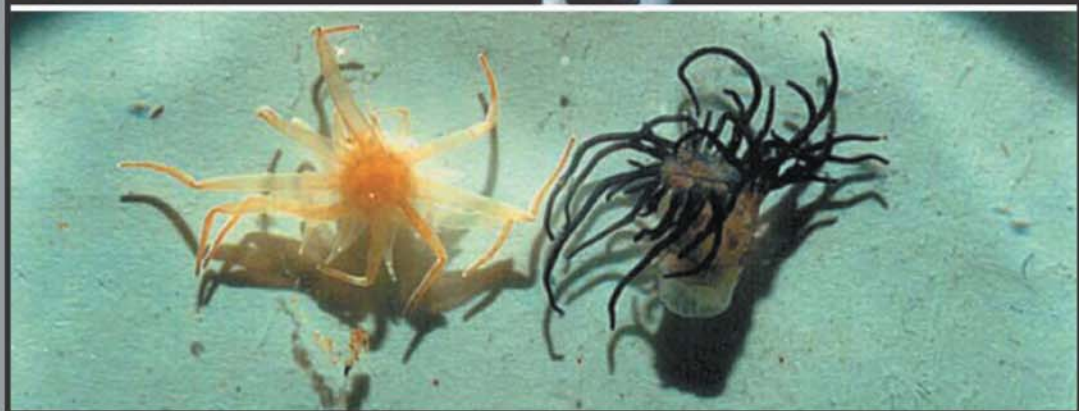
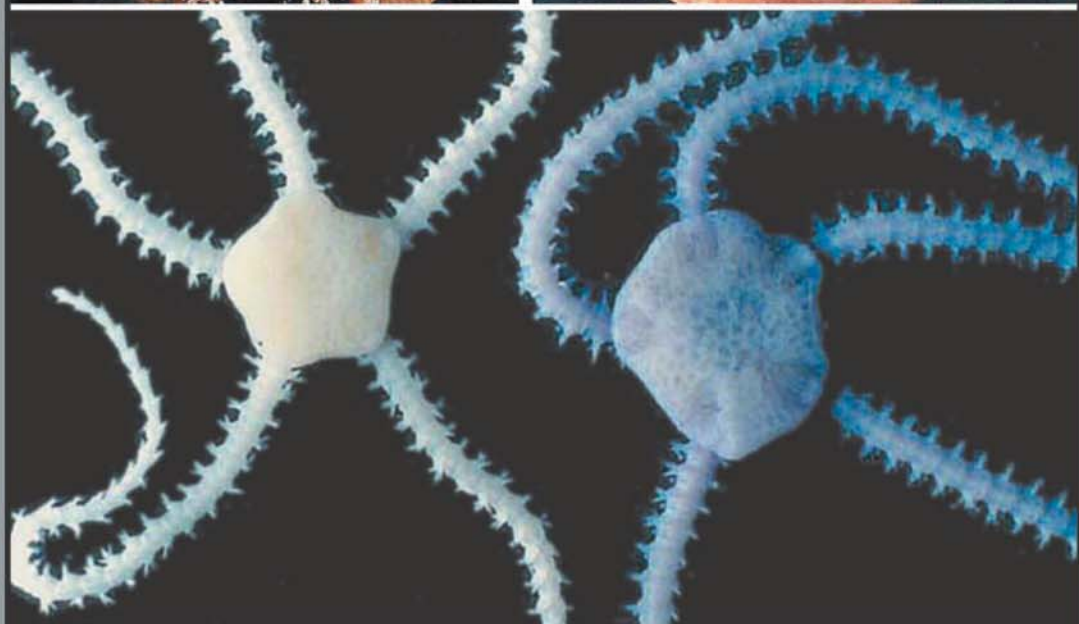


ПРИРОДА

12 06



В НОМЕРЕ:**3 Лабас Ю.А., Гордеева А.В., Наглер Л.Г.****Незримое одеяние голых тварей**

В природе есть существа, покрытые невидимыми для нас «одеждами» из активных форм кислорода. На заре эволюции они защищали голых обитателей древнего океана, но сохранилось и поныне, правда, не всегда в том же виде, чаще — в сильно редуцированном.

11 Голубовский М.Д., Вайсман Н.Я.**Гены рака, стресс и долголетие: гармонический антагонизм**

У дрозофилы впервые среди животных был открыт ген, мутации в котором приводят к опухолям, а в норме он подавляет их развитие. Как ведет себя этот ген в природных популяциях?

19 Калейдоскоп

Новые спутники Плутона

Лекторий**20 Сизых В.И.****Шарьяжно-надвиговая тектоника**

Кристаллический фундамент и осадочный чехол платформ в своем развитии испытывают не только вертикальные, но и значительные горизонтальные подвижки краевых структур. А в поднадвиговых зонах часто концентрируются большие скопления нефти и газа.

27 Горлов М.И.**Статическое электричество и полупроводниковая электроника**

Из-за воздействия электростатических разрядов каждый год выходят из строя электронные приборы стоимостью на миллиарды долларов. Как с этим бороться?

37 Журавлев А.Ю.**Скелетный докембрий****Вести из экспедиций****41 Энговатова А.В.****Археологические раскопки в Ярославле****46 Шпаро Д.И.****Возвращение на Мак-Кинли**

Недавно российские альпинисты поднялись на высочайшую гору Северной Америки — Мак-Кинли — путем ее первого покорителя Ф.А.Кука. Это достижение американского полярного исследователя, как и открытие им Северного полюса, долгое время не признавалось.

58 Еремеева А.И.**Беспокойный гений Эрнста Хладни**
К 250-летию со дня рождения**Биография современника****67 «ЧТОБЫ ЖИТЬ, НУЖНО ВО ЧТО-ТО ВЕРИТЬ...»**

Памяти Л.И.Корочкина

Эляшберг М.Е.**Родом из Сибири (68)****Евгеньев М.Б.****Грани таланта (71)****79 Новости науки**

Тропосфера в средних широтах разогревается быстрее (79). Открыты спиральные рукава в M82 (79). Эти многоликие ДНК (80). Можно ли избавить мир от вируса полиомиелита? (81).

Коротко (26, 36, 66)

Рецензии**82 Комар А.А.****Искусство и наука****86 Новые книги****87****Тематический и авторский указатели журнала «Природа» за 2006 год**

CONTENTS:**3 Labas Yu.A., Gordeeva A.V., Nagler L.G.**
Invisible Clothes of Naked Creatures

There are animals in nature, covered by invisible to us «clothes» consisting of active forms of oxygen. At the dawn of evolution these clothes defended naked inhabitants of the ancient ocean, but they hold out until now, admittedly, rarely in the same form, more often vastly reduced.

11 Golubovsky M.D., Vaisman N.Ya.
**Cancer Genes, Stress and Longevity:
a Harmonic Antagonism**

In drosophila for the first time among animals a gene was discovered, mutant forms of which leads to tumor growth, and normal ones suppress formation of tumors. How does this gene behave in natural populations?

19 Kaleidoscope

New Pluto Moons

Lectures**20 Sizykh V.I.**
Shariage-Thrust Tectonics

Crystalline foundation and sedimentary cover of platforms in its development is subject not only to vertical, but also to substantial horizontal displacements of marginal structures. And in zones under these thrusts large deposits of oil and gas are often concentrated.

27 Gorlov M.I.
**Static Electricity and Semiconductor
Electronics**

Electronic devices worth of billions dollars are damaged every year because of electrostatic discharges. How to struggle with it?

37 Zhuravlev A.Yu.
Skeletal Precambrian**News From Expeditions****41 Engovatova A.V.**
Archeological Dig in Yaroslavl**46 Shparo D.I.**
Return to McKinley

Recently Russian mountain climbers performed a climb on the highest mountain of Northern America — McKinley — by track of its first explorer F.A.Cook. This achievement of this American polar explorer, just as his discovery of North Pole, for long time was disclaimed.

58 Eremeeva A.I.
**Restless Genius of Ernst Chladni
To 250th Anniversary****Biography of Our Contemporary****67 «TO LIVE ONE NEEDS SOMETHING
TO BELIVE IN...»**
In Memory of L.I.Korochkin**Elyasberg M.E.**
Siberian by Birth (68)**Evgenev M.B.**
Facets of Talent (71)**79 Scientific News**

Troposphere in Middle Latitudes Warms Faster (79). Spiral Arms in M82 Are Discovered (79). These Multi-Faced DNA (80). Is it Possible to Save the World from Polio Virus? (81). In Brief (26, 36, 66)

Book Reviews**82 Komar A.A.**
Art and Science**86 New Books****87 Subject and Author's Indexes
of «Priroda» Journal for 2006**

Незримое одеяние голых тварей

Ю.А.Лабас, А.В.Гордеева, Л.Г.Наглер

Все мы помним сказку Г.-Х.Андерсена «Новый наряд короля». Король, будучи голым, думал, что просто не видит своего платья, а когда это поняли все его подданные, не нашел в себе сил признать их правоту. Но в природе и в самом деле есть существа, одетые в невидимую для нас одежду, ее замечают только те, для чьего «взора» она предназначена. Незримое одеяние подобных существ «соткано» из так называемых активных форм кислорода (АФК). В этой статье мы расскажем, что это за твари, для чего им нужна невидимая одежда, как ее «шьют» и кому дано «видеть» ее. Но вначале рассмотрим подробнее, что собой представляют эти активные формы кислорода*.

Все активные формы кислорода — это продукты неполного восстановления молекулы O_2 . Среди АФК есть и радикалы, например супероксид $^{\cdot}O_2^-$, гидроксильный радикал $^{\cdot}OH$, и молекулы — перекись водорода H_2O_2 , хлорноватистая кислота $HOClO$ (ее анион ClO^- называется гипохлоритом).

Существует несколько путей образования АФК в организме. Они появляются в качестве по-

* Об этом см. также: Скулачев В.П. Кислород в живой клетке: добро и зло // Природа. 1997. №11. С.26—35.

© Лабас Ю.А., Гордеева А.В.,
Наглер Л.Г., 2006



Юлий Александрович Лабас, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Института биохимии им.А.Н.Баха РАН. Научные интересы — физиология и биохимия биологически активных систем.



Анна Викторовна Гордеева, младший научный сотрудник того же института. Область научных интересов — физиология окислительно-восстановительных процессов у морских беспозвоночных.



Лена Григорьевна Наглер, старший научный сотрудник Института биохимической физики им.Н.М.Эммануэля РАН. Научные интересы — поиск эффективных низкомолекулярных антиоксидантов для защиты от окислительного стресса.

бочного продукта в процессах аэробного метаболизма, если в дыхательной цепи митохондрий (энергетических станций клетки) кислород восстанавливается не полностью. Образуются АФК и за счет работы некоторых цитозольных ферментов, например ксантиноксидазы, и тоже как побочный продукт [1]. Однако существуют ферменты, единственное назначение которых — генерация активных форм кислорода.

Среди таких ферментов особенного внимания заслуживает NADPH (никотинамидадениндинуклеотидфосфат)-оксидаза плазматической мембраны (NADPH-oxidase — NOX). Она восстанавливает молекулярный кислород во внеклеточном пространстве до супероксида $^{\circ}\text{O}_2^-$, окисляя при этом цитозольный NADPH до NADP^+ . У животных найдено пять изоформ (изозимов) этого фермента, выполняющих разные функции в разных тканях и органах [2].

Из числа других ферментов, генерирующих АФК, назовем еще два. Это миелопероксидаза (myeloperoxidase — MPO) и ее природный гибрид с NADPH-оксидазой. Первый фермент отвечает за образование хлорноватистой кислоты HClO из перекиси водорода и хлорид-аниона [3], а гибрид, т.е. двойная оксидаза (dual oxidase — DUOX), сразу превращает супероксид $^{\circ}\text{O}_2^-$ в перекись водорода, которая затем окисляет различные внеклеточные субстраты [4].

NADPH-оксидаза и миелопероксидаза впервые были обнаружены в белых кровяных тельцах — макрофагах и нейтрофилах. При встрече с патогенными микроорганизмами эти клетки либо «обстреливают» их супероксидом $^{\circ}\text{O}_2^-$, либо подвергают «химической атаке» перекисью водорода H_2O_2 и хлорноватистой кислотой HClO , либо поглощают микроорганизмы, загоняя в «газовые камеры» — специальные пузырьки-фагосомы, где и обрабатывают перекисью и супероксидом [5].

В последние 10 лет ферменты, подобные NADPH-оксидазе белых кровяных телец, найдены в большинстве тканей и органов высших животных, в том числе человека, и растений [2]. В желудочно-кишечном тракте изозим NOX1 выполняет защитную функцию; NOX2 регулирует процессы старения в головном мозге; NOX3 — образование слуховых камешков-отолитов во внутреннем ухе, NOX4 — формирование красных кровяных телец (эритроцитов) в почках посредством регуляции выработки специальных веществ, эритропоэтинов, а в сосудах контролирует кровяное давление, управляя их тонусом. NOX5 обеспечивает оплодотворяющую способность мужских половых клеток (сперматозоидов), контролирует пролиферацию лимфоцитов. В легких тоже есть изозим NADPH-оксидазы, он регулирует вентиляцию.

Изозимы NOX различаются по своей структуре, поэтому механизмы их активации тоже разные. Так, NOX белых кровяных телец активируется только при участии протеинкиназ — ферментов, «пришивающих» к NOX остатки ортофосфорной кислоты. NOX1 слизистой желудка устроен так, что для его работы не требуется фосфорилирование — он работает самостоятельно и постоянно. А для запуска работы NOX5 в сперматозоидах протеинкиназы не нужны, зато необходимы свободные ионы кальция Ca^{2+} .

У растений изозимы NADPH-оксидазы служат для защиты от инфекций, участвуют в биосинтезе фитогормонов, формировании клеточных стенок плодов, регулируют ионные потоки, обеспечивают гравитропизм корней. Так же, как и в случае с NOX5, для активации растительных изозимов в фосфорилировании нет необходимости, но нужны катионы Ca^{2+} .

Двойная оксидаза DUOX, природный гибрид NOX и MPO, обеспечивает биосинтез тироксина — гормона щитовидной

железы. Барьерные свойства слизистых оболочек полости рта, прямой кишки, гениталий, а также трахеи и бронхов в значительной мере обусловлены этой оксидазой. У круглых червей (в частности, могольного червя *Caenorhabditis elegans*, одного из любимых объектов генетики) двойная оксидаза обеспечивает правильное формирование кутикулы. У морского ежа активация DUOX сопровождается кортикальной реакцией (отслоение желточной оболочки) в яйцеклетке, предотвращающую проникновение лишних сперматозоидов.

Таким образом, генерация АФК «на экспорт» широко распространена. Сами активные формы кислорода выполняют при этом весьма разные функции: от защитной (макрофаги, нейтрофилы, эпителий слизистых оболочек) до строительной (кутикула круглых червей, клеточные стенки растений).

Интенсивная продукция активных форм кислорода способна вызвать гибель клетки [5]. Для защиты от окислительного стресса, вызываемого АФК, существуют два фермента — супероксиддисмутаза и каталаза. Первый из них превращает супероксид $^{\circ}\text{O}_2^-$ в перекись водорода, а второй расщепляет H_2O_2 до воды. Помимо этих ферментов, каждая клетка снабжена запасом низкомолекулярных антиоксидантов, которые перехватывают токсичные радикалы, не позволяя им повреждать структурные клеточные элементы. Среди антиоксидантов можно назвать трипептид глутатион, а-токоферол (витамин Е), ретинол (витамин А). В клетках они часто связаны со специальными белками, связывающими антиоксиданты. Перечисленные защитные ферменты и низкомолекулярные вещества вместе формируют антиоксидантную систему [1].

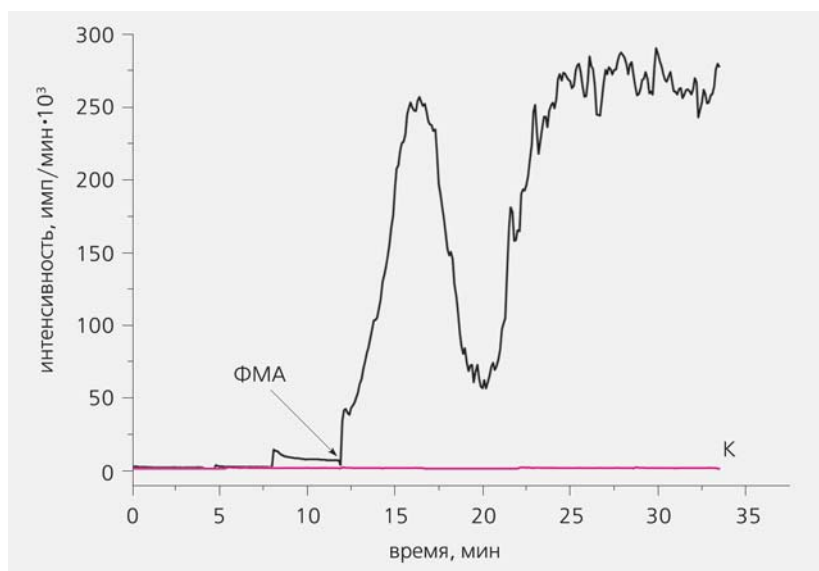
В 1995 г. один из авторов этой статьи, Ю.А.Лабас, изучая биолюминесценцию (яркое импульсное или статическое свечение, хорошо заметное в темноте) водных

организмов, предположил, что все биолюминесцентные системы произошли от антиоксидантных систем*, защищающих клетку от генерируемых ею же самой АФК [6]. Чтобы проверить это предположение, требовалось выяснить, генерируют ли АФК светящиеся клетки (фотоциты) биолюминесцентного животного. Объектом исследований мы выбрали беломорского гребневика *Bolinopsis infundibulum*, дальнего родственника медуз и кораллов. Для выявления продукции АФК фотогенной тканью использовали водорастворимый краситель нитросиний тетразолий (НСТ), который при взаимодействии с супероксидом переходит в нерастворимую форму (диформаза).

Каково же было наше удивление, когда мы увидели, что диформазановый осадок окрасил не только фотогенную ткань, но и всю поверхность тела животного! Тогда мы стали окунать в раствор красителя кого попало — губок, актиний, морских и пресноводных гидроидных полипов, моллюсков, офиур (близких родственников морских звезд) и даже личинок рыб и амфибий. Морских животных нам любезно предоставляли аквариумные фирмы «Атолл», «Аква-Лого» и «Коралл-Аквариум», а пресноводных — кафедра эмбриологии биологического факультета МГУ.

В результате оказалось, что фактически все животные без наружного скелета или кутикулы генерируют активные формы кислорода наружными поверхностями. Однако характер диформазановой окраски у разных животных был неодинаков. Вся поверхность тела окрашивалась только у губок и гребневиков (правда, у последних наибольшее скопление диформаза на меридиональных рядах гребных пластинок). У кишечнополостных (актиний, медуз, пресноводной гидры) окра-

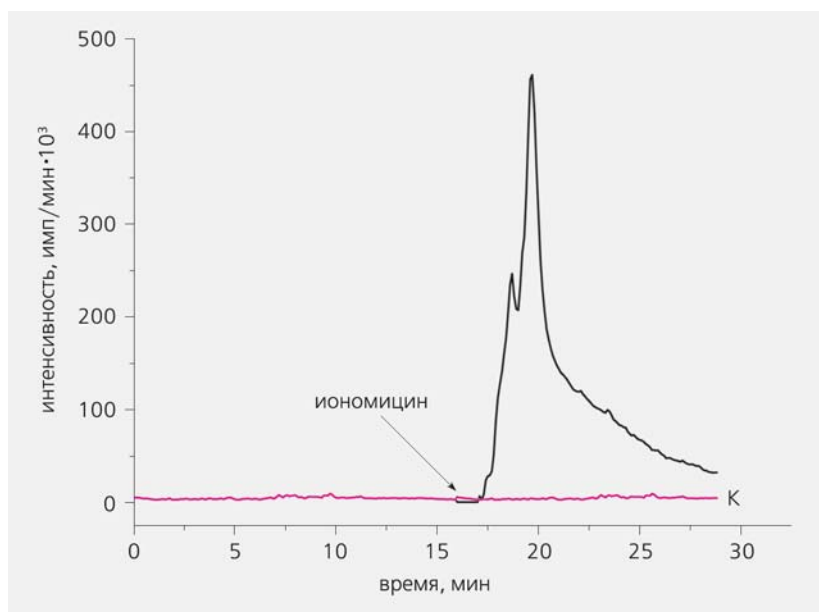
* Лабас Ю.А., Гордеева А.В. Неразгаданная Дарвином биолюминесценция // Природа. 2003. №2. С.25—31.



Влияние стимулятора протеинкиназы С форбол-12-миристал-13-ацетата (ФМА, 10 нМ) на хемилюминесценцию актинии *Aiptasia pulchella*. Здесь и далее стрелкой обозначено добавление агента. К — результат контрольного эксперимента, т.е. хемилюминесценция самого животного без добавления ФМА.

шивались только щупальца и ротовой аппарат. У животных, имеющих раковину или щитки (у моллюсков, офиур), диформаза окрасивал открытые участки тела — подошву и область рта моллюска, межщитковую поверхность офиуры. Морские ги-

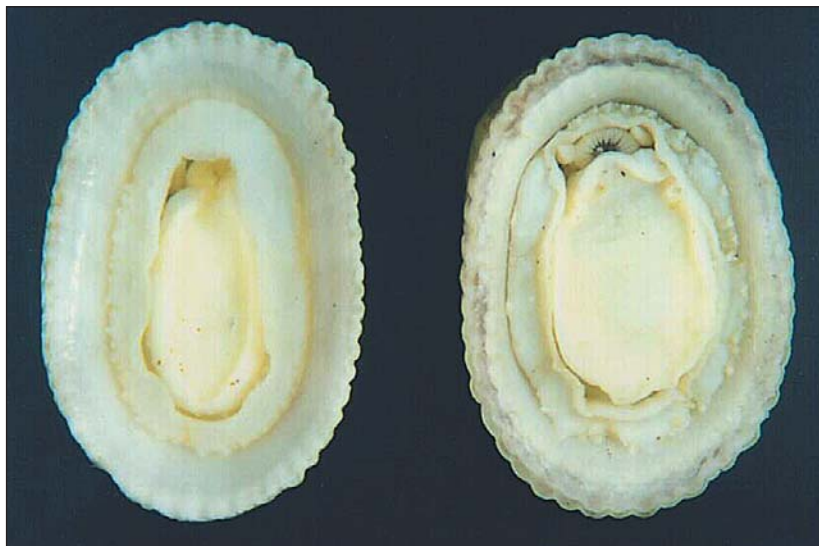
дронидные полипы на первый взгляд представляли исключение: у них диформазановый осадок выпал именно на наружном покрове — перисарке. Но так как перисарк не задерживает ионы, этот случай нельзя считать из ряда вон выходящим. Беспозво-



Усиление хемилюминесценции губки *Sycon* sp. под действием иономицина (0.3 мкМ).



Sycon sp.



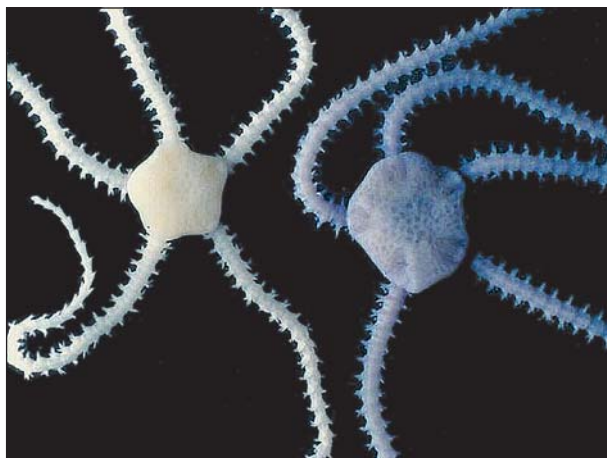
Diodora sp.



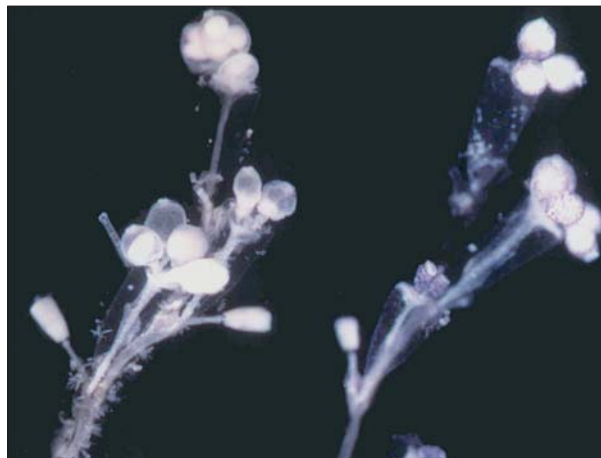
Aurelia aurita



Aiptasia pulchella



Amphipholis squamata

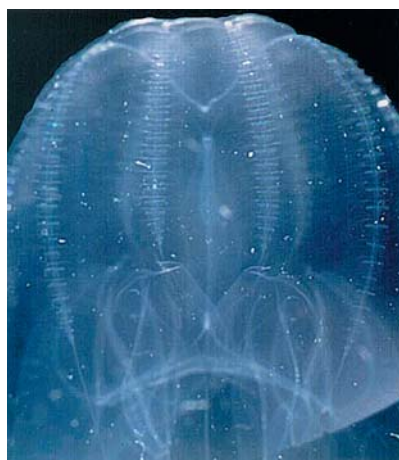


Gonothyrea loveni

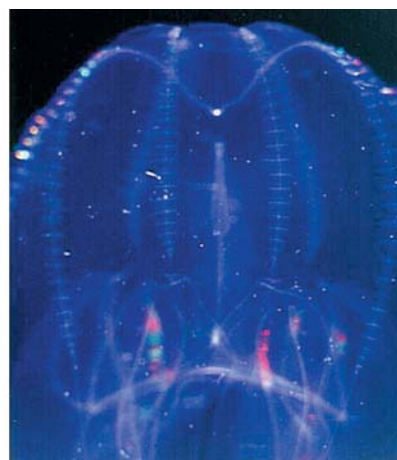
Морские и пресноводные беспозвоночные, наружные поверхности которых окрашиваются диформазаном — восстановленным продуктом взаимодействия АФК с нитросиним тетразолием (НСТ). Каждое животное показано дважды: каким оно бывает в природе (слева) и после часового пребывания в растворе (0.01%) красителя НСТ. Видно, что вся поверхность тела окрашивается только у морской губки *Sycon* sp., не имеющей ни наружного скелета, ни кутикулы. У других животных окраску приобретают разные структуры: у гребневика *Bolinopsis infundibulum* — меридиональные ряды гребных пластинок; у морских гидроидных полипов *Obelia longissima*, *Gonothyrea loveni* — перисарки; у прочих кишечнотелых (у сцифомедузы *Aurelia aurita*, актиний *Aiptasia pulchella* и *Metridium senile*) — щупальца и гипостом; у брюхоногого моллюска *Diodora* sp. — мантийный край и область рта; у офиуры *Amphipholis squamata* — межщитковая поверхность.



Metridium senile



Bolinopsis infundibulum

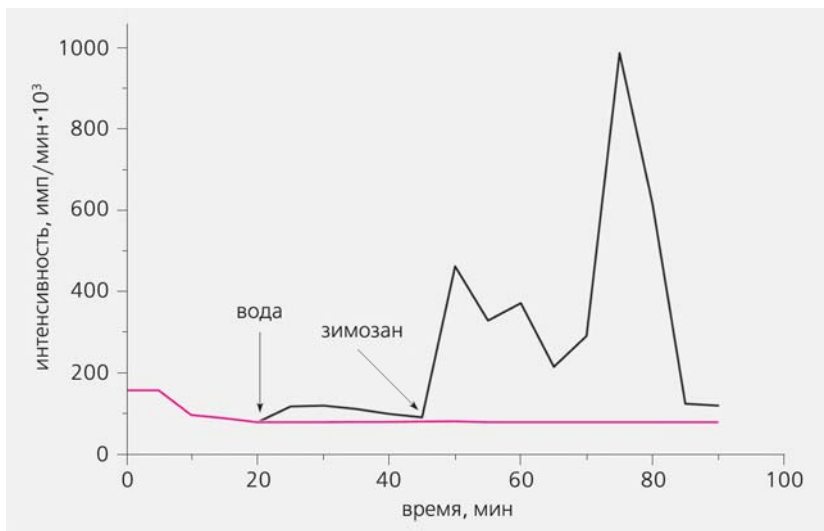


Obelia longissima



Гребневик, сцифомедуза, показаны примерно в натуральную величину; остальные на фото увеличены: актиния *Metridium senile* — почти в 2 раза, губка — в 7, актиния *Aiptasia pulchella* — в 9, моллюск — в 12, офиура — в 19 раз.

Фото С.А.Белорусцевой

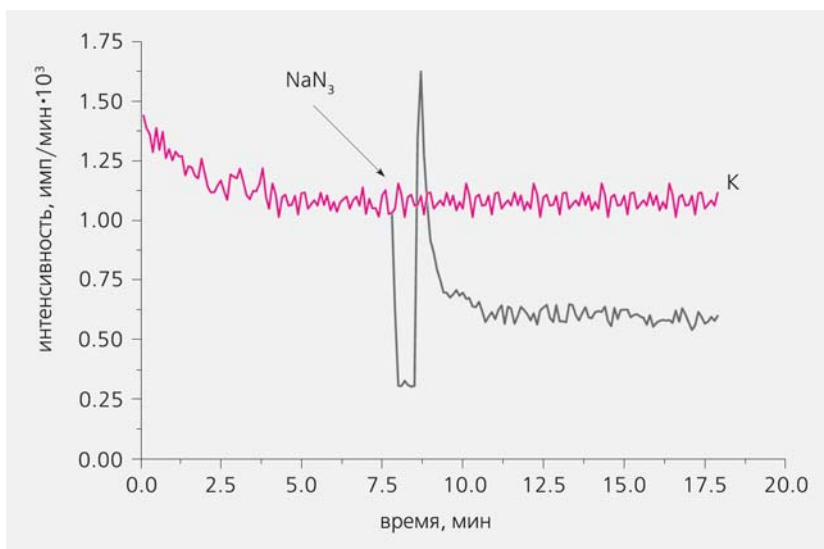


Влияние зимозана (0.2 мг/мл), стимулятора фагоцитоза, на хемилюминесценцию губки *Sycon* sp.

ночные с кутикулой или наружным скелетом — многощетинковые и плоские черви, рачки-бокоплавы, личинки комара коретры — не окрашивались диформазаном. Так же было с икрой и личинками рыб [7].

Данные, полученные с помощью окрашивания нитросиним тетразолием, требовали подтверждения другими методами исследования. Такими методами стали электронный парамагнит-

ный резонанс (ЭПР) и хемилюминесценция. Генерация супероксида наружной поверхностью губок была подтверждена и тем, и другим методом [7, 8], а активный — только хемилюминесценцией (по неизвестным причинам ЭПР не выявил генерацию ими $\cdot\text{O}_2^-$). Икра и личинки костистой рыбы вьюна *Misgurnus fossilis* и африканской шпорцевой лягушки *Xenopus laevis*, не дававшие реакции с нитроси-



Изменение хемилюминесценции актинии *Aiptasia pulchella* после добавления азидата натрия (1 мМ) — ингибитора гемсодержащих ферментов.

ним тетразолием, тем не менее, обладали хемилюминесценцией [7]. Это навело нас на мысль, что они генерируют не супероксид, а перекись водорода. Наше предположение косвенно подтвердилось: группа бразильских ученых обнаружила, что жабрами взрослой пресноводной рыбы пецилии секретируется именно H_2O_2 [9].

Исследование механизмов обнаруженного нами явления требовало дополнительных усилий. Решено было испытать, как действуют на продукцию АФК наружными поверхностями животных агенты, которые стимулируют или подавляют синтез этих форм белыми кровяными тельцами. Теперь опыты проводились специально на наиболее примитивных из уже исследованных нами животных, т.е. на губках *Sycon* sp. и актиниях *Aiptasia pulchella*. Выявляли генерацию АФК все тем же методом — хемилюминесценцией.

Чтобы вызвать продукцию АФК макрофагами или нейтрофилами, часто применяются вещества, которые стимулируют протеинкиназу С (фермент, активирующий NADPH-оксидазу за счет фосфорилирования), повышают проницаемость клеточной мембраны для ионов Ca^{2+} (ионофоров) или вызывают фагоцитоз. Мы использовали вещества всех трех направлений действия. В качестве стимулятора протеинкиназы С применили форбол-12-миристат-13-ацетат (ФМА), а ионофором Ca^{2+} нам служил иономицин. Оба эти вещества вызвали взрыв хемилюминесценции [7, 10]. Зимозан (фрагменты сухих клеточных стенок дрожжей), которым мы стимулировали фагоцитоз, усиливал хемилюминесценцию только губок, но не актиний [10]. Следовательно, лишь у губок продукция АФК наружной поверхностью связана с фагоцитозом.

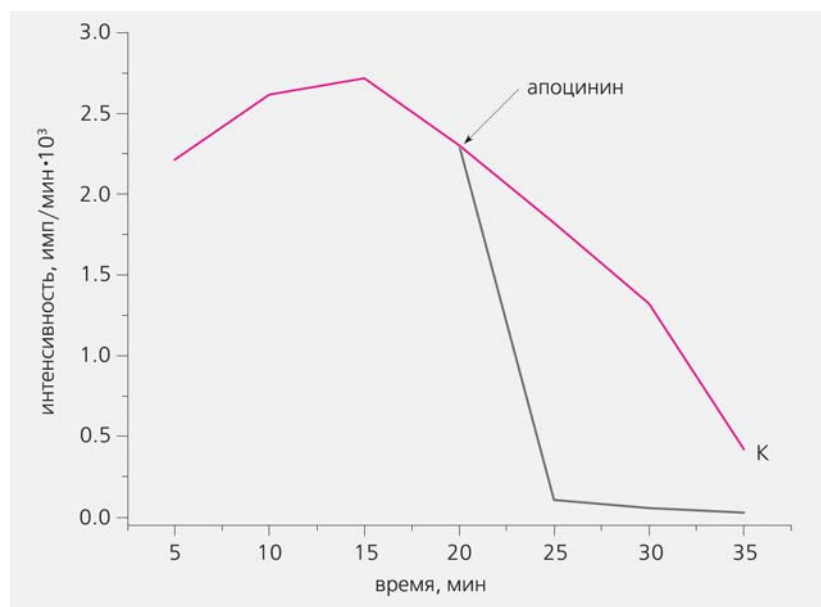
Реакция актиний на иономицин и ФМА была связана, вероятнее всего, с NADPH-оксидазой в их амебоцитах (клетках между

экто- и энтодермой), на так называемых мезентериальных нитях, выполняющих ту же роль, что и наши макрофаги и нейтрофилы. Зимозан, в отличие от ФМА и иономицина, не проник через наружные покровы актиний, поэтому не оказывал на них влияния.

В качестве ингибиторов NADPH-оксидазы и миелопероксидазы мы избрали азид натрия NaN_3 и ацетованиллон. Азид натрия подавляет активность всех ферментов, содержащих гем (комплексное соединение порфирина). К ним относятся и ферменты белых кровяных телец, образующие АФК. Ацетованиллон — это специфический ингибитор NADPH-оксидазы. В экспериментах азид натрия подавлял хемилюминесценцию и губок, и актиний, а ацетованиллон гасил свечение губок (на актиниях опыты не проводились) [7, 10].

Полученные результаты позволили нам предположить, что по крайней мере механизмы генерации активных форм кислорода наружной поверхностью губок и белыми кровяными тельцами сходны. Каким образом организовано производство АФК актиний, оставалось до конца не понятным. Чтобы все-таки выяснить это, мы решили идентифицировать ферменты, образующие АФК, непосредственно измеряя их активность. Так как у актиний генерация супероксида наружной поверхностью не была подтверждена методом ЭПР, мы решили, что скорее всего это не NADPH-оксидаза. «Подозрение», таким образом, пало на миелопероксидазу и двойную оксидазу.

Первый фермент проявляет две активности: пероксидазную (способность окислять разные субстраты с помощью H_2O_2) и хлорирующую. В измельченных тканях (гомогенатах) актиний нам удалось обнаружить только первую. Следовательно, мы имели дело с некой пероксидазой, не имеющей хлорирующей активности. Мы склоняемся



Влияние апоцинина (25 мкМ) на хемилюминесценцию губки *Sycon sp.* Этот селективный ингибитор NADPH-оксидазы быстро гасит свечение губки.

к тому, что это может быть двойная оксидаза [10].

Поскольку ксантинооксидаза — тоже кальций-зависимый фермент [1] и теоретически могла бы активироваться иономицином, мы решили выяснить ее причастность к генерации АФК у актиний и губок. Ни у тех, ни у других мы не обнаружили ксантинооксидазную активность; по крайней мере, используемый нами метод не выявил каких-либо ее следов [10].

Теперь необходимо было убедиться в том, что генерация АФК морскими беспозвоночными представляет собой активный процесс, а не пассивную утечку вследствие слабой активности каталазы, как происходит у пресноводной рыбы пецилии [9]. Поэтому мы измеряли активности основных антиоксидантных ферментов — супероксиддисмутазы (СОД) и каталазы в гомогенатах актиний и губок. Подобно нейтрофилам и макрофагам, эти животные обладают антиоксидантными ферментами, которые защищают их от повреждающего действия АФК. Однако с генерированием АФК наружными поверхностями ак-

тиний и губок такая защита не сбалансирована. У этих беспозвоночных животных активности таких ферментов довольно высоки в сравнении с теми, которые характерны для «профессионально» генерирующих АФК клеток млекопитающего — макрофагов и нейтрофилов морской свинки. Следовательно, можно было исключить пассивную утечку АФК в качестве единственного способа их удаления (таблица) [10].

Итак, механизмы генерации активных форм кислорода наружными поверхностями водных организмов в принципе те же, что слизистыми оболочками, клетками крови, лимфой и спермой высших животных, в том числе человека. Сходство механизмов позволяет предполагать и сходство функций: вероятно, оболочка из кислородных радикалов и H_2O_2 защищает «голых» обитателей водоемов от патогенных микроорганизмов. Обладатели же кутикулы, раковины, наружного скелета или ороговевающего эпидермиса не нуждаются в дополнительной защите наружной поверхности посредством АФК. У таких организмов

Таблица

Активности супероксиддисмутазы (СОД) и каталазы в тканях морских беспозвоночных (губок *Sycon sp.* и актиний *Aiptasia pulchella*) и в нейтрофилах и макрофагах морской свинки, генерирующих АФК

Объект	СОД, ед/мг белка	Каталаза, мкМ Н ₂ О ₂ /мин/мг белка
Губки	99.3	966.0
Актинии	32.1	412.6
Нейтрофилы*	8.1	260.0
Макрофаги*	17.0	410.0

Примечание. Активность ферментов в нейтрофилах и макрофагах приведена по данным Rister M., Baebner R.L. // J. Clin Invest. 1976. V.58(5). P.1174–1184.

эти формы служат лишь для поддержания постоянного состава внутренней среды (гомеостаза) и для защиты открытых участков тела, непосредственно граничащих с внешней средой (например, жабр у пецилии [9]).

Голые твари, одетые в незримую «одежду» из АФК, могут приносить пользу не только самим себе, но и всему водному биоценозу в целом: генерируемые ими активные формы кислорода освежают воду, препятствуя развитию гнилостной микрофлоры. Для нее, возможно, АФК служат неким «опознавательным знаком», позволяющим отличать живые организмы от мертвых и не поедать живых — иначе она рисковала бы остаться в конце концов без питания.

Вероятно, такие отношения между животными и бактериями-сапрофитами, которые расплодилось в изобиловавшем органическими остатками теплом

первичном океане, сложились еще на заре эволюции органического мира, в докембрии. Для большинства животных, по-видимому, этот способ оказался слишком энергоемким (возможно, из-за повышения концентрации растворенного в океанической воде кислорода — продукта оксигенного фотосинтеза древних синезеленых водорослей), и они «прикрыли» свою поверхность осязаемым наружным скелетом из хитина, известняка или целлюлозы. Результатом этого стала так называемая «кембрийская скелетная революция». До нее же, как известно, все найденные в ископаемом виде животные были голыми. Для тех, кто дерзнул после этой «революции» остаться нагим, вырабатываемые всей поверхностью тела АФК служили и служат невидимым покровом, защищающим от болезнетворных и гнилостных бактерий.

В процессе эволюции анатомия живых организмов усложнялась. В слабо упорядоченных сгустках клеток, каковые фактически представляют собой губки, дифференцировались вначале настоящие ткани, затем — органы. Возникали приспособления, позволяющие выходить из водной среды на сушу. Но принципы организации неспецифической защиты организма оставались прежними: участки тела, непосредственно граничащие с внешней средой и не имеющие плотных покровов, оказались защищены невидимым облаком из АФК. У высших позвоночных и человека это желудочно-кишечный тракт, дыхательные пути, гениталии, т.е. органы, которые открыты для внешней среды, но как бы «ввернуты» внутрь тела. Об их защите природа позаботилась, снабдив их способностью генерировать АФК в нужный момент и в необходимом количестве. Интересно, что и нервная ткань, некогда в ходе эволюции граничившая с внешней средой, но у высших организмов «провалившаяся» внутрь тела по ходу индивидуального развития, также сохранила способность к генерации АФК. Так что невидимое одеяние, защищавшее в глубокой древности голых обитателей океана, у одних организмов сохранилось в том же виде и поныне, у других — только в отдельных тканях и органах. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 05-04-49316.

Литература

1. Гордеева А.В., Звягильская Р.А., Лабас Ю.А. // Биохимия. 2003. Т.68. №10. С.1318–1322.
2. Geiszt M. // Cardiovasc. Res. 2006. V.71. №2. P.289–299.
3. Arnold J. // Биохимия. 2004. Т.69. №1. С.8–15.
4. Ris-Stalpers C. // Antioxid Redox Signal. 2006. V.8. №9–10. P.1563–1572.
5. Park J.-B. // Exp. Mol. Med. 2003. V.35. №5. P.325–335.
6. Лабас Ю.А., Гордеева А.В. Как возникла биолюминесценция? // Материалы международной конференции «Водные экосистемы и организмы-4». Ред. В.Д.Федоров, С.А.Остроумов. М., 2003. С.76–80.
7. Гордеева А.В., Лабас Ю.А. // Цитология. 2003. Т.45. №3. С.284–289.
8. Peskin A.V., Labas Y.A., Tikhonov A.N. // FEBS Lett. 1998. V.434. №1–2. P.201–204.
9. Wilhelm-Filho D., Gonzalez-Flecha B., Boveris A. // Braz. J. Med. Biol. Res. 1994. V.27. №12. P.2879–2882.
10. Гордеева А.В., Наглер Л.Г., Лабас Ю.А. // Журн. эволюционной биохимии и физиологии. 2006. Т.42. №3. С.201–207.

Гены рака, стресс и долголетие: гармонический антагонизм

М.Д.Голубовский, Н.Я.Вайсман

В предыдущей статье* рассказана история открытия и исследований опухолевого супрессора *lgl* (*lethal giant larvae* — летальные гигантские личинки). У дрозофилы впервые среди животных был открыт ген, мутации в котором приводят к опухолям, а в норме он подавляет их развитие. Ниже речь пойдет о парадоксах поведения этого гена в природных популяциях.

Спонтанный мутагенез — процесс непрерывный. Летали возникают в сотнях локусов и, будучи рецессивными, сохраняются в гетерозиготах под покровом их нормальных вариантов. Так накапливается генетический груз, который достаточно велик. В геноме дрозофилы *Drosophila melanogaster* около 13 тыс. генов, которые распределены в основном по трем хромосомам: в X-хромосоме и аутосомах 2 и 3. Все они способны при своих изменениях привести к летальности. В 1927 г. будущий нобелевский лауреат Дж.Меллер создал метод количественного учета летелей и их поддержания в гетерозиготном состоянии: летели регистрировались с помощью специальных

* Голубовский М.Д., Вайсман Н.Я. Парадоксы генов рака у дрозофилы // Природа. 2006. №11. С.3—10.

© Голубовский М.Д., Вайсман Н.Я., 2006



Михаил Давидович Голубовский, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского филиала Института истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН. Занимается проблемами общей генетики и генетики человека, теорией эволюции и историей науки. Автор монографии: «Век генетики: Эволюция идей и понятий» (СПб., 2000). Постоянный автор «Природы».



Наталья Яковлевна Вайсман, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории генетики популяций Института цитологии и генетики СО РАН. Специалист по частной и популяционной генетике растений и животных, автор проблемных статей о механизмах клеточных сигнальных путей у животных на примере дрозофилы.

маркеров. Меллер сразу показал прямую зависимость частоты возникающих летелей от дозы облучения и по существу создал целую область в генетике — изучение мутагенеза, а его метод стал одним из первых достижений хромосомной инженерии.

Еще в 30-е годы методом Меллера выяснили, что при переводе в гомозиготу любой пары аутосом из природных попу-

ляций не менее 15—20% из них несут леталь в каком-либо из генов. Поддерживая такие «летальные хромосомы» с помощью особых маркерных линий и проводя затем попарные (диаллельные) скрещивания, можно установить, в каких генах возникли летали, повторяются ли они в разных популяциях и в разные годы. Если, к примеру, из разных поселений дрозо-

фил выделено 200 хромосом с летальными, то для установления их аллелизма требуется провести $1/2 \cdot (200 \times 199)$, или около 20 тыс. попарных скрещиваний. Изрядно, но игра стоит свеч. Она позволяет проследить за изменениями генофонда во времени и пространстве, оценить, какую роль играют мутационный процесс, отбор, изоляция. К примеру, насколько различны генофонды удаленных поселений или как меняется генный состав летелей в одной и той же популяции.

Мутации онкосупрессора *lgl* в природе

У дрозофил генофонд летелей находится в квазистационарном состоянии. В той или иной популяции общее количество летелей сохраняется во времени относительно постоянным (в среднем 15–20%, иногда 30%), но их аллельный состав непрерывно обновляется. Изменения возникают то в одних, то в других генах, некоторое время они болтаются в популяциях и затем исчезают, сменяя друг друга. Однако, как мы установили, на фоне этого мутационного потока летальные аллели гена *lgl* регулярно встречались в географически удаленных поселениях дрозофил, включая Украину, Крым, Кавказ, Южный Урал, Среднюю Азию и вплоть до Дальнего Востока. В среднем каждая из 25–50 особей в природе несла летальную аллель гена *lgl* в гетерозиготном состоянии.

Известный американский генетик М.Грин, решив проверить наши данные, не только нашел повышенную частоту *lgl*-мутаций в двух популяциях Калифорнии, но обнаружил особый доминантный ген-мутатор (фактор *MR*), вызывающий встраивание в район расположения гена *lgl* мобильных элементов, при вырезании которых возникают делеции. Не имеем ли мы дело с любопытным эволюционным

феноменом, когда мутации некоего гена, будучи селективны, поддерживают и свой «придворный» ген, поставляющий эти мутации в природу? Сей феномен называется «*hitch hiking*», или путешествие автостопом.

В начале 1970-х годов Ксения Борисовна Соколова, работая тогда в Институте цитологии и генетики (Новосибирск), исследовала точное время гибели дрозофил с летальными мутациями *lgl*. Проверяя действие летелей *lgl* на выживаемость их носителей, она неожиданно обнаружила у гетерозигот (*lgl/+*) повышенную устойчивость к температурному стрессу. Анализ их чувствительности к температуре в ходе онтогенеза указывал на активность гена *lgl* на самых ранних этапах развития, задолго до гибели личинок. Этот вывод, основанный на генетических данных, полностью подтвердился затем прямыми молекулярными наблюдениями [1].

Пораженная этими популяционными данными, Э.Гатефф (первооткрывательница ракового гена) попросила прислать ей выделенные из природы аллели *lgl* для проверки их на онкогенность. В гомозиготе все они вызывали опухолевое разрастание имагинальных дисков и нейробластов личинок, различаясь по силе своего действия. Среди них была и полученная нами с помощью радиации нехватка (делеция) сегмента хромосомы, где локализован *lgl* и еще один соседний ген. В гомозиготе эта делеция тоже вызывала опухоли, не отличаясь от природных *lgl*-аллелей. Спустя годы стало ясно, что данное наблюдение было, возможно, первым свидетельством возникновения опухоли в результате утраты функции определенного гена [2].

Ген *lgl*, в придачу ко всем его генетическим прелестям, оказался локализован на самом конце левого плеча хромосомы 2, сразу после теломеры — особой структуры, которая «запечатывает» концы всех хромосом и обеспечивает их стабильность. Когда

в 1985 г. молекулярные генетики из Швейцарии на основе нашей коллекции мутантов клонировали ген *lgl*, тут уже пришлось удивляться нам. Почти все аллели *lgl* были делециями всего или части гена, захватывая при этом и теломерный район [3].

Еще в 30-е годы классик цитогенетики Б.Мак-Клинтон установила, что неприкосновенность теломеры столь же важна для целостности линейной хромосомы, как пробка для драгоценного вина в бутылке. А тут, пожалуйста, в популяциях запросто распространяются *lgl*-хромосомы с нехватками теломеры-«пробки». Хотя в природе они существуют в гетерозиготе с нормальной хромосомой, все равно остается загадкой, почему же «вино не выливается». Может быть, теломерный район в хромосомах с *lgl*-делециями все же закрыт каким-то временным белком-заглушкой? Природные мутанты *lgl* помогли установить некоторые важные свойства теломерного эффекта положения генов — газить их активность при попадании в район теломер.

С позиций популяционной генетики распространение явно неадаптивных генно-хромосомных повреждений (нехватка онкосупрессора да еще и теломеры!) служит косвенным доводом в пользу действия некоего позитивного контрбаланса. Все найденные в природе *lgl*-аллели оказались по преимуществу делециями, а иногда вставкой мобильного элемента, с полной утратой функции гена. Как будто именно утрата одной дозы онкосупрессора может быть адаптивной для их носителей. Возникла задача всесторонне исследовать приспособленность гетерозигот *lgl/+*.

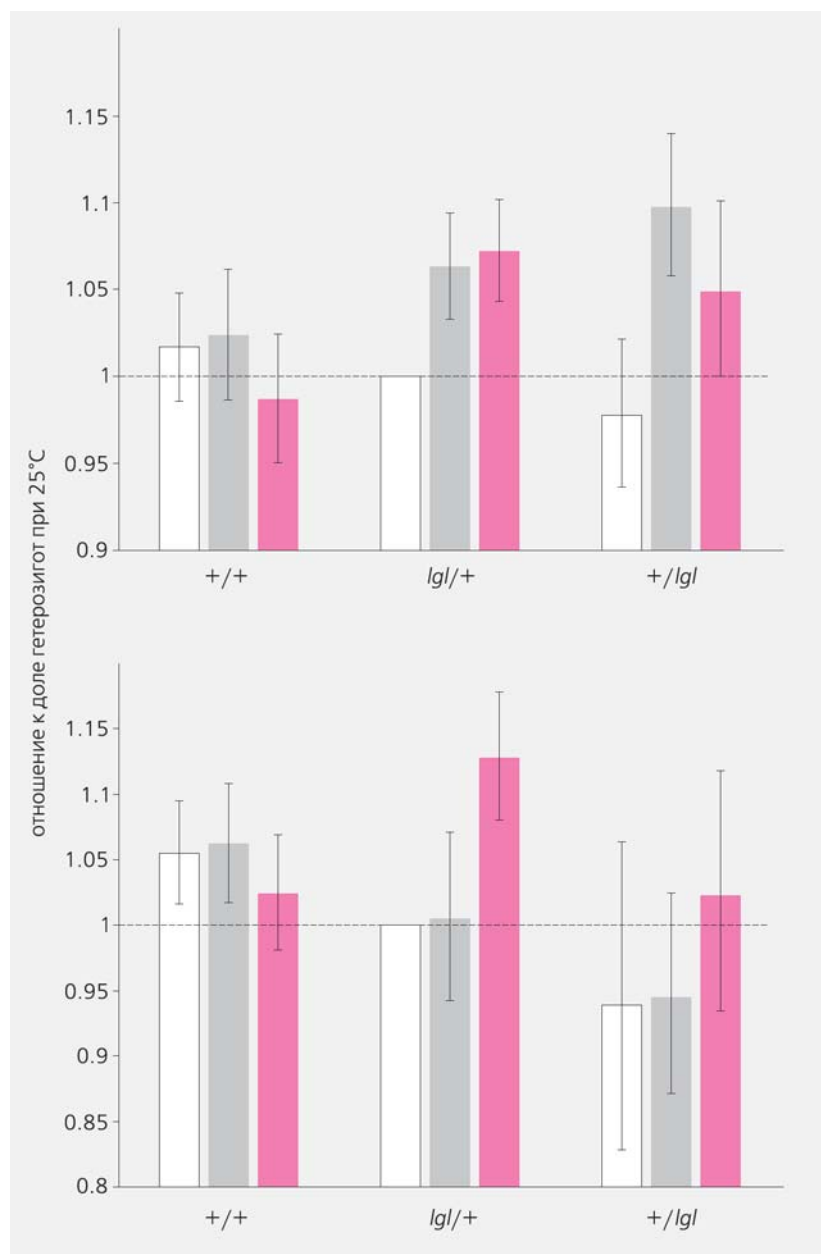
Одна доза онкосупрессора: хорошо или плохо?

Мы решили сравнить выживаемость в оптимальных и в стрессовых условиях мутантных

гетерозигот *lgl/+* с нормальными по данному гену особями. В ходе жизненного цикла оценивали два показателя: выживаемость в ранний период развития (от оплодотворения до появления на свет), а также после рождения и до окончания жизни, с учетом динамики старения и смертности. Исходя из молекулярных данных о ранней активности и материнском действии гена *lgl* в онтогенезе [3], во всех случаях изучали различия по выживаемости потомков, у которых носителем *lgl*-аллеля был материнский или отцовский родитель.

Стресс-фактором служила температура — повышенная (29°C) и пониженная (16°C) по сравнению с оптимумом для дрозофил (25°C). Как считал классик клеточной физиологии и цитоэкологии В.Я.Александров, именно она — самый важный в природе стрессовый фактор; по отношению к ней происходит видовая адаптация на белковом, клеточном и организменном уровнях. В ранний период развития (вариант А) относительную выживаемость носителей мутантного аллеля оценивали, скрещивая гетерозигот (*lgl/+*) с нормальными особями (+/+). В первом поколении (F1) среди потомков ожидается стандартное соотношение (50% норма и 50% *lgl/+*). Отклонение от стандарта в ту или иную сторону указывает на генотипические различия в выживаемости двух групп, поскольку по условиям опыта потомки выровнены по генетическому фону. Динамика смертности двух генотипов после рождения (вариант Б) оценивалась каждые три дня с переброской выживших дрозофил на свежий корм, вплоть до конца цикла жизни.

В варианте А при оптимальной температуре гетерозиготы *lgl/+* имели либо пониженную выживаемость, либо не отличались от особей с двумя нормальными дозами *lgl*. При стрессе (29°C и 16°C) выживаемость гетерозигот *lgl/+* на ранних стади-



Влияние температуры на жизнеспособность гетерозигот в ранний период развития (вариант А): *lgl558/+* (вверху) и *lgl705/+* (внизу, $p = 0.05$). При оптимальной температуре выживаемость гетерозигот *lgl/+* либо понижена, либо не отличается от особей с двумя нормальными дозами *lgl* (+/+); при стрессе (29°C и 16°C) она повышается на 10–15%. Эмбрионы в потомстве матерей-носителей *lgl/+* выживают лучше, чем потомство отцов того же генотипа (+/*lgl*).

ях повышалась на 10–15% по сравнению с их нормальными собратьями. Во всех случаях эмбрионы в потомстве матерей-носителей *lgl/+* выживали лучше, чем потомство отцов того же генотипа.

Экспериментальная биодемография началась с анализа действия разных факторов на продолжительность жизни у дрозофил. Эти пионерные работы проводили в 1920-е годы американский генетик Р.Пирл

и московский биолог В.В.Алпатов, который в лаборатории Пирла изучал влияние температуры на длительность жизни. Оказалось, что содержание дрожофил при повышенной температуре укорачивает жизнь мух. В 1929 г. Алпатов и Пирл выдвинули концепцию «скорости жизни» (rate-of-living): длительность жизни сокращается пропорционально ускорению метаболизма. В дальнейшем этот вывод подтвердили исследования в области генетики старения.

Наши опыты также продемонстрировали сильное стрессовое действие повышенной температуры на продолжительность жизни дрожофил. Забавно, что один день в жизни плодовой мушки примерно соответствует одному году в жизни человека и даже половые различия в длительности жизни сходны. При оптимальной температуре самки контрольной линии жили 84.7 дня, а самцы — 51.7 дня. При 29°C срок жизни сократился у разных полов до 43.7 и 29.6 дней, в полном соответствии с первыми наблюдениями Пирла и Алпатова. Напротив, понижение температуры среды до 16°C продлевало жизнь мух в два-три раза по сравнению с оптимумом.

Действие нехватки онкосупрессора у гетерозигот *lgl/+* на их старение и длительность жизни в условиях стресса (вариант Б) было аналогично тому, что наблюдалось при анализе выживаемости в ранний период развития.

При оптимуме содержания особи *lgl/+* имели либо пониженную, либо сходную с контролем динамику смертности. Однако при стрессе в 29°C одна доза *lgl* повышала теплоустойчивость у своих гетерозиготных носителей. Проявился и материнский эффект: носители *lgl*-леталей жили дольше, если мутантный аллель был у матери.

Любопытна возрастная динамика устойчивости к стрессу. В пору дрожофилиной юности и примерно до середины жиз-

ненного пути носители одной дозы *lgl/+* отличались повышенной смертностью по сравнению с контролем (+/+). А вот когда дело пошло к старости, мутантные гетерозиготы умирали реже, чем их нормальные собратья. Как будто, достигая зрелости, они находили какие-то внутренние ресурсы бороться со стрессом. Это было заметно при оптимальной температуре и совсем четко проявилось при тепловом и холодном стрессе.

Результаты опытов моделируют феномен, который в биологии старения называют «антагонистическая плейотропия», — когда в начале развития какая-либо мутация или зависимый от генотипа признак действуют негативно, а к старости — позитивно (или наоборот). Этот феномен можно назвать и «онтогенетический контрбаланс». Но мы будем использовать другой, более удачный термин, — *гармонический антагонизм*; его известный этолог К.Лоренц ввел для обозначения двойственности любых жизненных структур и процессов, контрбаланса между постоянством и приспособляемостью, жесткостью и динамичностью, клеткой и организмом, индивидом и обществом.

Хорошо известный пример гармонического антагонизма на уровнях организм—популяция — возможность для человека существовать в малярийных районах. В Африке, Средиземноморье и Юго-Восточной Азии устойчивостью к малярии обладают гетерозиготные носители летальных вариантов гемоглобина. Молекула гемоглобина включает комплекс из четырех белков-глобинов: две α - и две β -цепи, по 141 и 146 аминокислот соответственно. Гены $\alpha 1$ и $\alpha 2$ расположены рядышком в хромосоме 16, а ген β -глобина входит в группу глобиновых генов в хромосоме 11. В одних популяциях устойчивость к малярии обеспечивают точковые мутации в совершенно определенном положении β -цепи (серповидноклеточность и другие ге-

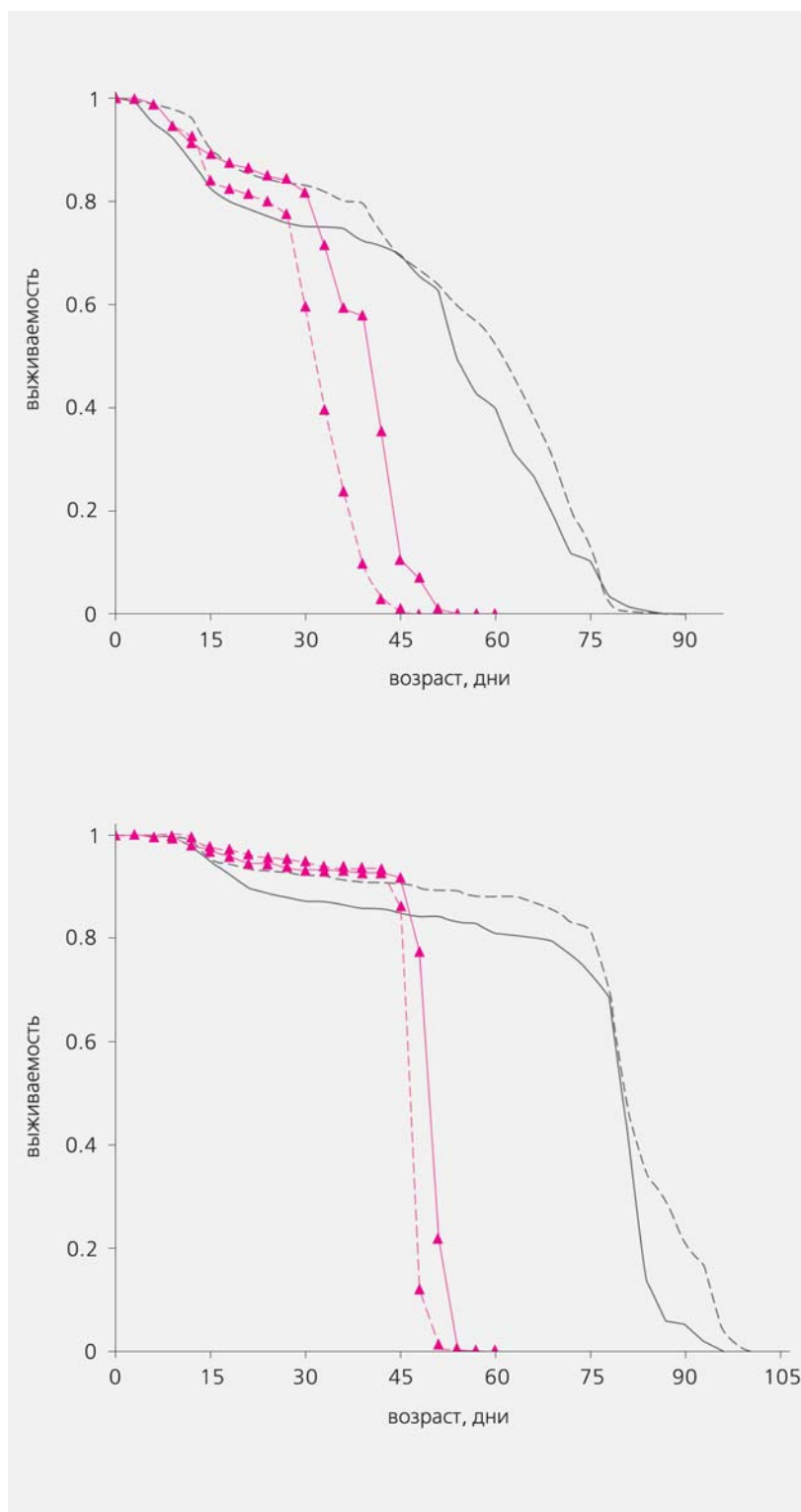
моглобинопатии). Но есть и другая стратегия устойчивости — распространение делеций либо $\alpha 1$, либо $\alpha 2$, либо обоих α -генов или же мутаций с полной утратой функции одного из них. Разные структурные или функциональные варианты α -гена могут встречаться в одной и той же популяции. Удивительна и легкость, с которой в природе обеспечивается решение «убрать ген», если его отсутствие дает селективное преимущество.

Со сходной ситуацией столкнулись биодемографы, изучая в популяциях человека полиморфизм по генетическим факторам риска к разным патологиям, включая рак. Во-первых, у человека распространены мутации факторов риска, в гомозиготе летальные или вызывающие явные патологии. Во-вторых, выявились явные возрастные различия во встречаемости мутантов, причем у пожилых людей некоторые «плохие» аллели распространены чаще [4]. Так, ген глутатион-трансферазы (GSTM1), важный для обезвреживания ксенобиотиков, служит фактором риска при развитии рака легких и ряда хронических заболеваний (бронхиальной астмы, остеопороза, аномалий беременности). Однако делеции, приводящие к утрате функции этого гена (ноль-аллели), распространены в разных популяциях мира. Например, в Петербурге гомозиготы по делеции этого гена обнаружены с частотой около 40%. Гомозиготность по ноль-аллелю неблагоприятна для выживания примерно до 60 лет, но после этого возраста нехватка гена уже не сказывается на выживаемости [5].

Сходное поведение обнаружено и в случае полиморфизма по гену p53 — самого важного онкосупрессора у человека. В обычных условиях мыши и люди генотипа p53+/- (т.е. гетерозиготы по утрате функции гена) имеют высокую вероятность онкозаболеваний (синдром Ли-Фромени у человека). Вместе с тем в популяциях чело-

века найден полиморфизм гена *p53* — например, мутация в кодоне 72, когда в белке *p53* аминокислота аргинин (Арг) заменена на пролин (Про), что отнюдь не безобидно. У носителей Про-аллеля снижена функция апоптоза и повышена чувствительность к раку. Но встречаемость этого «рискового» аллеля, по данным молекулярных эпидемиологов В.Н.Горбуновой и В.Х.Хавинсона, не только весьма высока, но заметно растет после 65 лет по сравнению с когортой лиц 45–60 лет [5]. Недавно геронтологи из Голландии сопоставили полиморфизм в кодоне 72 у лиц старше 85 лет с частотой их онкозаболеваний и долголетием. В этой почтенной когорте «рисковые» гомозиготы Про/Про в два раза чаще болели раком, зато их выживаемость в целом оказалась выше на 40%, чем у нормальных гомозигот Арг/Арг [6]. Иными словами, между опасностью заболеть раком и долголетием существует гармонический антагонизм. Это только один из парадоксов и сложных взаимосвязей между канцерогенезом и старением. Их концептуальному и экспериментальному анализу посвящены многолетние исследования онколога и геронтолога В.Н.Анисимова [7].

Л.Донховер, геронтолог из Техаса, в лаборатории которого четыре года назад впервые нашли и исследовали на мышах этот контрбаланс, предложил привлекательную модель. Она основана на допущении, что в норме ген *p53*, страж генома и негативный регулятор клеточного деления, ингибирует функцию самообновления стволовых клеток или уменьшает их число. Тогда рак возникает реже, зато ткани и органы хуже функционируют, быстрее старятся и атрофируются. И напротив — увеличение числа стволовых клеток при некоторых мутациях *p53* повышает устойчивость к стрессу, самообновление органов и долголетие [8]. Боишься заболеть раком — быстрее со-



Возрастная динамика смертности гетерозигот первого поколения при различной температуре ($p = 0.05$): сверху — самцы, внизу — самки; *lg1/+* — мутация, полученная от матери, *+/lg1* — от отца. Смертность особей *lg1/+* при оптимуме содержания либо понижена, либо сходна с контролем. При стрессе в 29°C одна доза *lg1* повышает теплоустойчивость у своих гетерозиготных носителей. Наблюдается материнский эффект у потомков гетерозиготных по мутации матерей.

стариться, удастся преодолеть опасность — будешь жить дольше. Нелегкий выбор, словно у сказочного витязя, поневоле задумавшегося на распутье у камня судьбы.

Устойчивость к вирусу и генетическая онтология *lgl*

В природе каждый вид испытывает жесткое давление со стороны инфекционных организмов, в особенности вирусов. Вирусы не только мощный селективный фактор; они — особые мутагены, ибо вызывают генную и хромосомную нестабильность, активируя в геноме хозяина его мобильные элементы. Это было установлено на дрозофиле в работах классика генетики С.М.Гершензона и его коллег. Мобильные элементы, активированные в ходе конфликта вирус—клетка, встраиваются в разные локусы генома и повышают общую мутабельность.

Французский вирусолог и генетик Н.Плюс долгие годы изучала распространение в природных поселениях дрозофил разного рода вирусов и устойчивость к ним [9]. Она обнаружила зараженность популяций инфекционным и смертельным РНК-содержащим вирусом типа С. В нашем совместном опыте показано, что в линии, зараженной этим вирусом, летали появляются в два-три раза чаще по сравнению с незараженными собратьями. Когда Плюс узнала, что у дрозофил *lgl*-аллели — самые частые среди природных леталей хромосомы 2, она с энтузиазмом согласилась проверить, не связано ли *lgl*-носительство с устойчивостью к пикорнавирусу-С.

Была изучена устойчивость к вирусу у 15 *lgl*-мутантов, выделенных нами из разных евразийских популяций. Взрослые особи этих линий после введения суспензии вируса проявили большую устойчивость к вирусу, чем контрольные «дикие» мухи.

При этом аллели различались по степени устойчивости, а некоторые из них обеспечивали гетерозиготам вполне надежную инфекционную защиту. Так, если через неделю после инъекции до 90% «диких» мух из контрольной популяции погибало, то гибель гетерозигот по аллелю *lgl432* из популяции Еревана составляла всего 17—26%. [10]. Устойчивость к вирусу, как и к температурному стрессу, была выше в потомстве самок — *lgl*-мутантов. Если оба родителя несли мутацию *lgl*, то повышалась устойчивость всего потомства, указывая на материнский и цитоплазматический эффекты.

Эти данные, полученные в начале 1980-х годов, до поры до времени относились к разряду любопытных эмпирических наблюдений. Генетическая онтология онкосупрессора *lgl* еще не была разработана. С вирусами у дрозофилы никто, кроме французских исследователей, тогда не работал, да и мало кто ими интересовался. Но спустя 20 лет, в постгеномную эру, ситуация изменилась. Выяснилось, что сходные с С-вирусом дрозофилы РНК-содержащие однонитчатые вирусы вызывают ряд болезней у человека. Стало очевидно, что на дрозофиле можно моделировать первые этапы взаимодействия вирус—клетка, ибо системы мембранной рецепции у разных организмов похожи.

Эндоцитоз — основной механизм транспорта в клетку больших молекул. Сначала происходит рецепторное опознание нужного белка, затем впячивание участков мембраны, образование пузырьков-везикул, их слияние и последующее путешествие. Вирус ловко использует эту систему вхождения в клетку после обманного присоединения к клеточным рецепторам. Американские генетики из Гарварда использовали модель вируса-С дрозофилы для поиска генов, от которых зависит вхождение вируса в клетку. Из библиотеки генома выбрали мутации, нарушающие структуру

белков везикул (клатрин) или белка синаптоагмин, вовлеченного в цикл эндо-экзоцитоза в нервной системе мух. Мутации этих генов обеспечивали гетерозиготам устойчивость к вирусу, снижая число активных везикул и тем самым уменьшая вероятность проникновения вируса в клетку. Если везикулы сравнить с автобусами, которые идут от окраины города к центру, то уменьшение их числа уменьшает и число лиц, попадающих в центр.

Авторы этой замечательной работы признаются, что для них было неожиданным возникновение устойчивости к вирусу за счет уменьшения дозы нормальных генов, вовлеченных в «машинерию эндоцитоза» [11]. Ведь эндоцитоз совершенно необходим для жизни клетки, недаром мутации, понижающие его эффективность, полублетальны или летальны в гомозиготе. Однако у гетерозигот утрата одной дозы этих генов не только совместима с жизнью, но и обеспечивает при вирусном заражении выживание организма. Вновь пример гармонического антагонизма.

Это исследование позволяет истолковать обнаруженную более 20 назад устойчивость к С-вирусу разных гетерозигот по утрате *lgl*-функции. Генетическая онтология *lgl* включает и функцию синаптических пузырьков в областях нейронных синапсов. Значит, возможное уменьшение числа активных везикул у *lgl*+ особей способно привести к устойчивости по типу, найденному американскими генетиками. Из их работы вытекает любопытное прикладное следствие: вещества (лекарства), снижающие эндоцитоз, могут быть защитой от вирусных инфекций, ограничивая доступ вируса в клетку.

Различия в дозе гена у матерей

Итак, в разных опытах установили, что гетерозиготность матерей-носителей *lgl*-летали

обеспечивает потомству защиту от стресса в отношении его выживаемости и длительности жизни. Возникает естественный вопрос: когда этот материнский эффект начинает действовать? С момента оплодотворения и начала развития поколения F1 или еще раньше, в ходе образования женских гамет (в оогенезе)?

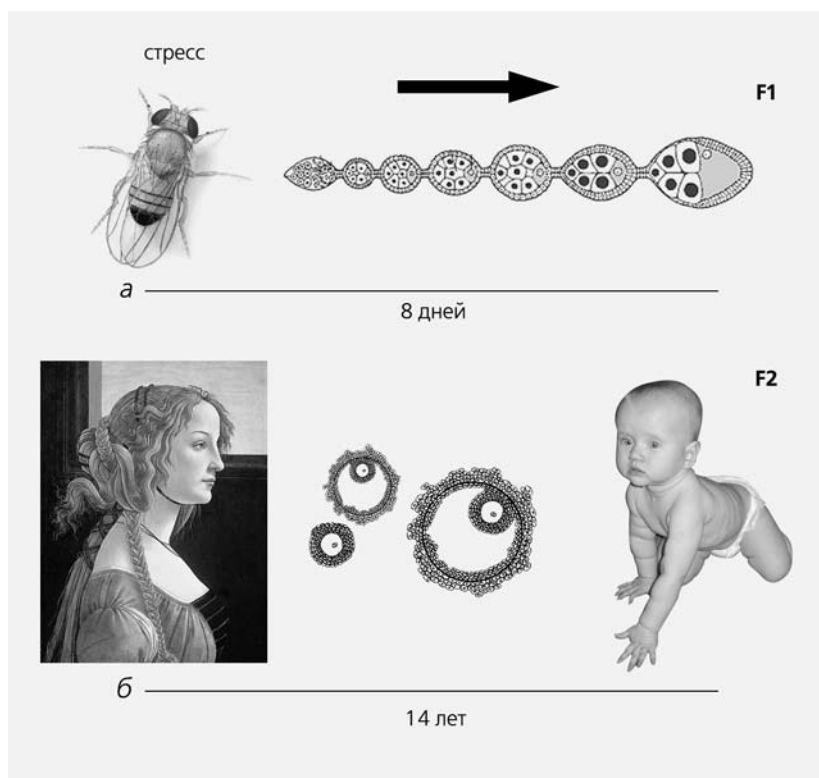
Известно, что индивидуальное развитие организма начинается по существу не с момента оплодотворения яйцеклетки и образования зиготы, а включает в себя весь период оогенеза у матерей предшествующего поколения (выдающийся эмбриолог П.Г.Светлов назвал его *проэмбрио*). Здесь закладываются архитектурные контуры строения взрослого организма. Исследования по молекулярной генетике развития вновь оживили старые дискуссии о роли преформизма и эпигенеза в развитии. Был установлен феномен, названный известным генетиком и нейробиологом Л.И.Корочкиным *молекулярным преформизмом*.

В оогенезе участвуют сотни генов. Зрелая яйцеклетка дрозофилы имеет сложную внутреннюю организацию с двумя четкими полюсами. Начальные этапы развития зиготы и всего онтогенеза определяет полярность. В процессе созревания между яйцеклеткой и окружающими ее фолликулярными и питательными клетками происходят молекулярные и межклеточные взаимодействия. В яйцевых удлинённых камерах друг за другом, как на конвейере, передвигаются яйцеклетки в ходе «сборки». Сначала в основании овариолы из популяции генеративных стволовых клеток селектируется клетка, которая делится асимметрично: одна остается в ранге стволовой, а другая вступает на путь дифференцировки и именуется *цистобласт*. Ей уготована участь через семь-восемь дней превратиться в зрелую яйцеклетку, которая выйдет на свидание со спермием. Цис-

тобластом становится дочерняя клетка, в которую попадает особая цитоплазматическая сферическая органелла — спектросома. Она состоит из компонентов мембранного цитоскелета и управляет движениями нитей веретена в последующих делениях. Цистобласт продвигается вдоль яйцевой камеры, окружётся фолликулярным монослоем, образуя 16-клеточный комплекс. Только одна из этих клеток, расположенная в особой нише в середине комплекса, становится *ооцитом*.

Серия последующей сборки яйцеклетки подразделена на 14 стадий, для каждой из которых имеется определенная сеть взаимодействующих материнских генов. 15 дочерних клеток цис-

ты превращаются в питательные клетки, жертвуя собой ради созревания яйцеклетки-избранницы. Они исчезают уже на стадии 10. Заботу о поляризации яйцеклетки берут на себя окружающие ее фолликулярные клетки. Роль питающих и фолликулярных клеток в становлении яйцеклетки подобна роли рабочих пчел в пестовании и коронации одной из них в ранг царицы или матки. И это сравнение не только метафора! Один из фолликулярных белков, поставляемый для построения мембраны яйцеклетки, DAFC (*Drosophila Amplicon in Follicle Cells*), имеет молекулярное сходство с одним из белков медоносной пчелы *Apis mellifera*, который участвует в создании пчелы-царицы и но-



Влияние стресса на ранних стадиях оогенеза на эпигенетические наследственные изменения у дрозофилы (вверху) и человека. Предшественники женских зародышевых клеток дрозофилы (цистобласты) соответствуют у человека клеткам оогониям, обособливающимся в утробе бабушек. Тепловое воздействие на цистобласты дрозофил приводит к изменению эмбриональной выживаемости потомков. Данные опытов на дрозофиле позволяют предполагать, что условия, в которых проходит беременность у бабушек, способны влиять на выживаемость и долголетие внучатого поколения.

сит пышное название — основной королевский белок (Major Royal Jelly Protein).

В цепь семи-восьмидневных событий оогенеза от деления исходной стволовой клетки до выхода зрелой яйцеклетки вовлечено множество материнских генов. Большинство из них не специфичны для оогенеза. Они активно функционируют на последующих стадиях развития и в других тканях. К таковым как раз и относится ген *lgl*. Его мутации нарушают полярность фолликулярных клеток и систему их взаимодействий с созревающей яйцеклеткой. В итоге возникает стерильность [12].

Девственные самки *lgl*/+ после теплового шока скрещивались с нормальными самцами. Затем от последовательных кладок яиц через каждые три дня получали потомство. Этот простой прием позволяет ретроспективно соотнести изучаемое потомство с разными стадиями формирования яйцеклеток. Которга в кладках один—три и четыре—шесть дней после стресса на однодневных самок соответствует гаметам в ранге зрелых яйцеклеток или поздних этапов их формирования. Потомство, возникшее из кладок после седьмого—девятого дня от начала воздействия на их матерей, соответствует стадии цистобласта или прогениторным стволовым клеткам. Что же оказалось? Тепловой стресс на клетках ранних стадий оогенеза оказывал явное позитивное действие на эмбриональную выживаемость потомков. Воздействие на более поздних стадиях гаметогенеза тоже было заметно, но в меньшей степени. При этом эффект проявлялся лишь у матерей *lgl*/+, но не у контрольных самок +/+. Значит, дефицит дозы онкосупрессора у матерей защищает потомков от стресса и повышает их выживаемость.

Данный эффект можно отнести к области эпигенетических изменений. Какова генетическая семантика этих опытов при-

менительно к человеку? У женщин клетки-оогонии, соответствующие цистобластам дрозофил, обособляются еще в утробе бабушек, в эмбриональный материнский период. Затем оогонии вступают на путь мейоза, который, однако, сразу после рождения девочек (будущих матерей) блокируется, и до 14 лет идет созревание ооцитов. Модельные опыты на дрозофиле демонстрируют, что условия, в которых проходит беременность у бабушек, способны влиять на выживаемость и долголетие внучатого поколения.

Гаплоадаптивность: парадокс или вариант жизненной стратегии?

Парадоксально, что две дозы гена, который в норме блокирует развитие опухоли, в условиях стресса становятся как бы избыточными. И преимущество получают носители одной дозы. Такого рода феномен мы предложили назвать гаплоадаптивностью [13].

Если с этих позиций взглянуть на другие известные в генетике развития факты, то окажется, что гаплоадаптивность вовсе не исключительна. Хорошо известный теперь феномен *генного импринтинга* у человека показывает: нормальное развитие возможно только в том случае, если активность определенных либо материнских, либо отцовских генов будет заблокирована.

В последние пять—семь лет у дрозофилы и у круглого червя *Caenorhabditis elegans* обнаружены гены, резко повышающие длительность жизни и устойчивость к стрессу. К примеру, найденный в 1998 г. в лаборатории С.Бензера (широко известны его работы в области генетики фага и термин «цистрон») ген «Мафусаил» (*Metbuselah*) назван по имени известного библейского героя-долгожителя. Но долгожители — это именно гетерозиготы по летальному ал-

лелю этого гена *mtb*/+, они живут дольше обычных нормальных мух на 30—35%.

У мышей выявлена обратная корреляция между опухолезащитной функцией главного стража генома p53 и его влиянием на продолжительность жизни. Избыточная активность гена p53 укорачивает жизнь взрослых животных, ускоряя их старение, а понижение его активности удлиняет жизненный цикл. Подобный результат недавно смоделирован на дрозофиле. Генно-инженерное введение в геном аллеля p53 с пониженной активностью в нейронах увеличивает продолжительность жизни самок на 58% и у самцов на 32%. У таких «долгожителей» повышается устойчивость и к генотоксичному стрессу — воздействию сильным мутагеном паракватом.

Другой удивительный пример гармонического антагонизма, сходный по смыслу с действием онкосупрессора *lgl*, наблюдается в контрбалансе функции p53 и уровня свободных радикалов-оксидантов. В высоких дозах свободные радикалы повреждают геном, но в умеренных необходимы для защитных реакций организма, таких как удаление раковых клеток, апоптоз, детоксикация, антимикробный фагоцитоз. Избыточный уровень антиоксидантов (их умеренный прием) может опасным интерферировать с их защитными функциями. Эту балансовую концепцию, важную для теории и медицинских приложений, предложил и экспериментально обосновал новосибирский генетик Р.И.Салганик [14].

Установленный на дрозофиле феномен гармонического антагонизма эволюционно консервативного онкосупрессора *lgl* в его действии на разных уровнях (клетки, организм, популяция) поможет разобраться в парадоксах действия многих факторов генетического риска у человека. Мы еще не знаем, в чем состоит механизм контр-

баланса между онкосупрессорным действием гена *lgl* и его позитивным влиянием на выживаемость и длительность жизни в условиях стресса. В 2006 г. было продемонстрировано, что в гомозиготе ген *lgl* блокирует в стволовых нервных клетках (нейробластах) дифференци-

ровку [15]. Они только возобновляют себя, их популяция увеличивается, но в итоге вместо нервной ткани развивается нейробластома. А что если у гетерозигот популяция стволовых клеток слегка увеличена и это дает преимущество при стрессовых нагрузках и при старении? Тако-

ва одна из гипотез, она доступна проверке и нуждается в обосновании, но это — в будущем. Пока же можно утешиться парадоксом мудреца-биолога В.Я.Александрова: стимулирующее влияние хорошей гипотезы прямо пропорционально ее необоснованности. ■

Литература

1. Соколова К.Б., Голубовский М.Д. // Генетика. 1979. Т.15. №12. С.2175—2182.
2. Gateff E., Golubovsky M.D., Sokolova K.B. // Drosoph. Inf. Serv. 1977. V.52. P.58.
3. Mechler B.M., McGinnis W., Gering W. // EMBO J. 1985. V.4. P.1551—1557.
4. Баранов В.С., Баранова А.В., Иващенко Т.Э., Асеев М.В. Геном человека и гены предрасположенности. СПб., 2001.
5. Горбунова В.А., Стрекалов Д.Л., Хавинсон В.Х. // Медиц. Акад. Ж. 2003. Т.3. №1. С.66—76.
6. Анисимов В.Н. // Успехи геронтологии. 2002. Вып.10. С.99—125.
7. Heemst D.van et al. // Experim. Gerontology. 2005. V.40. P.7—9.
8. Donehower L. // Experim. Gerontology. 2005. V.40. P.7—9.
9. Плюс Н. Пикорнавирусы и реовирусы дрозофилы in vivo и in vitro // Энтомопатогенные вирусы и их практическое значение. Киев, 1983. С.3—12.
10. Plus N., Golubovsky M. // Genetika (Belgrade). 1980. V.12. P.227—231.
11. Cherry S., Perrimon N. // Nature Immunol. 2004. V.5. №1. P.81—87.
12. Lorenzo C.de, Strand D., Mechler B.M. // Int. J. Dev. Biol. 1999. V.434. P.207—217.
13. Вайсман Н.Я., Плюс Н., Голубовский М.Д. // ДАН. 2006. Т.406. №4. С.1—4.
14. Salganik R.I. // J. Amer. Col. Nutr. 2001. V.20. P.464—472.
15. Lee C.Y., Robinson K.J., Doe C.Q. // Nature. 2006. V.439. P.594—598.

Астрономия

Новые спутники Плутона

Пояс Койпера — безбрежное скопление ледяных и каменных тел, расположенное за орбитой Нептуна, — относится к числу излюбленных объектов для исследования Солнечной системы. Неудивительно, что именно там нет-нет да и обнаружится что-нибудь интересное. Осенью 2005 г. астрономов удивил Плутон. Хотя эта карликовая планета была открыта в 1930 г., долгое время о ней было известно лишь то, что она существует. Однако благодаря совершенствующемуся инстру-

ментарии в 1978 г. астрономы узнали, что у Плутона есть спутник, получивший имя Харон. Новые снимки окрестностей далекой планеты, сделанные в 2005 г. с помощью космического телескопа «Hubble», продемонстрировали, что Харон не одинок: на самом деле у Плутона три спутника. Две предполагаемые новые луны, получившие временные обозначения S/2005 P1 и S/2005 P2, находятся примерно в 44 тыс. км от Плутона, т.е. в 2—3 раза дальше Харона. Это тусклые объекты с диаметрами от 60 до 200 км (для сравнения: поперечник Харона 1170 км, а Плутона — около 2270 км).

Два новых кандидата в спутники были обнаружены 15 мая 2005 г. благодаря усовершенствованной обзорной камере ACS. Они примерно в 5 тыс. раз слабее Плутона, но на снимках хорошо различимы. Проверка снимков Плутона, полученных в 2002 г., подтвердила наличие этих объектов вблизи положений, вычисленных по наблюдениям телескопа «Hubble» в 2005 г. Однако Международный астрономический союз присвоит объектам S/2005 P1 и S/2005 P2 постоянные имена только после окончательного подтверждения.

<http://hubblesite.org/newscenter/newsdesk/archive/releases/2005/19/full/>

Шарьяжно-надвиговая тектоника

В.И.Сизых

В отечественной геологии идеи мобилизма долгое время (практически до 70-х годов прошлого столетия) не находили должного признания, что затормозило развитие целого ряда крупных фундаментальных направлений тектоники и, в частности, трактовку структурных зон сочленения платформ со складчатыми областями. Все это привело к ограничению методологических подходов в изучении формирования нефтегазоносных бассейнов окраин древних платформ и структурного контроля залежей углеводородного сырья. Тем не менее фактический материал пробивал себе дорогу. Привычное мнение о платформах как о полностью пассивных элементах земной коры, сложенных исключительно ненарушенными породами, постепенно уходило в прошлое [1]. Выяснялось, что краевые части платформ обладают большой подвижностью. Кристаллический фундамент и осадочный чехол в своем развитии испытывают не только вертикальные движения, но и значительные горизонтальные подвижки краевых структур. Гипотеза глобальной тектоники не только расширила, но и во многом изменила наши представления



Валентин Иннокентьевич Сизых, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геологии и магматизма древних платформ Института земной коры СО РАН (Иркутск). Область научных интересов — общая тектоника, геодинамика, геология нефти и газа. Один из первооткрывателей Среднезиминского редкометалльного месторождения. Неоднократно печатался в «Природе».

о развитии литосферы и ее нефтегазоносных бассейнов. Месторождения нефти и газа, расположенные на краю континентов, стали связывать с бассейнами, образованными при конвергенции и (или) дивергенции литосферных плит. Мировой фактический материал последних лет показал, что поднадвиговые зоны во фронтальных частях шарьяжно-надвиговых поясов активных окраин древних платформ часто оказываются нефтегазоносными.

Немного истории

Впервые термин «тектонический покров» был предложен А.Эшером (Escher) в 1841 г. при описании Гларусского надвига

в Швейцарских Альпах с использованием немецкого понятия «decke». С.Науман (Naumann, 1849) в определении покрова ссылается на французский термин «парре». Это определение долгое время использовали французские геологи для обозначения пластинообразных геологических тел любого рода, таких как аллювиальный чехол, покров изверженных пород, покров надвига, залежи поверхностных и подземных вод или нефти. Н.Шард (Schardt, 1893) устанавливает крупные аллохтонные (перемещенные) пластины в западных Альпах и охарактеризовывает их как «покровы перекрытия». Он использует выражение «шарьяж» (charriage), как явление перемещения или скольжения. Термин

«покров» (nappe) получает признание в номенклатуре альпийских покровных комплексов.

История изучения шарьяжей в отечественной геологии поучительна и имеет неоднозначную трактовку. В 20—30-е годы 20-го столетия тектонисты России пытались обосновать покровное геологическое строение западного склона Урала, южного склона Большого Кавказа, горного Крыма, Центрального Казахстана, хребта Каратау, Памира, Алтая, Забайкалья и Восточного Саяна. В те годы бытовало представление о простом складчатом строении орогенных поясов, а новые взгляды на шарьяжно-надвиговую тектонику большинством геологов воспринимались с трудом. Между сторонниками и противниками шарьяжной тектоники разгорались острейшие дискуссии, иногда приводившие к трагическим последствиям. Многих тектонистов, занимавшихся проблемами шарьяжей, обвиняли в научной несостоятельности, преклонении перед западной «лженаукой». Детально изученные шарьяжно-надвиговые структуры в Альпах, Скалистых горах Северной Америки и в других регионах земного шара объявлялись несуществующими на том основании, что таких структур «вообще не может быть».

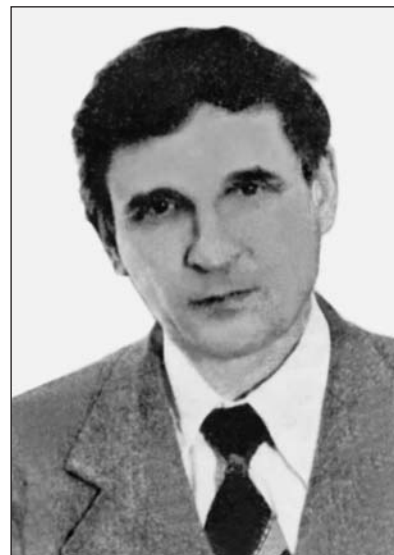
Многие страницы геологических журналов, монографий заполнялись односторонней информацией, в которой единодушно выражались поддержка и одобрение фиксистских идей в тектонике. Но все же находились геологи-тектонисты, осмелившиеся нарушить существующий запрет на мобилистскую тектонику. Так, К.Г.Войновский-Кригер в 1945 г. приводит данные о чешуйчатых надвигах и изоклинальной складчатости полярного Урала. И.М.Губкин в 1949 г. выступает с материалами, свидетельствующими о наличии шарьяжно-надвиговых структур на Памире на хребте Петра Первого. В.Д.Наливкин

в 1950 г. обнаруживает пологие надвиги в окрестностях г.Чусовой. В 1951 г. в журнале «Известия Академии наук СССР» приводится обсуждение геологами, геофизиками, геохимиками установленных геологических фактов, подтверждающих существование покровных структур.

Новое крупное наступление на теорию шарьяжей было предпринято в 50-е годы, когда объявляется борьба с космополитизмом. Большая обзорная статья Б.П.Высоцкого «Теория шарьяжей» в русской геологической литературе и ее современное положение» [2] имела целью окончательно расправиться с инакомыслящими. Высоцкий с принятым в те годы пафосом и решительностью пишет: «Русской науке всегда были чужды оторванность от конкретного материала наблюдений, механические обобщения, основанные на готовых схемах. Поэтому, несмотря на признание “теории шарьяжей” вообще, все случаи установления “покровного строения” в пределах СССР, как правило, довольно скоро опровергались позднейшими исследователями».

Позднее, когда запрет на надвиги был снят, сведения о них еще долго замалчивались. Геологи-съемщики ощущали это на практике особенно остро. В сводных томах «Геологии СССР», изданных в 60-е годы, о присутствии надвигов и шарьяжей ни в складчатых областях, ни на платформах не упоминается. «Легче расщепить атом, чем предрассудок» — говорил А.Эйнштейн.

Именно в этот переломный момент, когда пересматривались основы теоретической геологии, а конкретная геология насытилась обширной информацией в области поисково-разведочных работ, в Башкортостане возникла своя геотектоническая школа, созданная профессором М.А.Камалетдиновым [3]. Он, начав свою деятельность главным геологом геолого-поисковой конторы «Башнефть»,



Мурат Абдулхакович Камалетдинов — создатель башкирской тектонической школы.

закономерно перешел в разряд теоретиков. Еще 40 лет назад, обнаружив цепочку фактов, противоречащих аксиоматическим представлениям о блоково-складчатом строении Урала, он критически переосмыслил всю геологию этого горного сооружения, не укладывавшуюся в прокрустово ложе фиксизма. Нужен был геолог с нестандартным мышлением. Камалетдинов опубликовал серию работ с детальным описанием отдельных элементов шарьяжной структуры Урала, которые впоследствии вошли в крупную обобщающую монографию, ставшую точкой отсчета в истории уфимской геотектонической школы [4].

Теоретические представления Камалетдинова привели к важному практическому выводу — Урал можно рассматривать как новую крупную потенциально нефтегазоносную область, где под толщами шарьяжей докембрийских пород залегают поднадвиговые палеозойские отложения платформенного типа, обладающие значительной мощностью, стратиграфической полнотой разреза и высокими коллекторными свойствами для образования промышлен-

Лекторский

ных залежей нефти и газа. Аналогичное строение в этом плане имеет южная окраина Сибирской платформы [5].

Сейчас покровная структура складчатых областей доказана геолого-геофизическими исследованиями. Согласно этим данным, Урал, например, представляет собой гигантский аллохтон, состоящий из серии тонких пластин горных пород, нагроможденных одна на другую с востока. Весь этот комплекс покоится на окраине Восточно-Европейской платформы. Подобным образом Аппалачи крупномасштабно надвинуты на восточную окраину Северо-Американской платформы, а Байкало-Патомское нагорье — на южный фланг Сибирской платформы.

Тектонические пластины характеризуются долгой жизнью. Известны шарьяжи, возникшие 3—3,5 млрд лет тому назад, продолжающие активно развиваться и в наши дни. Примером древней аллохтонной структуры служит Туймазинский надвиг в Башкирии, сформировавшийся 1,7 млрд лет назад при гудзонской складчатости. Движения по нему происходили неоднократно в течение рифея и фанерозоя. Проявляются они и в современную эпоху.

Общие представления и терминология

Еще раз остановимся на главных понятиях шарьяжной тектоники, помогающих выделять и диагностировать основные элементы чешуйчато-надвиговых структур.

Надвиг — разрывное нарушение, обычно с пологим наклоном сместителя, по которому висячий бок поднят относительно лежащего и надвинут на него. **Шарьяж** — горизонтальный или пологий надвиг с перемещением масс в виде покрова на расстояния, достигающие нескольких десятков или даже нескольких сот километров. Дру-

гими словами, шарьяж — это большеамплитудный надвиг. **Тектоническая чешуя** — масса горных пород, как правило, одоактного надвигания с горизонтальным перемещением в несколько километров. В этом случае перемещенные породы в незначительной мере отличаются от окружающих их пород. **Тектоническая пластина** — серия тектонических чешуй многократного надвигания с амплитудой горизонтального перемещения в несколько десятков километров. Состав входящих в них отложений заметно отличается от окружающих пород. **Тектонический покров** — пакет тектонических пластин, ограниченных снизу единой надвиговой поверхностью с амплитудой горизонтального перемещения, достигающей сотен километров. Состав формационных комплексов резко чужероден окружающим отложениям. В результате последующего складкообразования тектонический покров полностью изолируется от корневой системы.

Выделяются два различных типа покровов — **тектонические пластины** и **покровы-складки**. Отличительная особенность первых — широкое развитие разрывных нарушений при подчиненной роли складчатых деформаций, что приводит

к сохранению нормальной стратиграфической последовательности слоев в пределах каждой пластины. Для покровов-складок характерна неправильная форма тела, образуемого гигантскими (до десятков километров) опрокинутыми, лежащими и ныряющими складками с сорванным подвернутым крылом [6]. Пластины и складки — крайние случаи в многообразии покровно-надвиговых систем, описанных в разных регионах земного шара. Среди них выделяют деформированные и смятые в сложные складки тектонические пластины. Возникающая при этом структура сложна для расшифровки и обладает чертами сходства с тектоническими пластинами и покровами-складками. Подобные системы детально изучены в Средней Азии и Корьякии [6].

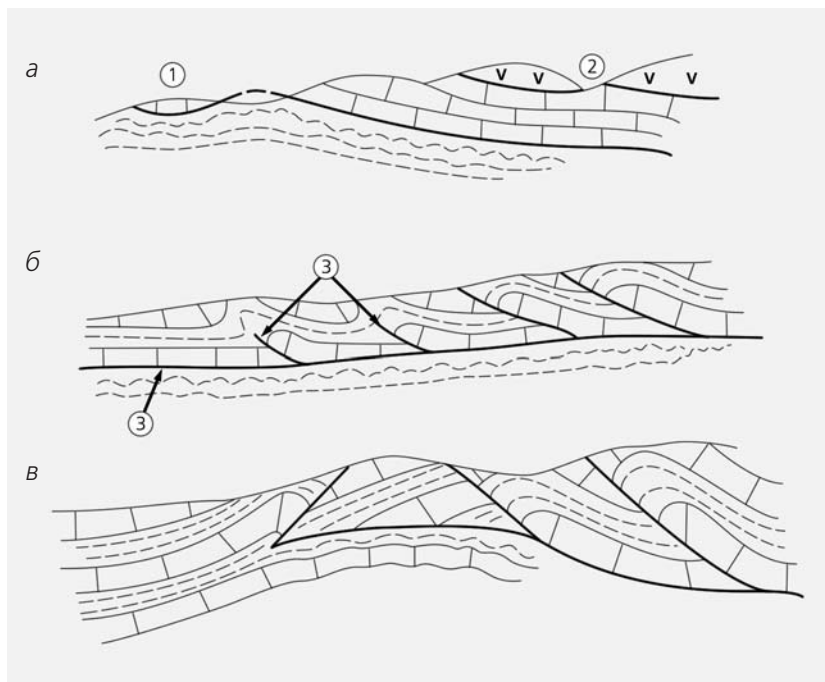
Тектонический покров ограничен снизу **надвигом подошвы**, а сверху — **надвигом кровли**. Для надвигов подошвы (как и вообще для многих разрывов любой ориентировки) характерно разветвление на окончаниях — **чешуйчатый веер**, или **конский хвост**.

Тела тектонических покровов называются **аллохтонами**, а залегающие ниже их, не испытывавшие горизонтальных перемещений, — **автохтоном**. Ком-



Схема строения идеализированной покровно-надвиговой системы, объясняющей принятую терминологию [6].

□ — тектонические пластины, \ — покровы-складки, / — надвиг подошвы для тектонических пластин, ^ — надвиг кровли для тектонических пластин, ~ — неоавтохтон, — — зона корней покровов. ~ — чешуйчатый веер надвигов.



Основные типы фронтов надвигов (по К.Морли и Р.Батлеру). а — обнаженный; б, в — погруженные (б — слепые надвиги, в — треугольные, или клиновидные структуры). Цифры в кружках: 1 — эрозионный останец (клиппен), 2 — эрозионное окно, 3 — слепой надвиг.

плекс пород, запечатывающий уже сформированную покровно-надвиговую структуру и фиксирующий начало этапа тектонической стабилизации, называют **неоавтохтоном**.

Узкая полоса интенсивно деформированных и метаморфизованных тектонических клиньев с субвертикальным залеганием пород и разрывов, находящихся в тылу покровов, обычно выделяется как зона **корней покровов** (рубцовая зона, альпийская линия, покровная сутура). Такие структуры представляют собой зоны сдвигов с субвертикальными сместителями.

Сохранившийся от эрозии передний край покрова именуется **фронтом**. Согласно К.Морли, выделяются два главных типа фронтов надвигов — **обнаженный** и **погруженный**. Наиболее распространен обнаженный фронт. Он характеризуется значительным эрозионным взрезом. Для него типично наличие эрозионных останцов по-

крова **клиппенов** (клиппов), а также эрозионных **окон** — мест, где вскрыты лежащие ниже структурные подразделения. Отслоенные и смещенные внешние части покровов именуется **оболочкой**, а внутренние — **ядром**.

В погруженных фронтах надвиг подошвы не выходит на поверхность. Наиболее распространены **слепые надвиги**, постепенно затухающие на глубине, и **клиновидные (треугольные) структуры**. Зона развития слепых надвигов бывает весьма значительной. В краевых частях Аппалачей она достигает 80 км. Клиновидные структуры возникают в тех случаях, когда надвиг кровли по каким-либо причинам изгибается вниз и соединяется с надвигом подошвы. Образующаяся при этом клиновидная тектоническая пластина рассекает расположенную по ходу движения толщу и оказывается захороненной на некоторой глубине.

Нефтегазоносные залежи в шарьяжных структурах

Нефтегазообразование тесно связано с развитием соседних складчатых областей [7]. Хорошо известна приуроченность крупных месторождений нефти и газа к окраинным зонам платформ, соседствующих с подвижными поясами. Классический пример — нефтегазопоявления, расположенные по периферии Сибирской платформы. Залежи углеводородов здесь локализуются во фронтальных антиклинорных зонах вдоль шарьяжно-надвиговых структур, распространяющихся со стороны соседней складчатой области. Последняя и служит энергетическим источником, обеспечивающим процесс нефтегазообразования [8–10].

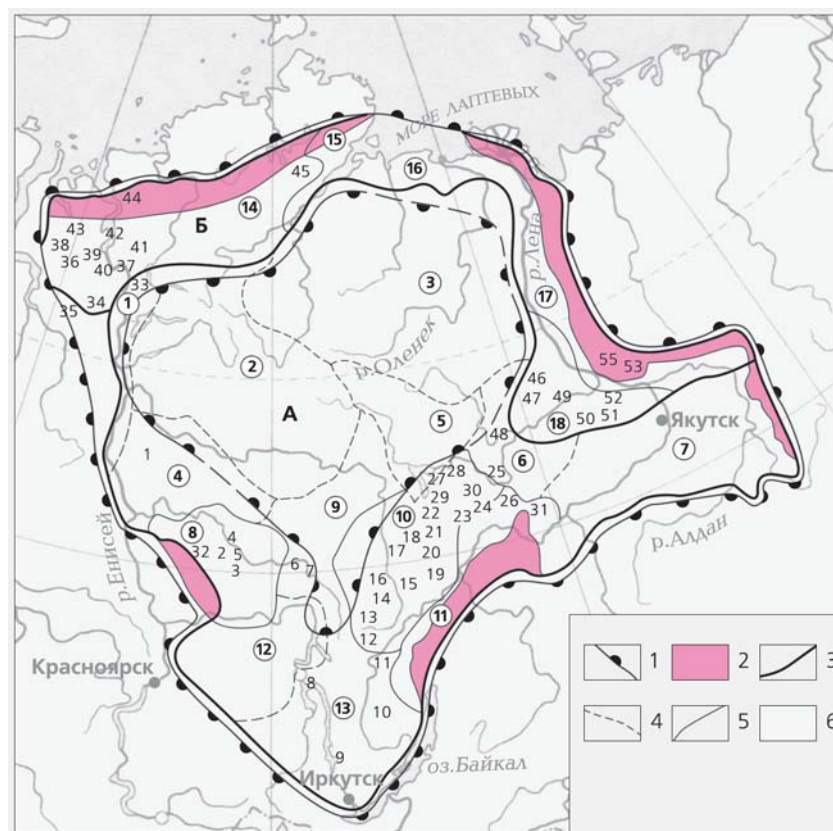
Сибирская платформа третий (после Западной Сибири и Урало-Поволжья) в России регион крупной концентрации нефти. Геологоразведочные работы подтверждают перспективы нефтегазоносности осадочного чехла краевых частей Сибирской платформы, включая Ангаро-Ленскую, Непско-Ботубинскую, Предпатомскую, Байкитскую, Енисей-Хатангскую и Предверхоаянско-Вилуюскую нефтегазоносные области. Принципиальное значение имеет открытие в пределах Байкитской нефтегазоносной области Юрубченко-Тохомской зоны рифейского осадконакопления, которая может рассматриваться в качестве эталона для поисков аналогичных нефтегазоносных отложений в протерозойских породах Сибирской платформы и других перспективных бассейнов.

Традиционно в пределах Сибирской платформы выделялись Лено-Тунгусская и Хатангско-Вилуюская нефтегазоносные провинции, подразделявшиеся на 18 нефтегазоносных областей. Но районирование производилось без учета процессов шарьяжно-надвиговой тектони-

ки и их динамического влияния на фундамент и осадочный чехол. В последние годы же в нефтегазоносные провинции включают зоны шарьяжных перекрытий. Таким образом, в нефтегазоносном отношении территорию Сибирской платформы следует подразделить на две крупные провинции: периферийную, перспективную на поиски месторождений нефти и газа, и центральную — «стерильную» в отношении выявления нефтегазоносных областей.

Структурное периферийное обрамление Сибирской платформы в пределах зоны распространения известных и прогнозируемых месторождений нефти и газа можно представить в виде пояса, в котором нефтегазоносные залежи непосредственно сочленяются с зонами шарьяжных перекрытий Байкало-Патомского нагорья, Енисейского кряжа, Таймырской складчатой области и Верхоянья. По простиранию пояс имеет прерывисто-непрерывный характер и состоит из четырех сигмоид: Байкальской, Енисейской, Таймырской и Верхоянской, примыкающих к фронтальным частям шарьяжных перекрытий покровно-складчатых сооружений [12].

Палеогеодинамические условия формирования зоны сочленения южной окраины Сибирской платформы с Байкальской складчатой областью оказали влияние не только на становление шарьяжно-надвиговых структур, но и на локализацию углеводородного сырья. Морфокинематическая модель [9] поясной зональности покровно-складчатых структур зоны сочленения Сибирской платформы и ее горно-складчатого обрамления объясняет субконцентрическое расположение основных разрывных и складчатых структур. Дальнейший анализ разрывной тектоники и сопутствующих эндогенных процессов (дезинтеграции, динамометаморфизма, метасоматоза) позволяет выделить региональные



и локальные площади с сетью разрывных систем и связанных с ними коллекторов. Наибольшая концентрация площадей с такими тектоническими коллекторами тяготеет к региональным разломам и ансамблям шарьяжно-надвиговых структур.

В западной окраине зоны сочленения платформы и складчатой области сеть разрывных систем в большинстве своем сопровождается Кайманово-Кутский, Окино-Катангский, Ангаро-Виллюйский разломы. Здесь выделяют Окинскую, Братскую, Илимско-Мамырскую и другие нефтегазоносные площади. В осевой части зоны сочленения вдоль западного и восточного флангов Таймыро-Байкальского, а также Марково-Ичерского разломов сконцентрированы разрывные системы, к которым приурочены известные месторождения нефти и газа: Марковское, Аянское, Дулисьминское, Даниловское, Верхнечонское и др. В восточной периферии зоны сочленения в венд-рифейских Присяян-

ском, Прибайкальском, Патомском и Нюйско-Джербинском палеопрогихах отчетливо обозначились Пеледуйская, Ахинская, Усть-Ордынская, Голуметь-Тыретская и другие нефтегазоносные площади, а вдоль Жигаловского и Обусинского разломов — Усть-Илгинская, Знаменская, Ковыктинская, Киренго-Хандинская и Киренго-Нижне-Ульканская площади. С ансамблями шарьяжей и надвигов в горно-складчатом обрамлении ассоциируют Ульканская, Ачиткано-Миньская, Кутимо-Абчадская, Чуя-Миньская нефтегазоносные площади.

Наибольший интерес представляют нефтегазоносный Непско-Ботуобинский сектор и газоносный Иркутско-Жигаловский, в котором открыто уникальное Ковыктинское месторождение. Кроме этого супергиганта, мы прогнозируем аналогичные месторождения в Муринья-Сугджинской, Ханда-Киренгской и Киренгско-Ульканской площадях.

Нефтегазоносные провинции и области Сибирской платформы [11 с дополнениями].

Границы: 1 — Восточно-Сибирского нефтегазоносного пояса; 2 — зон шарьяжных перекрытий; 3 — нефтегазоносных провинций (по данным предшественников); 4 — нефтегазоносных областей (по данным предшественников); 5 — нефтегазоносных областей, сопряженных с зонами шарьяжных перекрытий подвижных областей; 6 — площадь Восточно-Сибирского нефтегазоносного пояса.

Нефтегазоносные области (цифры в кружках) в пределах нефтегазоносных провинций:

Лено-Тунгусской (А): 1 — Турухано-Норильская, 2 — Северо-Тунгусская, 3 — Анабарская, 4 — Южно-Тунгусская, 5 — Сюджерская, 6 — Западно-Виллюйская, 7 — Северо-Алданская, 8 — Байкитская, 9 — Катангская, 10 — Непско-Ботуобинская, 11 — Предпатомская, 12 — Присаяно-Енисейская, 13 — Ангаро-Ленская; **Хатангско-Виллюйской (Б):** 14 — Енисей-Хатангская, 15 — Анабаро-Хатангская, 16 — Лено-Анабарская, 17 — Предверхоаянская, 18 — Виллюйская.

Месторождения нефти и газа в пределах нефтегазоносных провинций: **Лено-Тунгусской:**

1 — Моктаконское, 2 — Юрубченское, 3 — Терское, 4 — Усть-Куюмбинское, 5 — Среднекуюмбинское, 6 — Собинское, 7 — Пайгинское, 8 — Братское, 9 — Атовское, 10 — Ковыктинское, 11 — Марковское, 12 — Ярактинское, 13 — Аянское, 14 — Дулисьминское, 15 — Даниловское, 16 — Преображенское, 17 — Верхнечонское, 18 — Вакунайское, 19 — Талаканское, 20 — Нижнехамакинское, 21 — Чаядинское, 22 — Среднеботуобинское, 23 — Тас-Юряхское, 24 — Иктехское, 25 — Верхневиллючанское, 26 — Виллюйско-Джербинское, 27 — Маччобинское, 28 — Иреляхское, 29 — Мирнинское, 30 — Нелбинское, 31 — Бусаханское, 32 — Оморинское; **Хатангско-Виллюйской:** 33 — Зимнее, 34 — Мессояхское, 35 — Южно-Соленинское, 36 — Северо-Соленинское, 37 — Ушаковское, 38 — Нанадянское, 39 — Пеляткинское, 40 — Казанцевское, 41 — Озерное, 42 — Пайяхское, 43 — Дерябинское, 44 — Хабейское, 45 — Балахнинское, 46 — Андылахское, 47 — Среднетюнгское, 48 — Нижнетюкянское, 49 — Средневиллюйское, 50 — Толон-Мастахское, 51 — Соболах-Неджелинское, 52 — Бадаранское, 53 — Нижневиллюйское, 54 — Усть-Виллюйское, 55 — Собо-Хаинское.

Таким образом, предлагаемое нефтегазогеологическое районирование позволяет не только по-новому оценить региональные поисково-разведочные перспективы осваиваемых структур осадочного чехла Сибирской платформы, но и открывает новые пути и возможности для выявления нетрадиционных залежей углеводородного сырья в кристаллическом фундаменте и поднадвиговых зонах краевых структур Сибирской платформы по аналогии с месторождениями окраин Северо-Американской и Восточно-Европейской платформ.

Рудные месторождения в шарьяжных структурах

Месторождения минерального сырья, как свидетельствуют примеры мировой практики, тяготеют к зонам интенсивных дислокаций горных пород. Тек-

тонически ненарушенные породы лишены как углеводородных, так и рудных скоплений, поскольку сохраняют свой первоначальный химический состав и флюидное содержимое без изменений в течение многих геологических эпох. Концентрация полезных компонентов в залежь в твердых породах происходит лишь в том случае, когда тектонические движения создают благоприятные условия и, в первую очередь, механически их разрушают, формируя систему разрывов и трещин, по которым возможна активная циркуляция флюидов и перераспределение химических элементов.

Схема образования рудных месторождений по существу сходна с формированием скоплений нефти и газа. Действительно, для концентрации металла из рассеянного состояния в рудную залежь, как и в случае с нефтью, во-первых, необходим источник металла — материнская порода, обогащенная

рудным веществом, а во-вторых, — энергия, которая накапливается в земной коре при горизонтальном сжатии, вызывающем движение тектонических пластин. При этом формируются трещиноватые коллекторы и структурные ловушки для рудных скоплений. Но в отличие от нефти и газа, рудные месторождения для своего образования требуют значительно большей затраты механической энергии. Поэтому рудные залежи располагаются, как правило, в наиболее сильно смятых и рассланцованных зонах, благоприятных для движения гидротермальных растворов, а иногда и внедрения магматических расплавов. Образование таких зон происходит в тектонических пластинах, испытавших крупномасштабные горизонтальные перемещения.

Источником вещества для месторождений металлов служат мантийные образования и продукты базальтоидного вулканизма. Выведение их на по-

Лекторский

верхность осуществляется при шарьяжно-надвиговых перемещениях. Чем чаще происходят такие движения пород, тем больше мантийного материала поступает на поверхность и, следовательно, больше становится рассеянного рудного вещества.

Таким образом, надвиги — это рудогенерирующие и рудо-концентрирующие структуры. Зоны скальвания создают рядку тангенциальных напряжений сжатия, обеспечивая мобильность и миграцию рудных элементов в коллекторы и струк-

турные ловушки. Механическое дробление обеспечивает высокую проницаемость крупных блоков пород, возможность их «промывания» гидротермальными флюидами, растворяющими и извлекающими из материнских толщ рудные компоненты. ■

Литература

1. *Леонов Ю.Г.* // Геотектоника. 1993. №5. С.4—15.
2. *Высоцкий Б.П.* «Теория шарьяжей» в русской геологической литературе и ее современное положение // Вопросы геологии Азии. М., 1955. Т.2. С.711—722.
3. *Тимергазин К.К., Тимергазина А.К.* Уфимская геотектоническая школа / Отв. ред. В.Л.Яхимович. Уфа, 1992.
4. *Камалетдинов М.А.* Покровные структуры Урала. М., 1974.
5. *Камалетдинов М.А., Сизых В.И., Казанцева Т.Т. и др.* // Известия АН РБ. Геология. 2000. №5. С.46—60.
6. *Кутейников Е.С., Кутейникова Н.С., Худoley А.К. и др.* Диагностика и картирование чешуйчато-надвиговых структур. Методическое пособие. СПб., 1994.
7. *Сизых В.И., Семенов Р.М., Павленов В.А.* Покровно-складчатые пояса, сейсмичность и нефтегазоносность Земли // Природа. 2001. №7. С.51—59.
8. *Конторович А.Э., Трофимук А.А., Башарин А.К. и др.* // Геология и геофизика. 1996. Т.37. №8. С.6—42.
9. *Сизых В.И.* Шарьяжно-надвиговая тектоника окраин древних платформ. Новосибирск, 2001.
10. *Хаин В.Е., Клещев К.А., Соколов Б.А. и др.* Тектонические и геодинамические обстановки нефтегазоносности территории СССР // Актуальные проблемы тектоники СССР. М., 1988. С.46—54.
11. *Мельников Н.В.* // Геология и геофизика. 1996. Т.37. №8. С.196—205.
12. *Сизых В.И., Лобанов М.П., Коваленко С.Н.* // Докл. РАН. 2001. Т.381. №3. С.383—387.

В целях эффективной борьбы с саранчой Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН развертывает в 20 странах Африки сеть раннего оповещения о нашествии стай этого вредителя. Сеть уже прошла успешные испытания в 2004 г. Спутники Национального центра космических исследований Франции собирают информацию о состоянии природной среды (метеорологические данные, сведения о растительности и т.д.) и передают ее органам власти в течение нескольких секунд. До сих пор на это требовались недели. *Science et Vie.* 2006. №1060. P.28 (Франция).

Мировое лидерство в создании парникового эффекта занимают газовые выбросы при производстве электроэнергии (око-

ло 40%). Затем следуют выхлопные газы автотранспорта и авиации и промышленные выбросы (по 25%). В отличие от других развитых стран, Франция основную часть электроэнергии вырабатывает на атомных электростанциях (АЭС), а от них выбросы CO₂ значительно меньше, чем от тепловых электростанций (ТЭЦ), работающих на ископаемом топливе. Таким образом, во Франции производство электроэнергии ответственно лишь за 12% выбросов CO₂; и тогда на первое место (около 30%) там выходят транспортные средства, оставляя позади промышленность и сельское хозяйство (по 25%). *Terre Sauvage.* 2006. №213. P.XX (Франция).

Дикие слоны африканской саванны нередко пошатываются

во время ходьбы. Принято считать, что это результат опьяняющего действия поедаемых ими перебродивших плодов марулы (это растение принадлежит к семейству анакордиевых, в которое входит и известное всем манго). Однако расчеты группы сотрудников Бристольского университета (Великобритания) показали: чтобы слон получил необходимое для опьянения количество спирта, он должен съесть невероятно много марулы. Исследователи предложили иные объяснения поведения животных: вместе с плодами в их организм попадает и кора дерева, в которой живут ядовитые жуки-скарабеи. Таким образом, пошатывание слонов вызвано не алкоголем, а отравлением токсинами.

Science et Vie. 2006. №1061. P.21 (Франция).

Статическое электричество и полупроводниковая электроника

М.И.Горлов

В 1966 г. Воронежский завод полупроводниковых приборов начал серийные поставки первых отечественных кремниевых интегральных схем (ИС) диодно-транзисторной логики серии 104 с диэлектрической изоляцией элементов. Но на Казанском заводе, производящем радиоэлектронную аппаратуру, жаловались на их низкое качество: на печатной плате, где размещалось 20 схем, проверенных по электрическим параметрам, после покрытия лаком и сушки одна или две выходили из строя. И это наблюдалось практически на каждой третьей плате. Будучи уверенными в высокой надежности своих схем, воронежцы решили посмотреть технологический процесс нанесения лака на печатные платы. В цехе они увидели: работница держала плату в одной руке, а воздушный краскораспылитель — в другой. Краскораспылитель был заземлен; руки работницы были в резиновых перчатках, которыми пользовались электрики. На вопрос, для чего такая защита, работница ответила, что «здорово бьет». И только тогда изготовители догадались, что распыление лака создает большой электростатический заряд на плате, который может повреждать ИС. До того, выпуская в основном высоко-



Митрофан Иванович Горлов, доктор технических наук, профессор кафедры полупроводниковой электроники Воронежского государственного технического университета. Заслуженный конструктор РФ. Занимается исследованиями надежности полупроводниковых изделий в различных условиях, разрабатывает методы повышения их качества и надежности.

вольтные диоды, сплавные и диффузионные мощные и средней мощности транзисторы, они практически с этим не сталкивались. Здесь же фигурировали маломощные ИС, допускающие напряжение питания всего 5—12 В. Проведенные затем исследования подтвердили предположение, и практически с 1970 г. в отечественной и зарубежной литературе начали появляться статьи об отрицательном воздействии электростатических зарядов на полупроводниковые изделия (приборы и интегральные схемы).

Конец истории оказался простым. Было предложено изменить технологию нанесения лака на печатную плату — погружать ее в объем лака — и отказы ИС прекратились.

Восприимчивые к электростатическим зарядам приборы и схемы подвергаются опасности в процессе как производства, так и эксплуатации. Неантистатическая упаковка, недостаточно грамотное обращение с устройствами на входном контроле, в ходе их монтажа при изготовлении электронных блоков и при работе аппаратуры — все эти факторы могут стать причиной выхода полупроводниковых изделий из строя.

Средние ежедневные потери электронной промышленности США от электростатических зарядов составляют от 10 до 18% продукции. За год затраты, обусловленные такими потерями и ремонтом или дополнительным обслуживанием оборудования, доходят до 10 млрд долл. [1].

© Горлов М.И., 2006

Поэтому чрезвычайно важно знать причины образования заряда в процессе изготовления и применения приборов, виды их отказов и коллективные и индивидуальные меры защиты.

Как возникает заряд

Обычно носители зарядов обеих полярностей распределены в материале равномерно, поэтому он электрически нейтрален. Разрушение этого нейтрального состояния и локальное накопление частиц одной полярности приведет к тому, что тело станет заряженным. Статическое электричество определяется как явление, вызываемое электрическим зарядом в состоянии покоя. Такие заряды возникают при переносе электронов (или других видов носителей заряда) с одной части тела в другую (поляризация) или же при переходе заряда от одного тела к другому (переносимый заряд). Они могут быть как отрицательными, например, если на предмете электроны присутствуют в избытке, так и положительными, если, наоборот, имеется недостаток электронов [2].

Существует три основных процесса электризации материалов: добавление зарядов, удаление зарядов и разделение зарядов. Заряды на предмете могут появиться под действием электрического поля, но не только. Так, если привести в соприкосновение два тела из различных материалов, между ними произойдет обмен зарядами, приводящий к образованию двойных электрических слоев. Каждый из последних состоит из двух слоев зарядов противоположной полярности, расположенных на поверхности или вблизи от нее и удаленных друг от друга на несколько межатомных расстояний. После разъединения двух тел разделение зарядов может частично остаться: на одном теле будут преобладать положительные, а на другом — отрицательные заряды. Разделение за-

рядов наблюдается и между двумя одинаковыми поверхностями, если какой-либо участок одной из поверхностей трется о значительно большую часть другой.

Когда в контакте находятся материалы, обладающие высоким сопротивлением, только носители зарядов в непосредственной близости к области соприкосновения принимают участие в электризации, и они остаются в той же точке, в которой изначально сформировались, даже если материал будет заземлен. Статические же заряды на незаземленных проводниках распространяются практически мгновенно по всей поверхности контактирующих тел (с заземленного проводника заряд стечет на землю). Общее условие электризации какого-либо тела — электрический заряд при разделении (или другом способе получения) должен возрастать быстрее, чем компенсироваться из окружающей среды (компенсации заряда способствует, например, влажная атмосфера).

При производстве полупроводниковых изделий электростатический заряд чаще всего возникает из-за трения поверхностей различных материалов, что называется трибоэлектрическим эффектом. Если осуществить контакт двух материалов трибоэлектрической серии, то более высокий в серии материал заряжается положительно, другой получит такой же отрицательный заряд. Величина заряда



Рис. 1. Трибоэлектрическая шкала. При трении двух материалов тот из них, что расположен в ряду выше, заряжается положительно и тем сильнее, чем более разнесены материалы по шкале.

зависит от силы сжатия при контакте и от способа и качества контакта между материалами. На рис.1 в качестве примера приведены некоторые трибоэлектрические материалы, способствующие образованию статических зарядов. Разность потенциалов при трении материалов трибоэлектрического ряда будет тем большей, чем дальше расположены материалы друг от друга в списке. Например, человек, идущий по сухому ковру, может зарядиться до 5 кВ; автомобиль, движущийся по сухой до-

Таблица 1

Максимальные значения возникающих в различных случаях электростатических потенциалов

Объект, получающий заряд	Напряжение, В
Человек, идущий в ботинках на каучуковых подошвах	1000
Человек, идущий по ковру в ботинках на каучуковых подошвах	14 000
Человек, идущий по полу, вымощенному плиткой, в ботинках на каучуковых подошвах	13 000
Человек, идущий по деревянному полу	800
Человек, сидящий на рабочем месте	3000
Целлулоид при трении	40 000
Газ, выходящий из баллона со сжатым газом	9000
Свободно капающий бензин	4000

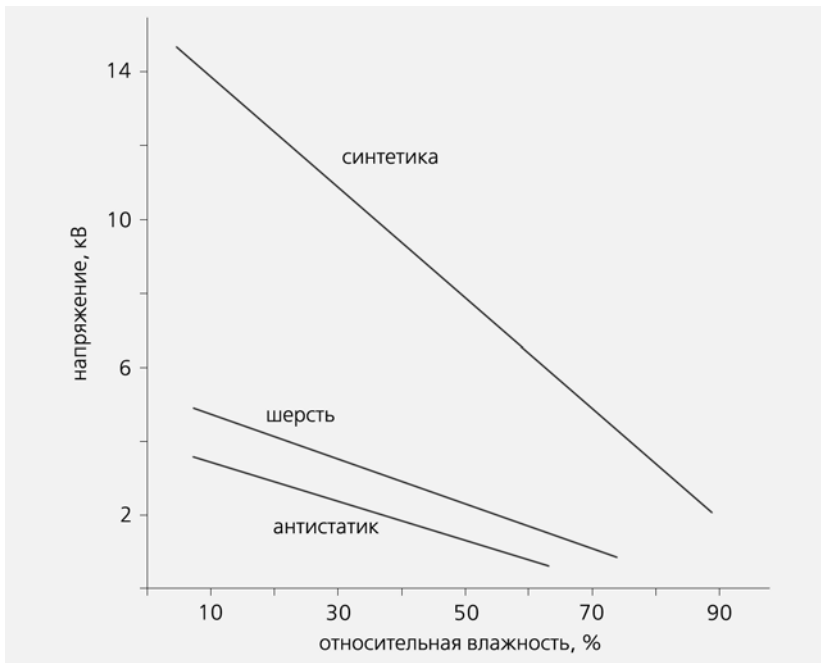


Рис.2. Максимальные значения электрических напряжений, до которых может быть заряжено тело человека при контакте с различными материалами.

роге, — до 10 кВ, а ремень, движущийся по шкиву, — до 25 кВ. На операторах, работающих с полупроводниками и одетых в одежду из синтетических материалов, могут возникать потенциалы, превышающие 6 кВ. Максимальные значения потенциала, до которых может заряжаться тело человека при контактировании с различными материалами в условиях разной относительной влажности, показаны на рис.2, а также даны в табл.1 в сравнении с величинами для некоторых других «электроопасных» объектов.

Чем он опасен

Накопление заряда человеком — не единственный источник опасного для приборов и схем электростатического разряда. Значительные по величине заряды могут возникать непосредственно на поверхности прибора. Такие заряды бывают подвижными, если они накапливаются на проводящих элементах конструкции, или неподвиж-

ными, когда они образуются на изолированных деталях. Собственно, наличие и накопление заряда на любом изделии, как правило, не ведет к его повреждению или изменению характеристик до тех пор, пока через это изделие не произойдет электростатический разряд, возникаю-

щий при соединении тел с различными электростатическими потенциалами. В момент, когда тот или иной вывод прибора касается проводящего тела, происходит импульсный разряд, который может полностью или частично повредить прибор. Характер воздействия разряда на полупроводниковые изделия в производственных условиях зависит от ряда случайных факторов: емкости, величины накопленного заряда, сопротивления человека, величины переходных сопротивлений в цепи разряда и др. В табл.2 сопоставляются параметры разряда с участием человека и полупроводниковых изделий, а на рис.3 показаны примеры воздействия разряда на ИС и формы импульсов токов разряда, протекающих через ИС при этом. Время нарастания тока зависит от сопротивления и емкости и обычно бывает меньше 10 нс, время спада — от 50 до 300 нс.

При технологических процедурах, сопровождающихся трением или нарушением контакта между различными материалами (например, на сборочных автоматах), возникают разности потенциалов, вызванные появлением электростатических зарядов. В табл.3 приведены

Таблица 2

Параметры электростатического разряда

Источник	Накопленная энергия, мкДж	Время разряда, нс	Мощность, Вт
Человеческое тело	5.0	750	~6
ИС или полупроводниковый прибор	7.5	~10	более 750

Таблица 3

Значения электростатических потенциалов, возникающих при различных операциях

Операция	Потенциал при относительной влажности, кВ		
	10%	40%	55%
Ходьба по ковру	35	15	7.5
Ходьба по виниловому покрытию пола	12	5	3
Движение работника по скамье	6	0.8	0.4
Изъятие ИС из пластмассового пенала	2	0.7	0.4
Изъятие ИС из мягкой пластиковой упаковки	14.5	5	3.5

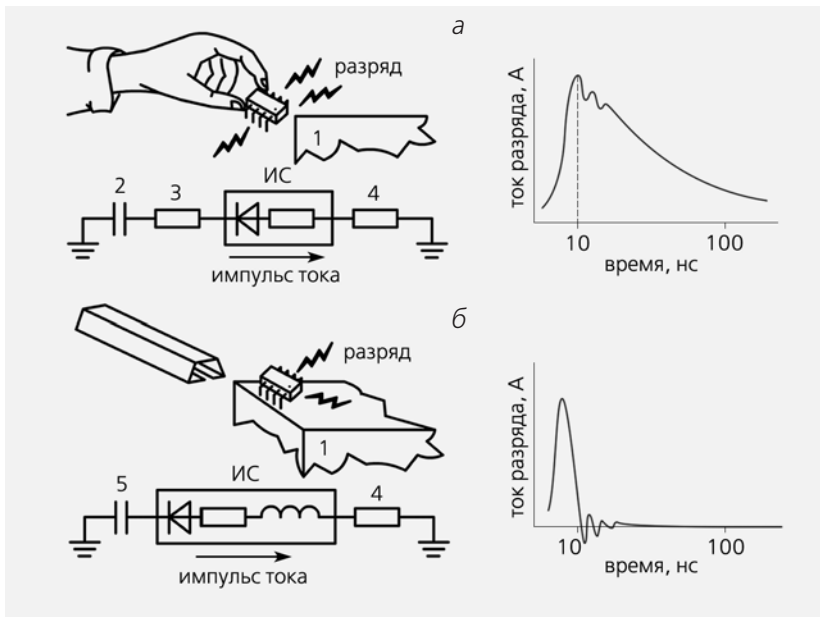


Рис.3. Примеры воздействия электростатического разряда на ИС и формы импульсов тока разряда, протекающих через устройство. Обозначения на эквивалентных схемах: 1 — заземленная поверхность; 2 — емкость тела человека; 3 — сопротивление тела человека; 4 — сопротивление контакта; 5 — емкость ИС. В одном случае разряд происходит через тело человека (а), в другом — через заземленную поверхность (б; здесь используется модель «заряженного прибора», поэтому учитываются все его элементы, в том числе индуктивность проводников).

приблизительные данные об уровнях разностей потенциалов при различных операциях. В сухом воздухе разности потенциалов могут достигать очень высоких значений. При обычной или повышенной влажности разности потенциалов значительно понижаются, но все же остаются достаточными, чтобы вызвать повреждение чувствительных полупроводниковых изделий [3].

Так, в процессе работы конвейера вращающиеся фторопластовые ролики заряжаются до потенциалов порядка 3000 В, фторопластовая и пенопластовая тара может заряжаться до 8000 В, а пластмассовая — до 2500 В. Нужно помнить, что электронно-лучевые трубки телевизоров, осциллографов, дисплеев служат источниками большого электростатического поля. Поэтому оператор, случайно коснувшись экрана труб-

ки, может зарядиться до десятков киловольт. Даже не касаясь экрана, оператор, находящийся перед включенным телевизором на некотором расстоянии, задевая шину земли, может приобрести значительный заряд, противоположный по знаку заряду экрана. На полупроводниковые изделия, находящиеся вблизи экрана трубки, также будет воздействовать ее электрическое поле [4].

Миниатюризация в микроэлектронике заставляет делать металлизированные дорожки все более узкими, а оксидные слои — все более тонкими. Сегодня в основном применяются дорожки шириной 1 мкм, но уже сообщается об изготовлении ИС с шириной дорожки 0.5—0.2 мкм. Если для обычно используемой толщины затворного оксида 1000 Å его пробой происходит при приложении к затвору напряжения 80—100 В,

то при толщине оксида 400 Å напряжение пробоя снижается до 28—45 В. Это еще более осложняет проблему отказов изделий из-за воздействия разрядов, с которой все чаще сталкиваются разработчики.

Непосредственно перед разрядом и в течение первых десятков наносекунд разряда устройство попадает под наведенное высокое напряжение, т.е. на изделие действует и потенциал электрического заряда, и ток разряда. В итоге у полупроводниковых приборов и ИС могут иметь место два типа повреждений:

- катастрофические, которые обнаруживаются наиболее легко, потому что поврежденные изделия не выполняют своих функций;

- скрытые, которые затрагивают только один из параметров — усиление, утечку и т.д. — или вызывают некоторые изменения начальных характеристик, иногда не выходящие за рамки допустимых отклонений. Эти повреждения обнаружить труднее, так как зачастую они проявляются лишь в результате повторяющихся разрядов или уже в процессе эксплуатации.

Явные катастрофы

Катастрофические отказы можно разделить на отказы под действием напряжения, когда пробивается насквозь диэлектрик или разрушается поверхность кристалла, и отказы под действием мощности или тока, которые часто опознают по горячим точкам или расплавленным участкам на кристалле. Разряд может вызвать такую высокую плотность тока на границе оксид—полупроводник, что происходит локальное расплавление полупроводникового материала, а в оксиде образуется точечное отверстие диаметром около 1 мкм.

Элементы, чувствительные к напряжению (тонкий диэлектрик структур металл—диэлект-

рик—полупроводник, изолирующий оксид и т. д.), отказывают вследствие электрического пробоя. Отказы внутри прибора под действием напряжения происходят из-за разницы постоянных времени разряда в смежных или пересекающихся участках, что приводит к появлению напряжений, превышающих электрическую прочность диэлектрика. Другие элементы (*p-n*-переходы, металлизированные дорожки и т.д.) чувствительны к мощности. В этом случае критическими параметрами оказываются форма импульса тока, протекающего при разряде, его длительность и амплитуда, которые при соответствующем сочетании могут создать уровень мощности, приводящий к термическому пробую. Отказы под действием мощности или тока происходят обычно между схемной частью и землей или питающей шиной. Шины питания и заземления, как правило, являются проводниками с наибольшей площадью и способны хранить наибольший заряд, высвобождая при разряде максимальную энергию.

Считается, что есть шесть наиболее распространенных и связанных с электростатичес-

ким разрядом механизмов отказов: тепловой вторичный пробой, расплавление металлизации, объемный пробой, пробой диэлектрика, поверхностный пробой и газовый дуговой разряд. Первые три механизма определяются током (мощностью) разряда, остальные три — его напряжением. Главный виновник — выделяемое током разряда тепло, которого достаточно, чтобы расплавить используемые материалы. В момент разряда температура внутри микросхемы может достигать 1500°C, что выше точек плавления алюминия, меди и кремния.

Тепловой вторичный пробой известен как выгорание (выжигание) перехода. В этом случае температура на переходе приближается к точке плавления кремния, и начинают плавиться неоднородные «горячие» точки, что приводит к локальному расплавлению участка кремния. Если импульс разряда достаточно продолжителен, горячие точки увеличиваются до возникновения короткого замыкания на переходе. Однако термический или тепловой вторичный пробой может не проявиться немедленным коротким замыка-

нием, а развиться позднее как результат миграции электронов и ионов.

Расплавление металлизации происходит, если разряд обладает достаточной мощностью для расплавления металла соединительных дорожек, так как толщина, а зачастую и ширина металлизированных дорожек настолько малы, что металл расплавляется, как у плавких предохранителей под действием повышенного значения тока.

Объемный пробой возникает в результате изменения параметров перехода из-за воздействия высоких температур под влиянием тока разряда, что приводит в конце концов к быстрой диффузии примесей и замыканию переходов в объеме (рис.4, 5).

Пробой диэлектрика возникает тогда, когда значение электрического поля превышает значение поля, связывающего электроны с ядрами атомов. Освобожденные электроны формируют внутренний ток, который дает лавинный эффект, разрушающий диэлектрик, — в нем образуется отверстие.

Поверхностный пробой, как следует из названия, реализуется на поверхности; он зависит от целого ряда параметров по-

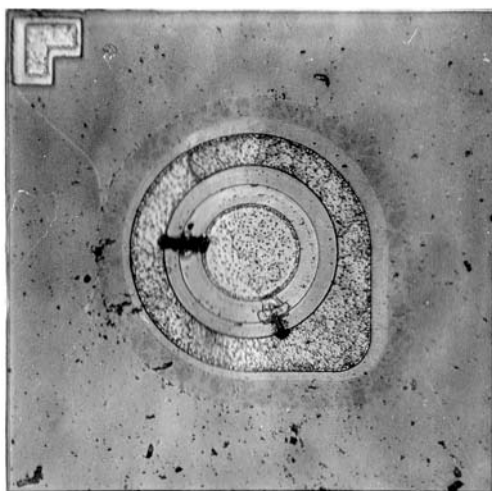


Рис.4. Транзистор 2Т312А. Переход эмиттер—база подвергся воздействию разряда 10 раз. Потенциал каждого разряда 1800—2000 В. Видны мощные следы пробоя.

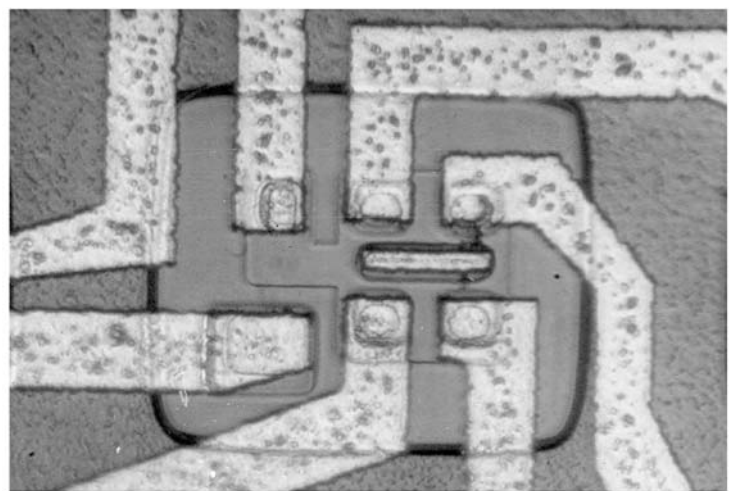


Рис.5. Многоэмиттерный транзистор ИС типа 106ЛБ1. Видны следы пробоя перехода эмиттер—база после пяти воздействий разряда потенциалом 500 В.

верхности кристалла изделия. Явление закономерно приводит к утечке на переходе.

Газовый дуговой разряд аналогичен газовому разряду в вакуумных лампах; в конечном счете он вызывает испарение металлических частей изделия.

В большинстве случаев отказы приборов под воздействием разряда происходят не по одной из перечисленных причин, а от совокупности нескольких. Разрушение перехода носит очень сложный характер, и ни напряжение, ни ток по отдельности не играют решающей роли. Их совместное действие влияет на переход, изменяя его состояние, что, в свою очередь, сопровождается воздействием на ток и напряжение. В результате возникает точечное повышение температуры и расплавление кремния.

Анализ биполярных ИС, получивших повреждение из-за разряда, показывает, что у 90% схем были повреждены переходы, у остальных 10% была повреждена металлизация. Одновременно у 27% схем имел место пробой диэлектрика.

Скрытые угрозы

При разряде возможно также возникновение небольшого повреждения, которое тем не менее приводит к отказу устройства при эксплуатации в начальный период. Испытания на принудительный отказ (например, электротермотренировка) не исключают возникновения «электростатических» отказов. Дополнительные манипуляции с изделием при проведении испытаний на принудительный отказ способны увеличить число ранних отказов, если не приняты соответствующие меры для предотвращения возникновения статического электричества. Скрытые дефекты могут проявиться не сразу после воздействия разряда, а спустя месяцы или годы. Их можно разбить на три категории:

— нанесенный ущерб настолько мал, что прибор полностью соответствует паспортным характеристикам. Вероятность безотказной работы в течение всего срока службы высока;

— поврежденный элемент прибора по параметрам слегка выходит за установленные пределы и вполне способен выполнять свои функции в системе. Однако имеется достаточная вероятность преждевременного отказа;

— прибор работоспособен, но не отвечает всем предъявляемым к нему требованиям. Надежность прибора существенно ослаблена.

По физическому принципу скрытые дефекты делятся тоже на три группы.

Дефекты оксида. Прежде всего это проколы, приводящие обычно либо к закороткам, либо к образованию паразитных диодов. В некоторых случаях подобные дефекты могут долго оставаться незамеченными и начинают сказываться лишь при значительном повышении температуры.

Дефекты металлизации, проявляющиеся в виде выброса металла. В результате таких дефектов возрастают токи утечки либо появляются закоротки. Зачастую возникающие проводящие перемычки не влияют на нормальную работу схемы и даже исчезают (плавятся) при перегрузках по напряжению. Но все же считается, что дефекты подобного рода сокращают срок службы: они, в частности, делают приборы более восприимчивыми к импульсным перегрузкам в процессе эксплуатации.

Дефекты, связанные с расплавлением объемных участков *кремния*, не влияющие на выходные параметры изделия. Пример — пробой диффузионного резистора в месте соединения с алюминиевой дорожкой. Импульс разряда может проплавить дорожку из алюминия через диффузионный резистор.

Испытания на прочность

В отечественной практике устойчивость полупроводниковых устройств к воздействию разряда принято характеризовать опасным (критическим) потенциалом и допустимым потенциалом [1].

Опасный потенциал — это потенциал разряда, при котором происходит отказ изделия, т. е. выход параметров за нормы, указанные в технических условиях (ТУ). В зарубежной технической литературе данный параметр называется порогом чувствительности или напряжением повреждения.

Допустимый потенциал — это потенциал разряда, не превышающий половины опасного, причем он выбирается равным ближайшему из меньших значений: 10; 30; 100; 200; 500; 1000; 2000 В.

Искомые потенциалы находят в две стадии. На первой стадии определяется предварительное значение опасного потенциала. Для каждого типа изделия перед началом эксперимента находят наиболее уязвимое место и электрические параметры, его характеризующие. Перед началом работы измеряют основные электрические параметры, а также специфические для уязвимого места. Далее на испытуемый прибор воздействуют импульсами напряжения, и после каждого воздействия разряда снова проводят электрические измерения. Величина минимального потенциала воздействующего разряда и последовательность его увеличения для каждого типа изделия устанавливаются индивидуально. За опасный потенциал принимается такое значение, при котором у 50% выборки параметры выходят за нормы ТУ.

На второй стадии окончательное значение допустимого потенциала устанавливают после испытаний на надежность, в которых участвуют две партии изделий. Одна из партий перед

испытанием подвергается воздействию предполагаемого допустимого потенциала, вторая является контрольной. После работы приборов при повышенной температуре в течение 100 ч сравнивается количество отказов в обеих партиях: число отказов в испытуемой партии не должно превышать число отказов контрольной.

Известно, что отрицательное влияние разряда в первую очередь сказывается на структурах типа металл—оксид—полупроводник (МОП) — устройствах, в которых «работают» носители одной полярности. Однако перечень изделий, особо чувствительных к воздействию разряда, не ограничивается указанными типами. Некоторые биполярные приборы также могут повреждаться разрядами. Например, по этой причине в цифровых ИС наблюдалась деградация входных диодов. Пороги чувствительности некоторых полупроводниковых приборов и ИС приведены в табл.4.

Большие разбросы по порогу чувствительности объясняются зависимостью последнего от размеров испытываемых элементов устройства, его конструкции и технологии изготовления, выбора параметров, характеризующих годность прибора, и от величин последних. Подобные испытания позволяют отбирать более надежные конструктивно-технологические решения. Так, при исследовании двух модификаций цифровых биполярных ИС транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) — с изоляцией *p-n*-переходом (серия 133) и оксидом (серия

Таблица 5

Результаты сравнительных испытаний ИС на надежность в течение 1500 ч

Потенциал воздействующего заряда, В	Тип ИС			
	Серия 106		Серия 133	
	Кол-во ИС в партии, шт.	Кол-во отказов, шт.	Кол-во ИС в партии, шт.	Кол-во отказов, шт.
Без воздействия (контрольная партия)	20	0	20	0
1000	16	1	20	2
1500	16	1	20	5
1800	11	1	20	6
2000	8	1	20	4
Итого	71	4	100	17

106) — выяснилось, что схемы с диэлектрической изоляцией обладают большей стойкостью к разрядам (табл.5). Удастся найти слабые места и в сложной радиоэлектронной аппаратуре. Остановимся на одном, близком всем, примере.

Почему ломаются видеоманитофоны?

В процессе производства и эксплуатации бытовых видеоманитофонов «Электроника ВМ-12» выяснилось, что одна из причин выхода их из строя — поломка блока «ТАЙМЕР» (Т) при воздействии разряда. При этом происходит сбой или погасание временного индикатора. Когда стали проверять установленные в блоке полупроводниковые устройства, обнаружилось пробой переходов диодов, транзисторов и ИС, перегорание и испарение металлизации на кристалле, а также изменение электрических параметров. Встал вопрос, какой по величине потенциал приводит

к параметрическим и катастрофическим отказам составляющих блока Т.

Блок Т выполнен на базе микроЭВМ (БИС типа КР1005ВИ1) и содержит еще 15 диодов, шесть транзисторов и одну гибридную ИС. Испытания осуществлялись по программе, включающей воздействие на каждое изделие блока Т пяти разрядов как положительной, так и отрицательной полярности при различных значениях напряжения (табл.6).

Потенциалы, при которых начинались заметные изменения вольтамперных характеристик (ВАХ), имеют значительно меньшие величины, чем потенциалы, приводящие к катастрофическим отказам приборов. Наиболее чувствительным к разряду элементом блока Т оказалась БИС типа КР1005ВИ1. Потенциалы статического заряда +500 В и -700 В относительно «земляного» вывода ИС способны приводить к существенному изменению ВАХ. Под действием разряда порядка 1000 В независимо от знака практически любой *p-n*-переход БИС может быть выведен из строя.

Анализ многократных воздействий разрядов показал (рис.6), что схема, случается, успешно выдерживает одно или несколько воздействий разрядов и отказывает при следующем воздействии. Таким образом, для ИС данного типа опасность представляет не только однократное действие больших

Таблица 4

Опасные потенциалы для полупроводниковых изделий

Тип изделия	Порог чувствительности, В
МОП-транзистор	100—200
Арсенидогалиевый транзистор	100—200
Полевой транзистор с управляющим переходом	140—10 000
Биполярный транзистор	380—7000
Линейные биполярные ИС	190—2500
ИС ТТЛ	1000—2500

Таблица 6

Сравнение допустимых по ТУ и экспериментально полученных потенциалов разрядов для компонентов блока «ТАЙМЕР»

Тип изделия	Значение допустимого по ТУ электростатического потенциала, В	Знак разрядного импульса при эксперименте	Потенциалы пяти разрядов, вызывающих	
			начало изменения ВАХ, В	необратимое изменение ВАХ, В
БИС КР1005ВИ1	30	+	500	1000
			700	1100
гибридная ИС ГК19-П-11АИ-50	-	+	4000	6000
			3000	5500
КТ361Г *	200	+	1500	2000
			1000	2000
КТ315Р *	500	+	1500	2500
			2000	3000
КД522Б **	1000	+	10 000	12 000
			10 000	12 000
Д814А **	-	±	>12 000	>12 000
КС201Г ***	1000	±	>12 000	>12 000
КС409А ***	1000	±	>12 000	>12 000

* кремниевые транзисторы
 ** кремниевые диоды
 *** кремниевые стабилитроны

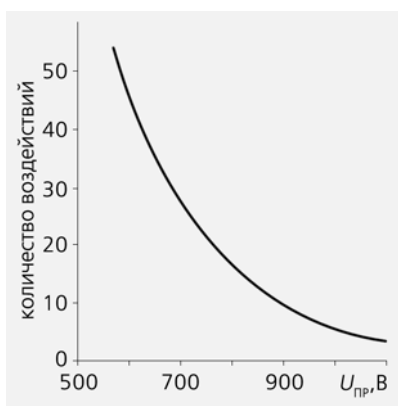


Рис. 6. Зависимость количества разрядных импульсов, приводящих к катастрофическим отказам БИС типа КР1005ВИ1, от напряжения разряда.

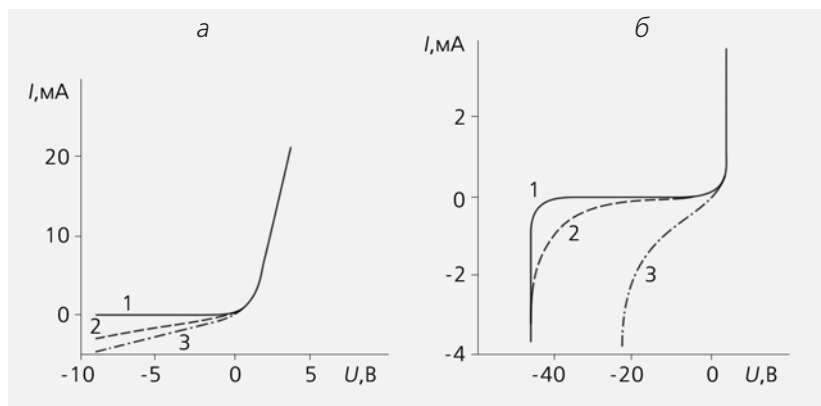


Рис. 7. Вольтамперные характеристики диода КД522Д (а) и БИС типа КР1005ВИ1 (б): 1 — до воздействия разряда; 2, 3 — после воздействия (кривая 3 соответствует более сильному воздействию).

потенциалов, но и многократное — низких.

Но не все компоненты блока Т столь нежны. На рис. 7 показаны типичные ВАХ полупроводниковых изделий блока Т до и после воздействия разряда. Хотя характеристики элементов после воздействия отличаются от первоначальных, определена группа устройств, наиболее устойчивых к воздействию ЭСР: стабилитроны Д814А, КС201Г, КС409А, диод КД522Б. Перечисленные приборы вывести из

строю в процессе эксперимента не удалось вплоть до подачи потенциала величиной 12 кВ.

Линии обороны

В принципе имеются три способа защиты полупроводниковых изделий от повреждения и помех при воздействии разрядов: вообще предупредить возникновение электростатического заряда, не допустить попадания заряда на устройства и уве-

личить стойкость аппаратуры и ее комплектующих к воздействию разряда [5].

Первые два способа отнесем к коллективным мерам защиты от воздействия разряда.

Методы защиты от статического электричества, применяемые в радиоэлектронной промышленности, подразделяются на химические, физико-механические и конструктивно-технологические. Первые и вторые стараются предотвратить возникновение статических заря-

дов и ускорить их стекание, трети — только защищают приборы от опасных воздействий заряда, но не оказывают влияния на утечку зарядов. Способствовать утечке могут коронный разряд, объемная и поверхностная проводимость материала, на котором скапливается заряд. Следовательно, наиболее общее решение проблемы — ионизация воздуха плюс увеличение поверхностной и объемной проводимости материалов.

Практические методы обычно состоят в создании организованных путей утечки зарядов, чтобы не допустить попадания опасных потенциалов на приборы.

Прежде всего, это метод заземления. Цепь утечек на землю работает удовлетворительно, если ее сопротивление не превышает 10^6 Ом. Заземление эффективно только для материалов, имеющих удельное сопротивление не более 10^{10} Ом·м. Изолятор с удельным сопротивлением свыше 10^{14} Ом·м способен хранить высокий заряд, что может привести к разряду при его связи с землей. Такой изолятор следует защищать другими способами. Необходимо очень тщательно продумывать эффективность электростатической защиты всех деталей оснащения рабочего места оператора. На рис.8 приведен пример схемы защищенного рабочего места.

Следующий метод заключается в подавлении статического электричества, так как заземление не позволяет эффективно снимать заряды с поверхности диэлектриков, которые широко применяются в так называемых чистых комнатах. Электризация подобных материалов резко снижается при увеличении влажности воздуха (табл.3), однако при этом ухудшаются условия работы. Поэтому влажность устанавливается равной 40%. Для разрядки диэлектрических поверхностей применяют ионизаторы воздуха, способные генерировать ионы

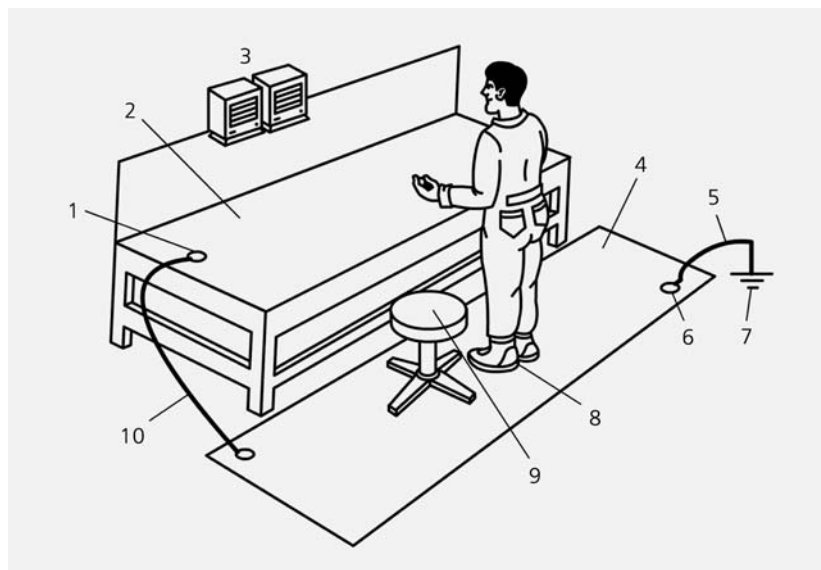


Рис.8. Схема защищенного рабочего места: 1 — клемма заземления; 2 — поверхность стола; 3 — источник ионизированного воздуха; 4 — проводящий коврик; 5 — заземляющий провод; 6 — клемма заземления; 7 — заземление; 8 — проводящая обувь; 9 — проводящая обивка стула; 10 — соединительный провод.

обеих полярностей. Такие ионизаторы используются для локальной нейтрализации зарядов непосредственно на рабочих местах или же ими дополняют вентиляционные системы чистых комнат, чтобы поток отфильтрованного воздуха ионизировался и происходила нейтрализация зарядов на стенах, потолках, поверхностях оборудования и др.

Еще один путь уменьшить электростатическую опасность — применять в помещении токопроводящие материалы, содержащие металлические или углеродные частицы. Стены, потолок и пол чистых комнат предложено облицовывать электропроводящими покрытиями, имеющими по отношению к земле электросопротивление порядка 10^7 Ом, при котором заряды на них уменьшаются до безопасных значений в течение 0.02 с. В помещениях, где расположена аппаратура с чувствительными к заряду компонентами, полы должны быть покрыты проводящими коврами, предназначенными прежде всего для

рассеивания зарядов с входящих туда лиц. Ковры также создают «заземленный» фон во всем помещении. Они изготавливаются из пластмасс, насыщенных углем, или из проводящего винилового материала и подсоединяются к заземлению. Столы, рабочие места также должны иметь проводящее покрытие из пропитанного углем пластика, проводящего дивинила или антистатического материала. Эти покрытия обычно заземляются с помощью шин, прокладываемых на столах под покрытием. Аналогичные покрытия должны иметь и стулья.

Транспортировку полупроводниковых приборов и печатных плат следует проводить в электропроводящей таре. При этом контейнеры для транспортировки защищают изделия от трех видов электрических воздействий: от трибоэлектричества; от наводок, вызываемых искровыми разрядами; от электрических полей; при этом сам материал контейнеров не должен накапливать заряды. Для упаковки печатных плат и чувстви-

тельных к заряду устройств следует применять проводящий пенопласт. Такой же пенопласт с малой плотностью используется в качестве амортизатора при транспортировке.

Наконец, нужно стремиться уменьшить заряд тела человека. Для этого используются заземление и антистатическая одежда. Одно из наиболее эффективных средств рассеяния накапливающегося заряда — проводящие браслеты. Они создают электропроводный путь, по которому заряд может стекать на землю. Браслет состоит из проводящей полосы, укрепляемой на запястье, и пружки, которой браслет соединяется с заземленным проводом. Для создания безопасных условий работы провод должен иметь последовательно соединенное сопротивление величиной от 1 до 100 МОм, чтобы протекающий через человеческий организм ток не превышал 1 мА. На человека

токи статического электричества воздействуют так: токи силой 0—1 мА создают незначительные ощущения; 1—10 мА причиняют боль; 10 мА вызывают шок; 100 мА могут привести к летальному исходу.

Большое значение при заземлении имеет скорость стекания зарядов на землю. Так, время снятия электростатического потенциала с оператора до безопасного уровня не должно превышать 1 с. Чтобы выполнить это условие, покрытия пола должны иметь малое сопротивление по отношению к земле (это могут быть заземленные металлические листы). Как показывает практика, сопротивление покрытия по отношению к земле 1000 МОм гарантирует разряд статического электричества потенциалом 5000 В до уровня 100 В в течение 1 с. Замедляют стекание зарядов с оператора диэлектрические поверхности пола, рези-

новые коврики, подошвы обуви. Некоторые типы подошв, например из толстого каучука, могут значительно замедлить процесс снятия статического электричества.

Нельзя пренебрегать и таким методом защиты полупроводниковых приборов и электронных блоков, как шунтирование выводов изделий, выводных клемм печатных плат на тех операциях, где это принципиально возможно. Монтаж следует производить заземленным инструментом, пайку — паяльниками с заземленными паяльными головками [6].

* * *

Итак, электростатическая защита полупроводниковых устройств необходима, ее надо тщательно планировать и эффективно реализовывать. Тогда дорогостоящая радиоэлектронная аппаратура будет надежно и долго служить. ■

Литература

1. Горлов М.И., Андреев А.В., Воронцов И.В. Воздействие электростатических зарядов на изделия полупроводниковой электроники и радиоэлектронную аппаратуру. Воронеж, 1997.
2. Хорват Т., Берта И. Нейтрализация статического электричества / Пер. с англ. М., 1987.
3. Сигунова А.В. // Радиотехника за рубежом. 1981. Вып.18. С.1—11.
4. Горлов М.И., Емельянов А.В., Плебанович В.И. Электростатические заряды в электронике. Минск, 2006.
5. Грошева Г.Д. Защита полупроводниковых приборов и интегральных схем от статического электричества // Обзоры по электронной технике. Сер.2. Полупроводниковые приборы. 1980. Вып.4.
6. Вольдман С. Громоотводы для наноэлектроники // В мире науки. Февраль 2003. С.61—67.

Причина смерти Людвига ван Бетховена — отравление свинцом. Об этом свидетельствуют итоги исследования фрагментов черепа композитора, проведенного в Аргоннской национальной лаборатории (штат Иллинойс, США) с помощью самого современного в Западном полушарии источника рентгеновского излучения. ДНК-анализ подтвердил, что костные останки принадлежат Бетховену. В 2000 г. уже проводился анализ его волос, давший аналогичные результаты, но тогда

у специалистов оставались некоторые сомнения. Теперь же дан однозначный ответ: количество свинца в организме великого музыканта многократно превышало норму, и накапливалось оно на протяжении длительного времени.

Science et Vie. 2006. №1061. P.20 (Франция).

Крупнейший в мире завод по опреснению морской воды строит в Ашкелоне (Израиль) компания «Виолия Уотер». Еже-

годная производительность завода составит 108 млн м³ пресной воды, что может удовлетворить потребности 1.4 млн человек. Используемая технология — «обратный осмос» — состоит в прокачивании средиземноморской воды под большим давлением через ряд мембран, которые удерживают растворенные соли (их концентрация снижается в 1000 раз), бактерии и вирусы.

Science et Vie. 2006. №1061. P.14 (Франция).

Скелетный докембрий

А.Ю.Журавлев

Докембрием (буквально — «предшествующим кембрийскому периоду») традиционно, но не вполне официально, принято называть интервал существования Земли примерно между 3,9 млрд лет и 543 млн лет назад. Первая временная веха установлена по наличию древнейших сохранившихся до наших дней горных пород (и, как предполагается, изотопных следов жизни в них), вторая — по массовому распространению скелетных организмов. Под скелетами в данном случае подразумеваются исключительно минерализованные (в основном известковые, кремневые, фосфатные) остатки животных в виде раковин, зубов, спикул (игловидных биогенных кристалликов) и склеритов (элементов чешуеподобных покровов) или водорослей в виде обызвествленных талломов, причем минерализованных под контролем организма. Из последнего уточнения следует, что наряду с генетически положенными скелетными элементами могут появляться различные минеральные отложения, обусловленные изменениями в химизме среды, например, бактериальные корки — строматолиты — или отложения солей в суставах.

Обе посылки, взятые вместе, указывают на отсутствие в докембрийских организмах с минерализованным скелетом или на их исключительную редкость. Впрочем, еще в середине 20-го столетия считалось, что в докембрии вообще не было никого кроме

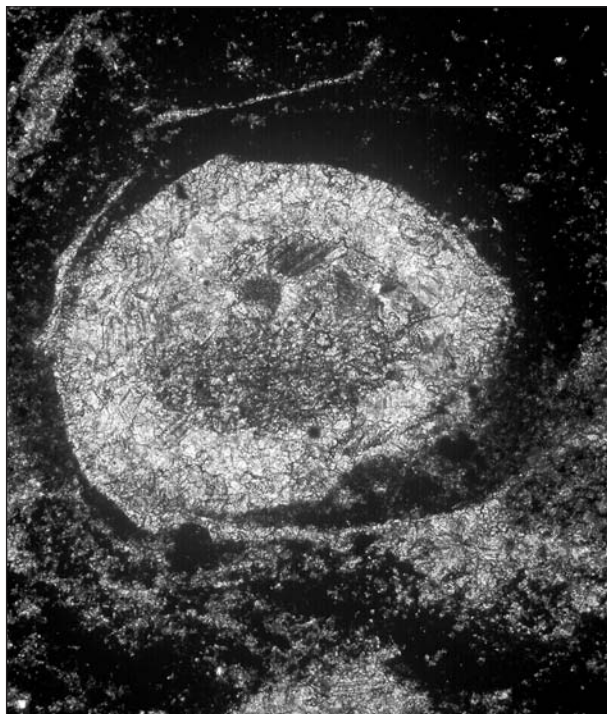


Андрей Юрьевич Журавлев, доктор биологических наук, специалист в области палеонтологии кембрия. Был ведущим научным сотрудником в Палеонтологическом институте РАН, сейчас — главный редактор издательства «Бук Хаус». Монографии: «The Ecology of the Cambrian Radiation» (в соавторстве с Р.Райдингом; N.Y., 2000), «Atlas of the Evolving Earth» (Detroit, 2001), «Затерянный мир динозавров» (М., 2003); «До и после динозавров» (М., 2006). Неоднократно публиковался в «Природе».

бактерий, образывавших строматолиты и, возможно, некоторых одноклеточных организмов. Тех геологов и палеонтологов, которые упрямо продолжали поиски более продвинутой жизни в унылых нагромождениях докембрийских отложений, за глаза, а нередко и в глаза называли сумасшедшими. (Кстати, из этого следует свой вывод: науку двигают именно те, кого научные массы признают не вполне адекватными этим массам, не вписывающимися в сложившиеся научные коллективы. В настоящую пору реформирования научных учреждений, охватившую все страны, которые считают себя развитыми, такие внеколлективные ученые просто лишены возможности выжить.)

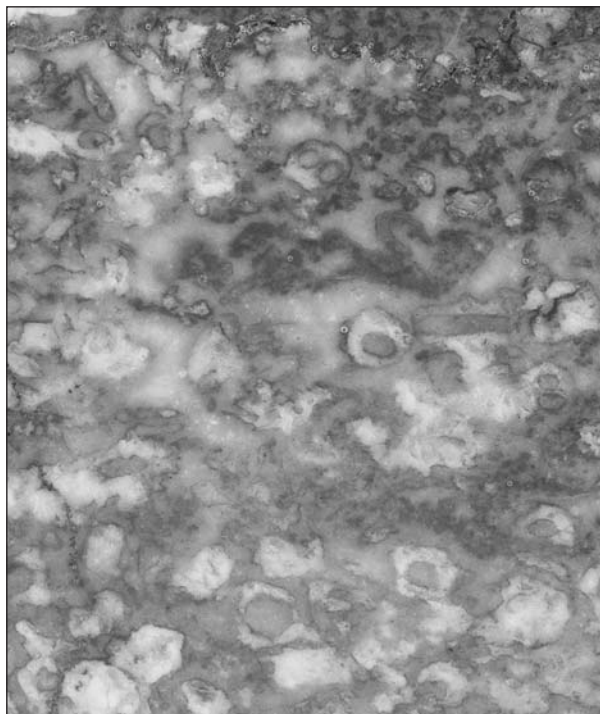
К середине 80-х годов прошлого столетия странные, совершенно непохожие ни на что существовавшее даже в кембрийском периоде, докембрийские

бесскелетные организмы были обнаружены практически повсеместно, за исключением Антарктиды, где вообще искать что-либо ископаемое не слишком просто. Эта фауна, получившая название эдиакарской (от Эдиакарских холмов в Южной Австралии, где она впервые была обнаружена), или вендской (по названию вендского периода, завершающего докембрий), жила в морях Земли относительно недолго: появилась около 580 млн лет назад и исчезла 545 млн лет назад, накануне наступления кембрийского периода. Ныне время существования этой фауны получило официальное название «эдиакарский период» [1]. Он охватывает интервал от 635 до 543 млн лет назад и завершает докембрий. В конце 80-х — начале 90-х годов в Китае отыскалась более древняя биота, существовавшая примерно 600 и 740 млн лет назад, также бесскелетная,



Поперечное сечение трубки *Cloudina*. Диаметр 2 мм. Возраст ~550 млн лет.

Здесь и далее фото автора



Срез известняка со скелетами донных животных. Максимальный диаметр 5 мм. Возраст ~550 млн лет.

но весьма отличная от типичной венд-эдиакарской [2, 3]. С тех пор аналоги обеих биот найдены и в других регионах, в том числе отечественными палеонтологами в России и Монголии.

Находились в докембрии, а именно в вендской его части, и скелетные остатки. В 1972 г. южноафриканский геолог Герард Гермс описал из Намибии сантиметровые известковые трубочки, названные в честь американского пионера докембрийской палеонтологии Престона Клауда клаудинами [4]. Открытие клаудин, причем встречавшихся во множестве, не особенно повлияло на пересмотр существовавших представлений о бесскелетной докембрийской жизни. Во-первых, в то время еще не знали, где в Намибии, нынешней Мекке палеонтологов, заканчиваются докембрийские и начинаются кембрийские отложения. Во-вторых, нет правил без... Кроме того, единственным аналогом клаудин были раннекембрийские крибрициаты (в переводе с греческо-

го — «гребенчатые кубки»). Их сантиметровые скелетики действительно походили на замысловатые витые изогнутые кубочки с продольным выступом по выпуклому краю [5]. Крибрициаты, как и большинство раннекембрийских скелетных организмов, отличались от всех существ, живших в последующие 500 млн лет, и потому считались отдельным типом животных. Тут напрашивается небольшое нелирическое отступление: на ископаемом материале — в подавляющем большинстве на кембрийском и докембрийском — установлено около 40 типов животных. Сделано это в основном в 80-е годы минувшего века и не от хорошей жизни, а от нехватки морфологических признаков, на которых можно строить более-менее правдоподобные гипотезы о систематической принадлежности ряда давно вымерших организмов. Практически ни один из ископаемых типов не прижился в научной литературе, кроме, конечно, исторических обзоров.

В ряде случаев все-таки удалось докопаться до истины (благодаря морфо-функциональному анализу и изучению редких ныне групп беспозвоночных), остальные ископаемые «типы» ожидают новых идей и находок, которые продолжают поступать, особенно из докембрийских толщ.

К началу 90-х годов прошлого века клаудин стали находить повсеместно, а точнее, любые известковые трубочки из вендских карбонатов относили к клаудинам [6]. Встречались они исключительно в пограничных докембрийско-кембрийских слоях, и потому лишь усиливали мнение о бесскелетности докембрия.

В середине 90-х годов военнополитические столкновения в Намибии практически прекратились, и в эту южноафриканскую страну потянулись многочисленные отряды геологов и палеонтологов. Ведь именно на окраине пустыни Намиб некогда были обнаружены одни из первых представителей венд-эдиакарской фауны. Прекрасная пустынная обна-

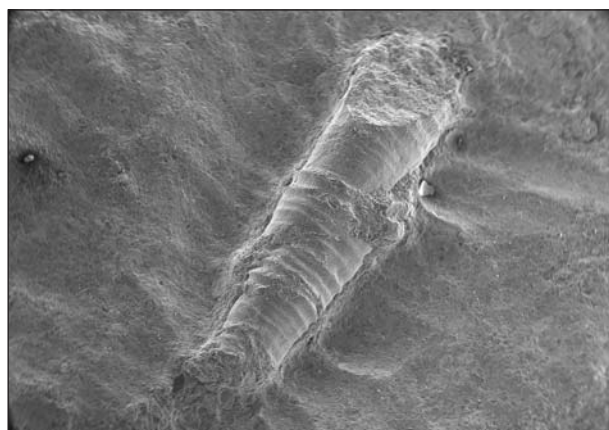
женность геологических отложений, обилие ископаемых организмов, сочетание карбонатных, терригенных и вулканических слоев — все это благоприятствовало постановке и решению самых насущных задач докембрийской геологии. Совокупность изотопных, радиометрических и палеонтологических методов позволила надежно увязать докембрийские толщи Намибии с разрезами других регионов, где обнажались подобные толщи (Аравийский п-ов, Восточная Сибирь, Южный Китай, Южная Австралия, Канада), и, таким образом, выстроить глобальный событийный ряд для одного из важнейших в истории Земли рубежей. Попутно выяснилось, что по крайней мере морские бассейны, располагавшиеся в конце докембрия на территории нынешней пустыни Намиб, были густо населены не только мягкотелой венд-эдиакарской биотой, но и разнообразными скелетными организмами. Модульные кораллоподобные существа возводили там древнейшие в мире рифы, перехватив ведущую роль докембрийских рифостроителей у бактерий [7]. Аэрофотосъемка выявила довольно внушительные масштабы докембрийского рифостроения [8]. В свое время они возвышались над дном, где накапливались терригенные осадки (пески и глины), населенные типичными

венд-эдиакарскими организмами. Именно в рифовую экосистему входили и клаудины, а также другие скелетные существа — намакалатусы (от Намибии и греч. kalatus — сосуд с узким основанием) [9].

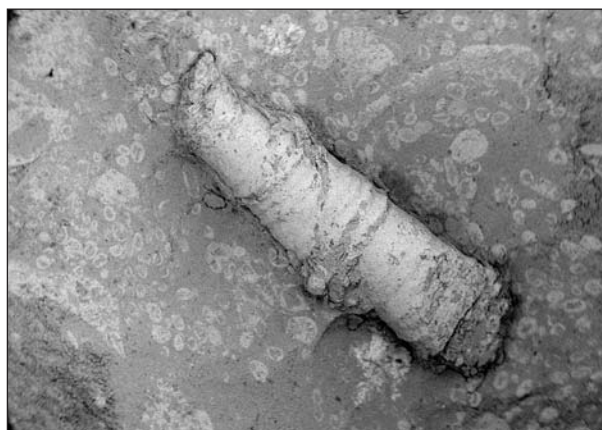
Здесь самое время познакомиться с обликом этих существ. Клаудины имеют вид членистой трубки, состоящий из вложенных друг в друга воронок, причем вложенных без особого порядка, эксцентрично, так, что наружная стенка каждой последующей воронки одним из краев соприкасается с внутренней стенкой предыдущей. Понятно, что такой скелет был довольно примитивен и нарастал периодически. Иногда трубочка раздваивается — значит, существо образовывало небольшие колонии за счет продольного деления. Среди современных животных так строят скелеты некоторые кораллы и многощетинковые кольчатые черви. Состав скелета несомненно был кальцитовый, но с высоким содержанием магния, поскольку на его поверхности в результате посмертных преобразований нарастали мельчайшие кристаллики доломита (минерал, представляющий собой карбонат магния), сам скелет около них растворялся. В процессе перестройки и они могли выпасть, оставляя посреди лунки отверстие, которое затем округлялось.

Обнаружение подобных дырок послужило основанием для вывода о существовании в докембрии хищников-сверлильщиков и очень далеко идущих построений на тему «хищник — двигатель прогресса», споро появившихся во всех центральных научных журналах [10, 11]. Однако неповрежденные дырки отличаются правильной квадратной формой, а подобная геометрия противопоставлена каким-либо сверлильщикам. (Разве что пришельцы как всегда постарались и из своего дополнительного измерения накрутили в докембрийских скелетах четырехугольных отверстий. Недаром же в Америке шибко умных кличут сквейхедами — квадратноголовыми.)

Понять, как был устроен намакалатус, оказалось еще сложнее. Даже внешний вид скелета этого микроскопического существа восстанавливали несколько лет. Благо, как раз появились компьютерные программы, позволявшие создавать объемные реконструкции по серии ультра-тонких шлифов (субмиллиметровых срезов камня). Получилось нечто напоминающее светильник в стиле хай-тек: на тончайшей полый ножке высился полый восьмигранник с правильным округлым отверстием в центре каждой грани [9]. Что это? Представитель древней группы раковинных амёб или каких-то других



Пока еще не названная скелетная трубка еще неизвестного животного из Кантабрийских гор. Длина 3 мм. Возраст ~550 млн лет. Испания.



Скелетный ракушняк из рифовых обломков в Кантабрийских горах. Возраст ~550 млн лет.

простейших? Боюсь, что этого мы никогда не узнаем.

Как выяснилось, намакалатусы были спутниками клаудин во всех других докембрийских морях, где имелись известковые грунты [12]. Просто раньше все скелетные остатки, находимые в докембрии, называли клаудинами. Впрочем, при столь сложной морфологии обломки их скелетов немудрено было перепутать. Убедившись, что случаи сонахождения подобных остатков — скорее правило, чем исключение, мы с испанскими палеонтологами из Университета Сарагосы Эладио Линьяном и Хосе Антонио Гамесом-Винтанедом отправились весной 2006 г. по местным докембрийским карбонатным разрезам, где ранее находили клаудин или даже совсем ничего не искали. Удивительно, что практически все эти карбонаты оказались ракушняками, т.е. были битком набиты разнообразными известковыми (ныне нередко по-смертно фосфатизированными) скелетиками. Объединяет эти находки только то, что все они не превышают в длину 10 мм, а в поперечнике — 5 мм. Во всем остальном они совершенно непохожи друг на друга. Попались среди них и уже знакомые намакалатусы, но в основном это оказались совершенно новые формы. Здешние скелеты отличались еще большей изощренностью конструкции: трубки с пупырями на поверхности; цепочки из полых «мешочков», каждый из которых отделен от последующего отороч-

кой в виде «зонтика»; грозди «репорт» с торчащими в разные стороны носиками, причем почему-то «запаянными». Даже для описания этого зоопарка понадобится не один год.

А ведь весь испанский карбонатный докембрий по площади не превышает небольшой якутский улус, а в Якутии и других регионах Восточной Сибири таких «улусов» не счесть. Еще в 60-м году советские палеонтологи Александр Григорьевич Вологдин и Андрей Борисович Маслов описали из докембрийских карбонатов, обнажающихся в месте слияния рек Юдома и Мая, странные, довольно крупные (несколько сантиметров в диаметре) известковые диски с концентрическим и решетчатым орнаментом на поверхности. Эти диски, названные маяйеллой и сурововеллой, палеонтологи сравнивали с обызвествленными водорослями [13]. Коллекция, к сожалению, где-то затерялась, остались лишь фотографии. Не столь далеко от этих мест присутствуют и вездесущие клаудины. Дальнейшее изучение подобных обнажений несомненно обогатит наши представления о древнем мире новыми доселе невиданными существами.

Легенды о «бесскелетной» «мякотелой» фауне докембрия останутся лишь в истории палеонтологической науки, а нам придется вновь пересматривать представления о том, что произошло на Земле в конце докембрийской эпохи, а главное — как

все это случилось? Как бы то ни было, отпадают наиболее модные ныне гипотезы о существенных изменениях ионного состава морских вод или резких температурных колебаниях, влияющих на парциальное давление газов и, следовательно, опять же на ионный состав вод, на этом рубеже. Но если полностью отринуть эти предположения, в качестве первопричины минерализации скелета остаются сами организмы, взявшие под контроль формирование минералов в собственном теле. Только для чего? Чтобы защититься от хищников? Однако «следы сверления» в их раковинах таковыми, скорее всего, не являются. Впрочем, скелет — это не только защита, но и опора. На собственном каменном пьедестале проще приподняться над другими или хотя бы над дном. Именно так складывается трехмерная рифовая экосистема, где организмы приспосабливаются каждый к своему потоку, отличающемуся (в зависимости от дистанции от дна) скоростью и турбулентностью, а значит, и плотностью и размерностью переносимых им пищевых частиц. Неплохой толчок для дальнейшей диверсификации (роста разнообразия), что и произошло позднее — в кембрийском периоде.

Конечно это далеко не единственное и тем более не исчерпывающее объяснение событий 600—500-миллионлетней давности. Но кто знает, удастся ли что-либо еще выяснить? ■

Литература

1. Knoll A.H., Walter M.R., Narbonne G.M., Christie-Blick N. // *Lethaia*. 2006. V.39. P.13—30.
2. Xiao Shu-bai, Yuan Xun-lai, Knoll A.H. // *Proc. Natl. Acad. Sci., USA*. 2000. V.97. P.13684—13689.
3. Sun Wei-guo. // *Precambrian Res.* 1986. V.31. P.409—410.
4. Germs G.J.B. // *Am. J. Sci.* 1972. V.272. P.752—761.
5. Debrenne F., Kruse P.D., Zhuravlev A.Yu. *Treatise on Invertebrate Paleontology*. Pt. E: Porifera. V. III: Archaeocyatha. Boulder, Colorado, 2007.
6. Grant S.W.F. // *Am. J. Sci.* 1990. V.290-A. P.261—294.
7. Wood R.A., Grotzinger J.P., Dickson J.A.D. // *Science*. 2002. V.296. P.2383—2386.
8. Grotzinger J.P., Adams E.W., Schröder S. // *Geol. Mag.* 2005. V.142. P.499—517.
9. Grotzinger J.P., Watters W.A., Knoll A.H. // *Paleobiology*. 2000. V.26. P.334—359.
10. Bengtson S., Yue Zhao. // *Science*. 1992. V.257. P.367—369.
11. Hua Hong, Pratt B.R., Zhang Lu-yi. // *Palaios*. 2003. V.18. P.454—459.
12. Amthor J.E., Grotzinger J.P., Schröder S. et al. // *Geology*. 2003. V.31. P.431—434.
13. Вологдин А.Г., Маслов А.Б. // *Докл. АН СССР*. 1960. Т.134. С.691—693.

Археологические раскопки в Ярославле

А.В.Энговатова,
кандидат исторических наук
Институт археологии РАН
Москва

Новую страницу в истории древнего Ярославля позволили открыть охранные археологические исследования, которые с 2004 г. ведет экспедиция Института археологии РАН. Необходимость этих работ обусловлена Законом РФ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» в связи с предстоящим строительством в историческом ядре города, что предполагает неминуемое уничтожение культурного слоя Ярославля, насчитывающего без малого вот уже тысячу лет. Город был основан при князе Ярославе Мудром, когда для обеспечения безопасности пути в Ростов и Белоозеро по Волге ставились маленькие крепости — форпосты княжеской власти. По имени Ярослава город и получил свое название.

Древнейшее поселение располагалось, по-видимому, в черте Рубленого города (кремля), на так называемой Стрелке. Первые археологические изыскания на этом месте, в юго-западной части Стрелки, по краю Медведицкого оврага, были проведены в 1937 г. М.К.Каргером и П.Н.Третьяковым. В 1940 г. специалист по архитектурной археологии профессор Н.Н.Во-

ронин пытался найти здесь остатки древнейшего Успенского собора, построенного в 1215 г. князем Константином Ростовским, и определить местоположение его позднейших перестроек 1504 и 1646 гг. Среди новейших археологических исследований на территории кремля особого внимания заслуживают работы В.В.Праздникова, проводившего раскопки рядом с церковью Николы Рубленый город и у Митрополичьих палат; по его мнению, городской посад на этом участке возник в начале XII в.

Самые масштабные исследования за всю историю археологического изучения Ярославля проводятся экспедицией Института археологии РАН, в состав которой входили также Л.В.Яковлев, Д.О.Осипов, Н.Н.Фараджиева. За три года наших работ площадь раскопок достигла 2000 м². Археологам удалось найти многочисленные жилые и хозяйственные постройки, погребения, проследить следы мощных пожаров, в том числе упомянутых в письменных источниках 1501 и 1658 гг.

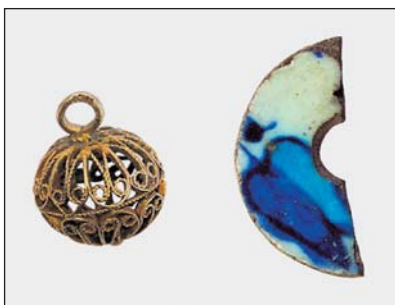
Как показали археологические и почвоведческие исследования Н.Н.Фараджиевой, заселению этой территории в XI в. предшествовало ее сельскохозяйственное освоение — она распахивалась и использова-

лась под огороды. Усадебная застройка возникает на рубеже XII—XIII вв., в дальнейшем ее плотность стремительно возрастает. На месте обветшавших или сгоревших зданий строятся новые. Остатки фундаментов демонстрируют устойчивую ориентировку городских усадеб, сохранившуюся вплоть до середины XVII в., — тогда же строится новое здание Успенского собора. Нами установлено точное место его расположения, собраны фрагменты архитектурных деталей и предметов интерьера. Все они имеют неограниченное значение для реконструкции первоначального облика этого архитектурного памятника.

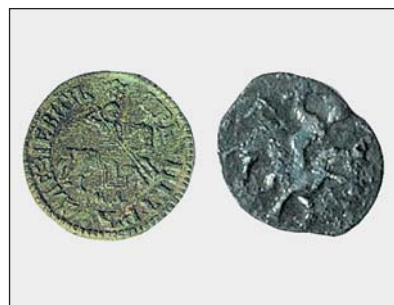
Древнейшие свидетельства об Успенском соборе относятся к годам вхождения Ярославля в состав ростовского удела князя Константина — старшего сына Всеволода Большое Гнездо. В 1215 г. князь заложил на своем дворе в Ярославле первую каменную церковь города — Успения Богоматери. В конце XV в. во время пожара у храма обрушились своды. При расчистке завалов были обнаружены мощи ярославских князей первой династии Василия и Константина (XIII в.), которые стали главной реликвией городского собора. В начале XVI в. храм был построен заново. Судя по архитектур-



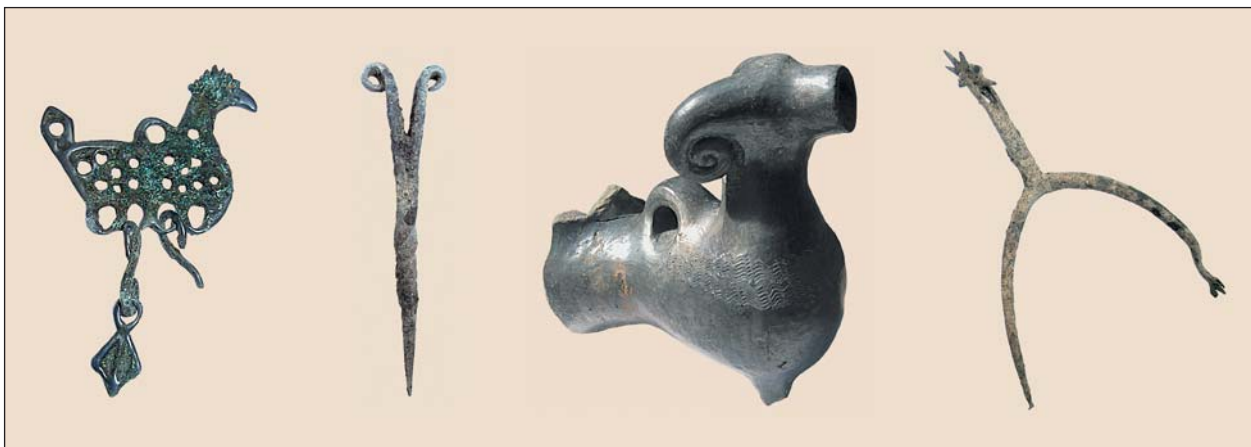
Фундамент Успенского собора (вид раскопок сверху).



Металлическая пуговица; обломок пряслица; навершия к писалам.



Средневековые монеты-копейки.



Птица, светец, рукой в виде барана, шпора.



Одна из архитектурных деталей Успенского собора XIII—XVII вв.



Глинобитная печь.



Витражное стекло.

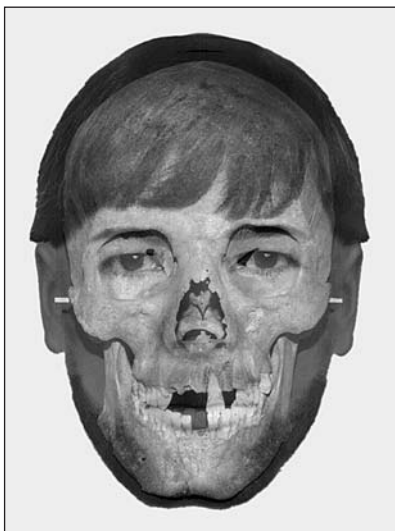
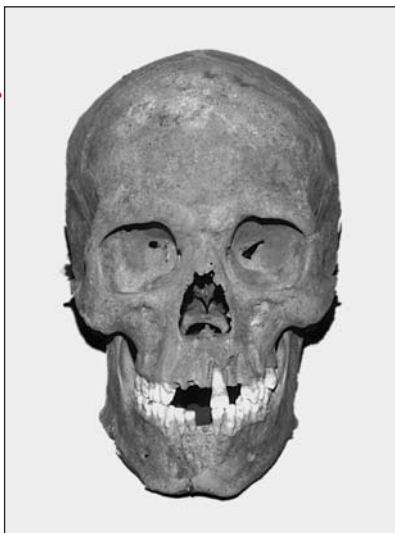


Разбор костных останков.



Скелеты, беспорядочно уложенные в несколько ярусов.

Вести из экс-



Реконструкция лица по черепу, выполненная С.А.Никитиным.



Ярославская семья. Работа художника О.В.Федорова.



Расчистка дренажной трубы.

но-археологическим материалам, ближайшим аналогом Успенской церкви можно считать Благовещенский собор Московского Кремля. В ходе разрушительного пожара 1658 г., практически полностью уничтожившего Ярославль, пострадал и Успенский собор, и в 1659 г. появился указ о постройке новой соборной церкви. Во второй половине XVII в. в Ярославле развернулось казенное строительство, в городе была заложена невиданная по своим размерам каменная крепость. Перестройка не могла не затронуть Успенский собор — он должен был соответствовать новому облику и значению Ярославля. В XVIII—XIX вв. собор, ставший кафедральным, неоднократно перестраивался. Последняя крупная реконструкция (его расширение и объединение с церковью Василия и Константина) производилась в конце XIX в. При подавлении белогвардейского восстания в Ярославле (1918) собор получил повреждение. Его фрагментарную реставрацию провели в 1924 г. под руководством И.А.Тихомирова, а осенью 1937 г., чтобы освободить площадку под планируемое строительство Дома Советов, Успенский собор разрушили.

К одному из самых интересных объектов, исследованных археологами в 2004—2005 гг., относится постройка, погибшая в пожаре первой половины XIII в. Первоначально это древнейшее сооружение имело хозяйственное назначение, о чем можно судить по найденным здесь жернову, железному топору и обгоревшему зерну. В дальнейшем она использовалась для коллективного захоронения. Антропологи, изучавшие это массовое захоронение (97 человек, беспорядочно уложенных в несколько рядов), установили,

что смерть этих людей была насильственной. На костях скелетов хорошо заметны следы колотых ран, рубленых ударов в область шеи, лица или конечностей. Анализ травм свидетельствует, что удары в основном наносились поверженным на землю людям и многих добивали ударами копья. Большинство погибших — женщины и дети. Вместе с останками сохранились женские украшения (височные кольца), бронзовые перстни, обломки нательных крестов. Судя по найденным здесь вещам и необычным обстоятельствам захоронения, оно, по всей вероятности, может свидетельствовать о массовом уничтожении мирного населения Ярославля во время стремительного и беспощадного штурма города татаро-монголами в 1238 г. В обширную программу дальнейших исследований входит палеодемографический анализ (установление пола и возраста погибших — работа Н.Н.Гончаровой и А.П.Бужиловой), изучение этнических признаков, а также графическая реконструкция и создание скульптурного портрета жителей древнего Ярославля.

В ходе раскопок собраны многочисленные и выразительные предметы домашнего обихода XII—XIX вв. Их коллекция насчитывает свыше полутора тысяч предметов. Это и железная шпора с зубчатым колесиком (XIII в.), которая могла принадлежать княжескому дружиннику, и чернолощенный рукомой в виде барана (XVII в.), и металлические шаровидные пуговицы (XVI—XVII вв.), и железный светец для крепления лучины, фрагменты импортной керамической посуды XIII—XVI вв. Красивую посуду берегли и не выбрасывали даже после того, как сосуд бился. Интересна находка

обломка пряслица, которое использовалось для устойчивого вращения веретена, — его сделали из разбившегося импортного поливного сосуда. А резным костяным навершием, украшавшим металлическое писало, стирали текст, написанный на вощеной дощечке. В коллекции имеются также медные и серебряные монеты.

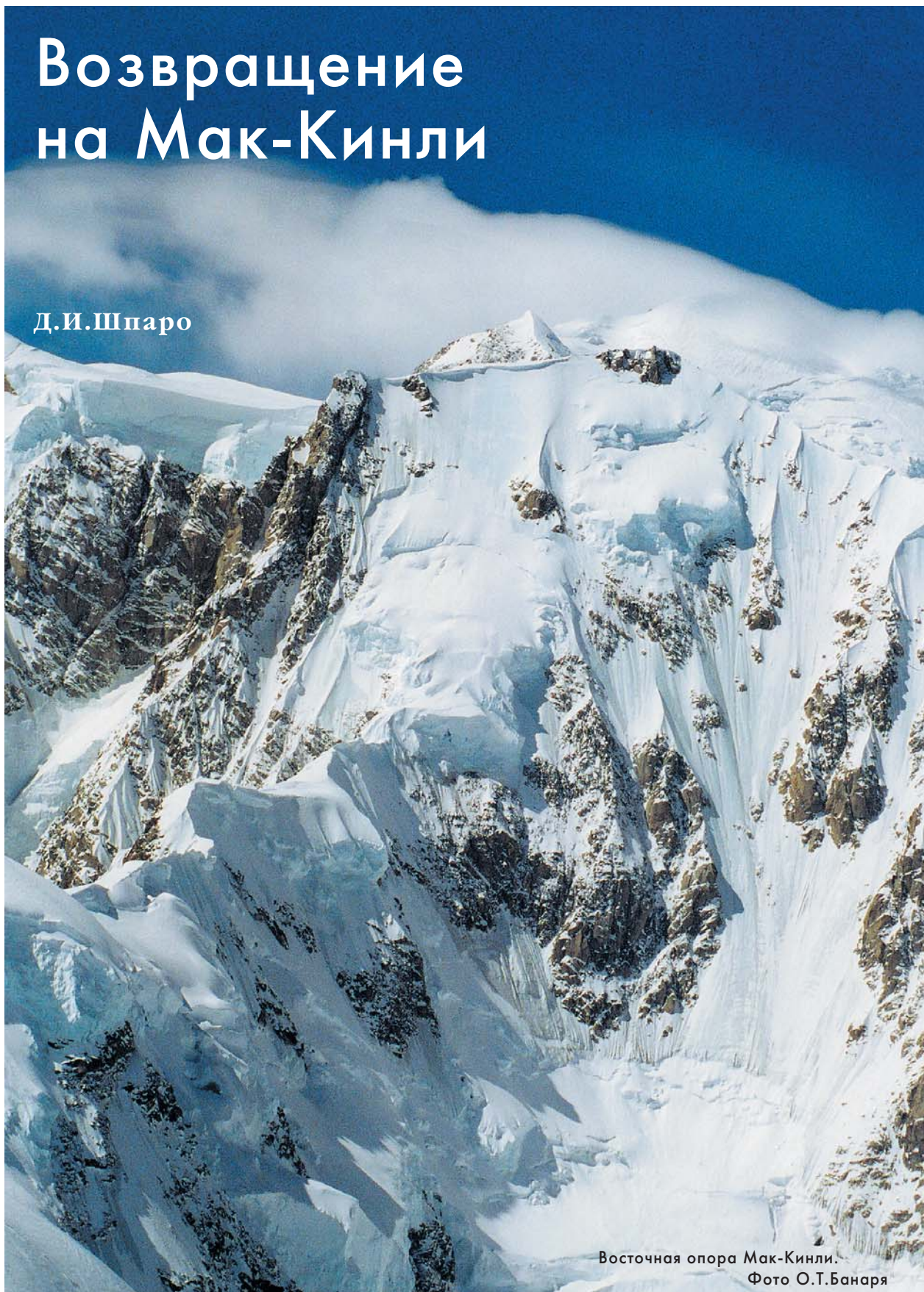
Одна из самых поздних построек в раскопе — земляной погреб первой половины XVII в.; в нем удалось обнаружить дренажную трубу, аналогов которой нам не известно. Труба длиной 162 см сложена из четырех досок шириной около 4 см, скрепленных тремя ивовыми обручами. Чтобы достичь уровня материкового песка, хорошо впитывающего воду, мощный дренаж должен был пробить заполнение более ранней постройки и слой плотного суглинка. При раскопках погреба деревянную трубу удалось аккуратно извлечь из грунта и доставить в Ярославский историко-архитектурный музей-заповедник.

Из отопительных сооружений наибольший интерес представляет полностью сохранившаяся глинобитная печь, сложенная в углу наземной постройки. Основание печи было опущено в яму и оконтурено рамой из плах. Датировка этой постройки была осложнена присутствием разновременного материала, поскольку сама печь была поставлена в пределы ямы конца XII — начала XIII в., тогда как с юго-востока печь оказалась нарушена более поздней ямой второй половины XVI—XVII вв.

Все эти замечательные находки дополнили богатую коллекцию Ярославского историко-архитектурного и художественного музея-заповедника и позволили реконструировать быт древних ярославцев. ■

Возвращение на Мак-Кинли

Д.И.Шпаро



Восточная опора Мак-Кинли.
Фото О.Т.Банаря

Сто лет назад — 16 сентября 1906 г. — доктор медицины и полярный исследователь Фредерик Альберт Кук (1865—1940) первым поднялся на вершину Северной Америки, гору Мак-Кинли на Аляске (6194 м над ур.м.). Вряд ли стоило обращаться к этому казалось бы далекому от нас в прямом и переносном смысле юбилею, если бы это достижение Кука, как и открытие им в 1908 г. Северного полюса, не было несправедливо отвергнуто. В 2005 и 2006 гг. нашим клубом при поддержке российского журнала «Вокруг света» и американского Общества доктора Фредерика А.Кука были организованы две экспедиции на Мак-Кинли, прошедшие путем Кука. Их результаты позволяют однозначно утверждать, что он действительно покорил эту гору.

Восстановление доброго имени исследователя с очень нелегкой судьбой началось в России со статьи полярного историка и гляциолога В.С.Корякина, опубликованной более 30 лет назад в журнале «Природа» [1]. В ней обсуждался вопрос о том, был ли Кук на Северном полюсе.

В то время мало кто в нашей стране и за рубежом помнил, что кроме знаменитого американского полярника Роберта Пири — официального покорителя и первооткрывателя самой северной точки планеты (1909) — был еще один претендент на эти звания, который отправился на полюс годом раньше и достиг полюса первым, в апреле 1908 г. Однако весть об этом событии дошла до США в сентябре 1909 г., всего на пять дней раньше сообщения Пири о его триумфе. Дальнейшая судьба Кука трагична. Он был обвинен Пири в фальсификации полюсного похода, и его арктической карьере пришел конец. Его достижения были поставлены под сомнение, в том числе восхождение на Мак-Кинли; его обвинили во



Дмитрий Игоревич Шпаро, кандидат физико-математических наук, исследователь, путешественник, на протяжении нескольких десятилетий организатор, руководитель и участник многочисленных экспедиций в полярных областях планеты, в том числе лыжного перехода к Северному полюсу. В настоящее время — председатель правления и директор Клуба «Приключение».

всех смертных грехах. В 1923 г. Кука посадили в тюрьму на 14 лет и 9 месяцев. Ему инкриминировался «обман общества, состоящий в намеренном украшивании перспектив компании с целью продажи акций, с использованием для этого почты США». Через четыре года и 11 месяцев страдальца досрочно освободили, а 16 мая 1940 г. он был реабилитирован президентом США Ф.Д.Рузвельтом по всем предъявленным ранее статьям обвинения. Исследования, проведенные в 90-х годах прошлого века, установили, что на землях, которыми владела или которые арендовала компания, созданная Куком, за период с 1934 по 1990 г. было добыто более 4 млн баррелей нефти и 10 млн куб. футов природного газа. На 70% земель компании была найдена нефть.

Полярная карьера Кука была блестящей. Он родился в 1865 г. в Хортонвилле (штат Нью-Йорк) в семье немецкого эмигранта. В 1891 г. получил диплом врача в медицинском колледже Колумбийского университета в Нью-Йорке. Участвуя в известных полярных эпопеях — северо-гренландской экспедиции Р.Пири в 1891—1893 гг. и бельгийской экспедиции в Антарктику на судне «Бельжика» в 1897—1899 гг., проявил себя как серьезный исследователь и превосходный врач. Коллеги относились к нему с большим

доверием. Например, командор Пири поручил Куку обязанности начальника экспедиции во время своего трехмесячного похода на собаках через Гренландию, а штурман «Бельжики», будущий великий полярный исследователь Руал Амундсен, считал, что именно Кук спас участников экспедиции от смерти во льдах и называл его своим учителем. Бельгийское правительство наградило доктора Кука орденом Леопольда I степени, причем он был единственным членом экспедиции небельгийского происхождения, удостоенным этой чести. В 1903—1906 гг. Кук организовал свои собственные исследовательские экспедиции на Аляску и, наконец, в 1907—1909 гг. осуществил переход к Северному полюсу.

В той давней статье в «Природе» на основе анализа дневниковых записей Кука, сделанных на пути к полюсу и обратно, и сравнения описанных им погодных и ледовых явлений с современными данными о природе центральной части арктического бассейна убедительно доказывалось, что рассказать о них, не побывав в высоких широтах, невозможно [1]. Мы не будем здесь останавливаться на отношениях Пири и Кука, на травле Кука сторонниками Пири, на развернутой в прессе кампании, буквально уничтожившей врача из провинции, адресуя читателя к биографии Кука, написанной тем же



Высочайшая гора Северной Америки Мак-Кинли.

Фото М.Д.Шпаро

Корякиным [2]. Сегодня никто не сомневается, что Кук был на Северном полюсе. Среди наветов на полярного исследователя остался один, не нашедший доказательного отпора, — покорение им самой высокой горы Северной Америки.

К вершине континента

В 1907 г. Кук выпустил книгу «К вершине континента», рассказывающую о трех его экспедициях в 1903—1906 гг. на Аляску, на гору Мак-Кинли, последняя из которых закончилась взятием предела высоты Северной Америки [3]. В нее были включены обзорные статьи по геологии Аляски, растительному и животному миру этого региона, написанные ведущими специалистами в этих областях науки — директором аляскинского отделения геологической службы США А.Бруксом и известным натуралистом Ч.Шелдоном. Географические открытия

Кука в труднодоступном районе и восхождение на Мак-Кинли первоначально получили в Америке достойную оценку. Однако после обвинений Пири по поводу «кражи» у него полюса она изменилась на противоположную. В современных популярных книгах — ученого Т.Мура «Гора Мак-Кинли. Первые восхождения» и знаменитого фотографа Б.Уошборна «Бесчестный доктор Кук» отстаивается точка зрения, что исследователь на этой вершине не был [4, 5]. Такой же позиции придерживается, например, Американский клуб альпинистов, одним из создателей которого в начале XX в. был сам Кук.

4 октября 1909 г. Э.Баррилл, спутник Кука по восхождению, давая показания против него, поклялся на Библии, что оба альпиниста закончили свой путь в точке, отстоящей от вершины на многие километры, что победная фотография Кука, на которой сам Баррилл держит флаг США, снята вовсе не на

вершине, а на незначительной возвышенности вдали от главного пика, и что, наконец, дневник Баррилла написан под диктовку Кука.

Клятва Баррилла не вызвала большого доверия в США, а через несколько десятилетий была полностью дезавуирована, поскольку в 1956 г. были обнаружены дневниковые записи Кука, которые он вел, поднимаясь на Мак-Кинли. Их нашли среди личных вещей исследователя в доме его умершей сестры Лилиан Кук Мерфи. Дневник, который в настоящее время хранится в отделе рукописей Библиотеки конгресса в Вашингтоне, был расшифрован историком Ш.Куком-Доро и напечатан как приложение к новому изданию книги Кука «К вершине континента», вышедшему в 1996 г. [6].

На 52-й странице дневника Кука имеется рисунок, изображающий двуглавую гору, названную позднее Пегас, и гору, имя которой дал сам Кук, — Ган-

сайт, что в переводе с английского означает прицел. Эти зарисовки можно было сделать только в определенной точке на гребне Восточного хребта Мак-Кинли. Стало быть, в своем продвижении к вершине Кук и Баррилл достигли Восточного хребта, что опровергает клятву Баррилла. (В наше время ряд американских исследователей выражает уверенность, что клятвopреступление Баррилла было оплачено Арктическим клубом Пири.)

В 1910 г. в значительной степени на деньги Арктического клуба Пири была организована новая экспедиция на Мак-Кинли под руководством Х.Паркера и Б.Брауна, спутников Кука по летней (июль—август) кампании 1906 г. Восточный хребт остановил участников экспедиции, и они заявили, что эта горная цепь — препятствие непреодолимое. Участники другой экспедиции под руководством К.Раска, пытавшиеся взойти на Мак-Кинли в это же время, подтвердили, что Восточный хребт непроходим. Кроме того, экспедиция Паркера—Брауна обнаружила невысокую гору, названную Фальшивый пик, вершина которой по внешнему виду напоминала верхнюю часть Мак-Кинли. На Фальшивом пике была сделана фотография человека «в позе Баррилла», которая руководителям экспедиции показалась похожей на фотографию, сделанную Куком на Мак-Кинли. На основании схожести двух снимков было объявлено, что Кук сфотографировал Баррилла именно на Фальшивом пике. (Последующее сравнение фотографий специалистами Э.Балчем и Э.Ростом опровергло идентичность фотографии Кука и снимка Брауна [7, 8].)

Итак, клятва Баррилла, как некое историческое свидетельство, отвергнута. Вопрос о фотографии вообще не является принципиальным, поскольку ее можно рассматривать не как документ, а как символ победы.

Кук мог сделать ее на подъеме, опасаясь, что на вершине условия для съемки окажутся неподходящими, или, наоборот, на спуске, не сумев, например, из-за сильного мороза использовать фотоаппарат в верхней точке Мак-Кинли. Если в самом деле предположить, что Кук сделал свою фотографию не на вершине, то из этого никоим образом не следует, что он не поднялся на нее.

Остается один серьезный аргумент: невозможность осуществить маршрут, объявленный Куком, в частности пересечь Восточный хребт. Как шел первопроходец? Где его стоянки? Совпадает ли описание природы, сделанное Куком, с тем, что можно увидеть, пройдя его маршрут?

В 1956 и 1994 гг. были организованы экспедиции с целью подтвердить маршрут Кука: сначала У.Гоннасоном, опытным альпинистом, участником шестой экспедиции на Мак-Кинли, достигшей вершины в 1948 г., а затем Т.Хекаторном, журналистом и исследователем. Эти экспедиции, выполнившие полезную работу, не достигли успеха. В 2006 г. на вершину путем Кука поднялись российские альпинисты: О.Т.Банарь, покоривший ранее многие высочайшие вершины мира, в том числе восьмимысячники в Гималаях; В.Ю.Афанасьев, трехкратный чемпион России по альпинизму; В.А.Багов, совершивший около ста восхождений в горных районах.

Путешествию 2006 г. предшествовала экспедиция осенью 2005 г., когда непогода воспрепятствовала двум участникам экспедиции Банарю и Афанасьеву пробиться дальше Восточного хребта. Следует отметить также серьезную исследовательскую работу, которая позволила полностью восстановить путь пионера-исследователя в 1906 г. Таким образом, задачей экспедиций 2005—2006 гг. стало практическое подтверждение теоретического результата.



Полярный исследователь
Фредерик Альберт Кук с дочерью
Руфью. 1908 г.

Восточная версия

Часть маршрута Кука и Баррилла общепризнана. Вместе с третьим участником Д.Доккином путешественники шли на лодке «Большой» от залива Кука (назван в честь Джеймса Кука) вверх по р.Суситна и ее правым притокам. Разбив базовый лагерь, все трое зашагали на север и через несколько километров ступили на ледник Руфи, открытый Куком месяцем раньше и названный им в честь дочери. Через день Доккин вернулся в лагерь, а Кук и Баррилл продвинулись к Амфитеатру ледника Руфи.

Здесь у выхода из каньона, напротив горы Баррилл, восходители стояли лагерем с 9 на 10 сентября. Критики Кука считают, что это место и есть северный предел его продвижения.

В амфитеатр ледника Руфи, расположенный по отношению к вершине горы на юго-востоке, впадают три рукава глетчера: Северный, Северо-Западный и Западный. Кук пошел по Северному рукаву, поскольку намеревался подняться на Мак-Кинли с северо-востока. Гигантская гора Дэн-Берд, разделяющая ветви ледника Руфи, осталась у путешественников по левую руку.



Страничка из дневника Ф.Кука с изображением горы Пегас и пика Гансайт [6. С.284]. Те же объекты на снимке 2006 г. Справа — ледник Тралейка.

Здесь и далее фото О.Т.Банаря



Кук и Баррилл приближались к Восточному хребту, о существовании которого в ту пору никто не знал. Путешественник зафиксировал это название, написав на составленной после восхождения карте: «Горы от 6000 до 12 000 футов высоты. Нет перевалов для собак и лошадей через эту горную цепь...» [6].

Тем же путем в сентябре 2005 г. шла первая экспедиция Клуба «Приключение». Вот запись из дневника Банаря этого года: «Вдоль восточного склона горы Дэн-Бёрд мы двигались по ложбинке, похожей на корыто. Я абсолютно уверен, что Кук шел именно так. Это самый естественный путь». Банарь и Афанасьев без труда взойшли на Восточный хребет в районе пика 11 000 футов (3 353 м).

Поднявшись на Восточный хребет, Кук был всего в 14 км от Южного (наиболее высокого) пика Мак-Кинли. Он хорошо видел великую гору и не мог не думать, что Восточный хребет ведет прямо к ней. Это первый аргумент тех, кто считает, что Кук направился к Южному пику Мак-Кинли прямо по Восточному хребту («восточная версия»).

В своей книге Кук много говорит о водораздельной цепи гор: впереди, на севере, — бас-



сейн Юкона, а позади, на юге, — бассейн Суситны. Именно по водораздельной гряде, как пишет Кук, он пробирался к Мак-Кинли. Сегодня известно, что водораздельным является как раз Восточный хребет. Это второй аргумент в пользу «восточной версии». Хекаторн отмечал, что: «Экспедиция Гоннасона в 1956 г. исследовала район Восточного хребта в верхней части ледника Руфи. Гоннасон знал, что Восточный хребет соответствовал описанию Кука как водораздел между бас-

сейнами Тихого океана и р.Юкон» [9].

Часть Восточного хребта к западу от пика 10 980 заслуженно носит устрашающее название Катакомбы. Один из членов команды Гоннасона вспоминал: «Снежный карниз длиной в милю, нависающий над ледником Руфи на юге и над ледником Тралейка на севере, в конце концов остановил нас — не было никакой возможности закрепиться, поскольку на сотни ярдов не было ничего, кроме нависающих снеговых глыб» [5. С.105].



◀ Экспедиция 2006 г. у входа в ущелье, ведущее к вершине горы Карпе.



▶ Сентябрь 2005 г. Снег засыпал лагерь наши альпинистов на подходах к Восточному хребту.

Опасные для жизни карнизы заставили отступить и команду Хекаторна в 1994 г. Правда, входящие в группу асы альпинизма В.Теджес и С.Фишер считали участок проходимым. Видимо, поэтому после экспедиции Хекаторна среди сторонников Кука в значительной степени утвердилась именно «восточная версия».

Однако в дневнике Кука тоже упоминаются карнизы на Восточном хребте. Из-за этой опасности в 1906 г. катакомбная часть хребта для Кука и Баррил-

ла была бы такой же непроходимой, как для экспедиций Гоннасона и Хекаторна. Но главный аргумент, заставляющий отвергнуть «восточную версию», все-таки не этот. Дело в том, что Кук считал водоразделом не Восточный хребет, а более северную гряду — Северо-Восточный хребет.

Находясь по северную сторону Восточного хребта, Кук пишет: «Здесь основной ледник сужается и резко поворачивает на юго-восток, захватывая весь восточный склон Мак-Кинли» [б.

С.204]. Это, конечно, неверно. Между хребтами Восточным и Северо-Восточным лежит ледник Тралейка, который движется не на юго-восток (по Куку), а на северо-восток, впадая в ледник Малдроу. Хекаторн полагает [б. С.246], что «юго-восток» появился в записях Кука из-за невнимательности редактора книги или случайной описки автора. Я же уверен, что это принципиальное заблуждение Кука, разумеется, вполне простительное.

С нашей сегодняшней точки зрения, перед Куком стояли че-



Заключительная часть маршрута Ф.Кука к Мак-Кинли на снимке, сделанном с вершины горы Карпе.

◀ Этот участок Северо-Восточного хребта Ф.Кук сравнил с зубьями пилы.

▶ Лагерь экспедиции под скалой Браун-Тауэр.

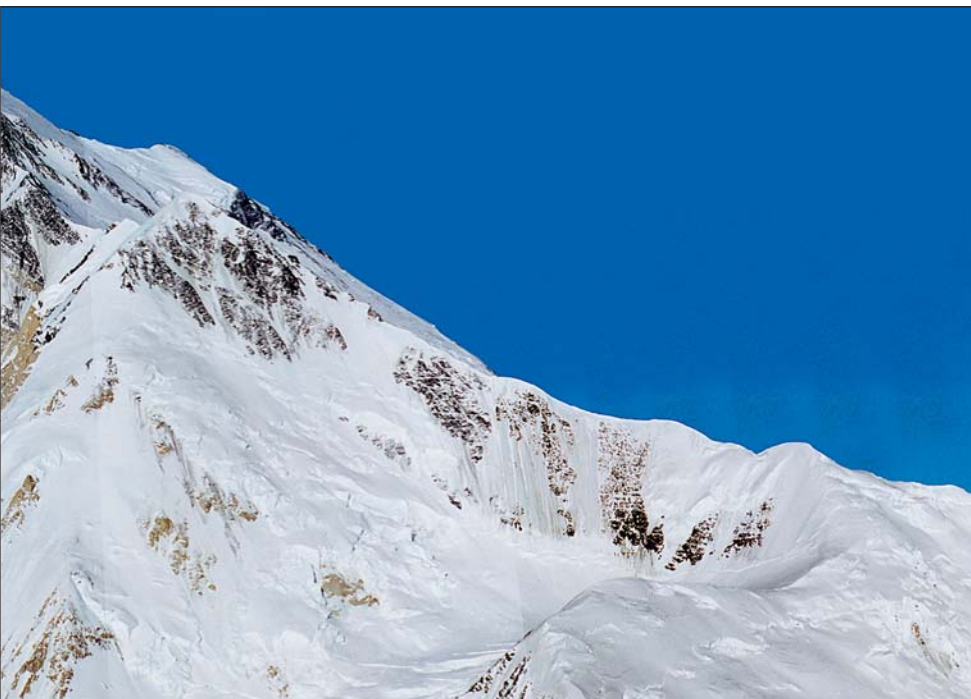
Фото В.А.Багова

тыре задачи: подняться на Восточный хребет, спуститься с него, преодолеть ледник Тралейка, взобраться на Северо-Восточный хребет. Первые три из них для восходителя слились в одну, которую он решил легко, как бы играючи. Именно это, возможно, и привело путешественника к ошибочному мнению, будто существует единое ледниковое пространство, которое, исполь-

зуя современные термины, можно было бы назвать: «Тралейка плюс Руфи», и о котором Х.Паркер в статье 1907 г., написанной со слов Кука, говорит: «Случайно отряд наткнулся на ледник, который сгладил верхний восточный склон Мак-Кинли и представлял собой отличную дорогу на гору» [10]. Этот ледник, придуманный Куком, мы видим и на его карте.

Теперь я воспользуюсь дневником Банаря, начальника нашей юбилейной — через 100 лет после первооткрывателя — экспедиции 2006 г.:

«23 мая 2006. Мы поднялись на перемычку между вершинами 11 000 футов и 10 370 футов (3 161 м). С нее спустились на знакомую по прошлой осени полку и по ней вошли на Восточный хребет правее верши-



ны 11 000. Отсюда на рекогносцировку мы направились к перевалу Тралейка, но пробиться к нему не смогли.

Если смотреть отсюда, с западных подходов к перевалу Тралейка, на гору Пегас, то точного сходства с известным рисунком Кука нет. Скорее всего, свои зарисовки он сделал западнее вершины 11 000.

Попробовали спуститься с Восточного хребта прямо на ледник Тралейка, используя веревочные перила. Афанасьев прошел две веревки (100 метров), но приемлемого варианта не увидел — везде крутые ледовые стены, изрезанные глубокими шрамами бергшундов. Куку и Барриллу такой спуск было не осилить — это ясно. Мы думаем, что Фредерик Кук сошел на лед-

ник Тралейка с перемычки между вершиной 11 000 и находящейся западнее вершиной 10 980 футов.

24 мая 2006 г. Подняться на снежно-ледовую башню 11 000 оказалось нетрудно. С высоты отлично виден весь путь по Восточному хребту к Мак-Кинли. По обе стороны большие и очень опасные снежные навесы, очевидны и другие значительные технические сложности. Кук просто не смог бы пройти здесь.

Соскользнув с пика 11 000 на ледовое плечо, уходящее в сторону высоты 10 980, мы поняли, что именно эта последняя вершина нарисована Куком в его дневнике под названием «пик Гансайт». С нижних точек гора похожа на ствол ружья с мушкой на конце. Мы уверены, что именно это объясняет название, данное Куком. Просто удивительно, какое богатое воображение было у Кука! Гора Пегас с этого места тоже великолепно отождествляется с горой в дневнике Кука. Траверсируя перемычку между вершинами 11 000 и 10 980, обходя ступени ледопада, бергшунды и трещины, мы нашли простой спуск на ледник Тралейка. Другого пути на север в этом районе нет и, конечно, доктор Кук пересек хребет именно здесь».

На север

В верховьях ледника Тралейка к нему примыкает Западный рукав ледника Тралейка. Эти два потока разделяет шпора Восточного хребта, похожая на полуостров в ледниковом море.

10 сентября 1906 г. палатка Кука и Баррилла стояла сразу за Восточным хребтом на леднике Тралейка. Кук записал в дневнике: «Первый вечер на леднике» [6. С.286]. Обойдя шпору, точнее даже миновав ее, восходители разбились следующий лагерь, по словам Кука, «у подножья Северного хребта»



На подступах к Мак-Кинли.

Фото О.Т.Банаря



Российские альпинисты
В.Ю.Афанасьев и О.Т.Банарь
на вершине Мак-Кинли
с книгой Кука. 2 июня 2006 г.

Фото В.А.Багова

[б. С.286]. (Северный хребет по Куку — это цепь гор, которую мы называем Северо-Восточным хребтом). В ночь с 11 на 12 сентября альпинисты ночевали у входа в кулуар, ведущий к вершине горы Карпе. Запись 12 сентября: «От основания к вершине Северного хребта» [б. С.286]. В книге по поводу этого подъема находим: «...нам

предстояло подняться еще на 2000 футов (600 м), вырубая ступени... Мы, наконец, вырвались из мрачного тумана на яркое поле снега, куда падал прощальный свет солнца, садящегося в огромное зеленое пространство за Юконом. Мы были на водоразделе на границе между Юконом и Суситной... Меньше чем за два часа эски-

мосское иглу было готово» [б. С.207].

Схожие записи сделал Банарь:

«27 мая 2006 г. Пересекли Западный рукав ледника Тралейка и вошли в первое по правую руку узкое ущелье. Как и Кук, опасаемся здесь лавин.

28 мая 2006 г. Надежды легко взять гору Карпе не оправда-

лись. Путь хорошо виден, но за ночь сильный ветер сдул снег, и склон крутизной около 40 градусов пришлось штурмовать по льду. Попадались островки снега. Прошли пояс разрушенных сланцевых скал. Отсюда крутизна возросла и начался чистый лед. Кук и Баррилл рубили здесь в снегу 2000 ступеней, набрав 600 метров высоты. Чтобы пройти этот взлет, нам понадобилось 9,5 часов. По снегу, конечно, могло быть существенно быстрее.

Достигли перевалки 11 900 футов (3627 м), где Кук и Баррилл построили снежный дом. Хорошо видны и река Юкон, и зеленые леса на западе, и обе вершины Мак-Кинли, и путь к Южному пику с запада — все то, что увидел Кук».

Версия Ваале

Свою лепту в исследование маршрута Кука внес любитель истории, геодезист Х.Ваале. Изучив книгу Кука, используя аэрофотосъемку горы Мак-Кинли и самые подробные топографические карты, исследователь предложил свою — северную! — версию.

В 1972 г. Ваале стал переписываться с дочерью Кука Э.Кук Веттер, и она снабдила его копиями отдельных страниц дневника Кука. Ваале убедился, что эти новые материалы отлично подтверждают маршрут, уже составленный им. Затем он перевел барометрические записи доктора Кука в их эквивалент в футах над уровнем моря. Для этого сначала Ваале использовал таблицу перевода гражданских инженеров-строителей 1925 г., а позднее, в 1977 г., таблицы НАСА.

11 марта 1979 г. исследователь опубликовал в газете «Анкоридж таймс» статью «Загадочный маршрут доктора Кука» с картой, на которой изображен маршрут Кука и даны рукописные комментарии, устанавливающие идентичность между на-

блюдениями Кука и реально существующими географическими объектами. «...описания доктора Кука, — пишет Ваале, — становятся все более и более детальными и подтвержденными по мере его приближения к вершине; указанные им высоты делаются поразительно точными. (Это лучше всего видно в дневниковых записях доктора Кука, которые содержат и другие существенные данные...)».

На современной карте части Северо-Восточного хребта между Южным пиком Мак-Кинли и горой Ковен и от горы Ковен на северо-восток соответственно называются хребтами Карстенс и Карпе. Западнее этих двух горных гряд, отделенный от них ледниками, лежит хребет Пионер, который Ваале несколько неуклюже называет: Западный Северо-Восточный хребет. Полемизируя с авторами «восточной версии», изложенной выше, Ваале восклицает: «...только Западный Северо-Восточный хребет может соответствовать описаниям Кука». На карте доктора Кука всех этих хребтов нет, но на их месте как бы проходит некая водораздельная линия. Реки от нее бегут на север. На юго-западе она смыкается с Южным пиком Мак-Кинли. А в противоположной стороне, километрах в 35—40, на север от нее уходит ледник Малдроу.

Итак, Ваале первым предположил, что Кук не пошел по Восточному хребту на запад, а продолжил путь на север. Разумеется, сравнивать записи Кука с современным картографическим материалом — идея продуктивная. Однако северная версия, обнаруженная в 1979 г., нуждается в существенной корректировке.

По ущелью, ведущему от Западного рукава ледника Тралейка к вершине Карпе, Ваале препровождает восходителей до самого верха. Но на высоте 9500 футов (2900 м) лед сменяют скалы, и пути «в лоб» нет.

На топографической карте видно, что для того, чтобы по

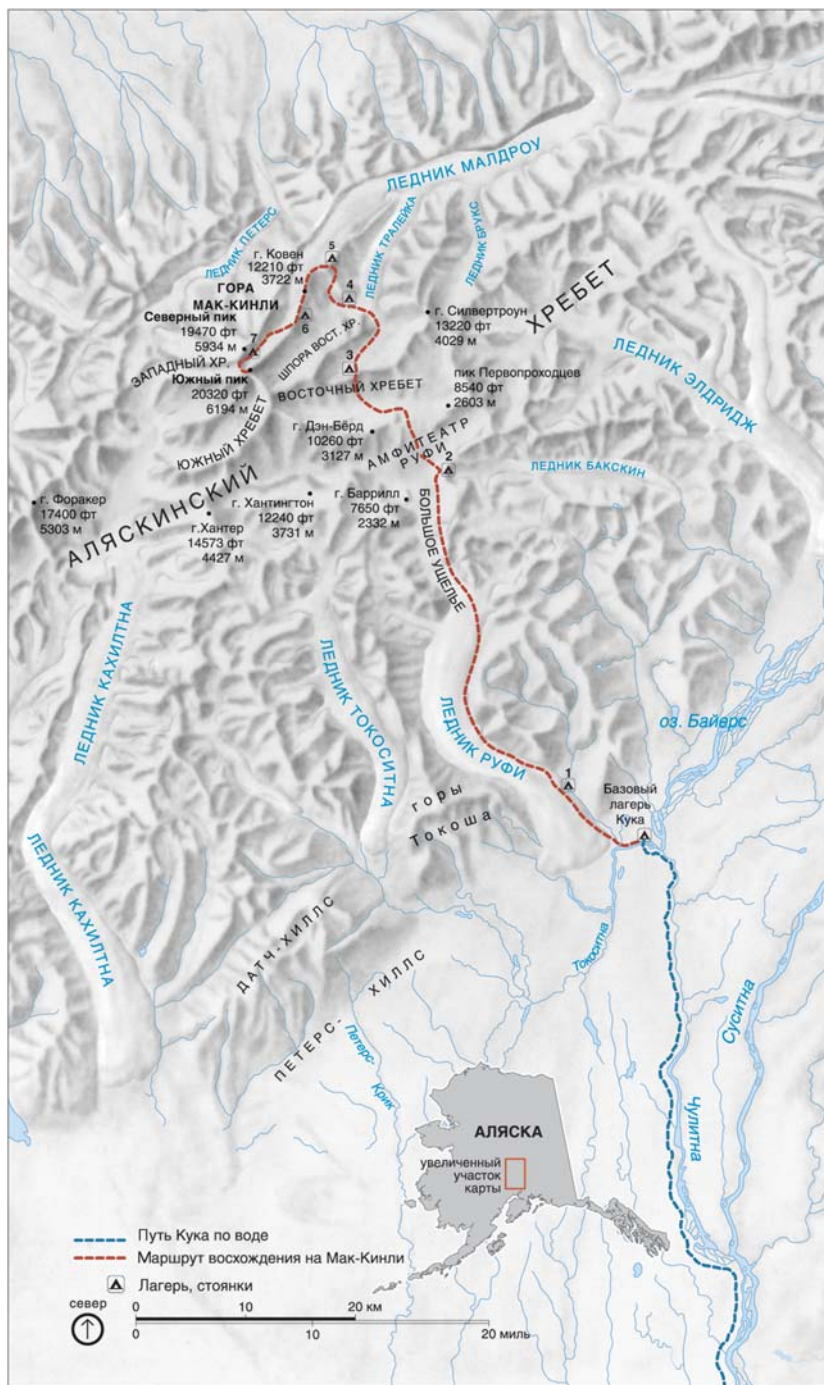
этому желобу одолеть подъем, на высоте 9000 футов (2743 м) нужно податься вправо — здесь ледяные плечи образуют крутую, но приемлемую дорогу. Именно так шли Кук и Баррилл, и приблизительно на этой высоте они принялись рубить ступени. Ваале, спрямляя маршрут восходителей, ошибся.

Теперь вторая, куда более существенная ошибка. Как было сказано, Ваале «отсылает» Кука и Баррилла с хребта Карпе на хребет Пионер. Однако невозможно представить себе, что альпинист, вскарабкавшийся почти до самой вершины Карпе, решится уйти вниз, на ледник, разделяющий два хребта, с тем, чтобы снова начать подъем. Для этого восходитель, как минимум, должен быть уверен, что по хребту Пионер идти к Мак-Кинли проще, чем по хребтам Карпе и Карстенс (на самом деле — наоборот). Очевидно, что подобной уверенности у Кука быть не могло.

Вспомним: доктор Кук стремился к водоразделу. Банарь и его спутники подтвердили, что желанные для Кука картины лесных массивов Юкона открылись именно с хребта Карпе. Но зачем тогда Куку хребет Пионер? Чтобы попасть на его гребень с горы Карпе, нужно проделать колоссальную работу: пройти по хребту Карпе до горы Ковен (сброс с 11 900 до 11 000 и снова набор — до 12 000 футов); спуститься на ледник Малдроу — высота 9600 и одолеть Пионер — более чем 11 000 футов. Все это по опасному снегу, по льду, да и длина пути — около 6 км — не пустяк.

У Кука и Баррилла после подъема на Карпе на такую прогулку просто не хватило бы физических сил. К тому же наверху восходители увидели «прощальный свет солнца», а на строительство иглу ушло около двух часов. Где же взять время, чтобы пробраться на хребет Пионер?

Приведу главный аргумент Ваале. Над стрелкой, указывающей на мнимую стоянку Кука на



Маршрут экспедиции Ф.Кука в сентябре 1906 г. [11].

хребте Пионер, написано: «Место расположения лагеря на высоте 12 000 футов совершенно точно определено, исходя из того обзора, который имелся у доктора Кука из лагеря, включая дневник Питерс, западную стену Мак-Кинли, район Юкона,

ледяную стену Харпер, нависающую над ледником и т.д.».

Но хребет Пионер вовсе не загораживал Куку западную и северную части горизонта. (Банарь сообщил, что Пионер тут «просто незаметен. К востоку он быстро сходит на нет».)

Западный подход к Южному пику Мак-Кинли, как написано в дневнике Банаря за 28 мая, тоже был виден из лагеря Кука, под вершиной Карпе.

Итак, Кук и Баррилл направились к Южному пику Мак-Кинли по хребтам Карпе и Карстенс, даже не помышляя о хребте Пионер.

Гора Карпе — Южный пик Мак-Кинли

Наши альпинисты Банарь, Афанасьев и Багов двигались к Южному пику Мак-Кинли, отмечая тождественность окружающей их природы описаниям Кука. Дневник Банаря:

«29 мая 2006 г. Хребет Карпе сильно разрушен, изобилует льдом и большими карнизами. Не зря Кук сравнил его с «зубьями пилы». Действительно!

К ущелью Карстенс мы пробились целый день. Осенью 1906 г. Кук прошел этот отрезок быстрее.

30 мая 2006 г. Сперва подъем несложный, но потом хребет горбится круче и круче. За одной полкой следует другая и дальше — новая. Склон — сумасшедший: крутизна более 50? Ясно, что это Кокскомб — последний самый суровый участок перед башней Браун-Тауэр, которую Кук увидел утром 13 сентября, записав: «путь преграждала гигантская скала...». Взлет заканчивается на высоте 14 300 (4359 м). Кук ночевал примерно на 14 000 (4267 м), немного не дойдя до выполаживания перед Браун-Тауэр».

Запись Банаря, сделанная в том же месте, но на обратном пути:

«4 июня 2006 г. Около 14.00 возле башни Браун-Тауэр. Заметно прибавилось снега и гребень стал менее устойчивым. Но вариантов обхода нет. Миновали Кокскомб, на крутом склоне которого ночевал Кук. Та ночь даже для него была более чем экстремальной. Теперь, ког-

да погода позволила нам рассмотреть склон в деталях, мы ясно представляем себе кошмарную ночевку Кука и Баррилла в «снежной норе» (слова Кука) над пропастью, когда они привязали себя на ночь к ледорубам, загнанным в снег. Мы испытываем бесконечное уважение к бесстрашию и мастерству Кука».

Речь идет о ночевке Кука 13–14 сентября.

«30 мая 2006 г., продолжение. Остановились под баиной Браун-Тауэр на высоте 14 500 футов (4420 м). Пурга, видимость нулевая, при этом очень холодно. За день поднялись на полтора километра. На всем пути мы видели лавины, идущие с пика Ковен и горы Пегас, ледовые обвалы грохотали на леднике Харпер».

1 июня группа шла с 6 утра до 16. Альпинисты миновали отметку 16 300 футов (4968 м), где доктор Кук, ночуя с 14 на 15 сентября, построил второй снежный дом. Команда Банаря остановилась на высоте 18 150 футов (5532 м), почти в том месте, где Кук провел последнюю ночь

перед вершиной с 15 на 16 сентября.

«2 июня 2006 г. В 5 утра начали подъем и в 10.00 поздравили друг друга в верхней точке Мак-Кинли.

Сюда мы занесли книгу доктора Кука «К вершине континента». Теперь, ровно через 100 лет, Кук снова на вершине. Он вернулся сюда книгой, памятью, он прошел снова весь свой маршрут с нами в одной связке! Здешные скалы и льды его помнят!

Из-за непогоды спустились только до своего лагеря.

3 июня 2006 г. Снег всю ночь барабанил по палатке, будто кто-то снаружи бил по ней палкой. На улице постоянный свист и вой шквалов. Мы стоим у перевала Денали. Сквозные ветры несутся через него. Кук и Баррилл тоже тряслись тут от холода. Их шелковая палатка была натянута у скал. Мы устроились подальше, метрах в двухстах, чтобы ничего не упало сверху».

Банарь, Афанасьев и Багов проделали путь Кука в обе стороны и нашли его абсолютно

приемлемым для двойки в связке, имеющей ледорубы. Скорость Кука и Баррилла — им везло с погодой — не вызывает сомнений. Все, что увидели участники нашей экспедиции, вполне совпадает с описаниями доктора Кука и наоборот, им не встретилось ничего, что противоречило бы записям великого путешественника.

В заключение отмечу, что я недавно подготовил книгу о Фредерике Альберте Куке, в которой рассматриваются не только результаты новых экспедиций на Мак-Кинли, означающие окончательную реабилитацию великого американца, но и путешествие Кука к Северному полюсу. Исследование его перехода от побережья Канадского Арктического архипелага к вершине планеты с точки зрения опыта современных полярных путешественников (психологическая и физическая подготовка Кука, выбор им снаряжения, его стратегия и тактика, подбор спутников, вопросы навигации) оборачивается новыми доказательствами открытия Куком самой северной точки планеты. ■

Литература

1. Корякин В.С. Был ли Кук на Северном полюсе? // Природа. 1975. №7. С.74–83.
2. Корякин В.С. Фредерик Альберт Кук. М., 2002.
3. Cook F. To the Top of the Continent, N.Y., 1908.
4. Moore T. Mt.McKinley. The Pioneer Climbs. Seattle, 1984.
5. Washburn B., Chericci P. The dishonorable Dr.Cook. Seattle, 2001.
6. Cook F. To the Top of the Continent. 1996.
7. Balch E. McKinley and Mountain Climbers Proof's. Philadelphia, 1914.
8. Rost E. Mount McKinley. N.Y., 1914.
9. Heckathorn T. Fake Peak II. The East Side of Mt.McKinley, 1956 // Polar Priorities. 1998. V.18. P.14.
10. Parker H. The Exploration of Mt.McKinley: Is it the «Crest of the Continent»? // Review of Reviews. 1907. №1. С.58.
11. Шпаро Д.И., Банарь О.Т. // Вокруг света. 2006. №10. С.45.

Беспокойный гений Эрнста Хладни

К 250-летию со дня рождения

А.И.Еремеева

В истории науки Эрнст Флоренс Фридрих Хладни известен прежде всего как основоположник экспериментальной акустики. Но в не меньшей степени он заслуживает имени «отца метеоритики» — по существу открытой им области естествознания, сформировавшейся на стыке астрономии, физики, химии, минералогии, метеорологии и революционным образом изменившей астрономическую картину мира.



Алина Иосифовна Еремеева, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник ГАИШ, историк астрономии. Автор ряда научно-популярных книг и научных монографий по истории физики, астрономии, метеоритики, соавтор учебных курсов. Член Международного (Евро-Азиатского) астрономического общества (председатель Секции «История астрономии»). Неоднократно публиковалась в «Природе».

Формирование личности

Восточная Германия. В округе Лейпцига, не далее 75 км от него, расположились небольшие города Виттенберг (ныне Лютерштадт-Виттенберг), Кемберг и Гримма. Это родные места Хладни. Здесь он родился, получил образование и две ученые степени. Но вовсе не в естественных науках. В них он был великим самоучкой, достигшим своих вершин путем чтения литературы и упорных экспериментальных поисков в неисследованных областях науки. Его успехам способствовали неиссякаемая энергия и исследовательский энтузиазм.

© Еремеева А.И., 2006

Эрнст Флоренс Фридрих Хладни появился на свет 30 ноября 1756 г. в уже упомянутом Виттенберге. После смерти пятидесятилетней сестры (еще до его рождения) он оставался единственным ребенком придворного советника, первого профессора права и директора юридического факультета Виттенбергского университета Эрнста Мартина Хладениуса и его жены Иоганны Софии, урожденной Клемент [1]. Прадед исследователя — протестантский пастор — переселился сюда в конце XVII в. из венгерского города Кремница (ныне это Кемниц, Германия), спасаясь от религиозных притеснений, и стал профессором теоло-

гии [2]. Э.Ф.Ф.Хладни отказался от латинизированной формы своей фамилии и вернул ей первоначальное начертание, которое говорит скорее о словацких (похоже на Хладный), а не венгерских корнях рода. (Словакия с XI в. до 1918 г. входила в состав Венгерского королевства.)

Потеряв мать, когда ему не было и пяти лет, Хладни рос под строгим контролем отца, а затем, с 14 до 17, в местной школе Гриммы под не менее строгим надзором ее педантичного директора Мюкка. В своей автобиографии [3], написанной в зрелом возрасте, Хладни с благодарностью отзывался о них обоих. Он отметил, что они спо-



Э.Ф.Ф.Хладни. 1756—1827.



Дом, где он родился.

собствовали укреплению в нем таких свойств характера, как трудолюбие, любовь к порядку и целеустремленность, нетребовательность в быту. С особой теплотой Хладни вспоминал свою мачеху Иоганну-Шарлотту, которая заменила ему мать и заботы о которой еще несколько лет после смерти отца, до самой ее кончины (1801), удерживали его от дальних поездок. Правда, чрезмерная забота о нем самом в детстве, о его здоровье (весьма крепком всю жизнь!), когда ему не позволялось одному выходить из дома даже в небольшую непогоду, играть с другими детьми, сделали его детские годы довольно безрадостными... Человек от природы мягкий, Хладни тем не менее страдал от излишнего принуждения.

По настоянию отца Хладни, склонявшийся к изучению медицины, стал, следуя семейной традиции, изучать (и с успехом) юридические науки в университетах Виттенберга, а затем Лейпцига, где получил в 1781 и 1782 гг. степени доктора философии и доктора права. Но сразу же после смерти отца (1782), вырвавшись из-под длительной опеки, целиком пере-

ключился на естественнонаучные исследования.

Склонность к изучению природы у Эрнста Флоренса проявилась в детские годы. Уже в шесть-семь лет он читал описания путешествий, книги по естествознанию, географии, изучал земные и небесные глобусы. В одной из своих статей он вспоминал, как еще в 12 лет задавался вопросом: почему между Марсом и Юпитером такое излишне огромное пустое пространство...

Странствия Хладни и его «Акустика»

Лишь в 19 лет он стал учиться игре на рояле. Увлечшись музыкой, он заинтересовался книгами по теории музыки и звука вообще. Познакомившись с трудами И.Бернулли и Л.Эйлера, он узнал о многих нерешенных проблемах в этой области, таких как скорость звука в разных средах и телах, зависимость звучания (высоты звука) от плотности среды. Хладни погрузился в бесконечные эксперименты. Влияние плотности на звук он изучал с помощью

маленькой оловянной флейты, в которую вдвухались различные газы. В опытах по сравнению скорости звука в воздушном столбе трубы органа и в металлическом стержне он впервые доказал, что в последнем случае скорость не бесконечна (как считалось!), а лишь в 16—17 раз выше, чем в воздухе. Аналогичный результат независимо от Хладни получил и французский физик Ж.Б.Био [2]. Хладни принадлежит заслуга открытия продольных колебаний стержней и струн, а затем и крутильных колебаний стержней; формы колебаний камертонов и колоколов.

В этот период в его жизнь вошел гениальный гёттингенский физик-мыслитель Г.К.Лихтенберг, дважды сыгравший для Хладни, по его собственным словам, роль «повивальной бабки». В 1771 г. были открыты знаменитые фигуры Лихтенберга — картина поверхностного электрического разряда, возникающая при проскакивании искры на пластинку из непроводящего материала (стекло), посыпанную непроводящим же порошком (смоляными крошками, например). Под впечатлением от



Хладни в молодые годы.



Г.К.Лихтенберг (1741–1799).

этого открытия Хладни решил проверить, какова будет реакция гибких пластин с порошком, если провести смычком по их краю. Так в 1787 г. появились его знаменитые звуковые фигуры, которые он описал в своем первом научном сочинении «Открытия в теории звука» (Лейпциг, 1787; репринтное издание в 1980 г.). Они показали распределение стоячих волн, возникающих при вибрации пластинки, и стали в дальнейшем эффективным методом изучения собственных колебаний диафрагм различных акустических приборов. В 1818 г. Хладни в одном из писем сообщал об

остроумном применении его звуковых фигур одним строителем в Кобленце: для совмещения отверстий в каменной плите лестницы перед сверлением ее снизу строитель посыпал плиту песком, который при сверлении немного разрежался, точно указывая место для встречного сверления сверху.

Чтобы удовлетворить свою вторую страсть — тягу к путешествиям, Хладни отказался от официальной службы (а его ожидала должность профессора университета). Поэтому он никогда не имел твердого материального дохода и жил на скромные средства, получаемые от выступлений во время своих бесчисленных поездок. Он исколесил всю Европу, побывал в России. В своей автобиографии, предварявшей его главный труд по физике «Акустика» [3], он писал, что ему следовало бы стать моряком или купцом, или же врачом. С поразительной искренностью он признавался, что в выборе его занятий существенную роль сыграло тщеславие, стремление проявить свою личность, подавляемую в юности.

Неограниченная природная любознательность, трудолюбие и целеустремленность направляли его внимание и силы в наименее затронутые наукой области явлений. И он добился в этих областях больших успехов. Вместе с тем как занятия чистой наукой, так и нерегулярное чтение лекций в университетах (сначала в Виттенберге — по физической и математической географии, по геометрии, затем в течение трех лет в Берлине — по акустике) давали незначительные доходы, и Хладни был постоянно в бедственном положении. Это послужило толчком — искать успеха в практической деятельности, в области изобретательства и искусства, что вызывает большой отклик в обществе.

Вдохновленный опытами некоего Мезоччи со звучащими гибкими пластинками, Хладни

задумал принципиально новый музыкальный инструмент и в 1789 г. создал свой «эуфон» (в переводе с греческого — благозвучный), а на следующий год уже мог продемонстрировать игру на нем. Этот инструмент представлял собой набор небольших прямых стеклянных трубочек, соединенных с кривыми стержнями. Звучание, которое вызывалось вибрацией от продольного трения трубочек увлажненными пальцами, напоминало звук гармоники. Он усиливался резонатором, помещавшимся сначала за трубочками, а затем горизонтально под ними. Широкий отклик на это изобретение в немецких газетах и музыкальном журнале, а затем и в известном английском «Философском сборнике» подсказал Хладни идею музыкальных выступлений на публике, которые он дополнял лекциями по акустике и демонстрацией звуковых фигур.

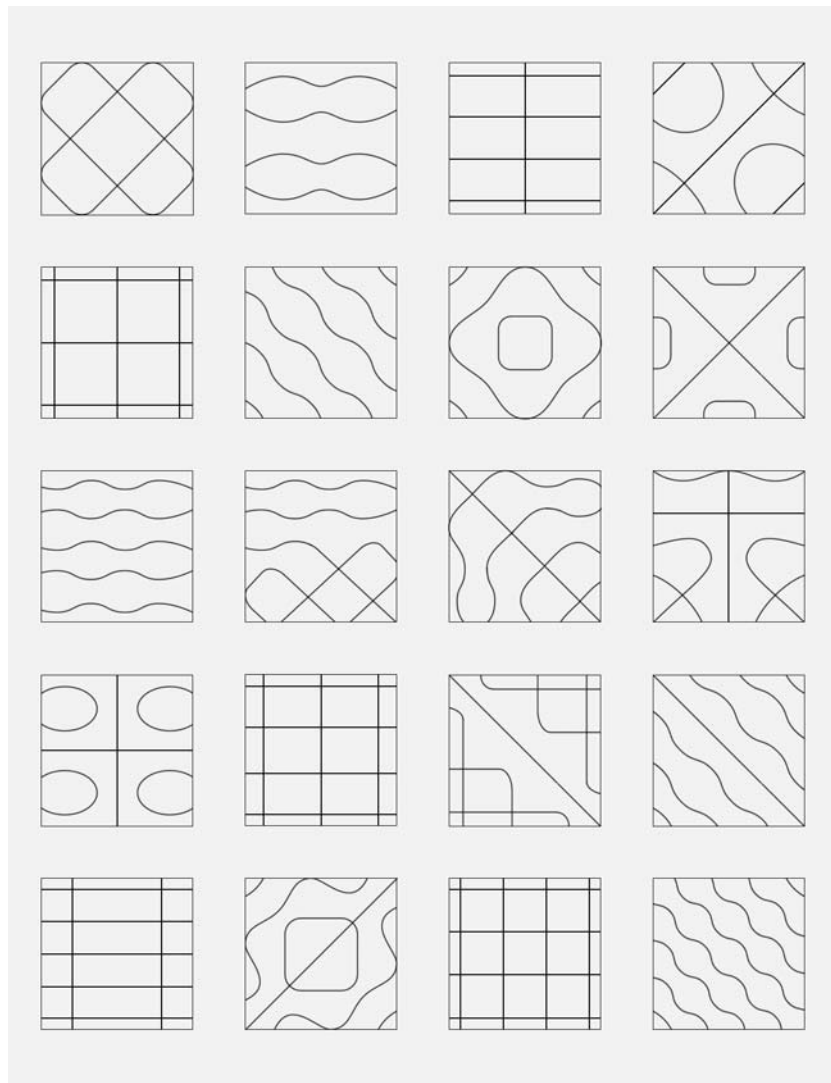
Так начиналась давно желанная для него жизнь странствующего «артиста-ученого». Публика воспринимала выдающегося физика как оригинального музыканта-изобретателя. А его звуковые фигуры поражали не меньше, чем фокусы. 31 мая 1794 г. Хладни был удостоен чести выступать как лектор и музыкант в Петербургской академии наук, которой был посвящен его труд 1787 г. Директор Академии княгиня Е.Р.Дашкова удостоила его звания иностранного корреспондента Академии.

Конструкция эуфона была громоздкой и непрочной. На обратном пути, в долгом плавании по Балтийскому морю из Ревеля (Таллин) во Фленсбург (тогда в Дании), Хладни не только нашел способ усовершенствовать эуфон, но и придумал по сути новый инструмент, который назвал «клавицилиндр». Окончательно его конструкция была завершена к 1802 г. Он напоминал квадратное пианино размером 80×50×18 см (длина, ширина и толщина резонирующего футляра), где помещался

звуковой, теперь уже единственный цилиндр. Цилиндр был соединен с клавиатурой и ножной педалью, с помощью которой и махового колеса цилиндр (также смачиваемый время от времени) приводился во вращение [2, 4]. Музыка, напоминая звуки гармоник, вызывалась трением об него искривленных металлических стержней. Он не требовал настройки, обеспечивал возможность не просто ударного, но протяжного звучания и был намного благозвучнее эуфона. Его внутреннее устройство Хладни держал в секрете, так как, по его словам, этот инструмент был главным средством его «пропитания». Описание нового инструмента, как и всего комплекса своих акустических исследований, Хладни изложил в уже упомянутом большом сочинении «Акустика».

В Европе между тем разгоралась война нового претендента на мировое господство — Наполеона I. Затруднилось распространение научной информации между странами. Несмотря ни на что, Хладни предпринимает одну за другой свои обширные поездки, иногда возвращаясь в Виттенберг, к которому в 1806 г. уже приближались военные действия. Вместе с местной профессурой ему пришлось укрываться в соседнем Кемберге. Позднее, в 1814 г., он совершит мужественный поступок — спасет от пожара (при обстреле пруссаками) важные документы города, хранившиеся в Виттенбергской крепости, в то время как многие из его дорожных записей погибли в его собственном горящем доме. К счастью, удалось уберечь от огня музыкальные инструменты, уникальную (метеоритную!) коллекцию и портреты музыкантов [5].

А в 1803 г., оказавшись в Веймаре, Хладни знакомится с Гёте и обсуждает с ним акустические проблемы. В 1808 г. прибывает в Париж, где демонстрирует перед Наполеоном, перед П.С.Лапласом и перед К.Л.Бертолле



Звуковые фигуры Хладни.

свой клавицилиндр и звуковые фигуры. Пораженный император назвал Хладни человеком, который сделал видимым звук. Хладни был польщен двухчасовой аудиенцией у Наполеона (между прочим, в знак уважения к заслугам Хладни Наполеон приказал выделить ему на время пребывания в Париже 6 тыс. франков). Но восторженное отношение к великому полководцу Хладни бесповоротно утратил, когда Наполеон объявил себя императором. В ноябре 1809 г. в Париже выходит сделанный самим Хладни по просьбе французских физиков фран-

цузский перевод «Акустики». В 1810—1812 гг. он продолжает поездку с лекциями и выступлениями по Швейцарии (Цюрих и Женева), Италии (Турин, Милан, Павия, Болонья, Флоренция, Венеция) и возвращается через Падую, Верону, Мюнхен, Вену и Карлсбад. Опасаясь разбойников, Хладни путешествовал в карете с двойным дном, чтобы уберечь свои коллекции.

Считая акустические занятия и особенно инструменты главным своим достижением, Хладни опубликовал в Лейпциге «Новый вклад в акустику» (1817), «Вклад в практическую



Клавицилиндр.

акустику и в учение о строительстве инструментов» (1821), где подробно описал новый эуфон (первый давно разбился в дороге) и клавицилиндр. Посмертно выйдут его сочинения «Краткий обзор учения о звуке и тонах с приложением, развитием и расположением соответствующих соотношений тонов» (1827) и второе неизменное издание его фундаментального труда «Акустика» (1830). Хладни избрали своим членом помимо Петербургской академии ученые общества Гёттингена и Эрфурта, а также Берлинское общество друзей-естествоиспытателей.

«Огненные шары» и аэролиты

Реальность метеоритов отрицалась наукой XVIII в. Физическая картина мира, созданная

Ньютоном, не допускала падения «камней с неба». После первого официального исследования парижскими академиками образцов каменного метеорита «Lucé» (1772) была установлена (соответственно уровню науки того времени) неотличимость их состава от земных пород. Аэролиты (воздушные камни) причислили к фульгуритам — земным породам, оплавленным молнией, справедливо отбросив их древнее толкование как творений самого грома («громовые камни»). Ученые отметили при этом и важные особенности «камней» — их насыщенность железом (отсюда большой удельный вес, чем у обычных камней), оплавленность (черная корка) при совершенно неизменной внутренней структуре камня (правильно объяснив последнее как свидетельство сильного, но кратковременного нагрева!). Итак, были выявлены яс-

ные для каждого современного исследователя первые признаки метеоритов вообще! Но тогда это прозвучало как аргумент в пользу наземного кратковременного воздействия огнем молнии, притянутым железистой массой [6]. Кстати, падение метеоритов часто связывали с грозой, принимая за молнию полет и взрыв болида — «огненного шара».

После революционного обновления Б.Франклином представлений о физике земной атмосферы наиболее трудно «стираемым» белым пятном среди наблюдаемых в небе нерегулярных световых явлений оставались «огненные шары». Они сильно отличались и от беззвучных падающих звезд, и от молнии, даже шаровой, по многим признакам. Их громоподобный взрыв сопровождался целой серией новых звуковых эффектов, которые сравнивали с ружейной пальбой, грохотом при разрушении дома и т.п. Огненный шар, как правило, проносился по небу наклонно вниз или даже почти горизонтально, т.е. обладал собственной скоростью. Нередко он оставлял за собой дымный хвост, указывая на горение какой-то плотной материи... Начавшиеся еще в XVII в. первые оценки высот и скоростей, а также размеров огненных шаров поражали: высоты до нескольких сотен километров — еще не «астрономические», но и слишком большие для существования таких шаров в земной атмосфере; скорости — до десятков километров в секунду, т.е. «космические», как у планет; огромные, километровые, размеры головы!

Э.Галлей в 1714 г. первым высказал верную идею, что это случайные сгустки космической материи, встречаемые Землей на ее пути вокруг Солнца. Однако и она противоречила ньютоновой картине мира с ее пустым межпланетным пространством. Поэтому спустя пять лет он отказался от нее. В XVIII в. были опубликованы две новые сход-



Титульный лист сочинения Хладни «О происхождении найденной Палласом и других подобных ей масс и о некоторых связанных с ними природных явлениях». Рига; Лейпциг, 1794 г. (слева). Титульный лист сочинения Хладни «Об огненных метеорах и падающих вместе с ними массах». Вена, 1819 г.



Титульный лист посмертного издания «Акустики». Лейпциг, 1830 г.

ные космические (!) гипотезы болидов — Д.Прингля в Англии (1759) и Д.Ритгенхауза в США (1786). Но обе остались незамеченными. Наибольшее распространение и признание получила в XVIII в. атмосферно-электрическая теория огненных шаров Ч.Благдена (1784). Эту теорию приняли и физики, в том числе Лихтенберг.

О природе болидов и «метеорных камней»

При встрече в Геттингене в феврале 1793 г. с Лихтенбергом Хладни завел речь о внутренней противоречивости атмосферно-электрического объяснения болидов. Хладни указывал на слабости этой теории, проявив достаточную осведомленность в вопросах физики атмосферы, а также относительно параметров и общей картины болидов. Под напором его логики Лихтенберг высказал мысль, что в таком случае огненные шары должны порождаться чем-то чуждым Земле, что приходит в ее атмосферу извне.

Идея поразила Хладни. Следуя совету Лихтенберга, он серьезно взялся за изучение проблемы болидов по историческим хроникам и уже вскоре как юрист убедился в достоверности свидетельств о них. Он обратил внимание на их космические параметры (скорости и направление движений) и более того — убедился, что нередко после взрыва такого «огненного шара» на землю действительно выпадали твердые массы — каменные, а иногда и железные. Установленный таким способом факт Хладни назвал «исторической истиной». Тем самым он дал ответ и на пожелание и призыв знаменитого шведского химика О.Бергмана — попытаться найти вещество упавшего огненного шара: его не раз находили, но принимали за другое. Хладни впервые научно обосновал генетическую связь между

«огненными шарами» и почти изгнанными из науки XVIII в. «аэролитами», «громовыми камнями», «камнями с неба» и таким образом доказал реальность самого явления «небесных, метеорных камней». Так стала формироваться новая космическая теория происхождения болидов и аэролитов.

Но если в отношении болидов и аэролитов у Хладни были, хотя и отдаленные, предшественники, то теперь мы подходим к третьей и полностью оригинальной составной части его теории. Она объясняет долгое время интриговавшее историков науки название его основополагающего сочинения 1794 г., где он предложил свою сенсационную метеорно-метеоритную теорию: «О происхождении найденной Палласом и других подобных ей масс и о некоторых связанных с ними природных явлениях» [7]. (К последним относились болиды и падающие звезды.) Такое название сочинения было напрямую связано с еще одной естественнонаучной загадкой — найденной в 1771 г. П.С.Палласом необъяснимой наукой того времени каменно-железной глыбой. Ее вес достигал более 700 кг. Обнаруженная впервые в 1749 г. горным мастером И.Меттихом в горной Красноярской тайге и вывезенная оттуда местным крестьянином Я.Медведевым (в надежде найти в ней нечто подороже железа), она была описана Палласом в его «Путешествии...» [8].

Дело в том, что среди минералогов уже десятки лет шли споры о возможности существования на земле естественного, «самородного» железа. В отличие от других самородков, чистое металлическое (не в состоянии руды) железо быстро ржавеет. Когда блоки такого железа, обычно небольшие, находили в Европе, их объясняли как остатки от древних плавок. Но находка Палласа весила свыше 40 пудов! А главное, в ней чистое ковкое железо (терявшее свою

ковкость при плавке!) имело пористую структуру губки, заполненной каплями чистого тугоплавкого(!), т.е., напротив, прошедшего через высокотемпературный нагрев и плавление минерала оливина. Между тем ни вулканов, ни следов горнов в дикой тайге не было.

В последней четверти XVIII в. образцы «сибирского железа» Палласа были едва ли не самыми «обсуждаемыми» в европейской литературе экспонатами. Впервые такой образец детально исследовал берлинский химик И.К.Ф.Майер (1776), а его коллега К.Х.Брумбей тогда же высказал идею о прорыве подземного огня (но не вулканического!) с выносом куска расплавленной руды и выходом пузырьков воздуха из нее при застывании — отчего и возникла ячеистая структура. Аналогичную идею высказал шведский химик О.Бергман, объяснив такую структуру кипением расплава. И хотя проблема сибирского «самородного» железа так и оставалась не решенной до конца, наибольшее распространение получила «огненная» гипотеза И.Фербера об ударе молнии в железосодержащую породу (тем более, что глыба найдена была недалеко от выхода железорудной жилы!). Главное, находка Палласа положила конец сомнениям в существовании железных «самородков», и многие из них вскоре были открыты и в Европе, и в Америке. Что касается американского континента, то там эти многотонные блоки, известные индейцам с древности, все оказались железными метеоритами! Но все они были сплошными, и лишь структура сибирского оставалась уникальной.

Сотрудник (в дальнейшем директор) Венского королевско-императорского минералогического музея минералог аббат Андрей Антон Штютц впервые (1789) провел сравнительное исследование попавших в его руки трех подобных железистых масс с литературными

сведениями о четвертой, объединив их все в некую систему по внешнему сходству у одних и по сходству их историй у других. Одной из них был железный метеорит Hraschina, упавший в 1751 г. после взрыва яркого болида в Аграме (Загреб).

Новым в исследовании Штютца было то, что он объединил железо из Аграма и из Сибири — по особому признаку. Таким признаком стало присутствие на их поверхности характерных вмятин, что позволило Штютцу впервые утверждать родство находок железистых (или даже чисто железных) масс и приписать им всем общее происхождение — от удара молнии в земную железосодержащую породу. Именно эта статья Штютца [9] сыграла роль «спускового крючка» при построении метеоритной теории Хладни. (Заметим, что Хладни еще не довелось до 1794 г. самому увидеть ни одного образца Палласова железа.)

Хладни не усомнился в выводах Штютца о сходстве природы вмятин на поверхности обеих масс. Но, уже убедившись к тому времени в космической природе болидов и реальности падений после них именно насыщенных железом каменных или чисто железных масс, он по-новому взглянул и на сибирскую находку. Вывод Хладни прозвучал подлинной сенсацией: не другие произошли, как и она, от удара молнии в земную породу, а это она — многопудовая глыба, — как и три другие, упала с неба, из космоса! Этим поистине революционным переворотом концепции Штютца Хладни вносил коренные изменения в общую естественнонаучную картину мира. Такой вывод настолько поразил его самого, что он усомнился — стоит ли его публиковать. Даже Лихтенберг поначалу отнесся весьма скептически к новой теории Хладни, сказав, что его сочинение о небесных камнях произвело на него такое же впечатле-

ние, как если бы подобный камень свалился на голову ему самому. Но концепция Хладни 1794 г. (счастливым поддержанная самой природой — выпадением в 1790-е годы нескольких метеоритов и даже метеоритных дождей) взбудоражила умы. Сам Лихтенберг спустя три года оказался среди первых астрономов — сторонников новой теории.

Судьба метеоритной теории Хладни

Встреченная многими в штыки (особенно минералогами-ортодоксами) теория Хладни к началу нового века обрела уже немало сторонников, прежде всего среди астрономов (Ф.К. фон Цах, Г.В.Ольберс, П.С.Лаплас и др.) и даже минералогов (А.Г.Вернер). Она привлекла к серьезным исследованиям «метеорных камней» видных химиков, минералогов, физиков и астрономов. Сам Хладни в течение почти 30 лет, до конца жизни, развивал и обосновывал ее новыми фактами и соображениями. Он отметил и оценил мельком упомянутую Палласом версию местных «татар», которые при первом обнаружении сибирской глыбы посчитали ее за священный дар, упавший с неба. В своих бесчисленных поездках по Европе Хладни продолжал разыскивать в библиотеках, архивах, минералогических музеях, у частных лиц как новые сведения о таких явлениях, так и сами «метеорные камни». Его общительность привлекла к нему немало помощников.

Развивая свою теорию, Хладни рисовал стройную картину нового космического (вернее, атмосферно-космического!) феномена: небольшое космическое тело, врезающееся в земную атмосферу, горящее и плавящееся в ней от чудовищного разогрева при трении и электризации (картина болида), и, наконец, выпадение огарков в виде оплавленных «метеорных камней».

Опираясь на глубокие космологические и космогонические идеи И.Канта и В.Гершеля, на новые открытия в астрономии (первых астероидов), Хладни все более уверенно утверждал, что источником метеорных масс должно быть рассеянное в мировом пространстве вещество — остатки от материи, из которой сформировались некогда большие планеты (реликтовое вещество), или от последующих мировых катастроф и разрушения таких тел (идея Ольберса) или целых космических систем (по эволюционной концепции Вселенной Гершеля).

Допускал он и связь «метеорных камней» с кометами. Свои лекции он теперь дополнил рассказами о метеорных камнях. Хладни опубликовал в этой новой области свыше 50 работ, в том числе несколько каталогов сведений о падении метеоритов в разные эпохи. Откликаясь на настойчивые просьбы своих друзей — астрономов и физиков, он подытожил свои идеи в большом сочинении «Об огненных метеорах и падавших с ними массах» (число собранных им фактов выросло с 18 в 1794 г. до 180!) [10]. Здесь он впервые попытался привести в систему новую сложную область естествознания. Списки метеорных масс он продолжал пополнять до последних лет жизни. Одну из наиболее богатых своих коллекций метеоритов Хладни завещал Минералогическому музею Берлинского университета (где она и хранится по настоящее время — слух о ее гибели во время Второй мировой войны [5] не оправдался [11]).

Свое последнее путешествие Хладни предпринял в 1827 г. из Кемберга в Бреслау (тогда в Пруссии, ныне Вроцлав в Польше) через Берлин. Из Бреслау он написал 28 марта, что намерен остаться там до 14 апреля, а затем на несколько недель отправиться с лекциями во Франкфурт на Одере. Но, оста-

новившись в доме своего друга Г.Штеффенса, он был найден утром 3 апреля 1827 г. бездыханным.

Незадолго перед тем в беседе с друзьями Хладни заметил, что хотел бы покинуть этот мир быстро и неожиданно. Так и случилось: он скончался от апоплексического удара. Его многочис-

ленные друзья и почитатели, включая Гёте [12], с горечью откликнулись на внезапную кончину этого удивительного человека и исследователя-первопроходца.

Юношеская мечта Хладни — войти своими трудами в историю человечества — полностью осуществилась. Недаром ввод-

ную часть своего сочинения 1819 г. он закончил латинским изречением: «Так доброе дело (давно желаемое), наконец, возторжествовало»*. ■

* История рождения и становления научной метеоритики и роль Хладни как ее основоположника детально изложена в новой книге автора настоящего очерка [13]

Литература

1. *Ullmann D.* Ernst Florens Friedrich Chladni. Leipzig, 1983.
2. [Val.P.] *Biographie universelle ancienne et modern.* T.VIII. Paris, 1844.
3. *Chladni E.* Die Akustik. Leipzig, 1802.
4. *Брокгауз Ф.А., Ефрон И.А.* Энциклопедический словарь. Т.73. 1903. С.314.
5. *Kühne H.V.* // *Die Sterne.* 1964. Bd.40. Heft 7/8.
6. *Еремеева А.И.* // *Природа.* 2000. №8.
7. *Chladni E.* Über den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderer ihr ähnlicher Eisenmassen und über einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen. Riga; Leipzig, 1794.
8. *Pallas P.S.* Reise durch verschiedene Provinzen des Russischen Reichs. St.Petersburg, 1776. T.3. Bd.1 (Reise im östlichen Sibirien und bis in Daurien, 1772—1773).
9. *Stütz A.* // *Bergbaukunde.* Leipzig, 1790. Bd.2.
10. *Chladni E.* Über Feuer-Meteore und über die mit denselben herabgefallenen Massen. Wien, 1819.
11. *Hoppe G.* // *Chem. Erde.* 1977. Bd.36.
12. *Ebstein E.* // *Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwiss.* 1905.
13. *Еремеева А.И.* История метеоритики. Истоки. Рождение. Становление. Дубна, 2006.

Специалисты НАСА, испытывая новую аппаратуру слежения за Луной, непосредственно наблюдали взрыв на лунной поверхности. Количество выброшенной энергии было эквивалентно почти 70 кг тринитротолуола. Вспышка возникла от падения на окраину Моря дождей метеорита, возможно, входившего в метеорный поток Таурид, который в конце октября и начале ноября 2005 г. делал ночное время на Земле более светлым. Диаметр возникшего кратера около 3 м.

Sciences et Avenir. 2006. №708. P.18 (Франция).

21 761 м — таков новый мировой рекорд высоты подъема на воздушном шаре, поставленный недавно индийцем

В.Сингхана. На своем аппарате объемом 45 тыс. м³ он преодолел не только предыдущий рекорд (19 811 м), установленный в 1988 г., но и символический предел высоты для воздушных шаров в 70 тыс. футов (21 336 м).

Science et Vie. 2006. №1060. P.13 (Франция).

После 13 лет пребывания на орбите французско-американский спутник «ТОРЕХ-Poseidon» выведен из эксплуатации из-за серьезных неполадок в системе ориентации. Этот пионер спутниковой океанографии был запущен в 1992 г. с исследовательской миссией на пять лет, которая неоднократно продлевалась. Его радарные измерения позволяли изучать колебания

уровня моря, роль приливов, циркуляцию вод Мирового океана и ее воздействие на климатические процессы. С 2001 г. преемником «ТОРЕХ-Poseidon» на орбите стал «Jason»; в 2008 г. к нему должен присоединиться «Jason-2».

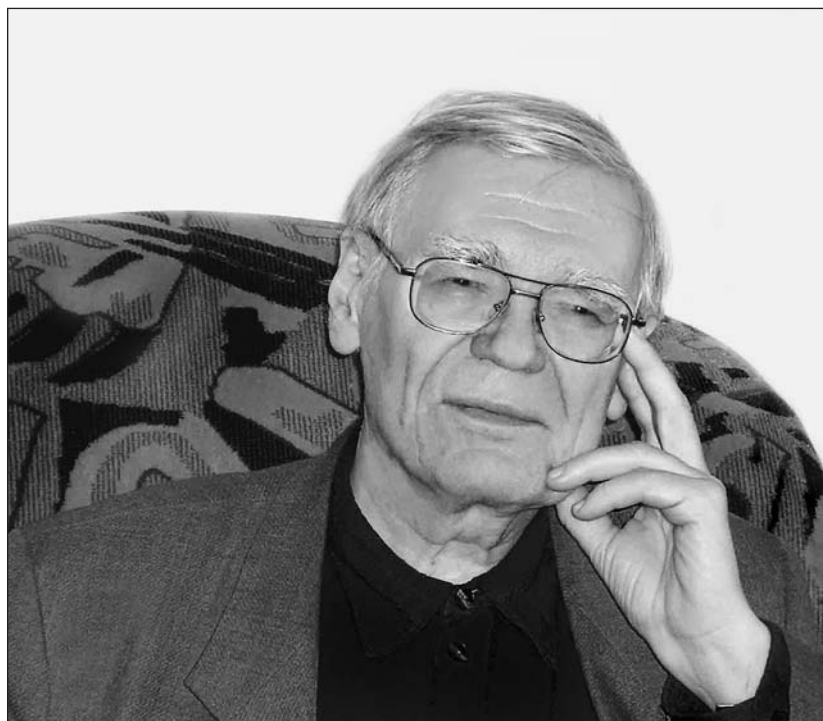
Sciences et Avenir. 2006. №708. P.22 (Франция).

Более 20 детенышей больших панд появились в 2005 г. на свет в зоопарках Китая с помощью искусственного осеменения. К такому методу пришлось прибегнуть, поскольку эти животные, особенно в неволе, отличаются очень слабым половым инстинктом.

Science et Vie. 2006. №1061. P.15 (Франция).

«ЧТОБЫ ЖИТЬ, НУЖНО ВО ЧТО-ТО ВЕРИТЬ...»

Памяти Л.И.Корочкина



16.04.1935–19.08.2006.

Так писал когда-то в своем философском трактате Леонид Иванович Корочкин, замечательный человек, выдающийся ученый и большой друг «Природы». Известно, что журнал делают единомышленники, и, как правило, это не только редакция, но и окружение людей, к которым всегда можно обратиться за помощью и советом, которые всегда поддержат, т.е. те, с которыми существует обратная связь. Таким человеком был для «Природы» Леонид Иванович, более 30 лет не только любимый автор, но и надежный консультант. Его первая большая статья «Гены и дифференцировка» появилась в нашем журнале в 1970 г., а в год его 70-летия мы опубликовали статью «Что такое стволовые клетки». Этой проблеме он в последнее время уделял большое внимание, пытаясь решить не только теоретические вопросы, но и важные практические задачи. А сколько осталось еще не написанного, не сделанного?! О том, каким был Леонид Иванович Корочкин, рассказывают его ближайшие друзья.

Вспоминания современника

Родом из Сибири

М.Е.Эляшберг,
доктор химических наук
Москва

Н евероятно тяжело терять близкого человека, даже если знаешь, что он обречен. И совсем невозможно смириться с потерей друга, когда жизнь его обрывается вдруг, случайно и нелепо. Так произошло и с дорогим для меня человеком Леонидом Ивановичем Корочкиным. Он ушел из жизни 19 августа 2006 г. За три недели до этой печальной даты его сбил мотоциклист, и врачи не смогли спасти его.

Леонид Иванович родился 16 апреля 1935 г. в г.Новокузнецке (в то время Сталинске) Кемеровской обл. в семье врача. Я познакомился с Лёней более 60 лет назад в сентябре 1945 г., когда он поступил во второй класс мужской средней школы №1 г. Кемерово. В раннем детстве он много болел, и когда появился в нашем классе, был очень худым, тихим и малоподвижным мальчиком. Он уже тогда носил очки, что в те времена было большой редкостью для ученика начальных классов. Мы с Лёней довольно быстро сблизились и подружились. Эту дружбу мы пронесли через всю жизнь.

Большое влияние на Лёню оказал его отец — Иван Григорьевич, заслуженный врач РСФСР и член Союза художни-

ков. Широко эрудированный человек, помимо своей профессии он отлично владел искусством художника-графика. Несомненно, от отца Лёня унаследовал способности к рисованию и живописи. Лёнина мама, Антонина Васильевна, имела незаконченное медицинское образование и всю свою жизнь посвятила заботе о сыне, которого обожала и всячески оберегала. Например, она не разрешала Лёне приходить ко мне домой (мы жили на четвертом этаже), опасаясь, что подъем на такую высоту может быть вреден для Лёниного сердца... Поэтому после окончания занятий мы почти каждый день встречались у Лёни дома или у него во дворе, где летом «пинали» мяч (Лёня чаще стоял на воротах, а я пытался забить ему гол), зимой катались с горки на лыжах.

Корочкины жили в квартире из трех крохотных проходных комнат в деревянном одноэтажном доме. Средняя комната служила «культурным центром»: там стоял книжный шкаф, доверенный радиоприемник СИ-1, который ловил короткие волны 16 и 25 м, и микроскоп. Эти три объекта постоянно притягивали наше внимание. В книжном шкафу были книги по медицине (среди них — не рекомендованная для детского чтения «Мужчина и женщина»...), биологии

и искусству. Прильнув ухом к приемнику, мы сквозь рев глушилки слушали запретный «Голос Америки», а по московскому радио — арии из опер и оперные постановки. С тех пор Лёня стал страстным любителем оперной музыки, особенно итальянской. Кинофильм «Любимые арии», где пели замечательные итальянские певцы Б.Джильи, Т.Гобби и Титта Руффо, мы смотрели много раз. А микроскоп в жизни Лёни сыграл решающую роль: когда отец показал ему крупные клетки арбуза, он окончательно выбрал свой жизненный путь.

В школе Лёня был круглым отличником (я не уверен, получил ли он когда-нибудь хоть одну четверку). Хотя школа была мужская, а нравы в послевоенном шахтерском Кемерово не отличались кротостью, ребята в классе не только уважали Лёню за глубокие знания, но и любили за доброту, дружелюбие и постоянную готовность помочь товарищам. Во время школьных перемен он обычно стоял у окна в коридоре, окруженный небольшой толпой одноклассников, объясняя решение заданных на дом задач или перевода с немецкого языка. Самые проворные в это время быстро списывали домашнее задание из Лёниной тетради, которую он охотно давал.



С мамой. 1937 г.

Как известно, для успешного занятия наукой нужно иметь хорошо развитое воображение. У Лёни оно проявилось очень рано. Он придумал некую страну (ее название я уже не помню) и в виде нарисованных и раскрашенных человечков изобразил ее жителей, правителей, армию (для нее он разрабатывал основы стратегии и тактики) и представителей разных видов спорта. В его игрушечной стране постоянно происходили события, которые он разыгрывал. Например, соревнования по боксу и по бегу проводились с помощью волчка, показывавшего количество набранных очков или пройденных метров.

Хотя Лёня был освобожден от уроков физкультуры, он очень любил спорт (больше всего бокс и футбол), родители выписывали для него газету «Советский спорт», которую он регулярно читал. Мы часто ходили на футбольные матчи и соревнования по боксу. Тогда Лёня считал себя большим специалистом по боксу и уверял меня, что самое главное в нем — держать пятку на три сантиметра от по-

ла... Потом мы это часто со смехом вспоминали. В раннем детстве он увлекался приключенческой литературой, но уже к седьмому-восьмому классам переключился на научную. У него не было особенной тяги к художественной литературе и поэзии, и такое отношение не изменилось и в зрелом возрасте. Тем не менее, однажды в период сдачи экзаменов в девятом классе мы с Лёней для отдыха сочинили целую юмористическую поэму о нашем однокласснике Толе Полякове, который, отвечая урок, часто потешал класс несуразными высказываниями.

В пятом и шестом классах уроки истории древнего мира у нас вел преподаватель физкультуры и военного дела А.Л.Садовец... Однако, будучи по природе прекрасным рассказчиком, он так увлек нас своим предметом, что мы с Лёней решили стать историками. Я взял в библиотеке коксохимического завода (!) три тома «Римской истории» Т.Моммзена, а Лёня где-то раздобыл институтский учебник «Истории Древнего Рима» Н.А.Машкина. С большим энтузиазмом мы изучали эти совсем не детские книги. Хотя в дальнейшем наши жизненные планы изменились, но любовь к истории сохранилась на всю жизнь.

Забавные воспоминания остались у нас об уроках конституции СССР, которую мы «проходили» в седьмом классе. Эти уроки должны были поведать нам о том, как «радостно и счастливо живут советские люди под солнцем сталинской конституции» (точно цитирую типичное клише). Чтобы наглядно показать превосходство советской демократии над буржуазной, наша учительница часто использовала такой аргумент: «Смотрите, ребята, в странах капитала полиция обычно разгоняет демонстрации трудящихся, а в нашей стране демонстрации не только не разгоняют, но на Красной площади их приветствует сам товарищ Сталин».

Для смысленных мальчишек 14—15 лет такой аргумент бил, как говорится, «наповал»... А еще от нас требовали, отвечая урок, рассказывать о трудовых подвигах стахановцев. В ответ на это мы с Лёней стали коллекционировать подвиги стахановцев со смешными фамилиями или выдумывать их. Однажды Лёня встретил меня радостным воплем: «Мишка! Я записал из последних известий, что бригада проходчиков в составе Чемоданова, Негодяева и Коняжкина победила в соцсоревновании». Мы решили, что имена героев назовет тот из нас, кого вызовут к доске первым. Первым оказался Лёня. Когда он назвал фамилии передовиков, то класс «грохнул»... Однако Лёня, внутренне давась от смеха, посмотрел на класс по системе Станиславского с выражением недоумения и идиотической серьезности... Учительница сделала вид, что ничего не поняла... Вспоминая о таких эпизодах, невольно хочется «поправить» Шекспира — весь мир театр, все люди актеры... театра абсурда.

В старших классах увлечение историей у Лёни сменилось философией. Это произошло, после того, как попала в наши руки книга Ф.И.Хасхачиха «Материя и сознание» (1952). Хотя все марксистские заклинания, необходимые для опубликования книги, там были произнесены, автору удалось показать, что философия — это не толкование цитат классиков марксизма, а очень интересная наука. И Лёня решил, что станет философом (в конечном счете, он и стал им), и начал с древних греков. Я хорошо помню, как он излагал мне суть учения Гераклита о материи, обсуждал нашумевшую «Историю западноевропейской философии» Г.Ф.Александрова. К счастью, к окончанию школы Лёня осознал, что его призвание — биология (быть честным философом в СССР было практически немислимо). И вот он уже рассказывает мне о процессах,



Друзья с детства (Лёня Корочкин и Миша Эляшберг) в 1951 г. и 2005 г. (на с.71).

происходящих в клетках, и приводит удивительные факты, почерпнутые из книги Гольдшмидта с поэтичным названием «Аскарида»...

Забавно вспомнить о наших школьных вечерах. Школа была мужская, до восьмого класса мы ходили стриженными «под машинку». Танцевать, естественно, не умели, но с восьмого класса на вечера стали приглашать девочек из 41-й женской школы. Танго и фокстрот строго запрещались как идеологически вредные и «буржуазные»... Сегодняшним школьникам в это

трудно поверить, но на наших вечерах разрешалось танцевать, в противовес буржуазным, только «феодалные» падекатр, падеграс, падепатинер и т.д. (танцы, модные при дворе Людовика XIV, почему-то не казались идеологически вредными...). И вдруг школьное начальство позволило отличникам и отличницам (только им!) наших дружественных школ обучаться бальным и «буржуазным танцам»! Мы с Лёней стали посещать эти занятия, и через какое-то время Лёня мне сообщил, что ему очень нравится от-

личница Люся Мельникова... Но Лёня, мой очень скромный и застенчивый друг, сообщил Люсе об этом только через много лет после окончания школы...

В 1954 г. Лёня окончил школу с золотой медалью и поступил на лечебный факультет Томского медицинского института, а я — на физический факультет Томского университета. Втроем с нашим одноклассником Яшей Борисевичем, студентом-медиком, мы сняли крошечную комнату, в которой и прожили все годы учебы. Став студентом, Лёня наконец-то дорвался до



Прощай, школа.



настоящей науки. Уже на первом курсе он включился в работу научного студенческого общества, где под руководством профессора А.М.Хлопкова выполнил первые исследования по гистологии. Все свободное от

учебы время он проводил в лаборатории. Об его целеустремленности говорит такой эпизод. Ему нужно было познакомиться с важной работой испанского нейробиолога С.Ф.Рамона-и-Кахаля, которую не перевели на

русский язык. Лёню это несколько не смутило — он нашел статью в сборнике работ на испанском языке и с помощью словаря перевел ее, не зная ни единого слова по-испански!

Закончил институт Лёня, как и школу, с отличием и остался в аспирантуре на кафедре гистологии. А через год он уже защитил кандидатскую диссертацию. Вспоминая студенческие годы, нельзя не отметить тот перелом в нашем сознании, который произошел после выступления Н.С.Хрущева на XX съезде (его доклад нам зачитали на закрытом комсомольском собрании). С того момента и на всю жизнь Лёня стал непримиримым противником тоталитаризма во всех его проявлениях. Носители и защитники этой идеологии вызывали у него чувство глубокого неприятия и отвращения. ■

Грани таланта

М.Б.Евгеньев,

доктор биологических наук

*Институт молекулярной биологии им.В.А.Энгельгардта РАН
Москва*

Леонид Иванович Корочкин был провинциальным интеллигентом в самом лучшем смысле этого слова. До революции во многих больших и даже маленьких городах России жила эта порода людей, которую советская власть практически вывела во время бесчисленных «чисток». Провинциальные интеллигенты во многих отношениях выгодно отличались от столичных собратьев. Во-первых, они, естественно, знали

друг друга и могли действовать сообща на благо своего города. Во-вторых, они, как правило, были патриотами не только России в целом, но и того города, который знали и любили. А по уровню провинциальные интеллигенты не уступали столичным, поскольку в царское время почти в любом городе можно было выписывать любые журналы и свободно ездить не только в Москву и Петербург, но и за границу. Об этом я впервые впервые задумался, когда читал записи выступлений разных лю-

дей на открытии Томского университета, состоявшемся еще в 1888 г. Выступавшие профессора свободно переходили на французский или немецкий, обильно цитировали источники на латыни и греческом... Вот к таким «недобитым» советской властью интеллигентам и относился профессор Леонид Иванович Корочкин.

В Новосибирск Леонид Иванович переехал в 1964 г. и начал работать в Институте цитологии и генетики СО РАН, который возглавлял выдающийся генетик

© Евгеньев М.Б., 2006



В Швеции с «великими» биологами: с К.Маркетом (вверху) и С.Райтом. Конец 60-х.

Дмитрий Константинович Беляев. Там мы и познакомились с Лёней более 30 лет назад. Сразу же между нами возникло полное взаимопонимание, и за все годы общения мы ни разу не поссорились и даже никогда не испытывали малейшего раздражения по отношению друг к другу.

Когда мы впервые встретились, я был «чистым» генетиком (скрещивал мух, глядел в микроскоп на политенные хромосомы) и мало размышлял о молекулярных механизмах действия генов. Корочкин же уже начал работать на молекулярном уровне,

в опытах использовал крыс и мышей. Он одним из первых не только в России, но и в мире занялся изоферментами, т.е. такими ферментами, которые имеют несколько изоформ, отличающихся электрофоретической подвижностью. Познакомившись с его работами на мышах, я предложил ему перейти на дрозофилу, что он с моей легкой руки и сделал. Работая с близкими видами дрозофилы группы *virilis*, а также совместно с А.Аранштамом на классическом объекте генетиков *D.melanogaster*, Лёня и его сотрудники сначала а Но-

восибирске, а потом и в Москве с успехом изучали генетические системы, контролирующие на разных уровнях работу изоферментов. Исследуя эстеразы у дрозофилы, Корочкин подробно описал не только молекулярно-генетическую систему регуляции синтеза этих белков и их роль в оплодотворении, а также вскрыл пути эволюции эстераз у разных видов дрозофилы.

С Новосибирском Лёня связывало многое. Он рано, в 32 года, защитил докторскую диссертацию (в Томском медицинском институте), возглавил успешно работающую лабораторию и обзавелся широким кругом друзей и знакомых. Мне до сих пор иногда кажется, что он зря уехал в Москву: в Новосибирске его все любили, и он мог спокойно работать вблизи от дома, где его ждала заботливая мама Антонина Васильевна и жена Люба. Жизнь, однако, распорядилась иначе.

Лёня основательно поссорился с директором Института цитологии и генетики, где он работал, и начал собираться в столицу. Ссора имела глубокие корни, разбираться в которых здесь не стоит. Участников конфликта уже нет, а рассказы об этой истории самые разные. Жизнь в Новосибирске совпала с хрущевской оттепелью, когда слегка приподняли свинцовую плиту сталинских запретов и ужасов и кое-что разрешили, особенно это касалось Академгородка. В то время там было много ярких людей, приехавших из Москвы, Ленинграда и других городов СССР, соблазнившись возможностью работать в спокойных условиях и относительной свободой. Лёня был всегда в центре социальной жизни городка, все приезжавшие либеральные или даже открыто диссидентствующие знаменитости всегда посещали хлебосольную квартиру Корочкиных и со многими из них (например, с певицей Жанной Бичевской и гроссмейстером Борисом Гулько) Лёня сохранил дружбу на всю жизнь.

После ссоры и решения Лёни об отъезде из Новосибирска Беляев был так рассержен на Корочкина, что в характеристике с места работы, необходимой для поступления на новое место, появилась фраза: «...Л.И.Корочкин по своим морально-этическим качествам не может служить примером для молодежи...» Такая характеристика была, в сущности, «волчьим билетом», и на каком-то этапе во время ее утверждения тогдашний секретарь партбюро предложил Лёне помириться с Беляевым, и тогда эти убийственные слова убрали бы. Дмитрий Константинович по-своему, несомненно, любил Лёню, был к нему привязан и после ссоры всячески препятствовал его переезду в Москву, надеясь, что Лёня «образумится» и вернется к нему в институт. Корочкин категорически отказался идти к Беляеву, а для поступления на новую работу взял характеристику в Новосибирском университете, где по совместительству был профессором и заведующим кафедрой физиологии. Много позже Лёня навестил тяжело болевшего Беляева в Москве, и они трогательно и нежно помирились, но тогда пойти к Беляеву и извиниться неизвестно за что было бы неправильно и в высшей степени оскорбительно для него.

Надо сказать, что Беляев все не был плохим человеком. Это он пригласил молодого ученого из Томска к себе в институт, дал ему лабораторию и много лет брал его с собой в различные поездки и командировки, в том числе и за границу. В последние годы Лёня часто вспоминал Беляева добрым словом и говорил, что из нынешних директоров академических институтов Беляев, если бы был жив, был бы несомненно одним из лучших, хотя бы потому, что он был ученым, а не дельцом-коммивояжером и имел понятия о чести и достоинстве. Интересно, что в своей замечательной книге «Введение в генетику развития» Корочкин



Открытие школы по генетике развития. Новосибирск, 1969 г.
Слева направо: Н.В.Тимофеев-Ресовский, Р.И.Салганик, Б.Л.Астауров, Л.И.Корочкин.

поместил портрет Д.К.Беляева рядом с портретом И.И.Шмальгаузена.

Большое участие в переезде Леонида Ивановича в Москву принял Г.П.Георгиев, который почти уговорил В.А.Энгельгардта взять Корочкина в Институт молекулярной биологии РАН (ИМБ) и организовал там его программное выступление. Однако, несмотря на блестящий доклад на Ученом совете, Корочкина на работу в ИМБ не приняли. «Приютил» его после разных мытарств Т.М.Турпаев, который после смерти Б.А.Астаурова стал директором Института биологии развития РАН (ИБР). Вряд ли физиолог Турпаев мог в полной мере оценить Корочкина. Видимо, большое значение в его решении сыграла давняя дружба Леонида Ивановича с покойным Астауровым, который его очень любил и считал одним из крупнейших ученых России. Кроме того направление работ Корочкина как нельзя лучше укладывалось в тематику института.

В ИБРе Леонид Иванович сохранял лабораторию с 1980 г. и до самой гибели, а с 1990 г. руководил еще одной лабораторией — нейрогенетики и генетики развития, которая была органи-

зована «под него» в новом Институте биологии гена РАН. Направления обеих лабораторий, находящихся в 300 метрах друг от друга, тесно переплетались, и Леонид Иванович то и дело сновал между этими двумя научными центрами, координируя работу и поддерживая сотрудников.

В 1991 г. Корочкина избрали членом-корреспондентом РАН, через три года он стал первым лауреатом премии им.Н.К.Кольцова за выдающиеся достижения в области молекулярной генетики, а в 1995 г. лауреатом Государственной премии РФ в области науки и техники.

Несмотря на широту научных интересов Корочкина, главным предметом его исследований всегда были структура и функционирование клеток нервной системы как дрозофилы, так и млекопитающих, включая человека. В последние десятилетия он сконцентрировался на нейрогенетике, которая всегда волновала и интересовала его. Его книга «Дифференцировка и старение вегетативного нейрона» вышла еще в 1965 г. в издательстве «Наука», и свою докторскую диссертацию в 1967 г. он защищал по этой монографии.

Биографическая летопись



На конференции по биологии и генетике дрозофилы. Киев. На переднем плане: В.А.Гвоздев, Б.Б.Хесин, Л.И.Корочкин, С.М.Гершензон.



В Канаде на Ниагарском водопаде с Г.П.Георгиевым.

Если в первых, еще студенческих работах Корочкин описывал морфологию нейронов и их метаболизм, то в последние десятилетия он вместе с сотруди-ками исследовал клетки нервной системы с самых разных сторон, используя весь арсенал современных методик и технологий. Конечной целью этих экспериментов была разработка методов коррекции таких нейродегенеративных заболеваний, как паркинсонизм, болезнь Альцгеймера и мышечная дистрофия. Будучи врачом по образованию, Лёня прежде всего стремился помочь больным людям, облегчить их страдания. Он вместе с сотрудниками проводил многоплановые работы для поиска методов, позволяющих пересаживать нервную ткань больным людям. Такие трансплантации уже давно применяются при терапии некоторых нейродегенеративных заболеваний, например паркинсонизма, однако главную трудность тут составляет образование «глиального рубца» и быстрое отторжение трансплантата.

Корочкин искал разные пути, позволяющие преодолеть эту

проблему. Например, в его лаборатории были получены трансгенные линии мух, в геном которых «встраивались» гены, продуцирующие различные «нейротрофические факторы», способные облегчить приживание нервной ткани в мозге реципиента. Леонид Иванович использовал также так называемые «ксенотрансплантаты», т.е. нервные клетки другого организма (например, мышшь-человек или даже дрозофила-крыса). В этих работах была открыта важная роль белков теплового шока в приживании трансплантированной нервной ткани. Так, в остроумных опытах было показано, что если в мозг крысы (где температура равна 37°C) ввести нервные клетки дрозофилы, то в них (т.е. в клетках трансплантата) образуются белки теплового шока, которые выходят из пересаженных клеток и, видимо, блокируют образование рубца и замедляют отторжение трансплантата.

В самые последние годы Корочкин начал интенсивные работы по выделению и культивированию стволовых клеток из разных организмов, чтобы в

конечном итоге использовать их в качестве трансплантатов для коррекции ряда нейродегенеративных заболеваний человека. В этой крайне конкурентной области ему и его сотрудникам удалось достигнуть больших успехов. В частности, они показали, что разрушенные нейроны можно заменять не только нейральными стволовыми клетками, но и стволовыми клетками стромы костного мозга. Свою научную работу Лёня рассматривал прежде всего как продолжение врачебного служения и страшно радовался тому, что в ряде клиник применение клеточной терапии уже привело к впечатляющим результатам в лечении больных паркинсонизмом.

Можно много и долго рассказывать о научных успехах Леонида Ивановича Корочкина, но для полноты картины необходимо вспомнить и его научно-организационную деятельность, и его личные пристрастия, увлечения и чисто человеческие черты.

Благодаря эрудиции в самых разных областях знания, а также открытости и доброжела-

тельности Корочкин был публичным человеком в самом лучшем смысле этого слова. Он часто выступал по радио и телевидению, написал много научно-популярных статей на самые разные темы, а список его трудов превышает три сотни, включая более десяти книг и монографий.

Несмотря на мягкость, Леонид Иванович был бескомпромиссен и порой даже резок, когда дело касалось лженауки, подобной «новой истории» Фоменко или «квантовой генетике» Горяева. Много времени он потратил на дискуссии с отечественными «креационистами», а в конце с грустью констатировал, что это было зря, поскольку большинство из них просто невежественные или нечестные люди. «И не оспаривай глупца...» — грустно сказал тогда Лёня. Вопрос о сотворении мира и эволюции всегда волновал его, и в нашей недавно вышедшей совместной книжке «Современное представление об эволюции и научный креационизм» мы попытались изложить наши взгляды на эту важнейшую мировоззренческую проблему.

Меня всегда поражала Лёнина работоспособность и безотказность. Помимо руководства двумя лабораториями он активно преподавал и вел научную работу в МГУ, проводил совместные исследования с Центром акушерства, гинекологии и перинатологии, Российским научным центром хирургии, Институтом неврологии РАМН, Каролинским университетом (Стокгольм, Швеция), Университетом г.Упсала (Швеция), Институтом химии и клеточной биотехнологии (Шанхай, Китай), Университетом Ла-Корунья (Испания).

Часто, заходя к Лёне, я встречал у него самых разных людей, которые всегда что-то от него хотели: нужно срочно дать отзыв на диссертацию или диплом, прочитать лекцию в Институте мозга или Ветеринарной академии, выступить по радио или на телевидении, например

«У Гордона» и т.д. Я не помню ни одного случая, чтобы Лёня отказал в подобной просьбе или высказал хотя бы легкое раздражение от порой назойливых посетителей. Он соглашался всегда, только иногда просил немного подождать или отложить встречу на какое-то время.

Пожалуй, главным после науки увлечением Лёни была живопись. Он как хороший гистолог и гистохимик прекрасно чувствовал различные оттенки при окрашивании органов и тканей и, естественно, был хорошим рисовальщиком. Писать же удивительные картины он, по его словам, начал после того, как ему в голову попал тяжелый, мокрый футбольный мяч. Творчество Лёни делится на несколько периодов, иногда по несколько месяцев он ничего не писал, а потом с новой энергией и, как правило, по-другому снова начинал рисовать, причем, как правило, ночью. В его первой крошечной московской квартире на ул.Ферсмана мастерская находилась в совмещенном туалете, где он и писал маслом, чтобы не отравлять воздух запахом растворителей... Надо сказать, что рисование Корочкина далеко вышло за рамки любительского увлечения.

Он лично знал многих «авангардных» художников, например О.Целкова и А.Зверева, устраивал в самых разных местах выставки, которые всегда привлекали массу людей.

Футбольный мяч не случайно попал в голову Лёни. Дело в том, что во время жизни в Академгородке Лёня увлекся футболом: стоял на воротах и, говорят, был совсем не плохим и весьма самоотверженным вратарем. Однажды он доиграл матч до конца с переломом руки, а в другой раз продолжал играть, когда ему выбили челюсть. Футбол и рисование были отнюдь не единственными «хобби» Лёни. Он прекрасно знал классическую музыку и одновременно историю профессионального бокса. У него была как громадная коллекция записей лучших мировых певцов, так и исключительно богатое собрание записей наиболее известных боев на профессиональном ринге в тяжелом весе. Лучшим подарком из-за границы был для него журнал «Boxing» или «Ring».

Однако, как и все люди, Лёня имел свои слабости и недостатки. Любил выступать и порой эпатировать аудиторию, что он замечательно делал на разных



Молодая лаборатория молекулярной биологии развития. Институт биологии развития им.Н.К.Кольцова. 1980 г.

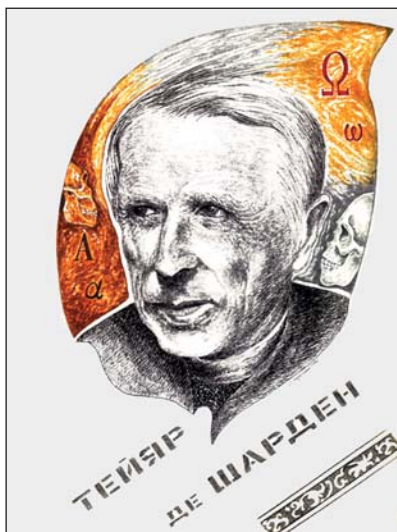
Живопись и графика Л.И.Корочкина



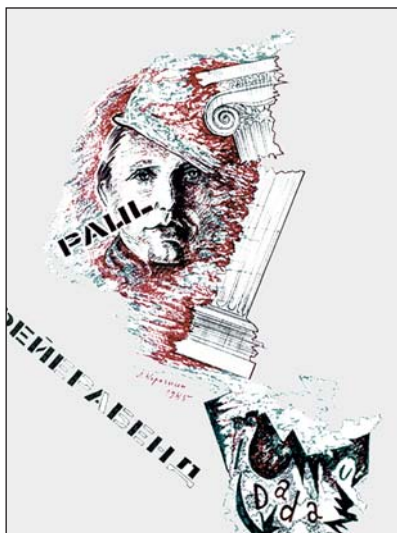
Зеленая фантазия (в глубинах мозга).



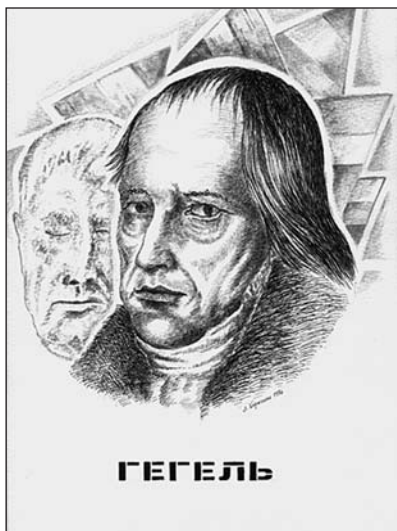
Сотворение Земли.



школах, дискутируя по поводу дарвинизма или Божественного происхождения жизни с покойным А.А.Нейфахом. Не чужд был и честолюбию — ему хотелось стать действительным членом Российской академии наук или, скажем, членом Европейской академии. Было обидно, что его обходят, а в РАН порой выбирают людей далеких от науки из чисто карьерных и конъюнктурных соображений. Лёня не скрывал своего презрения к таким людям, что, естественно, не способствовало собственному карьерному росту. Но все это было неважно, вторично в его личности. В основе безотказности, в стремлении помочь окружающим людям, несомненно, лежали христианская доброта и милосердие, которыми его так богато одарила природа.



Говоря о привязанностях Лёни, нельзя не сказать о его увлечении кошками. Эти животные у него были всегда. Обожал он не только свою домашнюю кошку, но и уличных кошек и котов, которых регулярно подкармливал, и они бежали к нему изо всех углов двора при его появлении. Как-то Лёня признался мне, что свою докторскую диссертацию он защитил, работая на кошках (он был доктором медицинских наук), и в ходе экспериментов ему пришлось убить несколько десятков этих животных. Возможно, всю оставшуюся жизнь он испытывал некий комплекс вины перед кошками...



Еще Лёне нравились красивые женщины. Он придавал женской красоте большое значение даже при приеме на работу. «Богиня!» — говорил он часто, общаясь с привлекательной женщиной. Широко известна его манера при встрече практически всем знакомым, а порой и не очень знакомым женщинам целовать ручки. К этой вполне безобидной слабости Лёни все относились терпимо, зная, что за этим кроется лишь его желание сделать женщине приятное и выразить ей свое восхищение и преклонение перед ее красотой.

Лёня был женат три раза, но до последнего брака с работавшей в соседней лаборатории аспиранткой, в который он вступил в 56 лет, у него не было детей. Его это весьма огорчало. Я помню, как примерно 30 лет назад в какой-то компании наш общий друг о.Александр Борисов (он и отпевал Лёню) в разговоре спросил у него: «Лёня! А как поживают твои девочки?» Отец Александр что-то спутал, а Лёня помрачнел и сказал: «У меня нет детей...» Я не хочу говорить здесь о каком-то предвидении, скорее всего это было просто совпадение, но от последнего брака с Галей Павловой у Лёни действительно родились две прелестные талантливые дочки, и в последние годы жизни Лёне было бы что рассказать о.Александру о своих девочках.

Со школьных лет Лёня увлекался философией и прекрасно знал ее. Он был идеалистом и никогда не скрывал этого. Лёня преклонялся перед Франциском Ассизским, П.Тейяром де Шарденом и многими другими религиозными философами и мыслителями. Он замечательно аргументировал гениальность Апостола Павла и его исключительное значение в развитии человеческого духа. С другой стороны, Лёня не был церковным человеком в полном смысле этого слова. Он, как и многие верующие интеллигенты, считал, что у него свой Бог и для общения с Ним ему не нужно посредничество Церкви. Эта некоторая, с моей точки зрения, наивность в «религиозных делах» порой приводила к забавным казусам. Помню, как однажды Лёня принес мне для прочтения свой философский трактат о «Триединстве», который он подписал Отец Леонид. Трактат я честно прочел, высказал свои замечания и соображения, а при встрече сказал: «Лёня, помилуй! Какой же ты Отец! Ты же не имеешь сана». Лёня минуту подумал, зачеркнул «Отец Леонид» и написал «Брат Леонид». Дальше спорить я не стал...



70-летие: слева — с другом детства одноклассником Гошей Федоренко, ныне профессором Академии Гнесиных; справа — с семьей: дочерьми Тоней, Сашей, женой Галей и котом Атосом.



Последняя фотография. Леонид Иванович в своем кабинете. Институт биологии гена. Апрель 2006 г.

Вспоминая Лёню, поражаешься широте его интересов и тому месту, которое он занимал в отечественной биологической, да и не только биологической науке. К сожалению, у нас в стране нет человека, который бы в такой же степени владел гистохимией, эмбриологией, нейрогенетикой, молекулярной биологией и многими другими современными наука-

ми, а к тому же сочетал свои широкие биологические знания с общим философским осмыслением окружающего мира и глубокими соображениями о месте человека в этом мире. Сегодня потерю Корочкина для отечественной и мировой науки трудно оценить; остается надеяться, что его ученики, живущие в нашей стране и за границей (12 докторов наук и 58

кандидатов) продолжат и успешно завершат начатые им исследования. Никто не заменит его родным и близким, всем, кто знал Лёню Корочкина. Без его живого присутствия, застенчивой улыбки и манеры говорить и шутить, всех тех его особенностей, которые и составляли этого немного чудачьего профессора, мир стал беднее... ■

Новости науки

Космические исследования

Тропосфера в средних широтах разогревается быстрее

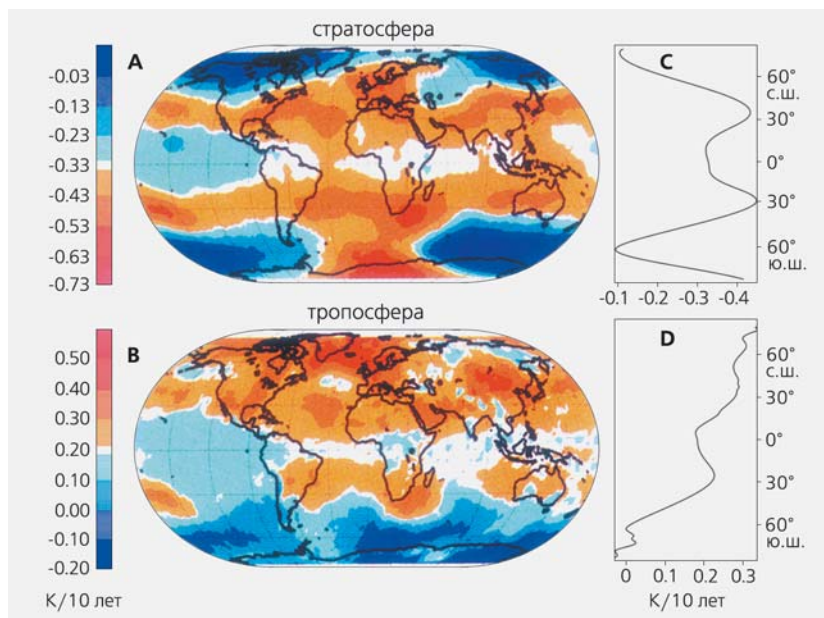
Разогрев тропосферы в средних широтах с 1979 по 2005 г. происходил быстрее, чем в экваториальной и полярных областях. За тот же период стратосфера, напротив, постоянно остывала, причем опять же в средних широтах скорость остывания была больше, чем в экваториальном и полярных широтных поясах. Об этом свидетельствуют результаты спутнико-

вых измерений, проведенных с помощью дистанционного зондирования атмосферы в микро-волновом диапазоне.

По этим данным группа американских ученых под руководством Куан Фу (Qiang Fu) составила карту, на которой скорости потепления тропосферы и охлаждения стратосферы над определенными участками земной поверхности сравниваются с глобальными средними значениями указанных трендов, принятых за эталонные. Согласно расчетам, эти противоположно направленные тенденции должны были вызвать увели-

чение высоты тропосферы, наиболее выраженное в средних широтах, с максимумами вблизи 30° широты в обоих полушариях. Но именно здесь располагаются струйные течения, которые должны были сместиться к полюсам примерно на 1° за указанный период, что означает расширение тропической конвективной ячейки Хадли на 2°. Пока что неясно, являются ли эти сдвиги частью отклика глобальной атмосферной циркуляции на повышение содержания в атмосфере парниковых газов.

Science. 2006. V.312. P.1179 (США).

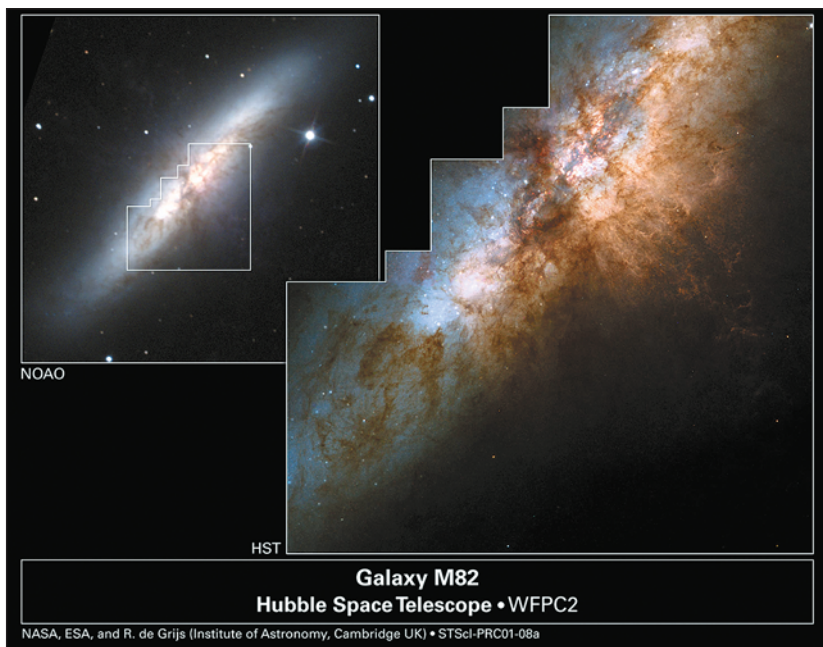


Глобальные и широтные распределения тенденций изменения температуры атмосферы за период с 1979 по 2005 г. по данным дистанционного зондирования со спутников. А и С — стратосферные тренды с глобальным средним значением -0.33 К за десятилетие; В и D — тропосферные тренды с глобальным средним значением $+0.20$ К за десятилетие. В областях, выделенных оранжевым цветом, скорости охлаждения стратосферы и разогрева тропосферы выше соответствующих глобальных средних, а в областях, окрашенных голубым и синим цветом, эти скорости ниже. Направления изменения температуры на верхнем и нижнем рисунках противоположны для облегчения сравнения между ними.

Астрофизика

Открыты спиральные рукава в M82

У близкой спиральной галактики M82 множество интересных особенностей: 20-килопарсековый «мостик», соединяющий ее с соседней галактикой M81; изогнутый звездный диск; наконец, зона вспышечного звездообразования в центральной части и бар (вытянутое звездное утолщение) длиной около 1 кпс, который виден при наблюдениях в ближнем ИК-диапазоне. В оптическом диапазоне облик галактики определяется многочисленными пылевыми волокнами, которые перемежаются с яркими областями звездообразования. С морфологической точки зрения M82 считается маломассивной ($10^{10} M_{\odot}$) неправильной галактикой, большая часть массы которой сосредоточена в центральных двух килопарсеках. Имеется много свидетельств, что в недавнем прошлом M82 испытала тесное сближение со своим массивным соседом M81 и карликовой галактикой NGC 3077. Вероят-



Центральная часть близкой соседки Млечного Пути — галактики М82. Эта система богата межзвездным веществом, пылевая составляющая которого простирается на светлом звездном фоне в виде многочисленных темных волокон.

Фото NASA, получено с помощью космического телескопа «Hubble».

Новости науки

но, именно это стало причиной обильного выпадения газа на центр системы и вспышки звездообразования.

Моделирование взаимодействующих систем показывает, что такое движение газа связано с образованием больших баров и (или) спиральных ветвей, которые сметаю газ к центру галактики. Наличие бара в М82 как будто согласуется с этой картиной, однако он довольно мал — не более 10% оптического диска. Это наводит на мысль, что реальной движущей силой вспышки звездообразования могут быть скрытые спиральные ветви, простирающиеся на весь диск. Из-за большого количества пыли в галактике их поиск приходится вести в инфракрасном диапазоне.

И.Д.Майа, Л.Карраско и А.Луна (У.Д.Мауа, L.Carrasco, A.Luna; Национальный институт астрофизики, оптики и электроники, Мексика) наблюдали галактику М82 в марте 2004 г. на 2.1-метровом телескопе Астрофизической обсерватории им.Г.Аро (Мексика). Хотя в оптическом диапазоне га-

лактика выглядит довольно беспорядочно, в инфракрасных лучах распределение яркости существенно более гладкое. По ИК-снимкам авторы построили усредненное по азимуту распределение яркости в диске галактики и вычли его из реального изображения, выявив таким образом детали диска, не обладающие осевой симметрией. Более всего на разностном изображении выделяется линейная, слегка изогнутая на концах структура длиной около 160 угловых секунд (длина бара не превышает 60''), на которую, кстати, ложатся все крупные области звездообразования. Авторы заподозрили, что она представляет собой две спиральных ветви, видимые почти с ребра.

Чтобы определить параметры этих ветвей, авторы поступили обычным способом — построили модельное распределение яркости в галактике с двухрукавной спиралью, наклонили его на 77° (угол наклона диска М82) и сравнили полученную картину с наблюдаемой. Оказалось, что реальное распределение ИК-яркости

галактики прекрасно описывается двухрукавной логарифмической спиралью с углом раствора 14°. Блеск рукавов отличается от межрукавного пространства всего лишь на 0.5^m (в диапазоне К). По-видимому, именно столь низкий контраст в сочетании с большим углом наклона и мешал обнаружить спирали ранее.

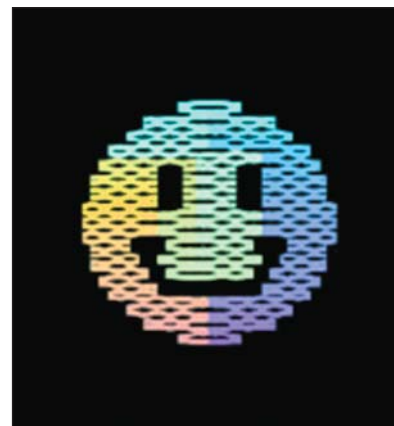
Открытие спиральной структуры в М82 заставляет по-новому взглянуть на тот тип неправильных галактик, к которому она принадлежит, — IrI II. К нему относят системы, которые обладают диском, но лишены заметной спиральной структуры, при этом отличаясь от линзовидных галактик существенно более молодым населением. Пример М82 показывает, что отсутствие спиралей может оказаться кажущимся. В этом смысле галактику М82 нужно классифицировать не как неправильную, а скорее как спиральную галактику типа SBc.

Astrophysical Journal. 2006. V.628. P.L33—L36 (США).

Физика

Эти многоликие ДНК

Американские исследователи разработали методику изготовления двумерных наноструктур произвольной формы из... ДНК — эти молекулы, как прямоугольные кубики, можно укладывать в самые



«Смайлик» из ДНК. Изображение получено с помощью атомной силовой микроскопии. Размер структуры порядка 100 нм.

причудливые узоры (например, «нарисовать» таким образом карту нашей планеты). Применение этой методики к объемным структурам не должно вызвать принципиальных затруднений. Что именно конструировать — вопрос только воображения конкретного специалиста.

Nature. 2006. V.440, P.283—284, 297—302 (Великобритания); http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/6_08/index.htm

Эпидемиология

Можно ли избавить мир от вируса полиомиелита?

Полиомиелит, известный со време египетских фараонов, до середины XX в. не вызывал особой тревоги. В 1937—1949 гг. в России ежегодно регистрировали от 400 до 800 случаев заболевания, в 1950 г. — 1 661, а в 1958 г. — 13 492 больных. В 1959 г. началась массовая иммунизация населения, для чего использовалась живая оральная полиомиелитная вакцина (ОПВ), что привело к резкому снижению заболеваемости — до 254 случаев в 1964 г.

В середине 60-х годов массовая вакцинация позволила обуздать и другие инфекции — натуральную оспу, корь, дифтерию, дородовую краснуху, столбняк новорожденных. На этом фоне Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) поставила перед государствами-членами этой организации задачу избавить мир от возбудителей названных инфекционных болезней. В 1967 г. была начата программа искоренения натуральной оспы, и спустя 10 лет зарегистрирован последний случай этого заболевания, а в 1980 г. объявлено о полной ликвидации вызывающего ее вируса.

Воодушевленные успехом, эксперты ВОЗ в 1988 г. приняли решение искоренить к 2000 г. и полиомиелит. Тактика основывалась на убеждении, что в результате вакцинации 90—95% детей иммунитет возникнет не менее чем у 80% из них, а как следствие — из циркуляции будут вы-

теснены и в конечном итоге исчезнут дикие полиовирусы. Одновременно с этим должно проводиться тщательное наблюдение за заболеваемостью детей в возрасте до 15 лет острыми вялыми параличами, с тем чтобы выявить и не пропустить ни одного случая полиомиелита, вызванного диким вирусом. Предполагалось, что вслед за прекращением заболеваемости и исчезновением диких полиовирусов одновременно и повсеместно будет прекращена вакцинация ОПВ.

Действительно, к 2001 г. число случаев паралитических заболеваний снизилось с 350 тыс. в 1988 г. до 537, а число стран, в которых они были зарегистрированы, сократилось со 125 до 10. Однако и в 2006 г. дикие полиовирусы продолжают циркулировать, вызывая заболевания в некоторых африканских странах, Индии, Пакистане, Афганистане, Индонезии. Таким образом, задача, поставленная в 1988 г., до сих пор не выполнена. Почему же с оспой эксперимент удался, а с полиомиелитом нет?

По мнению В.Б.Сейбиля и Л.П.Малышкиной, сотрудников Института полиомиелита и вирусных энцефалитов им.М.П.Чумакова РАМН, при разработке решения эксперты ВОЗ не учли коренные различия между возбудителями и вакцинами натуральной оспы и полиомиелита.

Заражение вирусом оспы неизбежно ведет к развитию заболевания, а полиомиелит зачастую протекает бессимптомно, что затрудняет наблюдение за его распространением. Вакциной от оспы служит другой вирус из того же рода, который не передается от человека к человеку. Для профилактики же полиомиелита используется вакцина, несущая живой вирус полиомиелита с искусственно сниженной нейровирулентностью. Вакцинный вирус способен передаваться от человека к человеку и даже вновь стать патогенным. Такой вирус-ревертант может вызвать заболевание, по тяжести клинических симптомов сходное с инфекцией, связанной с диким вирусом.

В последние годы появились данные о том, что средой для циркуляции вакцинных вирусов, оставшихся в популяции после прекращения вакцинации, служит взрослое население. Во-первых, длительного носительства вакцинного полиовируса не наблюдается только у привитых лиц с нормальным состоянием иммунной системы, а у людей, страдающих иммунодефицитом, оно возможно. Во-вторых, не подтвердилась гипотеза о пожизненном сохранении иммунитета после вакцинации. Некоторые люди могут выделять вирус-ревертант. Все это должно привлечь серьезное внимание экспертов ВОЗ; возможно, уже сейчас необходимо одновременно с вакцинацией новорожденных ревакцинировать всех взрослых членов семьи.

Есть и еще один аспект: наряду с полиовирусами в природе существует более 70 серотипов других энтеровирусов, многие из которых способны вызывать тяжелые полиомиелитоподобные паралитические заболевания. Сейчас в результате интерференции с вакцинными вирусами распространение энтеровирусов сведено к минимуму, а вызываемые ими эпидемические вспышки (например, в Болгарии в 1975 г.) успешно и быстро купируют с помощью ОПВ. Чего же ожидать после ее отмены, когда энтеровирусы займут освободившееся пространство, а такого оружия, как оральная полиовакцина, у органов здравоохранения не будет? По мнению авторов, у человечества сформировалась вакцинозависимость, и не следует прекращать вакцинацию после остановки циркуляции возбудителя. Более того, в последние годы все больше специалистов сомневается в возможности полной ликвидации инфекционных заболеваний вообще. Так, оказалось, что вирус оспы обезьян близок по природе к искорененному вирусу натуральной оспы, он способен вызывать заболевания у людей и передаваться от человека к человеку.

Вопросы вирусологии. 2005. №3. С.60—64 (Россия).

Искусство и наука

А.А.Комар,

доктор физико-математических наук
Физический институт им.П.Н.Лебедева РАН
Москва

Прежде чем начать рассказ о книге, хотелось бы сказать несколько слов об ее авторе. Евгений Львович Фейнберг (1912–2005) был членом Российской академии наук, хорошо известным в стране физиком-теоретиком, пользующимся уважением в среде физиков. Вся его научная жизнь была связана с Физическим институтом им.П.Н.Лебедева РАН. Он пришел в теоретический отдел ФИАН в 1938 г. Если учесть, что отдел во главе с И.Е.Таммом, созданный незадолго перед этим, в 1934 г., был очень немногочислен, то Евгений Львович стал непосредственным участником и свидетелем первых шагов его развития, создания той удивительной атмосферы увлеченности наукой и творческого подъема, исключительной взаимной благожелательности и поддержки, которые были так характерны для Тамма и стали в дальнейшем визитной карточкой отдела. Неслучайно, когда с течением времени Фейнберг стал одной из ведущих фигур теоретического отдела, он делал все для продления и укрепления традиций, заложенных академиком Таммом. После смерти Игоря Евгеньевича (1971) именно Фейнберг сменил его на посту руководителя

общейинститутского семинара в ФИАНе.

Будучи ученым широких интересов, Фейнберг занимался множеством различных проблем: изучением закономерностей распространения радиоволн около земной поверхности, ядерной физикой (в связи с так называемым «атомным проектом»), физикой космических лучей (в связи с множественным рождением элементарных частиц при высоких энергиях) и в последние годы — физикой кварк-глюонной плазмы. В научной среде Евгений Львович был известен как ученый, тонко чувствующий и понимающий тенденции развития современной ему физики. В то же время он был человеком, который никогда не замыкался на чисто физической проблематике. Он всегда живо интересовался вопросами литературы, искусства и близкими к ним эстетикой, философией, мог с готовностью вести беседы на эти темы, будучи поистине разносторонне образованным человеком.

Существовал еще и личный фактор, который безусловно оказал большое воздействие на Фейнберга: его жена, В.Д.Конен, была известным искусствоведом. В повседневной жизни это создавало для него совершенно новый, дополнительный круг знакомств и общений, которые



Е.Л.Фейнберг. ДВЕ КУЛЬТУРЫ. ИНТУИЦИЯ И ЛОГИКА В ИСКУССТВЕ И НАУКЕ.

Фрязино: Век 2, 2004. 288 с.

обогащали сферу его знаний суждениями и высказываниями, достаточно далекими от физики. Тот факт, что Фейнберг при этом всегда оставался физиком, позволяло ему по-своему оценивать и осмысливать суждения гуманистических и постепенно создавало почву для сопоставления их мировосприятия представителями естественных наук. Это сопоставление в конечном счете вылилось в написание рецензируемой книги. С чувством глубокой признательности автор посвятил ее памяти своей жены.

Желание выразить свое отношение к кругу проблем, касающихся взаимоотношения науки и искусства, возникло у Фейнберга достаточно давно. Предыдущие издания этой книги вышли в 1981 г. и 1992 г. (первое — под другим названием). Можно порадоваться тому, что Евгению Львовичу при жизни удалось внести в текст все запланированные им дополнения и исправления, и читатель сможет ознакомиться с той версией книги, которую хотел бы донести до него автор.

* * *

Название «Две культуры» возникло как результат негласной заочной полемики с книгой Ч.Сноу, имеющей то же название (1959).

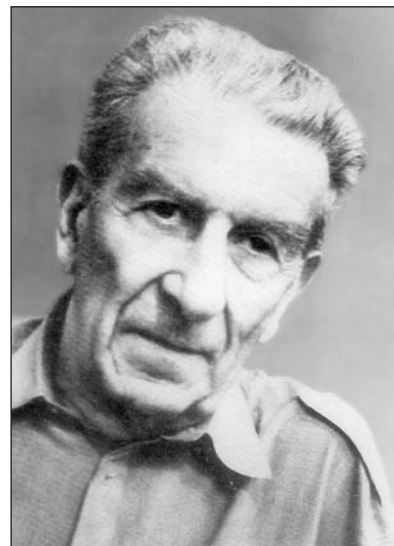
Чарльз Перси Сноу (1905—1980) — профессиональный физик, более 10 лет был советником британского правительства по науке, пэр Англии с 1957 г. Впоследствии он стал писателем. Оценивая развитие цивилизации в период после Второй мировой войны, с тревогой Сноу пишет о нарастающем доминировании в жизни общества научных, строго рациональных подходов и оттеснении на второй план гуманитарных начал, о нарастающем непонимании между представителями научной и гуманитарной интеллигенции и даже о расхождении их менталитетов (отсюда «две культуры»).

Фейнберг, признавая все большее вторжение в повсе-

дневную жизнь различных достижений науки и техники, изменяющих характер мышления людей, приводит тем не менее ряд серьезных доводов глубинного характера, доказывающих, что деятельность людей не может быть только рассудочной, рациональной, что творчество, не связанное с логикой, а более руководимое интуицией, не менее важно для развития человеческого сообщества.

Отсюда, в частности, следует вывод, что творчество, связанное с искусством, классическим родом деятельности, опирающимся на эмоции и интуицию, не менее важно для человечества, чем наука. И, следовательно, по мысли Фейнберга, заключение о постепенном уменьшении роли и влияния искусства и гуманитарных начал в обществе преждевременно. Иными словами, вывод Фейнберга противоположен выводу Сноу. Не случайно возникает подзаголовок «интуиция и логика в искусстве и науке». Он задает то направление, в котором будет вестись обсуждение.

Книга «Две культуры» — полемическая, она построена как солидный научный трактат, но при всей своей внешней серьезности лишена научной сухости. Автор широко иллюстрирует свои соображения примерами, заимствованными из литературы, живописи, музыки. Нередко цитируются и яркие поэтические строчки. В процессе обсуждения различных тем на страницах книги часто приводятся высказывания выдающихся представителей искусства и литературы разных эпох, а там, где это касается научных и философских проблем, — известных ученых и философов. Фейнберг очень щедр на подобные цитирования, и это придает дополнительную живость изложению. Я не говорю уже о том, что читатель в процессе знакомства с книгой сможет насладиться безукоризненным литературным слогом автора.



Е.Л.Фейнберг.

Полагаю, ни у кого из читателей не вызовет затруднения ответ на вопрос: «Для чего людям нужна наука?» В то же время ответ на схожий вопрос «Для чего нужно искусство?» далеко не столь очевиден. Именно с этого вопроса автор начинает первую главу своей книги. Вокруг обсуждения этой темы и более широкой темы о роли интуиции в человеческом сознании строится дальнейший разговор с читателем. Известно, что искусство сопровождает людей с глубокой древности (наскальные рисунки, создание примитивных человеческих фигурок). С развитием человеческого общества формы искусства множатся и усложняются (живопись, скульптура, архитектура, литература, музыка, театр и т.п.). Значит, по какой-то причине искусство всегда оказывалось жизненно важным для людей. Анализируя эту тему, Фейнберг выделяет ряд суждений, отмеченных предшествующими исследователями. По мнению разных авторов, искусство необходимо людям, потому что: вызывает удовольствие (от рассматривания картины, скульптуры, прослушивания музыки), опосредованно помогает познанию мира (театр, художественная литература), выполня-

Рассуждаем

ет воспитательную функцию (учит нравственности), осуществляет коммуникативную функцию между людьми (на чем особенно настаивал Л.Н.Толстой) и выполняет ряд других задач. Фейнберга подобные формулировки не вполне удовлетворяют, ибо он, признавая значимость всего перечисленного, считает (вслед за Г.Гегелем), что отмеченные пункты «не определяют понятия искусства». Поэтому для раскрытия значимости искусства он стремится найти более общую, глубинную формулировку, — определение, обнимающее все виды искусства. Определение, даваемое автором: искусство — это синтетический, вневсегологичный, интуитивный способ восприятия мира, основанный на эмоциональных ощущениях. Существует близкое высказывание Гегеля, цитируемое в книге: «Искусство имеет своей задачей раскрывать истину в чувственной форме...».

То, что искусство — это способ восприятия мира, вряд ли кто будет оспаривать. Главная проблема здесь — справляется ли искусство с задачей отыскания истины, общей для всех или хотя бы для большинства людей? Наука с этой задачей справляется. Фейнберг указывает путь, следуя которому, как он полагает, можно прийти к положительному ответу. Решающее значение, по его мнению, имеют здесь рассуждения И.Канта. Интуитивное суждение, как следует из анализа Канта, истинно, если оно вызывает чувство высокого удовольствия или удовлетворения у лица, его ощущающего. Это именно то, что наблюдается у большинства людей (зрителей, слушателей, читателей) при знакомстве с высокими образцами искусства. Обычно это принято называть массовым восхищением, восторгом. Простого объяснения этому явлению не существует. Здесь Фейнберг делает интересную сноску-примечание, в котором, ссылаясь на мнение психофизиологов, указывает, что очень

трудно отделить в процессе выработки человеком мнения или суждения те компоненты, которые приходят от сознания, от тех, которые приходят от подсознания, а, может быть, и от тех, которые приходят от их комбинации, которую он называет «сверхсознанием».

Принимая кантовский подход, Евгений Львович приходит к выводу, что для больших общностей людей, связанных общей историей, культурой и традициями, восприятие произведений искусства приводит к близкому или тождественному впечатлению. Это означает, что через общение с искусством на эмоциональном, подсознательном уровне возможна передача многим людям того достаточно сложного информационного послания, которое было заложено в него автором творческого произведения (особенно яркий пример — музыка). Иными словами, вполне возможно адекватное восприятие мира на интуитивном уровне, причем, быть может, в формах гораздо более богатых красками, чем в рамках логически выверенного суждения. По этому поводу в другом месте автор употребляет термин «целостное восприятие действительности».

Завершая обсуждение роли искусства в жизни человеческого общества, Фейнберг отмечает еще одну функцию искусства, которую считает, возможно, самой главной: «искусство... вносит гармонию во внутреннюю жизнь человека и его мироощущение». Чуть детальнее он пишет: «Интуитивное восприятие... если оно воспринимается как раскрывающее истину, неизбежно связано с вызываемым им чувством удовлетворения: возникает ощущение гармонии миропорядка».

Не менее пристально автор анализирует в своей книге научный метод познания мира. Что касается функции логики в науке — тут все понятно. Поэтому главный акцент при обсуждении делается на выяснении ро-

ли интуиции в научном творчестве. Евгений Львович различает здесь два типа интуиции: интуиция-догадка и интуиция-суждение. Интуиция-догадка (как поясняет автор) — это лишь другие слова для обозначения научной гипотезы. Научные гипотезы очень часто используются в научной работе. Их возникновение есть действительно плод интуиции, результат сложной игры сознания и подсознания. Но правильность гипотезы легко проверяется экспериментом. Здесь нет задачи «раскрывать истину в чувственной форме».

Гораздо сложнее дело обстоит с интуицией-суждением. Интуиция-суждение, подчеркивает Фейнберг, как правило, имеет отношение к аксиоматическому базису науки. В первую очередь это касается физики и математики. В качестве примера он приводит аксиомы геометрии Евклида, предположение о существовании абсолютного пространства и времени в механике Ньютона и др. В роли интуиции-суждения здесь выступает ограниченное число внутренне непротиворечивых допущений, которые находятся в согласии с интуитивными представлениями об устройстве мира. Эти допущения нельзя логически обосновать или проверить, по крайней мере в момент их принятия, поскольку в этот момент интуитивно они кажутся очевидными.

Тем не менее ситуация в науке все же несколько иная, чем в искусстве. По мере накопления данных об окружающем мире аксиоматический базис может меняться. Так (замечает автор), представление об абсолютном пространстве и времени в механике И.Ньютона сменилось на представление о четырехмерном пространстве Г.Минковского в специальной теории относительности А.Эйнштейна, аксиомы геометрии Евклида заменяются другими положениями в неевклидовых (римановых) геометриях и т.д. Но все равно

исходные положения в данной области науки на какое-то время, подчас очень значительное, остаются плодом внелогического суждения, принимаемого всеми без особых сомнений.

В связи с проблемами аксиоматического базиса науки, в частности математики, где, казалось бы, позиции аксиоматического базиса особенно прочны, автор в нескольких местах книги упоминает фамилию австрийского математика К.Гёделя (1906—1978). Гёдель еще в 1934 г. доказал теорему, которую не вполне точно можно назвать теоремой о неполноте системы аксиом. Практически это означает, что для математических конструкций типа арифметики нельзя обойтись фиксированным числом аксиом. В процессе рассуждений возникают ситуации, когда провести убедительное доказательство невозможно и приходится вводить дополнительные аксиомы. А каждая аксиома — это акт подсознательного творчества, т.е. приходится прибегать к интуиции-суждению. В этой связи Фейнберг цитирует два высказывания из книги современного американского математика и историка М.Клайна «Утрата определенности»: «Математика такая же эмпирическая наука, как ньютоновская механика» и «Математические понятия и аксиомы берут свое начало из наблюдений реального мира».

Следующий пункт, где Евгений Львович усматривает интуитивное начало в строгом логическом здании наук, — это экспериментальная проверка изучаемых научных закономерностей. Возникает вопрос: как долго (количественно, как точно) нужно проверять подмеченную закономерность? Иными словами, возникает вопрос о достаточности опытной проверки. Ответ на этот вопрос не может быть получен логически. Обычно экспериментатор отвечает на этот вопрос, опираясь на свое чутье: достаточно или недостаточно, т.е. опять возникает

случай интуиции-суждения. Бывает, экспериментатор угадывает, бывает — что нет. В истории физики прошлого столетия было немало случаев, когда дополнительная, более точная проверка позволяла вскрыть новые факты и закономерности — например, обнаружение удивительного факта несимметрии правого и левого в процессах слабого взаимодействия элементарных частиц. Существует много других примеров. В этом пункте важно осознать, на что и обращает внимание Евгений Львович, что точная наука (и в частности физика) в вопросе о достаточности опытной проверки не может обойтись без привлечения интуитивного суждения.

Завершая обсуждение этого круга вопросов, Фейнберг делает вывод: «признание фундаментальной роли интуитивного суждения наравне с логикой представляет собой коренное изменение методологии математики и физики, произошедшее на протяжении XX века».

Утверждение значимости интуитивного суждения в науке и искусстве и провозглашение доверия к такому суждению неизбежно затрагивает очень тонкий вопрос о вере вообще и религиозных верованиях, о том, как устроен окружающий нас мир и что лежит в его основе. Чему можно и в какой степени доверять, а что нужно проверять на опыте? Автор, естественно, не мог уйти от этого вопроса. Обсуждению этой темы посвящены целых две главы книги: «Интуитивное суждение и вера» и «Интуитивное суждение и “основной вопрос философии”». При чтении этих глав читатель найдет много для себя интересного: рассуждения о роли религии в жизни человеческого общества и о связи религии и искусства, информацию об отношении к религии ученых разных эпох (прошлых — И.Ньютона, П.Лапласа, Б.Паскаля, недавних — А.Эйнштейна, А.Д.Сахарова). Особенно подробно обсуж-

даются взгляды Эйнштейна. При этом Фейнберг прибегает к обильному цитированию из различных работ. Читатель, который знаком только с научной стороной творчества Эйнштейна, получит истинное удовольствие от знакомства с его тонко выверенными высказываниями. «Основой всей научной работы служит убеждение, что мир представляет собой упорядоченную и познаваемую сущность. Мое религиозное чувство — это почтительное восхищение тем порядком, который царит в небольшой части реальности, доступной нашему слабому разуму», — так изящно Эйнштейн формулирует свое материалистическое видение мира.

Что касается личной точки зрения автора на внешний мир с позиции отстаиваемой им в книге неразрывной связи логики и интуиции в научном творчестве, то это безусловно материалистический взгляд, обогащенный элементами диалектики. Об этом достаточно ясно сказано в седьмой главе, в которой выясняется отношение разных подходов к познанию мира к «основному вопросу философии». Как полагает Евгений Львович, его позиция по многим пунктам близка к обычно формулируемой позиции диалектического материализма.

Общий вывод автора — логика и интуиция вполне равнозначные способы познания окружающего мира. Интуиция особенно важна в гуманитарных областях жизни, в социальной сфере, где господствуют трудно учитываемые эмоциональные факторы. В науке логические подходы и доводы, конечно, доминируют. Но быстрое развитие самых разных областей наук с необходимостью повышает в них роль эвристического начала, т.е. все той же интуиции. Полнота познания мира, по мнению Фейнберга, может быть обеспечена лишь творческим сочетанием логики и интуиции во всех сферах человеческой деятельности. ■

Охрана природы

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ. ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ И ПРОБЛЕМЫ РОССИИ. Отв. ред. Н.Ф.Глазовский. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2005. 615 с.

Переход к устойчивому развитию сельского хозяйства и сельских территорий (САРД) основан на интегрированном социо-эколого-экономическом подходе к развитию агропромышленного комплекса. Цель — повысить уровень жизни села, увеличить производство экологически безопасной продукции и улучшить состояние окружающей среды. Выявляется взаимосвязь масштабов, включая «глокализацию» — переплетение глобальных процессов и локальных проблем развития. Определяются принципы и методы перехода к САРД путем интегрального использования природных, технических, экономических, социальных, организационно-хозяйственных и информационных ресурсов.

На примере ряда стран (США, Канады, Германии, Китая, Индии) анализируется роль государства, местного самоуправления, сети научно-исследовательских учреждений и других структур при переходе к САРД.

Основную часть работы составляют исследования современного кризисного состояния сельского хозяйства и территорий России, возможностей и ограничений перехода к САРД в стране на разных уровнях: общегосударственном, крупных регионов и субъектов РФ. Заключительный раздел книги — это синтез результатов проведенного исследования, краткая характеристика разносторонних мер, реализация которых необходима для

выхода из кризиса сельского хозяйства страны.

Антропология

АНТРОПОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ. Отв. ред. Т.И.Алексеева. М.: Научный мир, 2005. 328 с.

В книге опубликованы результаты 16-летней работы экспедиций НИИ и Музея антропологии МГУ на Алтае-Саянском нагорье и антропологического отряда Комплексной советско-монгольской историко-культурной экспедиции в Монголии. Освещены вопросы этногенеза, процессы роста, развития и старения, а также эффекты приспособления популяций к условиям высокогорья, пустыни, тайги и степи на уровне морфофизиологических особенностей организма.

В задачу исследования не входило подробное освещение проблем расогенеза в центрально-азиатском регионе, поскольку основная его цель — изучить процесс приспособления человеческих популяций к среде обитания. Большой интерес здесь представляют антропологические данные о формировании изучаемого населения и о сложении его физического облика, так как позволяют установить, какова мера сходства, и, следовательно, общности происхождения отдельных народов Центральной Азии.

Монография освещает следующие темы: антропологические черты коренного населения Центральной Азии; молекулярно-генетические характеристики генофонда; особенности строения тела и обмена веществ; процессы роста, развития и старения; морфофизиологические особенности в связи с климатическими и геохимическими факторами; антропоэкологические связи в различных экологических

нишах центрально-азиатского региона.

История науки

Б.М.Медников. ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ. ОРГАНИЗМ, ГЕНОМ, ЯЗЫК. Сост.: К.А.Савваитова, М.Б.Медникова. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2005. 452 с.

Название этой книги последовательно отражает различные аспекты научных интересов ее автора, Бориса Михайловича Медникова (1932—2001) — биолога, ученого-энциклопедиста, теоретика и популяризатора науки.

Он начинал свою научную деятельность как гидробиолог и ихтиолог, позднее преподавал на кафедре зоологии беспозвоночных в МГУ. Затем его интересы сместились в область молекулярной биологии и теории эволюции. Он был одним из основателей нового направления в систематике — гено-систематики, создал систему аксиом биологии, исследовал проблемы эволюции генома, микроэволюции и видообразования на молекулярном уровне. Исследование эволюции повторяющихся последовательностей ДНК привели Медникова к изучению проблемы происхождения ретровирусов, в том числе вируса СПИДа.

Работы Медникова интересны широкому кругу исследователей, но они рассредоточены в различных специализированных журналах или научно-популярных изданиях. В этом сборнике собраны работы разных лет, рассматривающие как частные, так и общие вопросы биологии, лежащие в основе сохранения биоразнообразия. Кроме того, публикуются главы оставшейся незавершенной монографии, посвященной поиску аналогий в механизмах биологической и культурной эволюции.

Тематический указатель журнала «Природа» за 2006 год

ФИЛОСОФИЯ И ИСТОРИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ. ОРГАНИЗАЦИЯ НАУКИ

200 лет кругосветки Крузенштерна*. **Кеерус Л.** 11 83
Беспокойный гений Эрнста Хладни.

К 250-летию со дня рождения. **Еремеева А.И.** 12 58

Возвращение на Мак-Кинли. **Шпаро Д.И.** 12 46

ДИАЛОГ О СИСТЕМАТИКЕ

Надежда Мандельштам и Любищев.
Голубовский М.Д. 6 67

Возможна ли общая систематика
для разнородных явлений?

Логические основания. **Мандельштам Н.Я.** 6 69

По поводу записки Н.Я.Мандельштам.

Любищев А.А. 6 72

Комментарий к диалогу. **Голубовский М.Д.** 6 77

Западный Копетдаг. К 90-летию первой
ботанико-ресурсоведческой экспедиции

Н.И.Вавилова. **Гладышев А.И.** 8 68

ЗВЕЗДЫ, КОТОРЫЕ ДЫШАТ

К 90-летию С.А.Жевакина
Разгадавший тайну цефеид.

Куликов Ю.Ю., Троицкий Р.В. 8 14

Пульсации звезд. **Фадеев Ю.А.** 8 16

Современные наблюдения классических цефеид.

Бердников Л.Н., Расторгуев А.С., Самусь Н.Н. 8 23

К 100-ЛЕТИЮ ЭТТОРЕ МАЙОРАНЫ¹

Квантовая механика судьбы. **Заславский О.Б.** 11 56

Как выявить «горячие» темы в физике?*

Расцветаева Р.К. 11 76

Как открыть новый минерал. **Расцветаева Р.К.** 5 31

ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 2005 ГОДА

По физике — Р.Глаубер, Дж.Холл, Т.Хэнш.

Манько В.И., Губин М.А., Колачевский Н.Н. 1 66

По химии — И.Шовен, Р.Граббс и Р.Шрок.

Левицкий М.М. 1 71

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

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

¹ Вступительное слово С.С.Герштейна.

По физиологии или медицине —

Б.Маршалл и Р.Уоррен. **Жуховицкий В.Г.** 1 74

«МАТЕМАТИКА ДЛЯ МЕНЯ —
ЭТО КЛЮЧ К МИРОВОЗЗРЕНИЮ» 1 47

Студенческая жизнь П.А.Флоренского.

Флоренский П.В. 1 48

Фрагмент переписки студенческих лет

Научный путь В.А.Белицера. К 100-летию со дня

рождения. **Виноградова Р.П.** 9 71

НЕПРЕВЗОЙДЕННЫЕ ЗАСЛУГИ

С.Н.ВИНОГРАДСКОГО И ЕГО ИСПОВЕДЬ

К 150-летию со дня рождения 7 59

Хроника жизни. **Голиков Ю.П.** 7 60

От публикатора «Летописи...». **Савина Г.А.** 7 63

Ответ на некоторые вопросы. **Заварзин Г.А.** 7 64

Отъезд. Из «Летописи нашей жизни»².

Виноградский С.Н. 7 65

Несколько слов в заключение. **Заварзин Г.А.** 7 70

О ЗВЕЗДАХ И ГАЛАКТИКАХ

Государственному астрономическому институту
им.П.К.Штернберга — 175 лет. **Еремеева А.И.** 10 3

Внутренняя симметрия Вселенной. **Чернин А.Д.** 10 10

Демография черных дыр. **Черепашук А.М.** 10 16

Гамма-всплески, русская деревня и первый

робот-телескоп в России. **Липунов В.М.** 10 26

Острова в Южном океане³. **Ман И.А.** 2 69

3 69

От Гиббса до Пригожина.

Тойка А.М., Третьяков Ю.Д. 2 60

Отцы водородной бомбы. К 85-летию

Андрея Дмитриевича Сахарова. **Горелик Г.Е.** 5 3

ПОЗНАВАЯ МИКРО- И МАКРОМИР

Интеграция науки и образования.

Романовский Е.А. 2 3

Всем миром — к тайнам микромира.

Сотрудничество в области физики

высоких энергий. **Саврин В.И.** 2 7

² Публикация и комментарии Г.А.Савиной.

³ Материал подготовлен М.Ю.Зубревой.

Посланники космоса: дальнего или ближнего? Космические лучи ультравысокой энергии. Хренов Б.А., Панасюк М.И.	2	17	Всем миром — к тайнам микромира. Сотрудничество в области физики высоких энергий. Саврин В.И.	2	7
«ПРЕЛЕСТЬ НАУКИ В ТОМ, ЧТО ОНА, КАК ИСКУССТВО, НЕИЩЕРПАЕМА И БЕСКОНЕЧНА»			Посланники космоса: дальнего или ближнего? Космические лучи ультравысокой энергии. Хренов Б.А., Панасюк М.И.	2	17
К 60-летию Н.Ф.Глазовского	8	57	Портрет Земли из космоса. Глобальное радиотепловое поле. Астафьева Н.М., Раев М.Д., Шарков Е.А.	9	17
Феномен Глазовского. Тышков А.А.	8	58	Предстоящий солнечный максимум будет очень мощным*	10	79
Есть ли будущее у человечества? Глазовский Н.Ф.	8	63	Продлен проект SOHO*	11	74
Капитан яхты «Марианна». Глазовская Л.И.	8	65	Пылевой диск вокруг нейтронной звезды*	10	80
Пресные и минеральные воды Сарепты. Широкова В.А.	8	31	Размер Туманности Андромеды недооценен в три раза*	1	81
ПУТЬ ПО ЛЕСТНИЦЕ, ВЕДУЩЕЙ ВВЕРХ			Сверхбыстрая камера для телескопа*. Сурдин В.Г.	4	79
К 100-летию со дня рождения А.Н.Белозерского			Сверхскопление молодых звезд в Млечном Пути*. Сурдин В.Г.	1	79
Ступени. Белозерская Т.А.	4	61	Странности в распределении галактик*. Вибе Д.З.	11	74
Ученый — настоящий во всех отношениях. Абелев Г.И.	4	65	Субмиллиметровый телескоп АРЕХ*. Сурдин В.Г.	3	80
Рождение «университетского чуда». Скулачев В.П.	4	71	Считаем звезды. Звездные гало спиральных галактик. Тихонов Н.А.	6	14
Рост инвестиций в нанотехнологии* Северо-Западному проходу 100 лет**.	9	81	Тропосфера в средних широтах разогревается быстрее*	12	79
Виноградов В.Н.	9	43	У коричневых карликов образуются планеты*	5	81
Три «Снеллиуса» голландского флота**	4	31	У Фомальгаута есть планета*	4	80
Человек, отдавший жизнь Камчатке. К 100-летию со дня рождения Б.И.Пийпа. Пийп В.Б.	11	65	Цефеиды погружены в газовые коконы*	7	81
			Черная дыра в Туманности Андромеды окружена звездами*	3	79
			Экспедиция за веществом кометы. Сурдин В.Г.	9	54
АСТРОНОМИЯ. АСТРОФИЗИКА. КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ			ПЛАНЕТОЛОГИЯ. МЕТЕОРИТИКА. ФИЗИКА И ХИМИЯ АТМОСФЕРЫ. КОСМОХИМИЯ		
Впервые сделан снимок экзопланеты?* Вибе Д.З.	2	81	Аэрозоль и сажа над Белым морем*	8	80
Второе рождение объекта Сакураи*	2	81	Вода на Энцеладе, спутнике Сатурна*. Сурдин В.Г.	7	79
Еще один гамма-всплеск совпал со сверхновой*. Вибе Д.З.	6	81	Двойной вихрь на южном полюсе Венеры*	11	75
ЗВЕЗДЫ, КОТОРЫЕ ДЫШАТ			«Десятая планета» лишь немного больше Плутона*	8	80
К 90-летию С.А.Жевакина			Объект крупнее Плутона: планета или астероид?*	3	81
Разгадавший тайну цефеид. Куликов Ю.Ю., Троицкий Р.В.	8	14	Вибе Д.З.	11	75
Пulsации звезд. Фадеев Ю.А.	8	16	Озера на Титане*	10	80
Современные наблюдения классических цефеид. Бердников Л.Н., Расторгуев А.С., Самусь Н.Н.	8	23	«Полосатые» дюны Титана*	10	80
История галактик: от карликов к гигантам*. Сурдин В.Г.	8	79	Пояс астероидов или остатки кометы?*	4	81
Как выбросить миллион звезд?*	6	82	Уран окружен синим кольцом*	9	80
Квазар без галактики*	4	79	МАТЕМАТИКА. ИНФОРМАТИКА		
Кипятильник в холодильнике. Сверхмассивные черные дыры в скоплениях галактик. Чуразов Е.М.	3	25	Автоматизированная система «Ильменский заповедник — музей в природе». Вализер П.М., Губко Г.В., Дубинина Е.В., Новокрещенова Л.Б.	7	31
Новые спутники Плутона**	12	19	Беспокойная жизнь лавовых куполов. Мельник О.Э., Бармин А.А., Спаркс С.	3	46
О ЗВЕЗДАХ И ГАЛАКТИКАХ			ФИЗИКА. ТЕХНИКА. ЭНЕРГЕТИКА		
Государственному астрономическому институту им.П.К.Штернберга — 175 лет. Еремеева А.И.	10	3	В подражание геккону*	11	77
Внутренняя симметрия Вселенной. Чернин А.Д.	10	10	Ветер по заказу. Новые возможности ветровой энергетики. Негодаев М.А.	4	41
Демография черных дыр. Черепашук А.М.	10	16	Вирусы на службе у нанотехнологий*	10	82
Гамма-всплески, русская деревня и первый робот-телескоп в России. Липунов В.М.	10	26	Газоразрядная лампа с катодом из нанотрубок*	10	83
Открыта идеальная экзопланета*	3	79	Гигабиты из нанотрубок*	4	82
Открыты спиральные рукава в M82*	12	79	Как выявить «горячие» темы в физике?*	11	76
Подсчитаны сверхновые в нашей Галактике*	5	81	Квантовая криптография*	9	81
ПОЗНАВАЯ МИКРО- И МАКРОМИР					
Интеграция науки и образования. Романовский Е.А.	2	3			

Кремниевые наноизлучатели — гонка продолжается*	9	81	От Гиббса до Пригожина.		
Кремний: вторая жизнь?*	10	82	Тойка А.М., Третьяков Ю.Д.	2	60
Лед в нанотрубках при комнатной температуре*	5	82	Пряжа из многослойных нанотрубок*	2	82
Магические кластеры и другие атомные конструкции.			Расцвели углеродные наноцветы*	1	82
Самоорганизация упорядоченных наноструктур на поверхности кремния. Зотов А.В., Саранин А.А.	4	11	Сигареты с нанотрубным фильтром*	10	81
Молекула-мотор*	11	77	«Умные» нанопокртия*	6	83
Наблюдение осцилляций V_s -мезонов*. Киселев В.В.	8	81	БИОЛОГИЯ		
Нанокompозитные структуры на пути в наноэлектронику. Золотухин И.В., Калинин Ю.Е., Ситников А.В.	1	11	Биосовместимость нанотрубок с живыми организмами*	8	82
Настольный синхротрон*	3	82	Взрослые самки более требовательны*. Опаев А.С.	5	85
Новый материал для «умных» микросенсоров*	3	82	Естественный отбор усиливает изоляцию видов*.		
Новый тип нестабильных атомных ядер — η -мезонные ядра. Сокол Г.А., Комар А.А.	6	34	Петров П.Н.	3	83
Новый тип судна-буя*	1	85	Загадочное образование метана растениями*.		
Перегретый лед*	10	81	Гиляров А.М.	5	84
Повышенная пластичность углеродных нанотрубок*	11	76	Загрязнение окраинных морей на северо-западе Тихого океана*	10	84
ПОЗНАВАЯ МИКРО- И МАКРОМИР			Зачем поют птицы?* Опаев А.С.	4	86
Интеграция науки и образования.			История из жизни замечательных червей.		
Романовский Е.А.	2	3	Шейман И.М., Сахарова Н.Ю.	9	10
Всем миром — к тайнам микромира.			Как зимуют муравьи на Колыме? Берман Д.И.	3	34
Сотрудничество в области физики высоких энергий. Саврин В.И.	2	7	Материнское воспитание влияет на половое поведение птиц*. Опаев А.С.	3	84
Посланники космоса: дальнего или ближнего?			На пути к филогенезу. Павлинов И.Я.	4	32
Космические лучи ультравысокой энергии.			Новое окно в эпигенетику. Хлебович В.В.	7	22
Хренов Б.А., Панасюк М.И.	2	17	Новые зимовки птиц — путь к видообразованию?*		
Прозрачный листовый материал из углеродных нанотрубок*	5	82	Гиляров А.М.	4	83
Проникновение в подледниковые озера: планы и реальность. Талалай П.Г.	9	45	Пауки-скакунчики — двойное исключение*.	2	85
Рост инвестиций в нанотехнологии*	9	81	Марусик Ю.М.	4	85
Русские «левши» в новых зарубежных технологиях*	4	81	Пиратское оплодотворение*. Семенов Д.В.		
Сверхбыстрая камера для телескопа*. Сурдин В.Г.	4	79	Преимущества полового размножения*.		
Сверхпроводящий графит*	9	80	Еськова А.К.	1	83
Светодиодному освещению — зеленая улица*	7	82	«Рай для биологов»**	11	64
Светодиоды живут долго и «умирают» медленно*	11	76	Слоны — подражатели звукам**	5	30
Синхротронное излучение «читает» античные надписи**	5	47	Страна Мифландия. Индивидуальное развитие мифозоев. Иванова-Казас О.М.	4	44
Спиновый транзистор против обычного*	11	78	Терморегуляция и окраска чешуйчатых пресмыкающихся*. Семенов Д.В.	10	83
Статическое электричество и полупроводниковая электроника. Горлов М.И.	12	27	Хемокоммуникация у насекомых*. Петров П.Н.	1	79
Субмиллиметровый телескоп АРЕХ*. Сурдин В.Г.	3	80	Эволюция растительнойности у ящериц*.		
Терагерцовый лазер на основе нанотрубок*	7	81	Семенов Д.В.	11	78
Трагическая и счастливая жизнь Эрнста Изинга.			Эта загадочная норма.		
Мейлихов Е.З.	7	13	Авдейчик О.С., Богданов Н.Н.	5	54
«Умные» нанопокртия*	6	83	БОТАНИКА. ЗООЛОГИЯ. МИКРОБИОЛОГИЯ		
Эти многоликие ДНК*	12	80	Биологический вид открыт на рынке**	9	44
Эффект Ребиндера в полимерах. Волынский А.Л.	11	11	«Взрывное» цветение**	3	78
ХИМИЯ			Вот это зуб!*	4	85
«Бумага» из двухслойных нанотрубок*	6	83	Вымирание моа**	7	30
Вредны ли углеродные нанотрубки?*	4	82	Географический партеногенез у островных насекомых*. Викторов А.Г.	9	82
Вторая молодость известного явления.			Живучий воробей Парижа*	1	83
Леменовский Д.А., Брусова Г.П., Тимофеев В.В., Юрин С.А., Баграташвили В.Н., Попов В.К.	6	42	Зачем поют птицы?* Опаев А.С.	4	86
Заменим псевдонауку истинной! Левцкий М.М.	4	56	Из биографии лекарственных трав: синюха и дягиль. Нариманов А.А.	6	55
Квантовая динамика окислительно-восстановительных реакций.			Из биографии лекарственных трав: таволга, тимьян и другие. Нариманов А.А.	8	52
Еремин В.В.	5	15	Из моря — в холодильник*	4	85
			Как коала выбирают дерево для кормежки*	1	82
			Каннибализм у ложной кобры*	11	79

Материнское воспитание влияет на половое поведение птиц*. Опасев А.С.	3	84
Метанотрофные бактерии — симбионты сфагнума*	6	85
Морские пауки. Богомолова Е.В., Малахов В.В.	8	37
Муравьи помогают защищаться лягушкам**	7	30
Необычная камбала из прикурильских вод*.		
Орлов А.М.	11	80
Необычное вегетативное размножение северных орхидей*. Виноградова Т.Н., Гурьева А.И., Дубовицкая А.В.	8	82
Новый рекордсмен — забытый старый вид**	9	44
Палинология на службе криминалистики**	5	30
Пальмовый вор**	3	23
Пиратское оплодотворение*. Семенов Д.В.	4	85
Реликтовая дубовая роща в Забайкалье.		
Корсун О.В., Дубатов В.В.	10	56
Сад в Стране души. Бебия С.М.	9	28
Секреты большой белой акулы**	5	57
Симбионты оказались паразитами*.		
Опасев А.С.	6	84
Снимки гигантского кальмара**	8	30
Токсичные жабы и эволюция австралийских змей*.		
Семенов Д.В.	7	82
Трепещущие крылья рождают мелодию*	6	84

ГЕНЕТИКА. МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ. БИОХИМИЯ. БИОФИЗИКА. БИОТЕХНОЛОГИЯ

Андрогенез у рыб, или Только из мужского семени.		
Грунина А.С., Рекубратский А.В.	11	25
База кариологических данных о голосеменных*.		
Князева С.Г., Муратова Е.Н.	2	84
Бактерия <i>Wolbachia</i> помогает дрозофилам и вредит генетикам*. Петров П.Н.	5	83
Вида — два, морфология — одна*	2	83
В-хромосомы у млекопитающих*.		
Гилева Э.А.	3	82
Генофонд бурых лягушек*. Макеева В.М., Малюченко О.П., Белоконь М.М.	5	84
Генофонд кустарниковой улитки в Московском регионе*. Макеева В.М., Малюченко О.П., Белоконь М.М.	1	82
Гены и генная терапия. Киселев С.Л.	1	3
Гены рака, стресс и долголетие: гармонический антагонизм. Голубовский М.Д., Вайсман Н.Я.	12	11
Географический партеногенез у островных насекомых*. Викторов А.Г.	9	82
Дофамин и жизнеспособность мух*.		
Ченцова Н.А., Груntenко Н.Е.	4	83
Место красит человека. Животовский Л.А.	2	54
Незримое одеяние голых тварей. Лабас Ю.А., Гордеева А.В., Наглер Л.Г.	12	3
Парадоксы генов рака у дрозофилы.		
Голубовский М.Д., Вайсман Н.Я.	11	3
Поврежденная жуками кукуруза зовет на помощь нематод*. Гиляров А.М.	1	84
Производство яда и кормление гадюк*	4	87
Происхождение болезни Лебера в Квебеке*	7	83
Протеолиз миелина аутоантителами*.		
Белогуров Ал.А.	3	84
Реконструирован вирус «испанки» 1918 года*	2	84

Скромное очарование нелинейностей. О скулении собак, голосе Высоцкого, алтайском пении, и не только. Володин И.А., Володина Е.В.	2	26
Третий генетический код. Киселев Л.Л.	9	3
Триптофановые парадоксы. Недоспасов А.А.	3	11
Хемокоммуникация у насекомых*. Петров П.Н.	1	79
Чернобыль 20 лет спустя. Глазко В.И.	5	48
Эмбриональные стволовые клетки человека. Киселев С.Л., Лагарькова М.А.	10	49

ФИЗИОЛОГИЯ. ПСИХОЛОГИЯ. МЕДИЦИНА. ДЕМОГРАФИЯ. СОЦИОЛОГИЯ

Биосовместимость нанотрубок с живыми организмами*	8	82
Вирусы гриппа: события и прогнозы. Львов Д.К., Забережный А.Д., Алипер Т.И.	6	3
Дыхание растений не зависит от их размера*.		
Гиляров А.М.	6	85
Из биографии лекарственных трав: синюха и дягиль. Нариманов А.А.	6	55
Из биографии лекарственных трав: таволга, тимьян и другие. Нариманов А.А.	8	52
Коренное население Арктики и глобальные изменения климата**	5	30
Можно ли избавить мир от вируса полиомиелита?*	12	81
Мочевина как криопротектор у лягушки*	9	83
Новые тест-системы для вируса гриппа А*	5	85
Новый этап развития иммунологии.		
Лебедев К.А., Понякина И.Д.	4	3
Происхождение возбудителей природноочаговых болезней. Коренберг Э.И.	10	33
Протеолиз миелина аутоантителами*.		
Белогуров Ал.А.	3	84
Экзорфины — хорошо или плохо?		
Каменский А.А., Дубынин В.А., Беляева Ю.А.	5	23

ЭКОЛОГИЯ. ОХРАНА ПРИРОДЫ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Азотный «диабет» Азовского моря.		
Ильичев В.Г., Семин В.Л.	11	19
Вредны ли углеродные нанотрубки?*	4	82
Города, климат, экология*. Померанец К.С.	1	85
Два полуса холода под снежным покровом Евразии.		
Алфимов А.В., Берман Д.И.	6	27
Древоточец лимнория в Белом море: 70 лет спустя. Виноградов Г.М., Кобузева И.А., Розумнюк М.А., Манакова А.Е.	6	23
Дыхание Амазонки*. Гиляров А.М.	2	85
Из биографии лекарственных трав: синюха и дягиль. Нариманов А.А.	6	55
Из биографии лекарственных трав: таволга, тимьян и другие. Нариманов А.А.	8	52
Из неволи на свободу*	1	84
Истинная численность тигров в Индии**	3	23
Кавказский заповедник, или Девять дней суровой сказки. Булавинцев В.И.	10	62
Кражи из зоопарков**	7	30
Лиственничники Сибири и климатические тренды.		
Харук В.И., Двинская М.Л., Рэнсон К.Дж.	8	46

Метановому биофильтру угрожают обычные соли.			Глобальное распространение южноазиатского цунами*	1	78
Паников Н.С., Колесников О.М.	8	3	Как открыть новый минерал. Расцветаева Р.К.	5	31
Мониторинг китовых акул*	11	80	Минералы — индикаторы геологических процессов.		
Морским птицам угрожают мыши**	4	54	Портнов А.М.	10	41
На страже радиэкологической безопасности России.			Океан рождается на глазах**	8	30
Морозов В.Н., Белов С.В., Татарин В.Н.	7	3	Стронций-бариевые карбонаты на Мурунском массиве. Воробьев Е.И.	9	39
Операция против инбридинга пум**	4	54	Сейсмический толчок от айсберга**	11	64
Особенности накопления осадков в Азовском море*	10	85	Тяжелые металлы в донной фауне океанов*	9	83
Перхлорат в материнском молоке**	5	57	Уроки цунами*	11	81
Песцы повинны в оскудении флоры**	3	24	Феномен города Манаус**	8	30
Поиск нефти на Аляске**	3	78			
Причины вымирания большой панды**	8	29	СЕЙСМОЛОГИЯ. ВУЛКАНОЛОГИЯ		
Рыбы и опыление наземных растений*.			Беспокойная жизнь лавовых куполов.		
Гиляров А.М.	3	85	Мельник О.Э., Бармин А.А., Спаркс С.	3	46
Сохранить леса бассейна реки Конго*	1	84	Былые землетрясения Закаспия — фактор риска для нефтегазового комплекса*	10	85
Спутниковая картография состояния кораллов**	8	29	Везувий угрожает Неаполю**	11	64
Судьба российских пещер — геологических памятников природы. Ляхницкий Ю.С.	11	32	Землетрясение в Корякии. Пинегина Т.К., Константинова Т.Г.	9	57
Трансгенные растения и почвенная биота.			Землетрясения в Балтике — неучтенный фактор риска*. Никонов А.А.	6	86
Викторов А.Г.	11	47	Земные проделки скандинавских божеств.		
Тростниковая камышовка становится редким видом**	5	47	Никонов А.А.	4	19
Тяжелые металлы в донной фауне океанов*	9	83	Механизм Калининградского землетрясения*	11	81
Удручающее состояние Великих озер**	11	64	Экспедиция ЮНЕСКО по следам индонезийской катастрофы 2004 года. К годовщине землетрясения у берегов Суматры. Гусяков В.К., Пинегина Т.К., Салтыков В.А.	1	34
Ущерб от плотин**	3	23			
«Чертовы сады» поддерживаются муравьями*	3	85	ГЕОГРАФИЯ. КЛИМАТОЛОГИЯ. МЕТЕОРОЛОГИЯ. ГЛЯЦИОЛОГИЯ		
«Экобеженцы»**	8	29	Возвращение на Мак-Кинли. Шпаро Д.И.	12	46
			Всемирный потоп и великая хвалынская трансгрессия Каспия. Свиточ А.А.	1	20
ГЕОЛОГИЯ. ГЕОТЕКТОНИКА			Города, климат, экология*. Померанец К.С.	1	85
Автоматизированная система «Ильменский заповедник — музей в природе». Вализер П.М., Губко Г.В., Дубинина Е.В., Новокрещенова Л.Б.	7	31	Два полюса холода под снежным покровом Евразии. Алфимов А.В., Берман Д.И.	6	27
Вихри и смерчи в твердых оболочках Земли: возможны ли они? Мирлин Е.Г.	2	33	Источники загрязнения Калининградского взморья*	5	86
Дербинский археологический район: позднепалеолитические охотники			К Полюсу недоступности — на санях под парусом**	8	30
Восточного Саяна. Лаухин С.А., Стасюк И.В.	5	68	Коренное население Арктики и глобальные изменения климата**	5	30
Канары глазами геолога. Белов С.В.	3	56	Новая биполярная картографическая проекция**	3	23
Мавританское «око» Африки**	5	30	Острова в Южном океане. Ман И.А.	2	69
Мониторинг потока флюидов в зонах субдукции.				3	69
205-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн». Басов И.А.	1	41	Пляжи озера Байкал. Потемкина Т.Г.	9	62
На страже радиэкологической безопасности России.			Позднедриасовое похолодание вызвал паводок?*	10	86
Морозов В.Н., Белов С.В., Татарин В.Н.	7	3	«ПРЕЛЕСТЬ НАУКИ В ТОМ, ЧТО ОНА, КАК ИСКУССТВО, НЕИЩЕРПАЕМА И БЕСКОНЕЧНА»		
Нанкинские камни. Уфимцев Г.Ф.	11	52	К 60-летию Н.Ф.Глазовского	8	57
Открытие в консервной банке. Уфимцев Г.Ф.	4	55	Феномен Глазовского. Тишков А.А.	8	58
Очередная попытка пробурить океанскую кору.			Есть ли будущее у человечества?		
206-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн».			Глазовский Н.Ф.	8	63
Басов И.А., Рубаник Н.К.	11	43	Капитан яхты «Марианна». Глазовская Л.И.	8	65
Следы в палеозойских гранитах — курьезы в истории геологии. Бурштейн Е.Ф.	4	49	Проект «Дождь»**	3	24
Текли реки из Байкала.			Проникновение в подледниковые озера: планы и реальность. Талалай П.Г.	9	45
Уфимцев Г.Ф., Шетников А.А.	6	49	Путешествие к истоку Нила**	11	64
Шарьяжно-надвиговая тектоника. Сизых В.И.	12	20			
Эоловые скульптуры Мангышлака. Шарков А.А.	1	43			
ГЕОФИЗИКА. ГЕОХИМИЯ. МИНЕРАЛОГИЯ. КРИСТАЛЛОХИМИЯ					
Ветер порождает акустические волны*	11	81			
Вид и разновидность. Минералогическая сказка.					
Расцветаева Р.К.	4	27			

Путешествие по карстовым пещерам Франции.		
Трофимова Е.В.	1	25
Снова о колебаниях климата*. Померанец К.С.	11	82
Спутниковая картография состояния кораллов**	8	29
Три «Снеллиуса» голландского флота**	4	31
Чтобы в море не тонули корабли*. Померанец К.С.	2	86

ОКЕАНОЛОГИЯ

Взвешенное вещество в поверхностных водах Атлантики*	9	84
«Молочные» моря**	7	30
Новый тип судна-буя*	1	85
Приливы и другие длинные волны*.		
Померанец К.С.	9	84
Эль-Ниньо — Ла-Нинья: механизмы формирования.		
Бондаренко А.Л.	5	39

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ. ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ. ПАЛЕОКЛИМАТОЛОГИЯ

Динозавры питались травой?*	7	83
Жизненный путь микулинской балки. Сычева С.А.	10	65
Кислород и эволюция млекопитающих*	3	86
О головном мозге и биологии тираннозаврид.		
Савельев С.В., Алифанов В.Р.	11	45
ПАЛЕОБИОТА НА РУБЕЖЕ ДВУХ ЭР		
Вязниковская фауна: черты экологического кризиса. Сенников А.Г., Голубев В.К.	7	39
Флора в преддверии пермо-триасового кризиса.		
Наугольных С.В.	7	49
Скелетный докембрий. Журавлев А.Ю.	12	37
Читая следы сегнозавров. Сенников А.Г.	5	58
Ящерца в янтаре*. Семенов Д.В.	5	87

АРХЕОЛОГИЯ. АНТРОПОЛОГИЯ. ЭТНОГРАФИЯ

Английские петроглифы не моложе французских**	3	24
Археологические раскопки в Ярославле.		
Энговатова А.В.	12	41
Гладиаторы были актерами*	3	87
Дербинский археологический район: позднепалеолитические охотники		
Восточного Саяна. Лаухин С.А., Стасюк И.В.	5	68
Заселение острова Пасхи*	9	85
Крупнейший хуннский курган на территории России*. Миняев С.С.	8	84
Место красит человека. Животовский Л.А.	2	54
Некрополь под обелиском**	5	57
Останки первых африканских рабов найдены в Мексике*	11	83
Палеолитическая венера из Зарайской стоянки*.		
Амирханов Х.А., Лев С.Ю.	7	78
Петроглифы азиатского Заполярья*. Дэвлет Е.Г.	2	87
Поврежденные папирусы будут прочитаны!**	8	29
Почему пальцы на ногах стали короче?*	4	87
Предметы промысловой магии из святилища Кучерла*	6	87
«Прекрасная дама» XV века вновь в центре внимания*. Панова Т.Д.	1	86
Соляным промыслам Китая 3 тысячи лет**	7	30
Татуировки на алтайских мумиях.		
Баркова Л.Л., Панкова С.В.	3	64

Шестнадцатый клад из Старой Рязани.		
Чернецов А.В.	6	58

АПРЕЛЬСКИЙ ФАКУЛЬТАТИВ

Заменяем псевдонауку истинной!		
Левицкий М.М.	4	56
Медведь опустился. Из научных трактатов	4	43
Открытие в консервной банке.		
Уфимцев Г.Ф.	4	55
Следы в палеозойских гранитах — курьезы в истории геологии. Бурштейн Е.Ф.	4	49
Страна Мифляндия. Индивидуальное развитие мифозоев. Иванова-Казас О.М.	4	44

БИОГРАФИЯ СОВРЕМЕННОГО

Он сердце оставил в валдайских лесах.		
Памяти М.В.Глазова. Тишков А.А.	2	43
«ЧТОБЫ ЖИТЬ, НУЖНО ВО ЧТО-ТО ВЕРИТЬ...»		
Памяти Л.И.Корочкина	12	67
Родом из Сибири. Эляшберг М.Е.	12	68
Грани таланта. Евгеньев М.Б.	12	71
«Я — МЕЖДУ ДВУХ МИРОВ»	10	73
Из книги «Избранное». Гусев М.В.	10	74
Друг мой, Миша Гусев. Скулачев В.П.	10	75

В КОНЦЕ НОМЕРА

Валун-камень. Вахрушев В.А.	9	91
Вернадовка. Наумов Г.Б.	8	92
Жизнь, похожая на коробку спичек.		
Сорокина М.С.	4	91
Зубры в эвакуации. Баскин Л.М.	10	92
Месяц в Поленово.		
Трубников Б.А.	1	93
Небесный Единорог. Кузьмин А.В.	2	94
Недрузи и покровители гомеопатии.		
Сорокина М.Ю.	11	90
Гомеопатия сегодня. Вместо комментария.		
Лебедев К.А.	11	94

ВЕСТИ ИЗ ЭКСПЕДИЦИЙ

Археологические раскопки в Ярославле.		
Энговатова А.В.	12	41
Дербинский археологический район: позднепалеолитические охотники		
Восточного Саяна. Лаухин С.А., Стасюк И.В.	5	68
Землетрясение в Корякии. Пинегина Т.К., Константинова Т.Г.	9	57
Лиственничники Сибири и климатические тренды.		
Харук В.И., Двинская М.Л., Рэнсон К.Дж.	8	46
Пляжи озера Байкал. Потемкина Т.Г.	9	62
Шестнадцатый клад из Старой Рязани.		
Чернецов А.В.	6	58
Экспедиция ЮНЕСКО по следам индонезийской катастрофы 2004 года. К годовщине землетрясения у берегов Суматры. Гусяков В.К., Пинегина Т.К., Салтыков В.А.	1	34

ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

Борис Бахметев — посол, мечтатель, ученый.		
Борисов В.П.	3	92

Воспоминания доктора С.Ф.Вербова.		
Васильев К.К.	7	90
Лугинины и Ветлужский край. Смирнова Т.Н.,		
Любина Г.И.	6	92
Сахарная голова. Болотовский Б.М.	5	92

ЗАМЕТКИ И НАБЛЮДЕНИЯ

Древооточек лимнория в Белом море: 70 лет спустя. Виноградов Г.М., Кобузева И.А.,		
Розумнюк М.А., Манакова А.Е.	6	23
Из биографии лекарственных трав: синюха и дягиль. Нариманов А.А.	6	55
Из биографии лекарственных трав: таволга, тимьян и другие. Нариманов А.А.	8	52
Кавказский заповедник, или Девять дней суровой сказки.		
Булавицев В.И.	10	62
Канары глазами геолога. Белов С.В.	3	56
Нанкинские камни. Уфимцев Г.Ф.	11	52
Трясогузки на крыше. Булавицев В.И.	5	79
Эоловые скульптуры Мангышлака.		
Шарков А.А.	1	43

КОРОТКО

1 10, 40; 2 79; 3 10, 33, 68; 4 10; 5 67, 78; 6 41; 7 58, 71, 77;
8 13, 78; 9 9; 10 32, 55, 61, 72; 11 10, 42; 12 26, 36, 66

ЛЕКТОРИЙ

Квантовая динамика окислительно-восстановительных реакций.		
Еремин В.В.	5	15
Мир барокко: музыка и экология.		
Гиляров А.М.	7	72
Новый этап развития иммунологии.		
Лебедев К.А., Понякина И.Д.	4	3
Шарьяжно-надвиговая тектоника. Сизых В.И.	12	20

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

Всемирный потоп и великая хвалынская трансгрессия Каспия. Свиточ А.А.	1	20
Мониторинг потока флюидов в зонах субдукции. 205-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн».		
Басов И.А.	1	41
О головном мозге и биологии тираннозаврид.		
Савельев С.В., Алифанов В.Р.	11	45
Очередная попытка пробурить океанскую кору. 206-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн».		
Басов И.А., Рубаник Н.К.	11	43
Татуировки на алтайских мумиях.		
Баркова Л.Л., Панкова С.В.	3	64
Трансгенные растения и почвенная биота.		
Викторов А.Г.	11	47
Экспедиция за веществом кометы.		
Сурдин В.Г.	9	54

НАСЛЕДИЕ

Землетрясение 12 сентября 1927 года. Судак ¹ .		
Шокальский Ю.М.	9	67
«МАТЕМАТИКА ДЛЯ МЕНЯ – ЭТО КЛЮЧ К МИРОВОЗЗРЕНИЮ»	1	47
Студенческая жизнь П.А.Флоренского.		
Флоренский П.В.	1	48
Фрагмент переписки студенческих лет	1	53
НЕПРЕВЗОЙДЕННЫЕ ЗАСЛУГИ С.Н.ВИНОГРАДСКОГО И ЕГО ИСПОВЕДЬ		
К 150-летию со дня рождения	7	59
Хроника жизни. Голиков Ю.П.	7	60
От публикатора «Летописи...». Савина Г.А.	7	63
Ответ на некоторые вопросы. Заварзин Г.А.	7	64
Отъезд. Из «Летописи нашей жизни».		
Виноградский С.Н.	7	65
Несколько слов в заключение. Заварзин Г.А.	7	70

НЕКРОЛОГ

Памяти академика В.А.Струнникова	2	80
----------------------------------	---	----

НОВЫЕ КНИГИ

1 90; 2 92; 3 90; 4 90; 5 90; 6 90; 7 89; 8 90; 9 89;
10 90; 11 88; 12 86

РЕЗОНАНС

Еще раз об открытии структуры ДНК.		
Андреева Н.С.	8	74
ПОСТАВИТЬ ЗАСЛОН НАУЧНОМУ НЕВЕЖЕСТВУ		
Так куда же мы идем? или Вперед, в Средневековье! Кругляков Э.П.	3	3
Семантический вакуум. Манин Д.Ю.	3	6

РЕЦЕНЗИИ

В кривом зеркале Нобелевских премий.		
Тютюнник В.М., Карикова Е.В.	8	85
В.М.Дильман — один из творцов интегральной медицины. Кетлинский С.А.	1	87
Вера и наука. К вопросу о религиозном и светском преподавании биологии в школе. Мамонтов С.Г.	7	84
Искусство и наука. Комар А.А.	12	82
«Камни с неба». Козенко А.В.	10	87
Крымские рапсодии. Наумов Г.Б.	5	88
Народный герой, о котором пока не знает народ.		
Михайловский А.Б.	2	89
Одержимые глубиной. Гиляров А.М.	11	84
Химия — наука и искусство. Рабкина А.Ю.	4	88
Что происходит с населением России.		
Бирюков А.В.	9	86
Шпицберген глазами норвежских исследователей.		
Корякин В.С.	3	88
«Я сделался чудесным травознайкою...». Сытин А.К.	6	88

¹ Публикация, вступление и комментарий А.А.Никонова.

Авторский указатель журнала «Природа» за 2006 год

А белев Г.И.	4	65	Богомолова Е.В. (Малахов В.В.)	8	37		3	85
Авдейчик О.С. (Богданов Н.Н. *)	5	54	Болотовский Б.М.	5	92		4	83
Алипер Т.И.			Бондаренко А.Л.	5	39		5	84
(Львов Д.К., Забережный А.Д.)	6	3	Борисов В.П.	3	92		6	85
Алифанов В.Р. (Савельев С.В.)	11	45	Брусова Г.П. (Леменовский Д.А.,				7	72
Алфимов А.В. (Берман Д.И.)	6	27	Тимофеев В.В., Юрин С.А.,				11	84
Амирханов Х.А. (Лев С.Ю.)	7	78	Баграташвили В.Н., Попов В.К.)	6	42	Гладышев А.И.	8	68
Андреева Н.С.	8	74	Булавинцев В.И.	5	79	Глазко В.И.	5	48
Астафьева Н.М.				10	62	Глазовская Л.И.	8	65
(Раев М.Д., Шарков Е.А.)	9	17	Бурштейн Е.Ф.	4	49	Глазовский Н.Ф.	8	63
Б аграташвили В.Н.						Голиков Ю.П.	7	60
(Леменовский Д.А., Брусова Г.П.,			В айсман Н.Я.			Голубев В.К. (Сенников А.Г.)	7	39
Тимофеев В.В., Юрин С.А.,			(Голубовский М.Д.)	11	3	Голубовский М.Д.	6	67
Попов В.К.)	6	42		12	11		6	77
Баркова Л.Л. (Панкова С.В.)	3	64	Вализер П.М.			Голубовский М.Д.		
Бармин А.А.			(Губко Г.В., Дубинина Е.В.,			(Вайсман Н.Я.)	11	3
(Мельник О.Э., Спаркс С.)	3	46	Новокрещенова Л.Б.)	7	31		12	11
Баскин Л.М.	10	92	Васильев К.К.	7	90	Гордеева А.В.		
Басов И.А.	1	41	Вахрушев В.А.	9	91	(Лабас Ю.А., Наглер Л.Г.)	12	3
Басов И.А. (Рубаник Н.К.)	11	43	Вибе Д.З.	2	81	Горелик Г.Е.	5	3
Бебия С.М.	9	28		3	81	Горлов М.И.	12	27
Белов С.В.	3	56		6	81	Грунина А.С.		
Белов С.В.			Викторов А.Г.	11	74	(Рекубратский А.В.)	11	25
(Морозов В.Н., Татаринов В.Н.)	7	3		9	82	Груntenко Н.Е. (Ченцова Н.А.)	4	83
Белогуров Ал.А.	3	84	Виноградов В.Н.	11	47	Губин М.А. (Манько В.И.,		
Белозерская Т.А.	4	61	Виноградов Г.М. (Кобузева И.А.,	9	43	Колачевский Н.Н.)	1	66
Белоконь М.М.			Розумнюк М.А., Манакова А.Е.)	6	23	Губко Г.В.		
(Макеева В.М., Малюченко О.П.)	1	82	Виноградова Р.П.	9	71	(Вализер П.М., Дубинина Е.В.,		
	5	84	Виноградова Т.Н.			Новокрещенова Л.Б.)	7	31
Беляева Ю.А.			(Гурьева А.И., Дубовицкая А.В.)	8	82	Гурьева А.И. (Виноградова Т.Н.,		
(Каменский А.А., Дубынин В.А.)	5	23	Виноградский С.Н.	7	65	Дубовицкая А.В.)	8	82
Бердников Л.Н.			Володин И.А. (Володина Е.В.)	2	26	Гусев М.В.	10	74
(Расторгуев А.С., Самусь Н.Н.)	8	23	Володина Е.В. (Володин И.А.)	2	26	Гусяков В.К.		
Берман Д.И.	3	34	Вольнский А.Л.	11	11	(Пинегина Т.К., Салтыков В.А.)	1	34
Берман Д.И. (Алфимов А.В.)	6	27	Воробьев Е.И.	9	39	Д винская М.Л.		
Бирюков А.В.	9	86				(Харук В.И., Рэнсон К.Дж.)	8	46
Богданов Н.Н. (Авдейчик О.С.)	5	54	Г илева Э.А.	3	82	Дубатовлов В.В. (Корсун О.В.)	10	56
* Здесь и далее в скобках указаны соав-			Гиляров А.М.	1	84	Дубинина Е.В. (Вализер П.М.,		
торы.				2	85	Губко Г.В., Новокрещенова Л.Б.)	7	31

Дубовицкая А.В.		Лаухин С.А. (Стасюк И.В.)	5	68			5	85
(Виноградова Т.Н., Гурьева А.И.)	8	82	Лебедев К.А.	11	94			6
Дубынин В.А. (Каменский А.А.,			Лебедев К.А. (Понякина И.Д.)	4	3			11
Беляева Ю.А.)	5	23	Лев С.Ю. (Амирханов Х.А.)	7	78	Орлов А.М.		11
Дэвлет Е.Г.	2	87	Левицкий М.М.	1	71			
				4	56	Павлинов И.Я.		4
Е вгеньев М.Б.	12	71	Леменовский Д.А. (Брусова Г.П.,			Панасюк М.И. (Хренов Б.А.)		2
Еремеева А.И.	10	3	Тимофеев В.В., Юрин С.А.,			Паников Н.С. (Колесников О.М.)	8	3
	12	58	Баграташвили В.Н., Попов В.К.)	6	42	Панкова С.В. (Баркова Л.Л.)	3	64
Еремин В.В.	5	15	Липунов В.М.	10	26	Панова Т.Д.	1	86
Еськова А.К.	1	83	Львов Д.К.			Петров П.Н.	1	79
			(Забережный А.Д., Алипер Т.И.)	6	3			3
Ж ивотовский Л.А.	2	54	Любина Г.И. (Смирнова Т.Н.)	6	92			5
Журавлев А.Ю.	12	37	Любищев А.А.	6	72	Пийп В.Б.		11
Жуховицкий В.Г.	1	74	Ляхницкий Ю.С.	11	32	Пинегина Т.К.		
						(Гусяков В.К., Салтыков В.А.)	1	34
З абережный А.Д.			М акеева В.М. (Малюченко О.П.,			Пинегина Т.К.		
(Львов Д.К., Алипер Т.И.)	6	3	Белоконь М.М.)	1	82	(Константинова Т.Г.)		9
Заварзин Г.А.	7	64		5	84	Померанец К.С.		1
	7	70	Малахов В.В. (Богомолова Е.В.)	8	37			2
Заславский О.Б.	11	56	Малюченко О.П. (Макеева В.М.,					9
Золотухин И.В.			Белоконь М.М.)	1	82			11
(Калинин Ю.Е., Ситников А.В.)	1	11		5	84	Понякина И.Д. (Лебедев К.А.)		4
Зотов А.В. (Саранин А.А.)	4	11	Мамонтов С.Г.	7	84	Попов В.К. (Леменовский Д.А.,		
			Ман И.А.	2	69	Брусова Г.П., Тимофеев В.В.,		
И ванова-Казас О.М.	4	44		3	69	Юрин С.А., Баграташвили В.Н.)	6	42
Ильичев В.Г. (Семина В.Л.)	11	19	Манакова А.Е. (Виноградов Г.М.,			Портнов А.М.	10	41
			Кобузева И.А., Розумнюк М.А.)	6	23	Потемкина Т.Г.		9
К алинин Ю.Е.			Мандельштам Н.Я.	6	69			
(Золотухин И.В., Ситников А.В.)	1	11	Манин Д.Ю.	3	6	Р абкина А.Ю.		4
Каменский А.А. (Дубынин В.А.,			Манько В.И.			Раев М.Д.		
Беляева Ю.А.)	5	23	(Губин М.А., Колачевский Н.Н.)	1	66	(Астафьева Н.М., Шарков Е.А.)	9	17
Карикова Е.В. (Тютюнник В.М.)	8	85	Марусик Ю.М.	2	85	Расторгуев А.С.		
Кеерус Л.*	11	83	Мейлихов Е.З.	7	13	(Бердников Л.Н., Самусь Н.Н.)	8	23
Кетлинский С.А.	1	87	Мельник О.Э.			Расцветаева Р.К.	4	27
Киселев В.В.	8	81	(Бармин А.А., Спаркс С.)	3	46		5	31
Киселев Л.Л.	9	3	Миняев С.С.	8	84	Рекубратский А.В.		
Киселев С.Л.	1	3	Мирлин Е.Г.	2	33	(Грунина А.С.)	11	25
Киселев С.Л. (Лагарькова М.А.)	10	49	Михайловский А.Б.	2	89	Розумнюк М.А. (Виноградов Г.М.,		
Князева С.Г. (Муратова Е.Н.)	2	84	Морозов В.Н.			Кобузева И.А., Манакова А.Е.)	6	23
Кобузева И.А. (Виноградов Г.М.,			(Белов С.В., Татаринцев В.Н.)	7	3	Романовский Е.А.	2	3
Розумнюк М.А., Манакова А.Е.)	6	23	Муратова Е.Н. (Князева С.Г.)	2	84	Рубаник Н.К. (Басов И.А.)	11	43
Козенко А.В.	10	87				Рэнсон К.Дж.		
Колачевский Н.Н.			Н аглер Л.Г.			(Харук В.И., Двинская М.Л.)	8	46
(Манько В.И., Губин М.А.)	1	66	(Лабас Ю.А., Гордеева А.В.)	12	3			
Колесников О.М. (Паников Н.С.)	8	3	Нариманов А.А.	6	55	С авельев С.В. (Алифанов В.Р.)	11	45
Комар А.А.	12	82		8	52	Савина Г.А.	7	63
Комар А.А. (Сокол Г.А.)	6	34	Наугольных С.В.	7	49	Саврин В.И.	2	7
Константинова Т.Г.			Наумов Г.Б.	5	88	Салтыков В.А.		
(Пинегина Т.К.)	9	57		8	92	(Гусяков В.К., Пинегина Т.К.)	1	34
Коренберг Э.И.	10	33	Негодаев М.А.	4	41	Самусь Н.Н. (Бердников Л.Н.,		
Корсун О.В. (Дубатов В.В.)	10	56	Недоспасов А.А.	3	11	Расторгуев А.С.)	8	23
Корякин В.С.	3	88	Никонов А.А.	4	19	Саранин А.А. (Зотов А.В.)	4	11
Кругляков Э.П.	3	3		6	86	Сахарова Н.Ю. (Шейман И.М.)	9	10
Кузьмин А.В.	2	94	Новокрещенова Л.Б.			Свиточ А.А.	1	20
Куликов Ю.Ю. (Троицкий Р.В.)	8	14	(Вализер П.М., Губко Г.В.,			Семенов Д.В.	4	85
			Дубинина Е.В.)	7	31			5
Л абас Ю.А.								7
(Гордеева А.В., Наглер Л.Г.)	12	3	О паев А.С.	3	84			10
Лагарькова М.А. (Киселев С.Л.)	10	49		4	86			11

Семенов В.Л. (Ильичев В.Г.)	11	19	Татаринев В.Н.		Хлебович В.В.	7	22	
Сенников А.Г.	5	58	(Морозов В.Н., Белов С.В.)	7	3	Хренов Б.А. (Панасюк М.И.)	2	17
Сенников А.Г. (Голубев В.К.)	7	39	Тимофеев В.В.		Ченцова Н.А. (Груntenко Н.Е.)	4	83	
Сизых В.И.	12	20	(Леменовский Д.А., Брусова Г.П.,		Черепашук А.М.	10	16	
Ситников А.В. (Золотухин И.В.,			Юрин С.А., Баграташвили В.Н.,		Чернецов А.В.	6	58	
Калинин Ю.Е.,)	1	11	Попов В.К.)	6	42	Чернин А.Д.	10	10
Скулачев В.П.	4	71	Тихонов Н.А.	6	14	Чуразов Е.М.	3	25
	10	75	Тишков А.А.	2	43			
Смирнова Т.Н. (Любина Г.И.)	6	92		8	58	Шарков А.А.	1	43
Сокол Г.А. (Комар А.А.)	6	34	Тойка А.М. (Третьяков Ю.Д.)	2	60	Шарков Е.А.		
Сорокина М.С.	4	91	Третьяков Ю.Д. (Тойка А.М.)	2	60	(Астафьева Н.М., Раев М.Д.)	9	17
Сорокина М.Ю.	11	90	Троицкий Р.В. (Куликов Ю.Ю.)	8	14	Шейман И.М. (Сахарова Н.Ю.)	9	10
Спаркс С.			Трофимова Е.В.	1	25	Широкова В.А.	8	31
(Мельник О.Э., Бармин А.А.)	3	46	Трубников Б.А.	1	93	Шокальский Ю.М.	9	67
Стасюк И.В. (Лаухин С.А.)	5	68	Тютюнник В.М. (Карикова Е.В.)	8	85	Шпаро Д.И.	12	46
Сурдин В.Г.	1	79						
	3	80	Уфимцев Г.Ф.	4	55			
	4	79		11	52	Щетников А.А. (Уфимцев Г.Ф.)	6	49
	7	79	Уфимцев Г.Ф. (Щетников А.А.)	6	49			
	8	79				Эляшберг М.Е.	12	68
	9	54	Фадеев Ю.А.	8	16	Энговатова А.В.	12	41
Сытин А.К.	6	88	Флоренский П.В.	1	48			
Сычева С.А.	10	65				Юрин С.А. (Леменовский Д.А.,		
						Брусова Г.П., Тимофеев В.В.,		
Талалай П.Г.	9	45	Харук В.И.			Баграташвили В.Н., Попов В.К.)	6	42
			(Двинская М.Л., Рэнсон К.Дж.)	8	46			

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Е.Е.БУШУЕВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
С.В.ЧУДОВ

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Е.А.ПИМЕНОВА

Графика, верстка:
А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредитель:
Российская академия наук,
президиум
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 15.11.2006
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 1913
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП типографии «Наука»
Академиздатцентра «Наука» РАН,
121099, Москва, Шубинский пер., 6