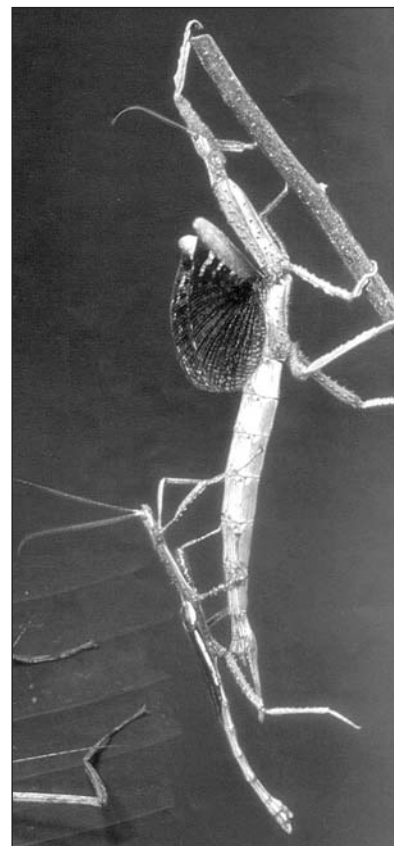
² См. также: Есть кремниевый светодиод! // Природа. 2001. №6. С.80.

Биология

Так ли уж необратима эволюция?

Согласно закону Долло, описанному во многих вузовских учебниках, биологическая эволюция необратима. Киты, когда-то перешедшие к жизни в водной среде и утратившие в связи с этим задние конечности, уже не могут обрести их снова и вылезти на сушу. Не начнут летать блохи, предки которых когда-то лишились крыльев, но зато укрепили задние ноги и научились замечательно прыгать. Категоричность подобных утверждений, принимаемых, впрочем, без всяких доказательств (проверить-то все равно никто не сможет!), кажется не столь очевидной после недавней публикации¹ М.Витинга (Университет

¹ Whiting M., Bradler S., Maxwell T. // Nature. 2003. V.421. №690. P.264—267.



Палочники — насекомые, которые в ходе эволюции теряли крылья и вновь их обрели.

Б.Янга, Прово, штат Юта, США), С.Брадлера (Университет ГАВгуста, Гёттинген, Германия) и Т.Максвелла (Университет Вашингтона, Сент-Луис, штат Миссури, США), изучавших систему родственных связей в отряде привиденьевых, или иначе — палочников (Phasmatodea).

Свое название эти насекомые получили из-за причудливой формы тела, которой они действительно напоминают сухие веточки. Всего науке известно около 3 тыс. видов палочников (обитающих главным образом в тропиках), причем только 40% из них имеют полноценные крылья и могут летать, а у остальных крылья сильно редуцированы (особенно у самок), или же их нет совсем. Крылатых палочников, согласно логике закона Долло, следует считать филогенетически более древними и близкими к исходным формам, давшим начало всему отряду, а бескрылых — рассматривать как утративших этот признак, что может быть связано с их исключительной криптической (маскировкой) и высокой плодовитостью, которая часто коррелирует с утратой крыльев в разных группах насекомых. Однако авторы обсуждаемой работы пришли совсем к другому выводу, проанализировав последовательности оснований из нескольких участков ДНК (гены 18S рДНК, 28S рДНК, часть гена гистона 3) у палочников из разных семейств, а также у их дальних родственников из отрядов богомолых, таракановых, прямокрылых, уховерток, веснянок и некоторых других.

По этим результатам авторы построили громадную кладограмму, отражающую родственные связи между 37 видами палочников и 22 видами насекомых из других отрядов. Вывод, следующий из кладограммы, кажется парадоксальным: исходные для всего отряда палочников формы были бескрылыми, однако в дальнейшем, по крайней мере четырежды (в эволюционных линиях разных семейств), крылья появлялись у них снова, после чего иногда

опять терялись. Правда, исследователи подчеркивают, что говорить о возникновении крыльев абсолютно заново (*de novo*) было бы неверно. Скорее всего, это результат повторной экспрессии «замолчавших» когда-то генов.

Безвозвратность утери насекомыми крыльев раньше объясняли тем, что сохранение всех сложных дополнительных структур и механизмов, обеспечивающих их взаимодействие, маловероятно, так как развитие крыла — процесс в значительной мере автономный, не зависящий от развития других структур. Но на самом деле это не так. У дрозофилы, например, да и у других насекомых, например, имагинальные диски, которые определяют будущее развитие конечностей и крыльев, происходят из одной группы клеток. Следовательно, можно предположить, что записанные в генах инструкции по развитию крыльев сохраняются и тогда, когда крылья утрачиваются, поскольку сходные инструкции требуются для формирования ног, ну а ноги-то у них остаются!

© А.М.Гиляров,
доктор биологических наук
Москва

Зоология

Изоощренный способ изучения скрытно живущей ящерицы

В чрезвычайно богатом и разнообразном мире рептилий Австралии аделаидская тиликва (*Tiliqua adelaidensis*) занимает особое и заметное место. Она является представителем замечательного рода так называемых синезычких сцинков или, иначе, исполинских ящериц — массивных и медлительных обитателей пустынь. При этом тиликва — самая маленькая из них: длина тела всего около 10 см (у ее сородичей — до 40 см). А еще этот вид долгое время считался единственным представителем класса пресмыкающихся, исчезнувших после колонизации Пятого континента. Но в 1992 г. произошла маленькая

сенсация: обнаружили совсем небольшую — всего около 20 особей — популяцию этой, казалось бы, вымершей ящерицы. И аделаидская тиликва стала самым охраняемым видом местных рептилий. Впоследствии вблизи обитания первой популяции нашли несколько таких же небольших.

Пристальное внимание ученых выявило еще одно удивительное свойство этой ящерицы — своеобразный образ жизни: почти все свое время тиликва проводит в норах, лишь изредка высывая голову, так что обнаружить ее на поверхности — вообще редкое событие. Замечательно, что при такой привязанности к норам, сама тиликва соорудить их не умеет — занимает жилища пауков и многоножек.

Чтобы сохранить такое уникальное животное, необходимо, хотя бы в общих чертах, изучить его биологию. Но как это сделать, если ящерицы постоянно находятся под землей, а ловить их нельзя без риска подорвать малочисленную популяцию?

Группа исследователей из аделаидских научных учреждений нашли оригинальный подход: они вводили в норы ящериц оптоволоконные световоды и таким образом следили за подземной жизнью этих рептилий¹. Основной задачей герпетологов было узнать побольше об особенностях размножения тиликв. Наблюдения вели в течение пяти лет, ежегодно контролируя от 63 до 125 нор ящериц. При этом удалось зарегистрировать 157 случаев появления в норах потомства. Это событие происходит в период с конца января до середины марта. Каждая самка приносит от двух до четырех живых детенышей. Уже на первой неделе жизни детеныши начинают покидать нору, а через пять недель после появления на свет их в материнской норе, как правило, не остается. Новорожденные тиликвы отправляются на поиски собственного будущего дома. А это — критический момент в их жизни.

¹ J. of Herpetol. 2002. V.36. №1. P.110—112.

Они практически беззащитны, и чем скорее отыщут свободную норку, тем больше у них шансов выжить. Ученые предполагают, что именно нехватка подходящего жилья ограничивает естественную численность этих редких ящериц.

© Д.В.Семенов,
кандидат биологических наук
Москва

Орнитология

Обнаружен новый вид попугаев!

Открытие нового вида птиц — событие в наше время нечастое... Р.Габан-Лима и М.Рапосо (R.Gaban-Lima, M.Raposo; Университет Сан-Паулу, Бразилия) отловили в лесах Амазонии несколько небольших (около 23 см в длину) зеленых попугаев. Поначалу они решили, что это птенцы известного вида хищных попугаев *Pionopsitta vulturina*. Правда, у взрослых особей этого вида голова черная, а у пойманных экземпляров она была ярко-желтой, но, по мнению специалистов, со временем должна была почернеть.

Однако при внимательном изучении оказалось, что это взрослые особи. Кроме того, в лесу и черно-головые, и желтоголовые птицы держались только с себе подобными — представители одного вида так себя не ведут. Таким образом, был выделен отдельный вид, которому дали название *Pionopsitta aurantiocephal*.

Science. 2002. V.297. №5582. P.767 (США).

Экология

На Дальнем Востоке кавказские слизни?

Осенью 1996 г. на окраине Владивостока сотрудники Института биологии моря ДВО РАН собрали несколько крупных слизней, длина которых достигала 5 см. В Приморском крае к тому времени было известно всего пять видов слизней, поэтому не представляло труда определить по внешним признакам, что находка

относится к какому-то новому для региона виду.

Строение половой системы оказалось очень необычным: выворачивающийся копулятивный аппарат имел крупный придаток и небольшую известковую пластинку. Форма этой пластинки позволила установить, что слизни относятся к *Deroceras caucasicurm*¹, ареал которого долгое время ограничивался Кавказом и Крымом. В 70-х годах прошлого века слизень был завезен в Казахстан, где стал одним из основных вредителей различных сельскохозяйственных культур. По данным К.К.Увалиевой², плотность поселений *D.caucasicum* может достигать 320 экз/м². Однако этот слизень относится к теплолюбивым видам, поэтому его находка в Приморском крае, где зимы достаточно холодные и малоснежные, не сулила особых неприятностей. Но случилось непредвиденное: зимы 1997/98 и 1998/99 гг. выдались относительно теплыми, и в 1999 и 2000 гг. кавказский слизень распространился по всему югу Приморья, став настоящим бедствием для огородников. Дело в том, что *D.caucasicum* питается не только плодами, но и листьями земляники, томатов и огурцов. Пострадали и посадки капусты. Зимой подавляющее большинство слизней погибало, но до ноябрьских заморозков они успевали отложить яйца, которые успешно перезимовали. Благодаря холодной зиме 2001/02 г. численность слизней летом 2002 г. была низкой. Низкую численность можно прогнозировать и на 2003 г.

До сих пор не ясно, откуда этот слизень был завезен в Приморье — с Кавказа или из Средней Азии. Для решения вопроса необходимо привлечение генетических методов. В последние годы возросла вероятность распространения *D.caucasicum* в пригра-

ничные районы Китая и Кореи, где этот вид может нанести колоссальный ущерб.

© А.В.Чернышев,
кандидат биологических наук
Владивосток

Охрана природы

Участь ящериц в городе

С ростом урбанизации все острее встает проблема сохранения элементов дикой природы в городской среде. Из позвоночных животных особенно трудно приходится пресмыкающимся: они тесно привязаны к поверхности земли, а именно поверхность земли относится к наиболее дефицитной, эксплуатируемой и преобразуемой части городской территории. При этом рептилии весьма ограничены в возможностях передвижения: они не могут, подобно птицам, перелетать с места на место; лишь очень немногие способны плавать и, следовательно, расселяться по городским рекам и ручьям. Да и бегуны они неважные. В общем, если место, на котором жили ящерицы, змеи или черепахи, уничтожается в процессе урбанизации, бесследно исчезают и пресмыкающиеся. К тому же в городах их преследуют и другие напасти: неприязнь людей, губительный автотранспорт, собаки и кошки, а еще исчезновение привычных кормов, дезориентирующие ночные огни, загрязнение среды и т.д., и т.п.

В некоторых крупных городах ведутся специальные наблюдения за состоянием пресмыкающихся. Так, в Сиднее, крупном промышленном центре Австралии, действует Служба информации и спасения дикой природы. Усилиями добровольцев здесь собирается база данных о положении животных в городе, в особенности о случаях их гибели или травм. Герпетологи Сиднейского университета проанализировали данные только об одном виде и только за три года. Это — обыкновенная исполинская ящерица тиликва (*Tiliqua scincoides*), и в базе имелась ин-

¹ Чернышев А. В. // Бюл. Дальневост. малакологического об-ва. 1999. Вып.3. С.97—98.

² Увалиева К.К. Наземные моллюски Казахстана и сопредельных территорий. Алма-Ата, 1990.

формация о 2004 случаях встреч ее в городе!

Тиликва — замечательная ящерица. Длина ее тела (без хвоста) — до 40 см, а вес до 700 г. Массивное тело и коротенькие лапки делают ее медлительной и очень заметной. Защитой же ей служат лишь шипение, крепкая чешуя, да огромная пасть с синим языком. Как ни удивительно, тиликва все еще довольно обычна на окраинах этого крупного современного города, но жизнь ее полна опасностей. Ящерицы этого вида, внесенные в базу данных, — в основном жертвы различных инцидентов, в результате которых 757 из них погибли. Однако 720 исполненных ящериц сотрудников службы вылечили и выпустили затем на свободу!

Анализ данных показал, что весной, когда начинается брачный сезон, тиликвы становятся особенно активными и чаще попадают под колеса автотранспорта. В это время они и чаще сталкиваются с домашними собаками, терзающими забавы ради крупных, ярких и беззащитных ящериц. А в середине лета тиликв поджидает другая беда. У них появляется потомство (самка приносит до 18 крупных детенышей), и новорожденные становятся обычными жертвами кошек.

Проследив динамику активности и травматизма тиликв в городской среде, ученые выяснили, что заметную роль в этом играют погодные условия: в жаркие, сухие периоды исполинские ящерицы наиболее подвижны и, естественно, чаще сталкиваются со смертоносными для них городскими реалиями.

Journal of Herpetology. 2002. V.36. №1. P.62—68 (США).

Геология

Возраст Кергеленского плато

На дне южной части Индийского океана находится Кергеленское плато, одно из крупнейших на планете. Оно возникло в результате мощного излияния ба-

зальтовой лавы. Несмотря на свои размеры, плато было обнаружено не столь уж давно вследствие географической удаленности от основных морских путей и глубины залегания, так что о его строении и происхождении можно было судить лишь предположительно.

Считалось, что подобные геологические провинции образуются на протяжении каких-нибудь 5 млн лет. Однако недавно в ходе выполнения международной Программы бурения в океане здесь были подняты колонки донного грунта. Их анализ показал, что около 120 млн лет назад в этом районе началась серия мощных магматических извержений, причем они продолжались и в совсем мелководных условиях в течение 25 млн лет.

Таким образом, базальтовые излияния на океанском дне могут охватывать куда больший период времени, чем считалось до сих пор. Основная часть Кергеленского плато представляет собой земную кору континентального типа, которая, вероятно, является фрагментом Индостана: этот субконтинент в то время примыкал к начавшему уже формироваться плато.

Journal of Petrology. 2002. V.43. №7. P.1109 (США); Science. 2002. V.297. №5581. P.479 (США).

Геология

Полезные ископаемые Австралии

Экспорт минеральных ископаемых и энергоносителей составил в Австралии за последние 20 лет более 500 млрд долл. США; в 2000—2001 гг. он оценивается в 55.6 млрд долл. На фоне резко снижающегося во всем мире объема геологоразведочных работ Австралия удерживает свое высокое положение среди горнодобывающих стран. Ее расходы на разведку составляют сейчас 17.5% мировых.

Золотодобывающая промышленность страны значительно выросла и заняла четвертое место по прибыли в списке экспортных то-

варов. Добывающие и поисковые компании истратили на разведку в 1990—2000 гг. более 4 млрд долл., что достигает 60% стоимости всех геологоразведывательных работ. В названный отрезок времени было обнаружено более 25 значительных месторождений, из которых не менее 10 принадлежат к категории мирового класса, т.е. содержат свыше 100 т драгоценного металла. Объем установленных за это время запасов золота повысился на 8034 т, из которых 6168 т признаны экономически выгодными. Стоимость добычи на новооткрытых месторождениях — в среднем 21 долл. за унцию — считается невысокой.

За последнее десятилетие вступили в строй три завода, производящих никель (все — в штате Западная Австралия). Использование новейшей технологии сопровождалось открытием новых месторождений цветных металлов. И без того страна занимала первое место в мире по запасам этих руд, а теперь к известным крупным присоединились и уже эксплуатируются более мелкие, но богатые месторождения, тоже находящиеся в штате Западная Австралия.

В начале 90-х годов прибавилось и число месторождений меди, свинца и цинка, открытых в штатах Новый Южный Уэльс и Квинсленд. Добыча меди здесь идет полным ходом; существенно, что залежи свинца и цинка отвечают мировому уровню. Ряд старых месторождений этих металлов находится на грани истощения. Крупнейшим поставщиком недорогих руд свинца и серебра стал Каннингтон, где производится около 7% мировой добычи свинца, а одним из крупнейших поставщиков цинка (7% мирового объема) — Сенчюри (оба — в Квинсленде). Цинковый пояс Карпентария — одна из самых богатых свинцово-цинковых геологических провинций на Земле: здесь содержится около 61 млн т цинка и 31 млн т свинца.

В бассейне р.Муррей, среди плиоценовых отложений, обнаружены перспективные россыпи рутила и циркона. За 1999—2000 гг.

в разведку вложен 141 млн долл., что позволило увеличить подтвержденные запасы ильменита, рутила и циркона, вместе взятые, примерно на 338 млн т (почти все они — в бассейне р.Муррей). Средняя стоимость разведки 1 т составила, таким образом, лишь 0.45 долл.

Местные специалисты, считая Австралию ведущей страной по эффективности инвестиций в геологоразведочную деятельность, отмечают, что значительная часть континента все еще слабо изучена, особенно внутренние области. Об этом свидетельствует, в частности, недавнее открытие скопленных медно-никелевых сульфидов в труднодоступном районе хребта Масгрейв (штат Западная Австралия), а также медно-золото-урановой минерализации, выявленной в районе кратона Гоулер (Южная Австралия). Правительственные органы активно поддерживают частные геологоразведочные компании; государственное учреждение «Geoscience Australia» также содействует этим усилиям.

AusGEONews. 2002. №64. P.3 (Австралия).

Океанология

«Золотые» галионы помогают океанологам

Испанский исторический Центральный архив Индий (Севиля) передал участникам Палеоклиматологической программы (Национальный геофизический центр США в Силвер-Спрингсе, штат Мэриленд) копии навигационных документов, относящихся к эпохе Великих географических открытий и последовавшего за ней времени. Среди них отчеты и описания плаваний испанских галионов, доставлявших пряности, золото и другие драгоценности из Манилы (Филиппинские о-ва) в Акапулько (ныне — территория Мексики) для дальнейшей переправки в Испанию, а также обратных рейсов через Тихий океан в 1590—1750 гг.

Архивные материалы содержат сведения о продолжительности каждого из рейсов, а она напря-

мую зависела от силы пассатов, дувших тогда над тропической акваторией Тихого океана. Эти данные помогли реконструировать характер атмосферной циркуляции в Западно-Тихоокеанском регионе и выявить ее крупномасштабные колебания за 161 год — их цикличность в XVII в. составляла примерно 10 лет. Полученную информацию можно использовать для долгосрочных метеорологических и океанологических прогнозов в центральной и западной областях Пацифики.

Earth System Monitor. 2002. V.12. №3. P.3 (США); <http://www.ngdc.noaa.gov/palio/pubs/garcia2001.html>

Геофизика

Морские приливы инициируют землетрясения

Сами по себе приливно-отливные силы слишком малы, чтобы порождать землетрясения. Но в некий критический момент они в состоянии послужить «спусковым крючком» вулканического землетрясения. Теперь эту гипотезу можно считать в значительной мере подтвержденной благодаря работе М.Толстой (Обсерватория Ламонта и Дюэрти по изучению Земли при Колумбийском университете в Палисейдсе) и ее коллег из Скриппсовского океанографического института в Ла-Холье.

Известно, что притяжения Луны и Солнца вызывают суточные и полусуточные морские приливы, а также подъем и опускание участков твердого тела Земли. Когда в 1930 г. рой землетрясений наблюдался в районе Ито на п-ове Идзу (о.Хонсю, Центральная Япония), японский геофизик Н.Насу (N.Nasu) с сотрудниками сумел установить, что на протяжении нескольких суток средняя частота подземных толчков регулярно возрастала во время отлива по сравнению с приливом. Насу предположил, что весь этот рой порожден морским приливным фактором, хотя механизма этой связи не выдвинул. Впрочем, после 1930 г. в районе Ито еще не раз

случались рои землетрясений длительностью по 1 мес., но суточная и полусуточная их цикличность при этом практически не наблюдалась.

Статистика указывает на существование слабой корреляции между приливными силами и землетрясениями. Вероятность такой связи оказывалась несколько выше для событий, происходивших на морском дне, в пределах срединно-океанических хребтов. Однако скудность наблюдений делала подобные выводы малоубедительными. Поворотный момент наступил после сильных извержений вулкана Мияке на одноименном острове (180 км к югу от Токио), случившихся в 1983 и 2000 гг. В октябре 1983 г. сейсмическая активность началась здесь за 1.5 ч до мощного извержения. Сейсмометр, установленный на морском дне, вблизи места событий, записал многочисленные подземные толчки. Извержение совпало с отливом. В последовавшие две недели ежедневное число толчков достигало максимума либо при высоком приливе, либо при глубоком отливе.

8 июля 2000 г. вулкан Мияке снова активизировался. У его вершины участок шириной около 1.6 км внезапно обрушился и опустился на 500 м, после чего пять наклонеров зарегистрировали 46 следовавших друг за другом изменений в положении земной поверхности, сопровождавшихся интенсивными толчками. Была обнаружена их суточная и полусуточная повторяемость; из 46 событий 33 совпадали либо с максимумом, либо с минимумом сдвига (деформацией со скольжением). Этот эффект еще десятилетие назад отмечался в деятельности ряда вулканов: Павлова (Алеутские о-ва), Сент-Хеленс (штат Вашингтон), Майон (о.Лусон, Филиппинские о-ва) и гавайских.

Воздействие приливов на подводные вулканы долгое время не обнаруживалось, пока в 1994 г. акустическая система наблюдений ВМФ США не различила среди шумов, поступающих из Тихого океана в районе подводного хребта

Хуан-де-Фука, сигналы, свидетельствующие о землетрясениях вокруг глубоководного вулкана Аксиал (130°з.д., 46°с.ш.). Собранные тогда данные указали на четкую корреляцию между приливно-отливными процессами и сейсмической активностью по крайней мере в двух случаях. Сеть донных приборов, развернутая вокруг вулкана Аксиал, зарегистрировала 402 землетрясения за примерно двухмесячный период. Именно это и позволило Толстой и ее коллегам зафиксировать сильную корреляцию между приливно-отливными явлениями и сейсмичностью. Колебания уровня давлений на морском дне во время приливов и отливов и их воздействие на сейсмичность особенно четко наблюдаются при низком стоянии воды. При этом показано существование полусуточного пика подземных толчков.

Свидетельства приливного воздействия на сейсмическую активность получены также при работе донных сейсмометров на отрезке Эндевор в северной части хребта Хуан-де-Фука. Здесь в 1955 г. в продолжение 55 сут работало 15 сейсмометров, зарегистрировавших высокую активность непосредственно во время отлива или же сразу после него. Частота толчков при самом низком стоянии воды почти удваивалась, что вполне аналогично явлениям, наблюдавшимся у вулкана Аксиал.

Geology. 2002. V.30. №6. P.503 (США);
Science. 2002. V.297. №5580. P.348 (США).

Гляциология

Ускорилось таяние гималайских ледников

В последние годы отмечается интенсивное таяние ледников на Гималаях под воздействием глобального потепления климата, что, согласно данным ООН, может принять катастрофический характер для жителей речных долин.

По материалам аэрофотосъемок, спутниковых снимков и топографических работ в Непале и Бутане изучено современное состояние 4000 ледников и 5000

озер. В Бутане за 10 лет уровень одного из озер поднялся на 27 м. Почти впятеро (с 23 до 140 га) увеличилась площадь зеркала одного из озер в Непале. Эксперты Программы ООН по окружающей среде считают, что в течение следующих пяти лет тающие ледники начнут переполнять озерные чаши, а это приведет к прорыву естественных плотин.

Terre Sauvage. 2002. №174. P.24 (Франция).

Метеорология

Теплый воздух городов приносит дожди в пригороды

В 1998—2000 гг. с помощью радара спутника «TRMM» («Tropical Rainfall Measuring Mission» — «Измерение осадков в тропических районах») определено количество осадков, выпавших в окрестностях некоторых городов тропической и субтропической зон США: Атланты, Далласа, Уэйко, Нашвилла, Остина, Монтгомери. Оказалось, что сельские районы, находящиеся вблизи мегаполисов, получают на 15—50% осадков больше, чем удаленные от них. Наибольшее количество дождей выпадает в 40 км от урбанизированной зоны.

Это объясняется тем, что асфальт и бетон поглощают энергию Солнца лучше, чем поля и леса, в связи с чем температура воздуха в городе на 2—10°С выше, чем в его окрестностях. «Колпак» теплого воздуха, натянутый на мегаполис, способствует увеличению осадков над его пригородами.

Теперь аналогичные исследования необходимо провести в средних широтах.

Science et Vie. 2002. №1020. P.40 (Франция).

Археология. Биология

Неожиданное о грибах

В 2002 г., изучая захоронения русских великих княгинь и цариц, находящиеся в некрополе бывшего Вознесенского монастыря

в Кремле (проект осуществляется в музее-заповеднике «Московский Кремль»), исследователи столкнулись с необычным явлением. В складках шелкового платья, извлеченного из белокаменного саркофага царицы Марии Владимировны Долгорукой (первой жены царя Михаила Романова, умершей в 1625 г.), были обнаружены стебли какого-то растения.

Скончалась она всего лишь через год после свадьбы, в юном возрасте (замуж тогда выдавали в 14—15 лет, редко старше), возможно, умерла при родах. Реставраторы по тканям, занимавшиеся спасением платья царицы, предположили, что кто-то из безутешных родственников положил в гроб Марии букет цветов. Но от такой версии пришлось отказаться, когда историк сообщил день ее смерти — 7 января.

Разрешить загадку погребения царицы помогли биологи Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Обнаруженные в саркофаге «стебли» оказались ризоморфами грибов из класса Basidiomycetes (их длина достигала 40 см). Подобного рода структуры относятся к некоторым видам древоразрушающих грибов, которые чаще всего микологи находят на живых деревьях, особенно на ивах, тополях, осинах и др. По мнению Т.Н.Барсуковой (кафедра микологии и альгологии биофака МГУ), мицелий гриба мог попасть в захоронение вместе с каким-то деревянным предметом. В саркофаге, во влажных условиях с постоянной температурой, гриб начал развиваться, разрушая древесину, но не затрагивая ткани погребальной одежды царицы, — ферментативный комплекс ризоморф разлагает только целлюлозу и лигнин, но не шелковую ткань.

Так средневековое царское погребение одарило новой информацией не только археологов, историков русского средневекового костюма, реставраторов и химиков, но и биологов.

© Т.Д.Панова,

кандидат исторических наук
Москва

Природа Байкала в кривом зеркале

В.В.Тахтеев,

доктор биологических наук
Иркутский государственный университет

Рассказы о Байкале любая аудитория встречает с неподдельным интересом. Как прекрасен и загадочен мир его природы, сколько неповторимого собрано в его громадной чаше! И поэтому всякий раз становится событием выход какой-либо новой книги о Байкале, тем более — адресованной широкому кругу читателей.

Но издание, о котором пойдет речь, принесло лишь чувство огорчения. И заставило взяться за перо.

Нам постоянно приходится бороться за то, чтобы книги по байкаловедению были не просто увлекательными, но и научно достоверными. И так довольно живучих, давних мифов о насквозь прозрачной рыбе голомянке, такой, что через нее можно читать газету; о рачке эпишуре, отфильтровывающей из байкальской воды загрязняющие вещества; о чеках, которым были «проданы» омулевые запасы Байкала в 60-е годы, и т.д. Простительно, когда дезинформацию вольно или невольно распространяют люди, по роду своей деятельности далекие от науки. Но профессиональные ученые все-таки должны отвечать за достоверность. И при подготовке научно-популярных изданий она нужна не меньше, чем при написании сугубо научной статьи.

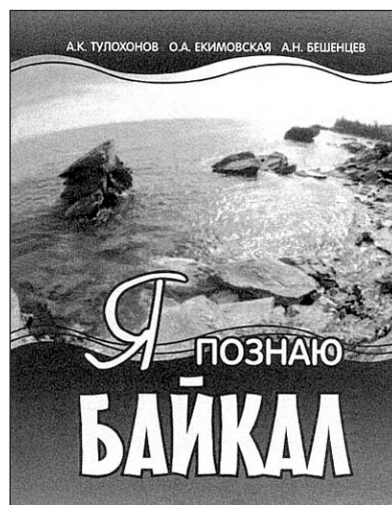
Книга «Я познаю Байкал» выпущена большим форматом, на хорошей мелованной бумаге, в красочном исполнении, тиражом 1000 экземпляров. В аннотации сказано, что она «является единственным в своем роде комплексным детским изданием по байкаловедению». Пусть это написано по неведению — к примеру, о том, что в Иркутске вышла похожая книжка «Удивительное путешествие Сибирячка* по Байкалу», авторы могли еще не знать. Но парадоксально, что на последней странице, в выходных данных, указано: «Научное издание». Так научное или детское?

О чем же авторы рассказывают юным читателям «на высоком методическом и научном уровне», как они сами отмечают в аннотации?

В разделе «Визитная карточка Байкала», где приведены основные физико-географические данные (с.б), сказано: «Максимальная глубина 1637 м, возле мыса Ижимей — 1642 м». Какому же числу верить? Еще удивительнее, что «абсолютная высота дна Байкала над уровнем Мирового океана 1181 м». На этой высоте располагаются вершины Приморского хребта, но никак не байкальское дно.

Глубина 1637 м установлена при эхолотных промерах

* «Сибирячок» — название журнала и персонажа, его олицетворяющего.



Тулохонов А.К., Екимовская О.А., Бешенцев А.Н.
Я ПОЗНАЮ БАЙКАЛ. Отв. ред. Б.Л.Раднаев.

Новосибирск: Наука, 2002. 84 с.

в 1974 г. (с.4), а через пять страниц тот же факт отнесен к 1972 г. И там же, двумя строками ниже: «В 1978 г. (! — В.Т.) служащие Кольвано-Воскресенских заводов на Алтае Карелин, Фролов, Копылов, Сметанин произвели 28 промеров между Селенгой и Ангарой» (с.9). Ну, перепутано столетие, разве это так важно! Важно то, что можно «отнести Байкал к ветеранам мирового глубоководного промера!» Но и это не все о глубинах: их определение названо «экологическим промером» (с.44). Интересно, а какой промер — неэкологический? О геологическом строении Байкальской впадины школьники узнают (с.43): «На Байкале среди местных жителей до сих пор ходит легенда, что у озера нет дна и что он сообщается с Северным Ледовитым океаном. Многие ученые считают это близким к истине (???! — В.Т.), только как это происходит через мантию Земли?».

Когда речь идет о Кучигерском термальном источнике, говорится: «Температура воды колеблется от 21 до 75°C, по химическому составу представляет гидрокарбонатно-сульфатно-натриевое соединение» (с.49). Выходит, температура — это соединение, причем столь сложное, какого химии пока, видимо, и не знают. В действительности имеется в виду ионный состав воды.

Еще один стилистический перл: «Каменная чаша Байкала в форме растущего месяца легко узнаваема среди других котловин. Такую котловину имеют крупнейшие озера мира» (с.11). Как же она узнаваема, если не единственная в своем роде? Далее мы узнаем, что о.Ольхон — это «самая высокая часть Ольхонских гор, скрытых под водой» (с.23). На самом деле Ольхонские горы — часть Ольхона, и расположены поэтому на самом острове, а не под водой.

Там, где помещена репродукция карты-схемы оз.Хубсугул, на которой нанесены отметки

высот и глубин, названия рек и самого озера, подпись гласит: «Оз.Хубсугул из космоса» (с.25). Таким вот его и видно оттуда, прямо с цифрами и буквами? В космос я не летал, но что-то не верится. На этой же странице в тексте указана максимальная глубина Хубсугула в 244 м, хотя на рисунке «из космоса» хорошо видна отметка 262 м.

Фактические ошибки и неточности, увы, столь же многочисленны, как и стилистические. В подписи к фотографии (с.9) пролив Малое Море назван заливом. Думается, школьник на уроке географии, допустивший такую путаницу, мог бы схватить двойку. Академик Петербургской академии наук П.-С.Паллас, родившийся в 1741 г., работал на Байкале во второй половине XVIII в., а не в первой, как следует из текста (с.17). А профессор М.М.Кожов, скончавшийся в 1968 г., авторами отнесен... к числу современных исследователей Байкала. Целых два поколения с тех пор сменилось! Змеиный (или Змеёвый) горячий источник в книге назван Чивыркуйским (с.49), да и его температура указана неправильно: +23°C вместо 43—51. Ледокол «Байкал» — один из крупнейших в начале XX в. — не затонул у станции Мысовая. Он сгорел на плаву, будучи в упор расстрелян из орудий в гражданскую войну, и его корпус лишь спустя годы так же на плаву разрезали на металлолом.

Редчайшее растение, эндемик Тункинской котловины, мегадению Бардунова авторы нарекли мегаденией Бахрунова (с.55). Замечу, известный ботаник Л.В.Бардунов, в честь которого она названа, ныне здравствует и наверняка «порадуется» выходу книги. Не столь сильно, но тоже пострадали при упоминании имена других исследователей — Л.Л.Россолимо, О.К.Гусева, В.Н.Моложникова. В разделе о занесенных в Красную книгу видах (с.67) для ятрышника шлемоносного указана невероятная высота — до двух—трех метров

(на самом деле она составляет 20—45 см). Другой вид, кизильник блестящий, встречается не только в Саянах, но и вдоль южной части Байкала. В этом же разделе читаем: «Все меньше становится певчих птиц и больше ворон, которые вдруг перестали бояться человека» (с.66). Душечипательно, но на чем основано это заключение?

Забавно смотрятся фотографии на развороте страниц 54—55. Слева помещен вид бухты Песчаной с подписью «Прибайкальский национальный парк». Справа — островок-камешек в несколько метров диаметром, на котором тесно возлегают нерпы. И подпись: «Забайкальский национальный парк». Невольно возникает вопрос: почему он такой маленький? В тексте о нем сказано: «Животный мир парка насчитывает 291 вид. Птицы представлены 241 видом» (с.55). Получается, всех остальных животных, водных и наземных, позвоночных, всего 50 видов?

Раздел «Живой мир байкальских вод» (с.30—37) вызывает глубочайшее изумление. К «живому миру вод» почему-то отнесен баргузинский соболь! Данные о числе видов животных в Байкале (1550) давно устарели; сейчас их известно гораздо больше (2500). Авторы книги сообщают, что в Байкале встречаются 1085 видов растений, а чуть дальше указывается 509 видов только одних водорослей. Что же за растения составляют колоссальную разницу в 576 видов? Наблюдение голомянки, парящей в водах Байкала «в летний солнечный день», — это из области сказок. Не встречается эта эндемичная рыба в условиях яркой освещенности, которую глазной светочувствительный аппарат голомянки не выдерживает. Лишь ночью она поднимается к поверхности, если к тому же вода не слишком прогрета.

Известно, что Г.Ю.Верещагин и М.М.Кожов были оппонентами по вопросу о происхождении

животного и растительного мира Байкала. По версии же авторов книги, они высказывали «аналогичное мнение» (с.31). Малую голомянку впервые описал не Б.И.Дыбовский, как утверждают авторы (с.36), а профессор А.А.Коротнев.

А вот, оказывается, как в Байкал попала знаменитая нерпа (с.33): «Оледенение, надвигавшееся с севера, отрезало путь нерпы в океан, и она была вынуждена подниматься вверх по течению рек». Ледник, получается, двигался быстро, как лесной пожар; нерпа едва от него уходить успевала! Говоря о ней далее, авторы указывают, что в 1995 г. ее насчитывалось 105 тыс. голов; однако «в настоящее время численность нерпы стабилизировалась на отметке примерно 60 тыс. особей» (с.35). Куда же за пять—семь лет делись остальные 45 тыс.?

Еще несколько цитат из этого же раздела, наводящие на мысль (извините великодушно) о биологической безграмотности. «Полностью эндемичны в Байкале около 1000 видов рептилий и животных» (с.30). А разве рептилии к животным не относятся? И вообще, что это за змеи или ящерицы такие, которые резвятся в байкальских водах?

Из животного мира «меньше всего изучены группы прямокишечных, турбеллярий, малощетинковых червей, ракушковых рачков (остракод) и хирономид». Во-первых, прямокишечные — это одна из групп турбеллярий (ресничных червей). Во-вторых, сейчас далеко не эти группы животных самые малоизученные, и ученые-байкаловеды это хорошо знают.

«Совсем недавно была открыта неизвестная ранее группа микроскопических ультранано-планктонных водорослей». Ну, если только считать «совсем недавним» временем 1968 г., когда был описан массовый в байкаль-

ских водах вид синезеленых водорослей *Synechocystis limneca*...

«Животный мир Байкала, по оценкам ученых, в настоящее время сильный и процветающий, что выражается в способности расселяться в другие водоемы и там развиваться». Увы, выселиться из Байкала сумели лишь очень немногие произошедшие в нем виды. «Так, байкальские организмы обнаружены в Баунтовских озерах, оз.Хубсугул. Предполагают, что животные (рыбы, рачки-бокоплавы, беспозвоночные) проникли туда по рекам или с помощью птиц как паразитирующие организмы на своих или промежуточных хозяевах» (с.31; курсив мой. — В.Т.). Если бы авторы использовали литературу, вышедшую после классических, но уже давних монографий М.М.Кожова, они были бы в курсе, что баунтовские и хубсугульские «находки» байкальских эндемиков большей частью оказались недоразумениями. Рачки-бокоплавы, судя по логике авторов, к числу беспозвоночных не относятся. Попробовать понять смысл выделенного фрагмента оставляю читателям в качестве «домашнего задания». Кстати, хозяева у паразитов бывают промежуточные и окончательные, а не «свои» и промежуточные.

Для людей с богатым воображением следующая цитата: «У многих глубоководных микроорганизмов развились специальные органы, позволяющие им ориентироваться в полной темноте» (курсив мой. — В.Т.). Я уже попробовал представить бактерию или микроскопическую одноклеточную водоросль с такими специальными органами... Явно имелись в виду бокоплавы и бычки-широколобки, но откуда это понять читателю!

И наконец, фотография гигантского нектобентического вида бокоплавов *Acanthogam-*

marus reichertii (с.26). Подпись под ней гласит: «Эпишура». Как это стало возможным? Ведь «портрет» эпишуры — самого массового веслоногого рачка в составе байкальского планктона — есть фактически во всех классических изданиях по фауне Байкала! После этого уже не удивляет, что авторы вновь повторяют упоминавшийся уже миф об особой роли эпишуры в очистке байкальской воды.

Это далеко не все огрехи, замеченные при прочтении книги. Выпущена она, между прочим, издательством «Наука» и была представлена в 2002 г. на Московской международной книжной ярмарке. Курьез у уважаемого издательства вышел даже при упоминании лица, наравне с авторами отвечающего за научное содержание книги, — «Ответственный редактор доктор геологических наук Б.Л.Раднаев». Нет таких степеней в номенклатуре научных специальностей. Есть кандидаты и доктора геолого-минералогических наук. Раднаев на самом деле — доктор географических наук, специалист в области экономической географии (конкретно, дорожного строительства). А рецензент А.И.Куликов — по специальности почвовед. Думается, что не было бы повода для столь сердитого отзыва, если бы авторы пригласили в качестве редактора и рецензента специалистов-байкаловедов, которых в регионе, к счастью, немало.

Не хочется, чтобы читатель подумал, что я всегда так строг к чужим ошибкам. Не ошибается тот, кто ничего не делает. И это правда. Но если ошибок масса, это уже говорит о другом. О проявленной поспешности в очень ответственном деле. И поэтому данное издание, выпущенное на таком «высоком методическом и научном уровне», я рекомендовал бы избегать и учителям, и родителям. ■

Информатика

Дж.Макконнелл. АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ: Вводный курс. Пер. с англ. С.К.Ландо. М.: Техносфера, 2002. 304 с. (Из сер. «Мир программирования».)

По истечении каждого десятилетия элементарная база компьютеров, операционные системы, средства доступа и внешний вид программ меняются коренным образом. Однако структуры и алгоритмы, лежащие в их основе, остаются неизменными в течение гораздо большего времени. Они начали закладываться тысячелетия назад, когда были разработаны первые правила вычислений.

В книге обсуждаются алгоритмы решения наиболее широко распространенных классов задач, покрывающих практически всю область программирования: поиск и сортировка, численные алгоритмы и алгоритмы на графах. Особое внимание уделено алгоритмам параллельной обработки, редко освещаемым в русскоязычной литературе.

Издание носит учебный характер. Оно может быть использовано как вузовскими преподавателями, так и студентами. Изложение неформальное и чрезвычайно подробное, с большим количеством упражнений, позволяющих вести самоконтроль. Книга может заинтересовать всех, кому приходится самостоятельно писать программы, — от программистов банковских систем до научных работников.

Физика

В.В.Беляев. ВЯЗКОСТЬ НЕМАТИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ. М.: Физматлит, 2002. 224 с.

Впервые систематически рассмотрены гидродинамические свойства анизотропных жидкостей или нематических жидких кристаллов (НЖК).

В книге описаны методы измерения анизотропных вязкостей и экспериментальные зависимости вязкости НЖК от термодинамических параметров (ρ , V , T). Автор сопоставляет их со всеми, разработанными к настоящему времени, эмпирическими, молекулярно-статистическими и молекулярно-динамическими теориями.

Предложены методы расчета вязкости, позволяющие с высокой точностью предсказать ее величину. Показана температурная зависимость вязкости для жидкокристаллических веществ и смесей. Подробно проанализирован состав современных жидкокристаллических материалов для оптоэлектронных устройств с точки зрения получения смесей с оптимальной вязкостью и требуемой быстротой действия.

Медицина

А.А.Подкозин, К.Г.Гуревич. ДЕЙСТВИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В МАЛЫХ ДОЗАХ. М.: Т-во научных изданий КМК, 2002. 170 с.

Один из интереснейших феноменов — действие биологически активных веществ в малых дозах. Именно этот метод воздействия впервые был предложен С.Ганеманом (1790) и назван гомеопатией.

Конец XIX — начало XX в. ознаменовалось бурным развитием альтернативного метода лечения (аллопатии), повлекшего за собой появление резистентных микроорганизмов, хронических воспалительных заболеваний и т.д. Однако, в связи с его неэффективностью, в конце XX в. снова возрос интерес к гомеопатии.

В книге рассмотрены кинетические закономерности, возникающие в результате действия биологически активных веществ в малых дозах. Особое внимание уделено вариабель-

ности эффектов малых доз и бимодальным зависимостям доза—эффект.

Авторы не ставили своей задачей объяснить весь комплекс феноменов, возникающих при использовании микроэлементов. Некоторые проблемы только намечены.

Ботаника

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ ОТ БОЛЕЗНЕЙ В ТЕПЛИЦАХ: Справочник. Под ред. А.К.Ахатова. М.: Т-во научных изданий КМК, 2002. 464 с.

Справочник посвящен тепличным и оранжерейным растениям, точнее защите их от различных заболеваний (известно более 200 видов возбудителей у овощных и цветочных культур). В нем отражены результаты исследований, выполненных преимущественно российскими специалистами.

Необходимость этого издания очевидна: подобные справочники отсутствуют в отечественной литературе. В книге систематизированы и описаны симптомы тех или иных заболеваний, что позволяет облегчить диагностирование. Отдельно рассматриваются биологические, химические и агротехнические средства защиты. Текст максимально насыщен иллюстрациями.

Авторский коллектив представлен фитопатологами и другими специалистами по защите растений, работающими в этой области многие годы.

Геоэкология

С.В.Клубов, Л.Л.Прозоров. ГЕОЭКОЛОГИЯ: Русско-английский понятийно-терминологический словарь. М.: Научный мир, 2002. 160 с.

Зарождение каждого научного направления, в частности геоэкологии (синоним — экологическая геология), требует

формирования адекватного лексического поля. Именно эту цель преследовали составители как первого (1994), так и второго (2002), дополненного, издания понятийно-терминологического словаря.

Геоэкология — научная дисциплина в системе геологических наук (наряду с геохимией, геофизикой, геодинамикой), изучающая литосферу с позиции ее взаимодействия с биосферой, с учетом специфики хозяйственной деятельности человека.

В словарь вошло более 700 терминов и понятий, что явилось результатом целенаправленного отбора. Предназначается для геологов, экологов и других специалистов, чья работа связана с изучением и охраной окружающей среды.

Океанология

Ю.А.Богданов, А.М.Сагалевиц. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ С ГЛУБОКОВОДНЫХ ОБИТАЕМЫХ АППАРАТОВ «МИР». М.: Научный мир, 2002. 304 с.

За время эксплуатации Глубоководных обитаемых аппаратов (ГОО) «Мир» проведено более 25 комплексных океанологических экспедиций, накоплен огромный массив научной информации. Пятнадцать лет назад ГОО были установлены на борту научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш», которое более 20 лет назад сошло со стапелей финской верфи. Отметив этот двойной юбилей, сотрудники Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН подвели итоги научных исследований по геологии океана, выполненных с помощью подводной аппаратуры.

Самый объемный раздел книги посвящен изучению гидротермальных рудопоявлений океанского дна, создана их новая генетическая классификация, описаны модели формирования. Изучены неоднородности морфологии, состава, свойств залежей и показана их связь с геодинамикой и фациальными условиями рудоотложения.

В другом разделе говорится о нескольких районах Норвежского континентального склона, где выходит на поверхность дна метан и создаются очень специфические формы рельефа, в частности грязевой вулкан Хаакон Мосби. В специальных разделах авторы рассказывают о процессах возникновения осадочных разрезов в условиях интенсивных течений вдоль склонов, где проводилось несколько экспедиций (имеются в виду континентальные склоны Норвегии и Северной Америки — полигоны Комсомолец и Титаник).

История науки

ИСТОРИКО-АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. Вып. XXVII. Отв. ред. Г.М.Идлис. М.: Наука, 2002. 343 с.

Последний выпуск ежегодника «Историко-астрономические исследования» продолжает многолетнюю традицию. Он содержит статьи по истории отечественной и мировой астрономии, подготовленные сотрудниками Института истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН.

Сборник включает пять разделов: «Астрономия и общество», «Астрономия и космология XX века», «Космические иссле-

дования», «Исследования и находки» и «Воспоминания». Авторы статей с исторической точки зрения рассказывают о теории черных дыр и спиральной структуре галактик, открытии внесолнечных планет и радиационных поясов Земли, созвездиях Древней Месопотамии и звездных картах XX в., гороскопе Петра Великого, феномене Джордано Бруно и о многом другом.

Здесь же опубликованы воспоминания, посвященные памяти выдающегося астронома и геофизика Н.Н.Парийского, а также статья А.И.Еремеевой об ушедшем из жизни накануне сдачи этого выпуска П.В.Щеглове, специалисте мирового уровня в области экспериментальной астрофизики.

История науки

П.А.М.Дирак. СОБРАНИЕ НАУЧНЫХ ТРУДОВ. Т.1. Квантовая теория: Монографии, лекции. Ред.-сост. А.Д.Суханов. М.: Физматлит, 2002. 704 с. (Из сер. «Классики науки».)

Собрание научных трудов лауреата Нобелевской премии П.А.М.Дирака, одного из создателей квантовой механики и квантовой теории поля (включая ее калибровочную версию), издается впервые.

Первый том содержит обобщающие работы. Это — монографии «Принципы квантовой механики» и «Спиноры в гильбертовом пространстве», циклы лекций по квантовой механике и квантовой теории поля, Нобелевская лекция «Теория электронов и позитронов» и лекция «Размышления о захватывающей эпохе», прочитанная в школе Э.Ферми.

Под «Веселым Роджером» к тайнам океанов

Д.Я.Фащук,
доктор географических наук
Керчь

В древнеримских юридических сборниках, дигестах, зафиксирован закон, внесенный известным греческим законодателем Солоном. В нем указаны три равноправные в античном обществе профессии — моряка, пирата и купца. Интересно, что мудрость этого закона была подтверждена спустя множество веков немецким поэтом и философом И.В.Гёте, который устами своего персонажа Мефистофеля утверждал, что «война, торговля и пиратство — три вида сущности одной». Исследователи истории Древнего Мира уверены в том, что без «мужей, промышлявших морем», как называл пиратов великий Гомер, в античные времена не обошлось ни одно серьезное географическое открытие...

Слово «пираты» родилось и вошло в обиход в Греции IV—III вв. до н.э. Его использовали Полибий и Плутарх, обозначая «попытку овладеть чем-либо, захватить что-либо», «совершить покушение или нападение на корабли».

Синонимом слова «пираты» стал термин «тиррены». Это название этрусков дало имя Тирренскому морю к западу от Апеннинского п-ова. По свидетельству Цицерона, они наводили ужас на мореходов Западного Средиземноморья.

Египетские жрецы включали этрусков в перечень «народов моря», периодически грабивших страну фараонов. Римляне же считали их своими учителями и в религии, и в науке мореходства. Якорь — символ надежды — был атрибутом морского бога этрусков Нетуна, ставшего в дальнейшем у римлян Нептуном.

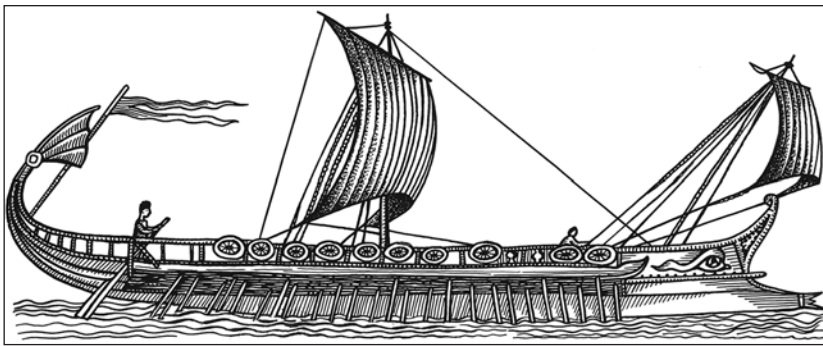
После расправы с ненавистным Карфагеном (146 г. до н.э.), победы над флотом Антония и присоединения к Риму Египта (30 г. до н.э.) пальму первенства в Средиземном море римлянам пришлось делить на протяжении целого столетия с многочисленными международными пиратами. С 27 г. до н.э., после образования Римской империи, разборки с пиратами вели практически все императоры. В 38 г. до н.э. 420 боевых римских либурн под командованием Марка Агриппа уничтожили 180 кораблей пиратской эскадры Секста Помпея — младшего сына Гнея Помпея (Великого).

В 269 г. 500 кораблей готских пиратов появились на морских путях Средиземноморья. К концу века готы стали определяющей силой в Черном и Эгейском морях. Они быстро навели порядок у берегов Кипра и Египта, в Мраморном море, захватили крупные города — Никомедию (Измит), Никей (Изник), Эфес. На суше, вдоль северной границы

Римской империи — от Дона до Карпат, от Черного моря до Оки — расположилось остготское государство. На востоке, между Азовским и Каспийским морями в то время обитали воинственные племена гуннов и аланов. В 370 г. гунны перешли Киммерийский Боспор (Керченский пролив) и, уничтожая готов, их несметные орды устремились к Константинополю.

Потомки фризов

Еще во времена Римской империи безраздельными хозяевами северных морей были племена фризов, заселявших территорию Нидерландов, где и сегодня существует провинция Фрисландия. Занятая римлянами Британия начиная с 300 г. постоянно подвергалась атакам германских племен саксов, англов и ютов, обитавших в устье Эльбы и прилегающих к нему северных районах. В 407 г., после ухода из Англии римских легионов, они завоевали восточную часть Британии. Таким образом, в VIII—IX вв. в качестве наследников фризов на морскую арену Северной Европы вышли норманны, сохранявшие славу «тигров моря» более 500 лет. В отличие от римлян и арабов они не считали Атлантику Морем Мрака и весьма активно исследовали этот район Миро-



200-весельный триер. Флотилия Древней Греции.

вого океана, естественно, не бескорыстно.

Под названием людей севера объединились представители племен данов, готов, свионов, норвежцев, обитавших в древние времена на территории современной Дании, Южной Швеции, Норвегии. Их характерными особенностями были исключительная страсть к пиратскому ремеслу и жестокость. Норвежский король Коль, например, не смущаясь, соперничал в разбойном промысле с ютландским герцогом Хорвендиллом — отцом принца Амелета (шекспировского Гамлета). Больше того, в обмен на свободу действий — морской разбой — многие норманнские короли не задумываясь уступали корону родственникам.

Так или иначе, но историки полагают, что в 620 г. «джентль-

мены удачи» из северных шхер открыли и захватили Гебридские о-ва, в 800-м — Фарерские, в 802-м — Оркнейские и Шетландские, в 860-м в поисках лучших земель колонизировали Исландию, открытую в 795 г. ирландскими христианами-отшельниками.

В 732 г. «тихони» с севера впервые высадились на берегах Британии. В дальнейшем такие визиты повторялись неоднократно. Их первые нападения на Францию, Португалию, Испанию и Марокко датируют 842—844 гг., а седьмое (!) на Париж — 876 г. В 877-м норвежец Гунбьёрн открывает «Белоснежную землю», которую через 100 лет Эрик Рыжий наречет Зеленой землей — Гренландией.

В 777—780 гг. датский вождь Гудфрид начал объединение Дании, Швеции и Норвегии в еди-

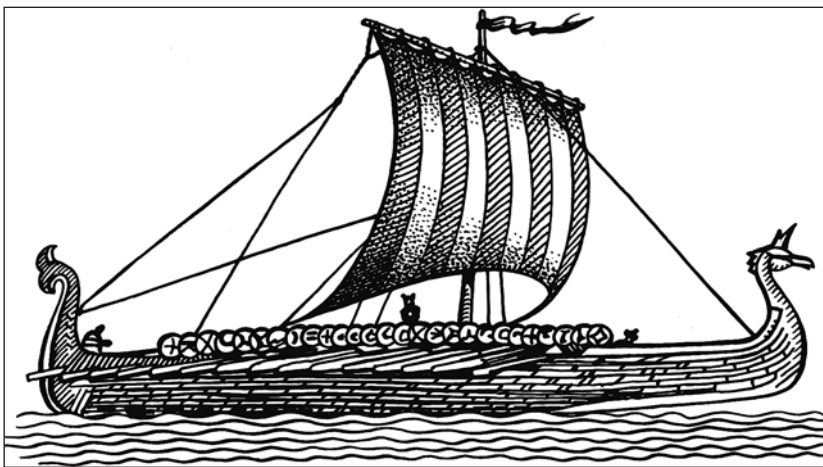
ное Норманнское (Датское) королевство под знаменами христианской веры. Но этот шаг не изменил характер завоевателей. Северные люди продолжали держать в страхе практически всю Европу. На килевых легких драккарах викинги в VIII—IX вв. побывали в Норвежском, Балтийском, Северном, Баренцевом, Белом, Черном, Каспийском, Средиземном морях. Поднимаясь по рекам, перетаскивая волоком корабли по суше, отчаянные северные первооткрыватели одновременно беспощадно грабили и разоряли прибрежные города.

В 911 г. во главе со свирепым «христианином» Хрольвом Пешеходом викинги высадились на севере Франции и основали здесь свое герцогство — Нормандию, продолжая безнаказанно грабить. Правнук Хрольва — Роберт Дьявол — в 1028 г. совершил паломничество в Иерусалим, дабы замолить грехи родственников, а уже в 1066-м его сын — норманнский пират Вильям (Вильгельм Завоеватель) — занял британский трон.

Среди историков существует мнение, что именно ему человечество обязано появлением на свет благороднейшего напитка — коньяка. Для поддержки традиционной порцией вина боевого духа 60 тыс. своих воинов в период затяжных сражений с англосаксами на Британских о-вах нормандец стал перед проблемой: или строить гигантский флот для доставки вина или перегонять его в коньячный спирт. Победил второй вариант. Викинги распробовали и полюбили по пути через Ла-Манш крепкий напиток.

«Адмирал Индийского моря»

Васко да Гама (1469—1524) впервые заявил о себе в 1492 г., когда захватил караван французских судов. Лихой пиратский налет португальца заставил короля Франции вернуть



Килевый легкий драккар.

с извинениями Жуану II галеон с золотом, плененный ранее французскими корсарами. Помня этот поступок, король Португалии, не долго думая, сделал своему придворному предложению: «Я буду рад, если вы возьметесь совершить поручение, где придется много потрудиться». На что последовал ответ: «Я, государь, слуга ваш и исполню любое поручение, хотя бы оно стоило мне жизни». «Слуга» сдержал слово, хотя потрудиться ему пришлось, действительно, немало.

К моменту, когда Васко да Гама оказался в Индийском океане, хозяевами здесь были арабы. Они контролировали все торговые пути и, естественно, не пришли в восторг от встречи в своих владениях с потенциальными конкурентами. После того как шейх Мозамбика, принявший гостей за магометан, узнал, что они христиане — злейшие враги, на берегу было устроено избиение неверных. Васко да Гама обстрелял город из бомбард, захватил в плен арабских лоцманов, взял на abordаж несколько торговых баркасов с богатым грузом и в дальнейшем с арабскими плавсредствами не церемонился. На Занзибаре, у г.Момбасы, он с помощью пыток выведal у местных негров враждебные планы их шейха и, избежав засады, продолжил свой пиратский вояж по Индийскому океану.

В феврале 1502 г. 20 боевых каравелл, возглавляемых Васко да Гамой, наделенного за первый поход титулом «адмирал Индийского моря», отправились в Индию и навели там «порядок» в лучших традициях крестоносцев. Разграбив Малабарский берег, пираты провозгласили эту территорию собственностью португальской короны. После такого сюрприза индийцы прокляли и чуть не убили кормчего Наджди, показавшего коварным европейцам путь в их страну. Но было поздно. В 1505 г. очередная португальская эскадра из 20 кораблей с полуротаты-

сячным войском сожгла Момбасу и занялась пиратством в Аравийском море, сделав все побережье Индостана и Молуккские о-ва своей вотчиной.

В 1524 г. престарелый Васко да Гама был назначен вице-королем Индии, но званием насладиться не успел, так как умер в тот же год в славе и почете.

«Мой пират»

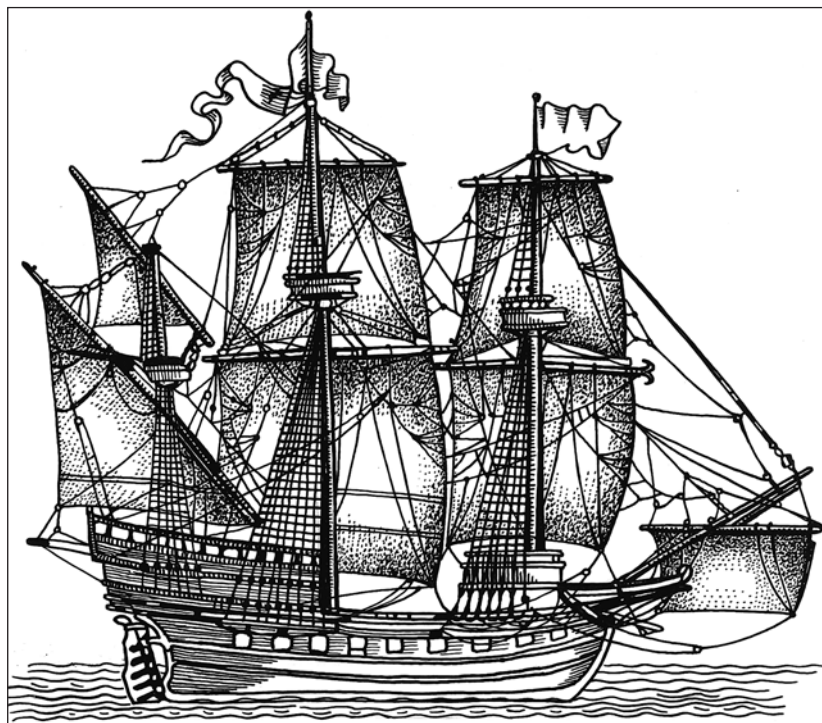
Бандитские гены первого английского короля Вильгельма Завоевателя — норманнского пирата Вильяма, переходя из поколения в поколение, проявились через пять веков. В XVI в. одним из основных источников пополнения казны многих европейских государств, особенно Франции и Англии, стало каперство, что означало — захватывать, грабить, воровать. В англоязычных странах привился термин «приватир» (от лат. *privatus* — частный, неофициальный). Так называли наемного капитана и команду вооруженного судна, принадлежавшего



Васко да Гама.

частному лицу. На Средиземноморье каперов или приватиров именовали корсарами.

Этот вид морской деятельности по сути дела был узаконенным пиратством. Владельцы «каперского свидетельства», выданного королем или королевой, под видом борьбы с пиратами



Каравелла.

и охраны торговых кораблей своего государства и его союзников занимались беспощадным морским разбоем. Не зря же каперов или приватиоров, пойманных в море без свидетельства, немедленно судили военным судом, как пиратов, и вешали на реях.

К концу XVI в. английские приватиры сильно подорвали морскую мощь Испании в Атлантике. Этому способствовал специальный акт, принятый правительством, по которому королева отказывалась от своей доли награбленного в пользу офицеров военно-морского флота и капитанов-приватиров. Так поощрялось участие богатых людей в финансировании узаконенного разбоя.

Пытаясь наказать зарвавшихся английских «джентльменов удачи», 30 июля 1588 г. в Ламанш вошла огромная испанская эскадра в составе 130 военных кораблей всех мастей и несметного количества вспомогательных судов, но после непродолжительной баталии она была позорно разбита англичанами. Из всей Великой армады в Лиссабон вернулось только 60 разбитых кораблей. Это было началом конца испанского владычества в Атлантическом океане.

Среди кораблей, расправлявшихся с испанцами, был галион «Месь» под командованием сэра Френсиса Дрейка (1540—1596) — королевского пирата. Многие годы до этого под «Веселым Роджером» он с ведома и при негласной поддержке английской королевы развлекался в Атлантике и Тихом океане, грабя богатые испанские суда, прибывавшие из Америки. С 10 лет Френсис Дрейк, уроженец Девоншира, бороздил воды океана в качестве юнги, а в 16 стал капитаном барка, продавая испанцам в Вест-Индии африканских черных рабов. Занимаясь каперством, уже к 1573 г. он стал состоятельным человеком благодаря своей дерзости и отваге. Казалось бы, можно и успокоиться, но не тут-то было.

13 декабря 1577 г. флотилия Дрейка вышла из Плимута и уже 20 августа 1578 г., повеселившись предварительно в испанских гаванях на побережье Аргентины, вошла в воды Тихого океана через пролив, открытый Магелланом, между архипелагом Огненная Земля и Патагонией. Любопытно, что это событие было предсказано испанским монахом Рехинальдо де Ласаррага и интерпретировано следующим образом: «В 77 г., как в Испании, так и повсюду в Европе, в средней части неба появилась яркая комета, хвост которой был обращен к Магелланову проливу. Что это означало? Только то, что кара, наложенная Всевышним за грехи наши, должна обрушиться через Магелланов пролив. И предвещанное сбылось. Спустя два года <...> в гавань Города Волхвов (Лима) ночью вошел вражеский английский корабль, ведомый капитаном по имени Франсиско Дракес (Дракон), куда он был послан королевой Елизаветой Английской, лютеранкой и наилучшей и самой жестокой стервой, которая когда-либо существовала на свете».

Но прежде чем войти в гавань Лимы, Френсис Дрейк, ставший для гордой Испании олицетворением зла и символом мести, при выходе из Магелланова пролива попал в жестокий шторм, потопивший все корабли, кроме фламанского галиона. Он был отброшен далеко на юг, за Огненную Землю, что дало возможность морякам убедиться в наличии моря и за этим архипелагом, считавшимся ранее частью загадочного Южного материка. Так был открыт пролив Дрейка, отделяющий Огненную Землю от Антарктиды.

История донесла до нас любопытные подробности последовавших за этим событий. Придя в себя после бури и открытия самого, как оказалось в дальнейшем, глубокого (5249 м) и широкого (1120 км) пролива Мирового океана, Дрейк взял курс не на

страну пряностей, а поднялся на север вдоль побережья Южной Америки. Основательно разграбив порты, а также разобравшись с испанским флотом, Дрейк успешно избежал мести подданных ненавистного испанского короля Филиппа II. Его 100-тонный трехмачтовик «Золотая лань» повторил подвиг Магеллана, совершив второе кругосветное плавание.

В ноябре 1580 г., после трехлетних скитаний, судно благополучно зашло в родной Плимут. Но это был период, когда Англия и Испания находились в состоянии мира. Спустя пять месяцев (пока отношения между странами не ухудшились) корабль, нагруженный золотом и заморскими товарами (стоимостью 2.5 млн ф. ст. — более двух годовых бюджетов Англии) по приказу королевы был переведен в устье Темзы.

За совершенный подвиг Елизавета I произвела Дрейка в рыцари, он стал мэром Плимута, инспектором королевского флота и влиятельнейшим человеком при дворе, а с 1584 г. членом парламента. Королевский пират водрузил на носу своего корабля отлитую из чистого золота большую лань.

Несмотря на славу, почет и богатство, после множества морских и сухопутных подвигов, захваченных кораблей, сожженных и разграбленных испанских портов, в 1596 г. «мой пират» (так, любя, называла Елизавета Дрейка), неугомонный искатель приключений в очередной раз отправился в Карибское море. Эпидемия дизентерии, вспыхнувшая на борту судна, прервала жизнь гениального авантюриста.

Крестный отец океанографии

Столетие спустя другой английский «джентльмен удачи» был также обласкан властями, несмотря на то, что, казалось бы, никакой видимой матери-

альной пользы государству он не принес.

В 1697—1699 гг. в Лондоне были опубликованы дневники английского пирата-натуралиста Уильяма Дампира (1652—1715), который на рубеже XVII—XVIII вв. совершил свое первое кругосветное плавание на захваченном им голландском 40-пушечном корабле «Улада холостяка». Его «попутчиками» были магистр искусств Кембриджского университета Уильям Коули и Джон Кук, принадлежавший к клану карибских пиратов-буканиров. Кроме разбоя они занимались копчением буйволиного мяса (букан), тем самым обеспечивая провиантом корабли. Кстати, именно это занятие отличало их от флибустьеров, грабивших в XVII в. в Вест-Индии и Центральной Америке испанские поселения на небольших маневренных лодках — флибутах.

Целью публикации своего труда «Новое путешествие вокруг света», который Уильям Дампир посвятил президенту Королевского общества, было «искреннее желание показать полезность знаний и всего того, что может способствовать благополучию моей страны». Кроме яркого живого описания «далних заморских стран», работа содержала, например, такую главу, как «Рассуждение о пассатах, бризах, штормах, временах года, приливах и течениях жаркого пояса всего света». Опус пирата стал бестселлером XVIII в., а его автор — членом Британской академии наук. Схемы ветровой циркуляции в тропических широтах Мирового океана, составленные Дампиром, по сей день практически не нуждаются в корректировке, а выявленные им связи между господствующими течениями и ветрами дали основание английским ученым считать Уильяма Дампира крестным отцом океанографии.

Таким образом, еще в 1699 г. он совершенно справедливо отметил, что первопричиной ос-

новных океанических течений является ветер. Заключение по тем временам было, прямо скажем, революционным, так как умы естествоиспытателей даже в XVII в. были под гипнотическим влиянием Аристотеля, который ошибочно полагал, что причина океанических течений кроется в гидрологическом цикле: испарение в тропиках понижает уровень океана, а дожди в приполярных областях его повышают, в результате чего морские воды перемещаются от высокого уровня (на полюсах) к более низкому (в тропиках).

Тогда же Британское адмиралтейство доверило бывшему пирату руководить походом к берегам Новой Голландии, открытой на западном побережье Австралии. Гербарии и описания птиц, сохраненные и привезенные Дампиром в Англию из этого плавания, дали начало развитию орнитологии, а также изучению растительного мира пятого континента.

В 1703—1707 гг. Дампир, совершив второе кругосветное плавание, продолжил свой пиратский промысел в Тихом океане. В этом походе он высадил на один из необитаемых коралловых островов мертвецки пьяного парусного мастера Александра Селькирка (Робинзона Крузо), ставшего прообразом героя романа Даниэля Дэфо.

«Вторую кругосветку» пират закончил в тюрьме Батавии, куда он опрометчиво зашел на захваченной во время рейда испанской бригаантине, символично названной «Оправдание». Выбравшись каким-то чудом на волю, уже в 1708 г. неугомонный 56-летний морской бродяга был зафрахтован английскими купцами в качестве штурмана новых приватиров, выступивших против испанских «золотых галионов». По решению офицерского совета экспедиции дляощрения команды к грабежу немедленно делились на борту «все виды постельного белья, одежды, предметы личного упо-



Уильям Дампир.

ребления, золотые кольца, пуговицы, пряжки, вино и продовольствие, сделанные из серебра или золота распятия и часы». Бриллианты и драгоценные камни строго исключались из раздела.

1 февраля 1709 г. фрегаты «Герцог» и «Герцогиня» подошли к островам Хуан-Фернандес и с удивлением обнаружили там Селькирка. Бедняга был снят со своего острова. И в первый же день после четырех лет воздержания упился до бесчувствия, так что решено было вернуть его обратно на остров. Привыкший к козьему молоку, фруктам и ключевой воде, он несколько дней пролежал тяжелобольным. За это время пираты разграбили перуанский город Гуаякиль. Спустя три года корабли с награбленным добром на сумму 150 ф. ст., совершив еще одно кругосветное плавание, вошли в Темзу. На долю Дампира пришлось всего полторы тысячи фунтов. Последние три года он прожил в одиночестве, оставив в наследство ухаживавшей за ним кузине долг в 2 тыс. ф. ст. Умер в марте 1715 г.

Что же касается Александра Селькирка, то после возвращения из этой экспедиции он продолжил морскую карьеру в качестве помощника капитана во-

енного корабля и погиб у берегов Африки в 1721 г.. Свою историю он рассказал в Бристоле журналисту Ричарду Стилу, который опубликовал ее в нескольких выпусках журнала «Англичанин».

А в 1919 г. в Англии вышла книга *«Жизнь и удивительные приключения Робинзона Крузо, моряка из Йорка, прожившего двадцать восемь лет на необитаемом острове близ устья реки Ориноко, куда он был выброшен кораблекрушением, во время которого весь экипаж корабля, кроме него, погиб, с изло-*

жением его неожиданного освобождения пиратами, написанные им самим». Автор книги указан не был, что, оказывается, было типично для творчества Даниэля Дефо, который весьма уважал пиратов. Прообразом героя другого известного произведения Дефо «Жизнь и пиратские приключения славного капитана Сингльтона» стал английский головорез Джон Бриджмен по кличке Счастливчик Эвери. Он вошел в историю, захватив на своем крошечном (160 человек) фрегате «Причуда» огромный (400 человек)

бриг «Великое сокровище», принадлежавший правителю Индии из династии Великих Моголов, Аурангзеба, с 5 млн рупий в золоте и серебре.

Перечень имен и подвигов великих авантюристов-первооткрывателей можно продолжать до бесконечности. Представляя историю изучения Мирового океана как неизбежное следствие не самых благородных поступков, никакого особого открытия мы не делаем. Аналогичную историю авантур наверняка можно составить для любой современной науки. ■

Литература

1. Арский Ф.Н. В стране мифов. М., 1968.
2. Копелев Д.Н. Золотая эпоха морского разбоя: Пираты, флибустьеры, корсары. М., 1997.
3. Малаховский К.В. Трижды вокруг света. М., 1982.
4. Снисаренко А.Б. Рыцари удачи: Хроника европейских морей. Л., 1991.
5. Фацук Д.Я. Мировой океан: История, география, природа. М., 2002.
6. Ханке Х. На семи морях. Моряк, смерть и дьявол: Хроника старины. М., 1989.

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
М.Я.ФИЛЬШТЕЙН

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
П.А.ХОМЯКОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Е.А.ПИМЕНОВА

Графика, верстка:
Д.А.БРАГИН

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредители:
Президиум РАН,
Издательско-производственное
и книготорговое
объединение «Наука»
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-26-33
Подписано в печать 17.03.2003
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 7147
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП типографии «Наука»
Академиздатцентра «Наука» РАН,
121099, Москва, Шубинский пер., 6