

ПРИРОДА

5 07



В НОМЕРЕ:**3** **Узбеков Р.Э., Алиева И.Б.**
**Центросома —
концертмейстер клетки**

Размер этой органеллы находится на пределе разрешения светового микроскопа, при этом устроена она довольно сложно и активно участвует в жизнедеятельности всей клетки. Нарушение же функций центросомы чревато возникновением аномалий в клеточном цикле, дефектов в развитии организма и может привести к заболеваниям, в том числе онкологическим.

13 **Разин С.В.****Пространственная организация ДНК**

Образующиеся в ходе укладки ДНК протяженные петли вызывают у специалистов особый интерес, поскольку они могут соответствовать функциональным единицам генома.

20 **Гуляев Ю.В., Зильберман П.Е.,
Эпштейн Э.М.****Как ток спины переносит
Спинтроника многослойных
ферромагнетиков**

Понятие спина электрона было введено в теорию 80 лет назад для объяснения тонких деталей атомных спектров. Сегодня спинтроника — быстро развивающаяся перспективная область физики твердого тела. Воистину прав был Людвиг Больцман: «Нет ничего практичнее хорошей теории!»

27**Калейдоскоп**

Гвианские природные ценности под угрозой (27). Вымирание тунца (27). Микрокапли рождают мощный ливень (28). Где жить лошадям Пржевальского? **Паклина Н.В., Орден К.ван** (28). Парижские древности (28). Ранняя весна в Европе (28).

Научные сообщения**29** **Алифанов В.Р.****Динозавры Сахалина и Японских
островов****Басов И.А., Рубаник Н.К.****Китовый хребет:
календарь событий кайнозоя
208-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн» (68)****31** **Широкова В.А.****Соловецкий водопровод****Заметки и наблюдения****36** **Булавинцев В.И.****Три дня с дрофой наедине****40** **Кароль И.Л., Киселев А.А.****Что несут лесные пожары
атмосфере?**

Продукты горения загрязняют атмосферу, приводя к перераспределению соотношений между концентрациями газов и к ослаблению способности атмосферы к самоочищению.

47 **Трофимова Е.В.****Пещеры Иркутского амфитеатра****55** **Наугольных С.В.****Люди и окаменелости****60** **Никонов А.А.****Первое крещение русов****Резонанс****66** **Левицкий М.М.****Досадный перекокс Нобелевской
премии****71** **Кременцов Н.Л.****От «выдающегося биолога»
до «красного Франкенштейна»:
Илья Иванов в советской
и постсоветской биографиях****79****Новости науки**

Гибридный гамма-всплеск (79). Звезда-рекордсмен теряет в весе (79). Глобальное потепление Солнцем не объяснить (80). Сверхпроводящий кремний? (80). Новая концепция сверхпроводниковой памяти (81). Ключ на весь мир (82). Высокий лес нанотрубок заданного диаметра (83). Конкуренция изменяет размер клюва земляных вьюрков (83). Мимикрия у лягушек-древолазов (84). Коловратки — симбионты амёб. **Чернышев А.В.** (85). Может ли птичий грипп стать «человеческим»? **Шутова М.В.** (85). Биоморфы в современных фосфоритах (86).

Коротко (54, 65, 70)

Рецензии**88** **Сытин А.К.****«Ботанизирование с Линнеусом
в ботанике»****92****Новые книги****В конце номера****93** **Минина Е.Л.****Минералогическая коллекция
Александра I в Лозаннском музее**

CONTENTS:

3 **Uzbekov R.E., Alieva I.B.**

Centrosome: A Cellular Conveyor

This organelle is comparable by size to resolution limit of optical microscope, but it has rather complex structure and actively participates in vital cell functions. And disturbances of its functions give rise to anomalies of cell cycle, defects of organism development and can lead to diseases, including oncologic ones.

13 **Razin S.V.**

Spatial Organization of DNA

Long DNA loops attached to the nuclear matrix attract special attention of researchers because they can correspond to functional units of genome.

20 **Gulyaev Yu.V., Zilberman P.E., Epshtein E.M.**

How Electric Current Transfers Spins Spintronics of Multilayered Ferromagnets

The notion of electron spin was introduced into theory 80 years ago to explain fine details of atomic spectra. Nowadays, spintronics is a fast developing promising branch of solid-state physics. Ludwig Boltzmann was right indeed: «There is nothing more practical than a good theory».

27 **Kaleidoscope**

Natural Riches of Guiana Are Endangered (27). Extinction of Tuna (27). Microdrops Generate a Heavy Shower (28). Where Przhhevsky Horses Are Supposed to Live? **Paklina N.V., Orden K. van** (28). Parisian Antiquities (28). Early Spring in Europe (28).

Scientific Communications

29 **Alifanov V.R.**

Dinosaurs of Sakhalin and Japan Islands

Basov I.A., Rubanic N.K.

Cetacean Ridge: A Timetable of Events in Cainozoic 208th Expedition of «JOIDES Resolution» (68)

31 **Shirokova V.A.**

Solovetzky Island Aqueduct

Notes and Observations

36 **Bulavintzev V.I.**

Three Days Tete-a-Tete with a Bustard

40 **Karol I.L., Kiselev A.A.**

What Forest Fires Bring to Atmosphere?

Combustion products pollute atmosphere and give rise to redistribution of gases concentration ratios and reducing self-purification capacity of atmosphere.

47 **Trofimova E.V.**

Caves of Irkutsk Amphitheatre

55 **Naugolnykh S.V.**

Humans and Petrifications

60 **Nikonov A.A.**

The First Baptism of Russians

Resonance

66 **Levitzky M.M.**

An Unfortunate Bias of Nobel Prize

71 **Kremenzov N.L.**

From «Outstanding Biologist» to «Red Frankenstein»

*Ilia Ivanov in Soviet
and Post-Soviet Biographies*

79 **Scientific News**

Hybrid Gamma-Burst (79). Record Star Loses Weight (79). Global Warming Cannot Be Explained by Solar Activity (80). Superconducting Silicon? (80). A New Concept of Superconductor Memory (81). Key to the Whole World (82). High Forest of Nanotubes of a Given Diameter (83). Competition Changes Beak Size in Ground Finches (83). Mimicry in Wood Frogs (84). Rotifera as Symbionts of Amoebas. **Chernyshev A.V.** (85). Can the Bird Flu Became Human? **Shutova M.V.** (85). Biomorphes in Contemporary Phosphorites (86).
In Brief (54, 65, 70)

Book Reviews

88 **Sytin A.K.**

«Botanizing with Linneus in Botanics»

92 **New Books**

In the End of Issue

93 **Minina E.L.**

Mineralogical Collection of Alexander I in Lozanne Museum

Центросома — концертмейстер клетки



Р.Э.Узбеков, И.Б.Алиева

Она из тех, в кого влюбляются с первого взгляда, кому хранят верность всю жизнь и кого не понять до конца. Эта так и не разгаданная за 130 лет исследований тайна скрыта в центросоме — крошечной точке в геометрическом центре клетки, куда радиально сходятся микротрубочки (своеобразные рельсы для внутриклеточного транспорта).

Центросому сравнивают с улыбкой Моны Лизы, называют мерцающей звездочкой, центром цитоплазматической вселенной, клеточным концертмейстером и, наконец, центральной загадкой клеточной биологии. Едва ли найдется в живой клетке другая структура, которую исследователи наделили таким количеством романтических эпитетов; и это не удивительно! Одного взгляда в электронный микроскоп достаточно, чтобы заметить, как сильно центросома выделяется на фоне остальных клеточных структур. Особый интерес любого наблюдателя вызывают главные компоненты этой сложно организованной органеллы — центриоли, по форме напоминающие фрагмент античной колонны.

Однако первые исследователи процесса клеточного деления В.Флемминг, О.Гертвиг и Э.ван Бенеден, почти одновременно описавшие центросому в середине 70-х годов XIX в., увидели лишь темные гранулы в обоих полюсах митотического



Рустем Эдуардович Узбеков, доктор биологических наук, старший научный сотрудник группы отдела электронной микроскопии Научно-исследовательского института физико-химической биологии им.А.Н.Белозерского Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — центросома и входящие в ее состав белки, в частности их регуляторная роль на разных стадиях клеточного цикла.



Ирина Борисовна Алиева, доктор биологических наук, старший научный сотрудник того же отдела. Занимается исследованием строения и функций центросомы и ассоциированных с ней структур, а также выяснением роли центросомы в организации системы цитоплазматических микротрубочек и цитоскелета клетки.

веретена (рис.1). Да иначе и быть не могло, ведь размер этой органеллы находится на пределе разрешения светового микроскопа. В связи с этим в делящихся клетках сначала были описаны две симметрично расположенные структуры, имевшие вид «лучистого сияния», — *центросферы*. Гранулы в фокусах каждой центросферы первоначально были названы полярными корпускулами.

В 1887 г. ван Бенеден вместе с А.Нейтом и независимо от них

Т.Бовери установили, что полярные корпускулы полностью не исчезают после деления клетки (митоза). Они сохраняются в течение всего времени между последовательными делениями (этот период жизни клетки теперь называется интерфазой) и при этом часто располагаются вблизи геометрического центра клетки. Ван Бенеден предложил переименовать полярные корпускулы в центральные корпускулы, или центральные тельца, а Бовери — в *цент-*

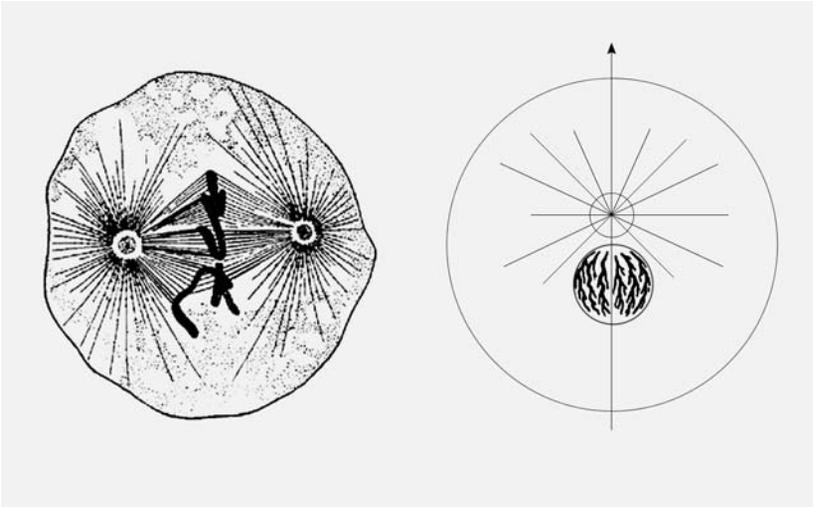


Рис.1. Такой увидели centrosому в 1887 г. ее первооткрыватели: Т.Бовери описал ее в полюсах митотического веретена (слева), а Э.ван Бенеден — в интерфазной клетке.

росому; он же позднее предложил и термин «*центриоль*» [1].

Наряду с centrosомами, также в конце XIX в., были описаны органеллы, лежащие у основания специализированных клеточных образований — ресничек и жгутиков; эти органеллы получили название кинетосом, или *базальных телец* [2, 3]. Авторы, Л.Хеннеги и М.Легоссек, наблюдали взаимный переход базальных телец и centrosом и в 1898 г. выдвинули гипотезу о гомологии этих клеточных органелл, которая впоследствии получила экспериментальное подтверждение (рис.2).

С момента открытия centrosомы основное внимание исследователей было приковано к ее роли в организации клеточного деления. После того как Р.Вирхов в 1855 г. сформулировал знаменитый постулат: «*Omnis cellula e cellula*» («Каждая клетка от клетки»), исследователи второй половины XIX в. в общих чертах описали картину клеточного деления [4]. Принципиальным для понимания механизма передачи наследственных свойств от клетки к клетке было выяснение роли хромосом. Однако хромосомы сами по себе выглядели пассивными

участниками событий митоза, что позволило одному из классиков клеточной биологии, Д.Мезия, сравнить их роль с ролью покойника на похоронах — все происходит ради него, но сам он никакого активного участия в общем действии не принимает. Действительно, при наблюдении митоза в световой микроскоп исследователи видели, как некие нити захватывают хромосомы за их центральные участки и тянут в противоположные стороны клетки. Эти нити были названы нитями веретена (позднее — микротрубочками), а структура, ими образуемая, веретеном деления, поскольку она имела соответствующую форму (рис.2). Оказалось, что нити веретена тянут хромосомы не произвольно, а в направлении строго определенных участков цитоплазмы — полюсов митотического веретена, а в фокусе каждого веретена и располагается главная героиня нашего повествования — centrosома!

Хотя centrosома с момента ее открытия постоянно находилась в центре внимания биологов, она и более века спустя оставалась, по выражению известного шотландского ученого Д.Уитли, центральной загадкой клеточной биологии [5]. Каким же образом эта едва различимая (занимающая не более 0.1% от общего объема клетки) органелла может выполнять столь важную для жизнедеятельности клетки и организма в целом функцию, как равномерное распределение по дочерним клеткам генетического материала хромосом? Биологи начала XX в. предвидели, что centrosома, несмотря на малые размеры, устроена не так просто, как кажется на первый взгляд; они надеялись со временем расшифровать ее структуру и тем самым получить ключ к пониманию ее функций. Действительность, как это часто случается, превзошла все, даже самые смелые, предположения первооткрывателей.

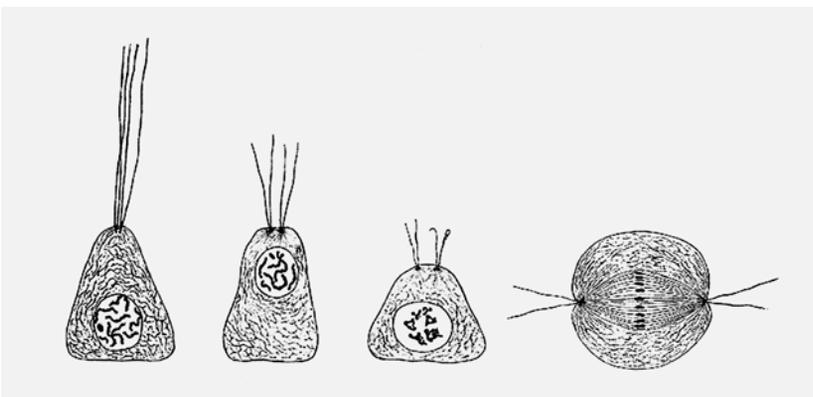


Рис.2. Формирование полюсов веретена деления из базальных телец в сперматозоиде *Vombyx mori* [2].

Самая обаятельная и привлекательная

Прорыв в исследовании строения centrosомы произошел после появления в середине XX в. нового метода исследования — электронной микроскопии. Использование электронного пучка вместо светового луча традиционного микроскопа невероятно расширило возможности морфологического анализа чрезвычайно мелких по величине объектов.

Примечательно, что первое такое исследование центриолей, выполненное С.Селби, оказалось неудачным [6]. Хотя на отдельных микрофотографиях митотических клеток видны косые срезы центриолей, автор не смогла их идентифицировать, а за центриоли приняла осмиофильные гранулы вблизи митотических полюсов. И вот тут весьма кстати оказалась уже упомянутая гомология центриолей и базальных телец, поскольку первые описания ультраструктуры центриолярных цилиндров были сделаны именно на объектах, имеющих жгутики и реснички, — на клетках ресничного эпителия и на сперматозоидах [7, 8]. Сразу после этого была описана и ультраструктура митотических и интерфазных центриолей [9, 10].

К настоящему времени ультраструктура центриолей и ассоциированных с ними структур детально исследована. Выяснилось, что в состав centrosомы входит пара центриолей, окруженных перичентриолярным материалом (рис.3). Центриоли в паре не одинаковы, одна из них (зрелая, или материнская), в отличие от второй (незрелой, или дочерней), несет на себе дополнительные структуры (рис.3, 4). Оказалось, что созревание центриоли занимает более одного клеточного цикла; в течение первого цикла формирующийся цилиндр, называемый в это время *процентриолю*, дорастает до нормального размера (см. рис.3, 4).

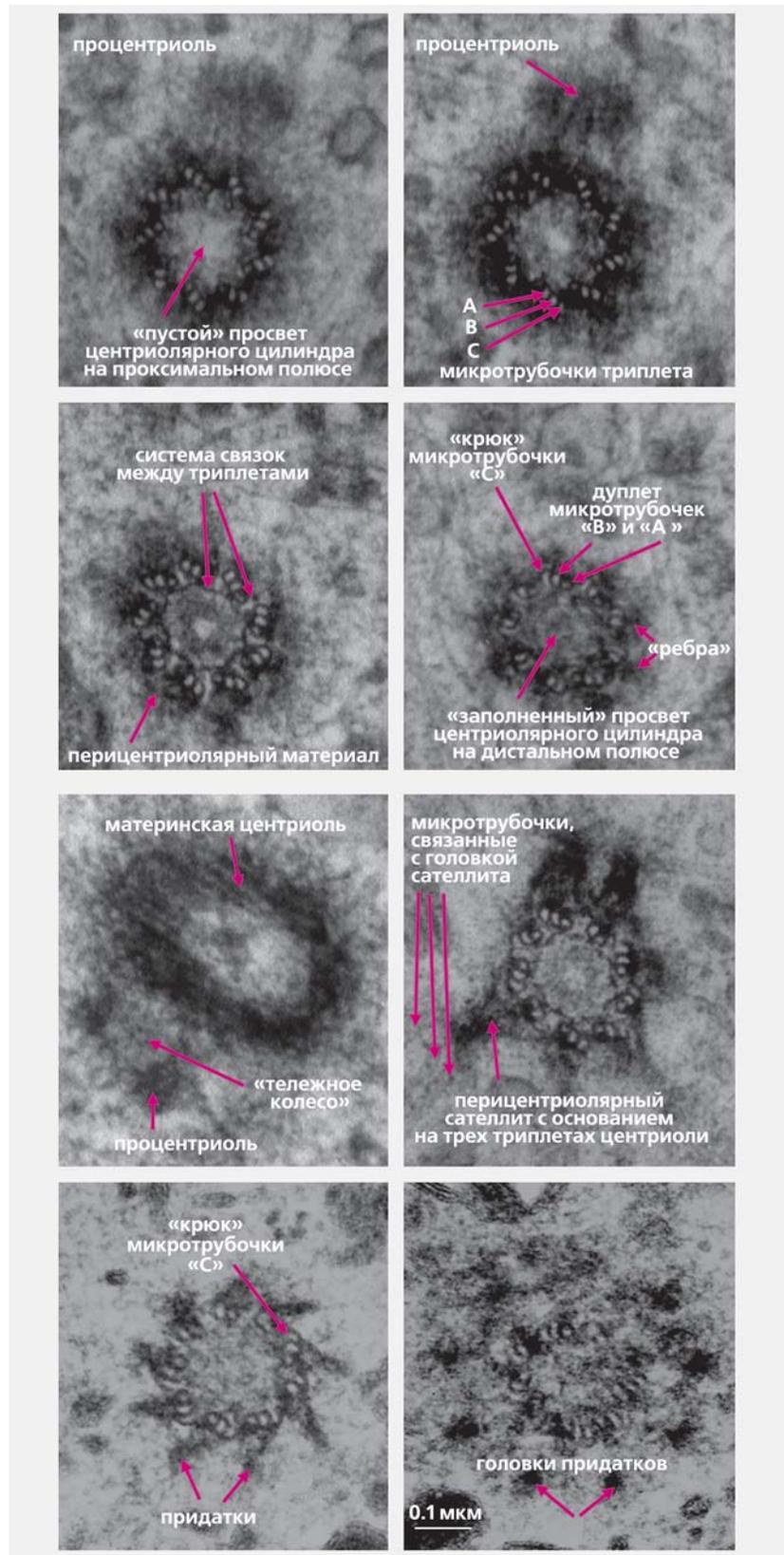


Рис.3. Ультраструктура centrosомы в интерфазной клетке млекопитающих на последовательных серийных срезах [19].

Здесь и далее микрофотографии авторов

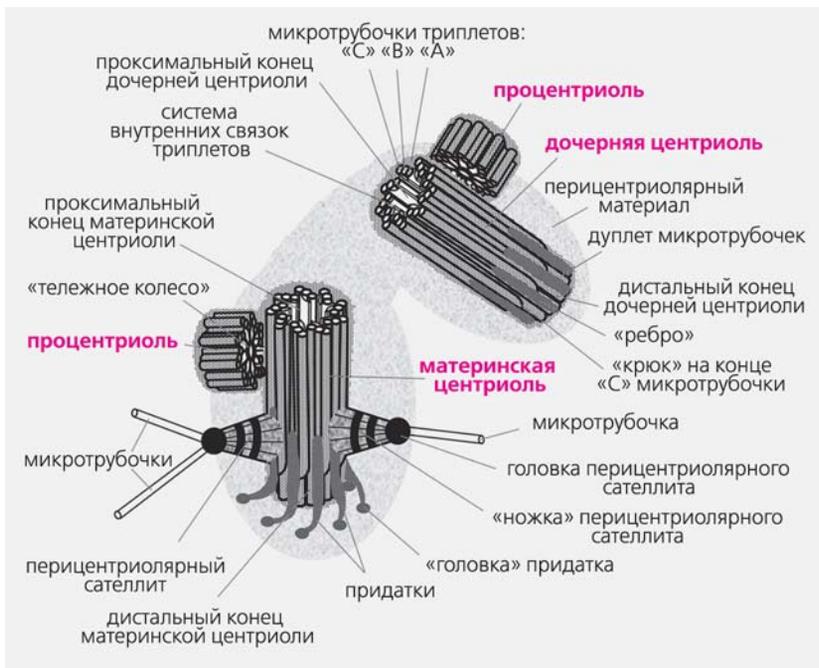


Рис.4. Упрощенная схема строения centrosомы в интерфазных клетках млекопитающих в середине S-фазы клеточного цикла [19].

Длина центриольных цилиндров составляет 0.3—0.5 мкм, диаметр около 0.2 мкм, при этом стенки их состоят из девяти симметрично расположенных тяжей [7], каждый из которых составлен из трех латерально связанных друг с другом микротрубочек (внутренней — А, средней — В и внешней — С), называемых вместе триплетом [11].

Центриольный цилиндр — полярная структура. Поскольку в базальном тельце конец цилиндра, от которого растет ресничка, обращен к внешней поверхности клетки, он был назван *дистальным*, а противоположный конец, обращенный внутрь клетки, — *проксимальным*. В центриолях *придатки* и *перичентриольные сателлиты* располагаются ближе к дистальному концу, и от него же может расти первичная ресничка (рис.5). В то же время процентриоль (вновь формирующаяся центриоль) всегда образуется ближе к проксимальному концу (см. рис.4). Именно здесь, на проксимальном конце, располагается структура, характерная только для молодых (незрелых) центриолей, — так называемая *«ось со спицами»*, или *«тележное колесо»* (см. рис.4).

Триплеты микротрубочек лежат под углом к радиусу центриольного цилиндра, причем закручены они в центриолях всех исследованных объектов одинаково — против часовой стрелки, если смотреть на центриоль с проксимального конца.

Микротрубочки (также полярные биополимеры) в составе центриольных триплетов всегда ориентированы одинаково — их *минус конец* находится на проксимальном конце центриольного цилиндра, а *плюс конец* — на дистальном.

С поверхностью материнской центриоли связаны струк-

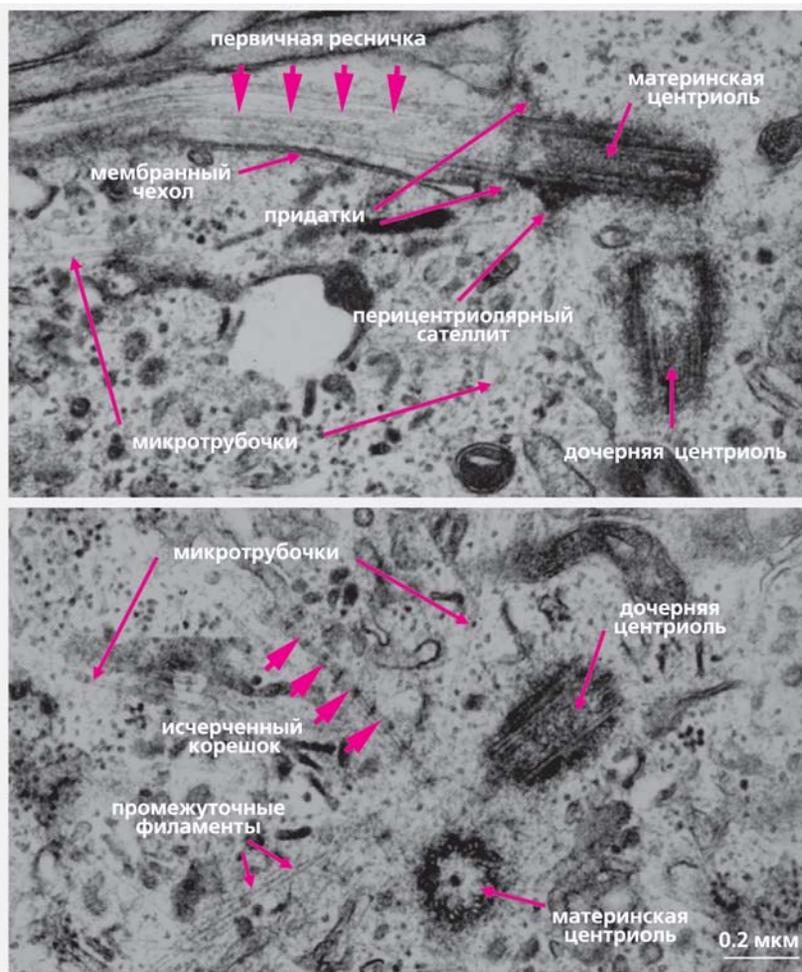


Рис.5. Ультраструктура первичной реснички исчерченных корешков в интерфазной клетке млекопитающих [20]. © Elsevier Ltd, 2003.

туры двух типов. Во-первых, это перицентриолярные сателлиты (образования, напоминающие по форме фишку детской игры), состоящие из конической ножки длиной около 0.1 мкм, на вершине которой находится округлая головка (см. рис.4). Число их варьирует в норме от одной до четырех на центриоль, но может достигать девяти и более, либо они вообще отсутствуют в клетках некоторых типов. С головками перицентриолярных сателлитов часто связаны отходящие от centrosомы микротрубочки, причем от сателлитов их может отходить значительно больше, чем от стенки центриоли. Перицентриолярные сателлиты — структуры, характерные исключительно для интерфазной centrosомы. За несколько часов до митоза они исчезают, и их материал включается в состав так называемого *митотического гало* — аморфной тонкофибриллярной структуры диаметром около 1 мкм, окружающей centrosому в митозе.

Второй тип выростов на поверхности центриолярных цилиндров — *придатки*, они расположены на дистальном конце каждого триплета, а потому их количество всегда равно девяти (см. рис.4). В отличие от перицентриолярных сателлитов, *придатки* не исчезают при переходе клетки из интерфазы в митоз, и по их наличию всегда можно определить более зрелую материнскую центриоль.

У материнской центриоли есть еще одна особенность: она способна формировать рудиментарную (первичную) *ресничку* — структуру, которая выступает над поверхностью клетки подобно реснице над глазом (см. рис.5). Первичные реснички появляются в клетках вскоре после завершения деления и исчезают перед митозом или в самом его начале. С центриолями, формирующими первичную ресничку, часто ассоциированы *исчерченные корешки* (см. рис.5). Назвали их

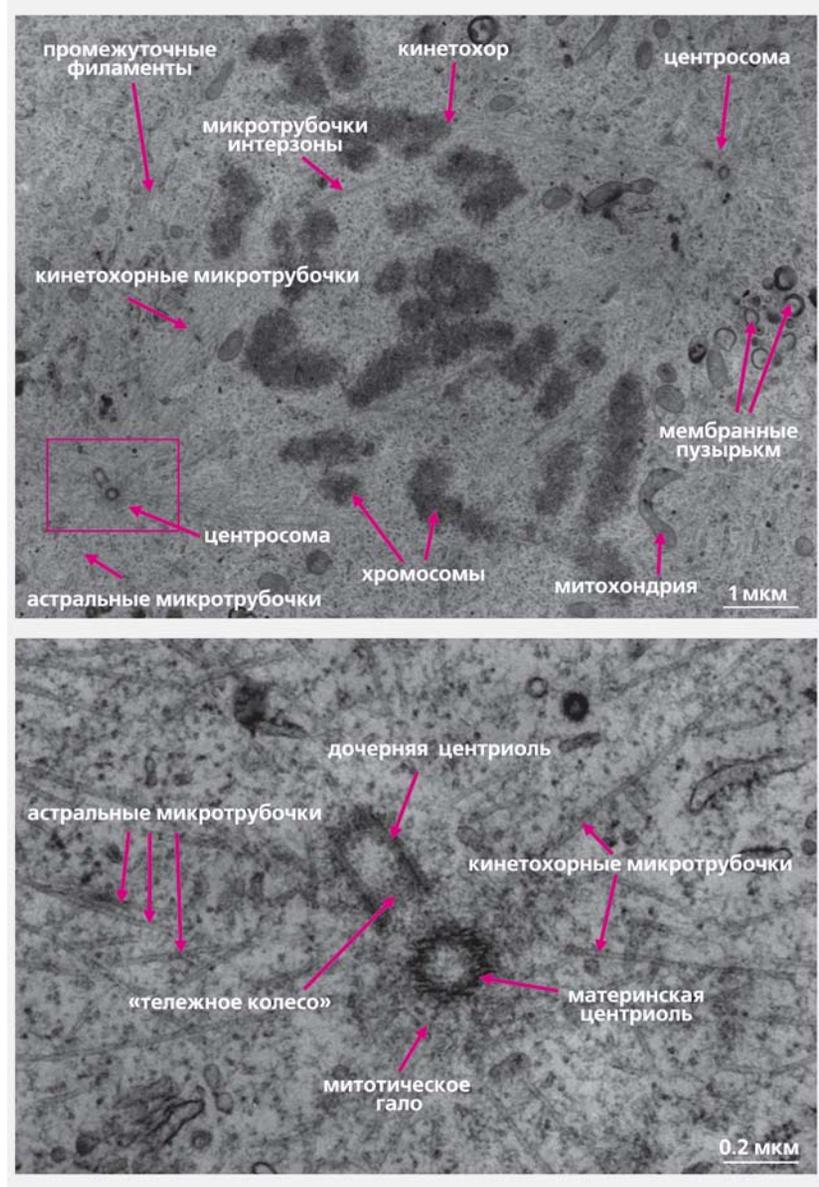


Рис.6. Ультраструктура centrosомы в митотической клетке млекопитающих. Верхнее фото — общий вид митотического веретена; нижнее фото — увеличенное изображение диплосомы нижнего левого полюса веретена.

по предполагаемой функции — первоначально считалось, что они заякоривают ресничку, подобно корням дерева. Однако исчерченные корешки могут наблюдаться и в отсутствие реснички [12].

Строение интерфазной centrosомы постепенно меняется в зависимости от стадии клеточного цикла. В конце интерфазы или в профазе митоза две

пары центриолей начинают расходиться и формируют два равнозначных центра полимеризации микротрубочек — профазные звезды, при этом интерфазные микротрубочки полностью разрушаются. Каждый полюс веретена в митозе содержит две взаимно перпендикулярных центриоли — *диплосому* (рис.6). Материнскую центриоль легко отличить от дочер-

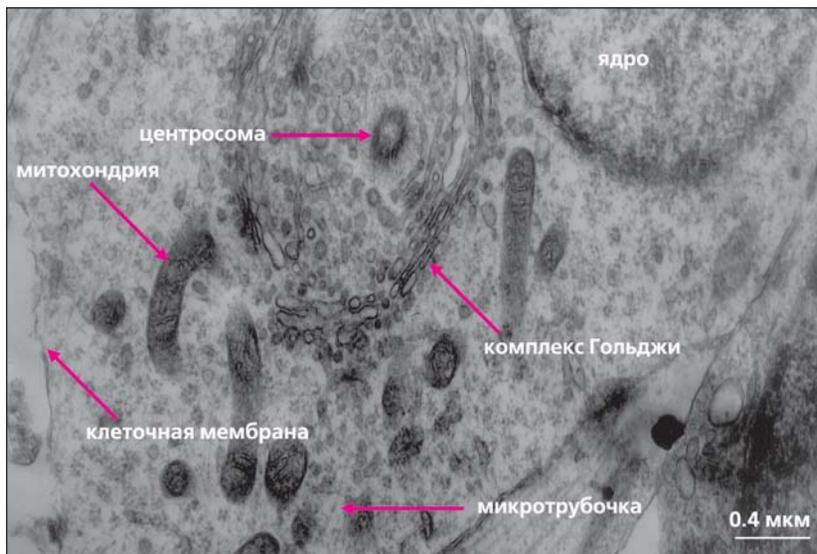


Рис.7. Центросома, окруженная комплексом Гольджи. На ультратонком срезе располагается одна центриоль из пары.

ней, поскольку она имеет два свободных конца и окружена митотическим гало.

Во всех ты, душечка, нарядах хороша!

По биохимическому составу центросома оказалась мультибелковым комплексом. Первыми, естественно, были охарактеризованы белки, составляющие основу триплетов центриольных цилиндров, — α - и β -тубулины, а впоследствии семейство пополнилось еще пятью белками — γ -, δ -, ϵ -, ξ - и η -тубулинами. Отсутствие любого из них в большей или меньшей степени приводит к нарушению структуры и функций центросомы.

К настоящему времени охарактеризовано уже более сотни ассоциированных с центросомой белков. Поскольку трудно дать единую универсальную классификацию всех этих белков, существует несколько вариантов их систематизации в зависимости от выбранного параметра. По локализации в центросоме различают белки, непосредственно входящие в состав центриолей (как уже упомяну-

тые тубулины), и белки ассоциированных структур и перицентриольного материала (например, перицентрин). По продолжительности нахождения в центросоме белки разделяют на постоянно присутствующие и появляющиеся в ней только в специфические моменты клеточного цикла. По функциям выделяют несколько групп центросомальных белков: структурные, белки-моторы, регуляторы (в первую очередь киназы и фосфатазы), а также белки, связанные с нуклеацией микротрубочек (образованием затравки, с которой начинается их рост) и удержанием микротрубочек на центросоме.

Белки-моторы, ассоциированные с микротрубочками, участвуют в формировании митотического веретена и осуществляют направленный транспорт вдоль микротрубочек интерфазной сети. При этом микротрубочки выступают в качестве своеобразных рельсов, по которым органеллы и белковые комплексы перемещаются в обоих направлениях — центробежно (от центра клетки к периферии) при участии белков суперсемейства кинезинов, и центрипетально (от периферии клетки к цен-

тру) при участии белков суперсемейства динеинов. Необходимо отметить, что центросома часто тесно связана с комплексом Гольджи (рис.7), что обеспечивает доставку созревающих в нем белков по отходящим от центросомы микротрубочкам во все части клетки (рис.8). Регуляторные белки клеточного цикла представлены разнообразными по функциям киназами (осуществляющими специфическое фосфорилирование других белков) — например, киназами CDK1 ($p34^{cdc2}$), управляющими ходом митоза, или киназами семейств Polo, Auroa, NIMA и др. Белки — компоненты комплекса нуклеации микротрубочек — так же многочисленны, некоторые из них высоко консервативны (т.е. встречаются у всех групп эукариот), другие видоспецифичны. Таким образом, не удивительно, что при столь многообразном белковом составе центросома выполняет в клетке разнообразные функции, часть которых и до настоящего времени полностью не исследована.

На все руки мастерица

Вспомним, что еще первооткрыватели центросомы связывали ее роль в клетке с функционированием митотического веретена, а значит, и с микротрубочками. Дальнейшие исследования показали, что на центриоли действительно происходит образование (полимеризация) микротрубочек (рис.9), и долгое время полагали, что именно в этом основная функция центросомы. Впоследствии оказалось, что такое представление в значительной степени ограничено, и правы были те исследователи, которые уже в начале XX в. поняли, что эта органелла играет в клетке совершенно особую роль. Однако разберемся с функциями центросомы по порядку.

Центросома как центр организации микротрубочек. Это представление о центросоме

окончательно оформилось ко второй половине XX в. Как было отмечено в обзоре К.Фултон, centrosoma может организовывать микротрубочки четырьмя различными способами: образует процентриоли, формирует микротрубочки митотического веретена, организует радиальную систему интерфазных микротрубочек, инициирует рост первичной реснички [13]. Созревание центриоли — это и есть не что иное, как приобретение способности к полимеризации микротрубочек [14]. Интересно проследить последовательные стадии, проходя которые центриоль обретает эту способность.

Как мы уже упоминали, окончательное созревание центриоли занимает более одного клеточного цикла. Процентриоли (две на клетку, по одной на каждую уже существующую центриоль) появляются в конце начальной (G_1) фазы клеточного цикла и растут на протяжении двух следующих за ней фаз — синтетической (S) и предмитотической (G_2). В этом первом для себя клеточном цикле молодые процентриоли не участвуют в нуклеации микротрубочек. Основную роль в формировании их интерфазной системы играет самая старая из четырех центриолей в клетке — «мать» для одной из процентриолей и «бабушка» для другой центриоли, формирующейся вблизи второй по возрасту центриоли в клетке (см. рис.4).

Далее, в начале митоза, в процессе формирования профазных звезд, центрами нуклеации становятся два митотических гало, в середине которых располагаются диплосомы — структуры, состоящие из ориентированных перпендикулярно друг другу двух центриолей, по одной старой и по одной новообразованной (те самые темные гранулы, наличие которых обнаружили исследователи XIX в.). После окончания митоза дочерняя центриоль оказывается во вновь сформированной

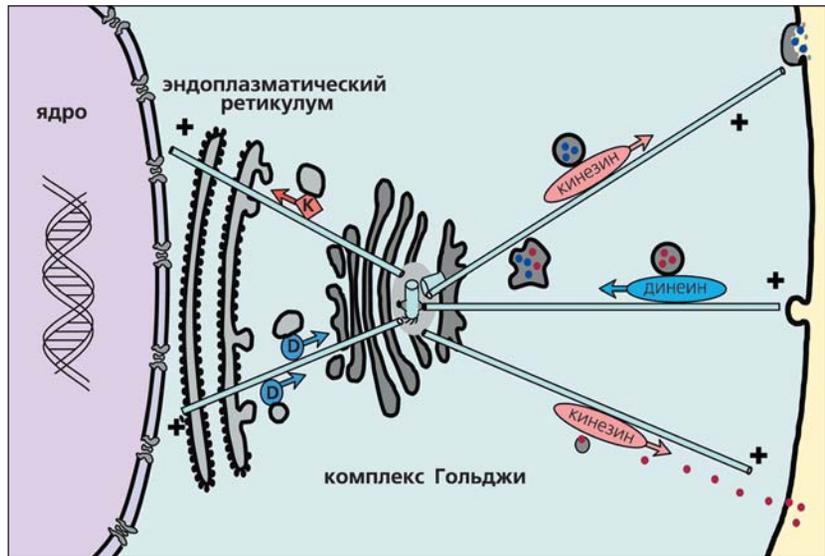


Рис.8. Схема, иллюстрирующая работу аппарата Гольджи. Транспорт в направлении к аппарату Гольджи осуществляет моторный белок динеин, доставку созревших в аппарате Гольджи белков по отходящим от центросомы микротрубочкам во все части клетки осуществляет моторный белок кинезин.

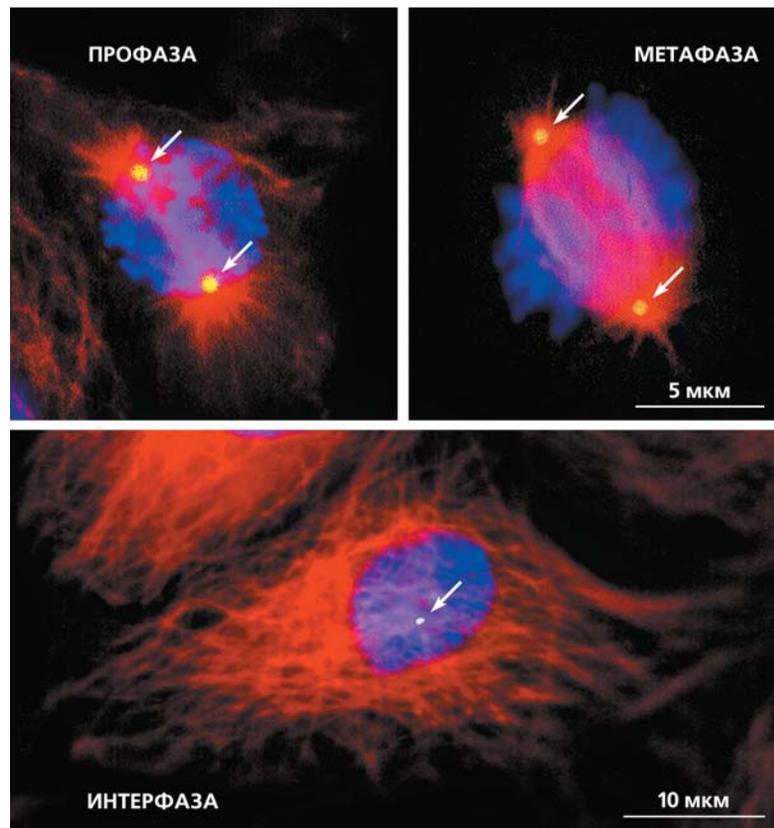


Рис.9. Центросома и система микротрубочек в профазной, метафазной и интерфазной клетках. Световая микроскопия. Тройное иммунофлуоресцентное окрашивание выявляет микротрубочки (красный цвет), центросому (зеленый цвет) и ДНК (синий цвет). Положение центросомы показано стрелками.

клетке в паре с материнской, от которой уже неотличима по размерам. Дочерняя центриоль все еще (в начале G₁-фазы второго в своей жизни клеточного цикла) не стала центром организации интерфазных микротрубочек и по-прежнему не может образовывать первичную ресничку (на это тоже способна пока только ее «мать»).

Однако в это время молодая дочерняя центриоль впервые отделяется от материнской, и ровно через один цикл после возникновения (в конце G₁-фазы второго в своей жизни клеточного цикла) впервые выступает центром организации микротрубочек, формируя новую процентриоль.

В этой связи как нельзя лучше подходит высказанное еще в 1961 г. Д.Мезия предположение: «...когда происходит очередное деление, подготовка к следующему делению уже началась». Более того, можно сказать, что в клетке с закладкой процентриолей началась подготовка не только к ближайшему, но и следующему за ним делению.

При завершении второго клеточного цикла (в профазе митоза) упомянутая центриоль уже может организовывать микротрубочки вторым способом — формировать один из полюсов веретена деления. Тогда же на центриоли появляется белок це-нексин. И только прожив в клетке почти два полных цикла, эта центриоль становится, наконец, «старшей» в клетке, центром организации интерфазных микротрубочек и способна формировать первичную ресничку.

Описанный нами сложный процесс протекает при участии многочисленных центросомальных белков, многие из которых только ждут своего исследователя. Однако уже понятно, что функции некоторых исследованных белков являются жизненно важными. Так, в начале интерфазы на материнской центриоли формируются перичентриольные сателлиты. В

составе этих органелл обнаружен белок δ-тубулин, в отсутствие которого нарушается структура центриольного цилиндра — происходит потеря микротрубочки «С» и центриоли содержат лишь дуплеты микротрубочек. Без белка центрина невозможно удвоение центриолей. А белок протеинкиназа Аврора А, появляющийся в составе центросомы во второй половине интерфазы, отвечает за регуляцию расхождения центросом (что происходит при участии клеточного белка-мотора Eg5) — будущих полюсов веретена деления.

Мы привели лишь несколько примеров, но и этого достаточно, чтобы понять, насколько значимую роль может играть один-единственный белок в нормальном протекании, тонкой регуляции и филигранно точном исполнении конечного результата столь сложных процессов, в основе которых лежит нуклеация микротрубочек.

Нуклеирующая и закоривающая функции — две отдельные активности центросомы. Согласно данным последних лет, центросома ответственна не только за нуклеацию микротрубочек, но и за их закоривание (т.е. закрепление и удержание на центросоме), причем обе функции контролируются разными белковыми комплексами (γ-тубулиновым и нинеиновым соответственно) [15]. В клетках культуры ткани оба комплекса расположены в одной локальной области — на центросоме, и это определяет радиальность существующей в них системы микротрубочек. У высококодифференцированных клеток комплексы могут быть сосредоточены в разных участках клетки, что определяет специфическую организацию системы микротрубочек в целом. Например, в эпителиальных клетках, выстилающих орган равновесия (кортиев орган), наряду с расходящимися от центросомы короткими микротрубочками существует множество длинных,

ориентированных вдоль длинной оси клетки. Очевидно, что для формирования такой системы микротрубочек необходимо, чтобы закоривающий комплекс располагался на краю клетки. По-видимому, зародившись на центросоме, короткие микротрубочки перемещаются в направлении клеточной мембраны, откуда дорастают до противоположного конца клетки. Такая специализированная система микротрубочек обеспечивает не только эффективное распределение мембранных компонентов и перемещение везикул, но и выполнение главной специальной функции этих клеток — передачу механических вибраций.

Какие молекулярные механизмы приводят к реорганизации радиальной системы микротрубочек в продольно-ориентированную, до конца неясно. Однако из приведенного примера следует, что радиальная организация сети микротрубочек не универсальна, а центросома не всегда выполняет роль основной структуры, ответственной за пространственную организацию цитоплазматической сети микротрубочек.

Центросома — регуляторный центр клетки. Для этого утверждения есть много оснований, о некоторых из них мы уже говорили, но существуют и другие. Центросома обычно располагается в геометрическом центре клетки, в непосредственной близости от аппарата Гольджи, от нее на периферию клетки радиально расходятся микротрубочки — своеобразные клеточные «рельсы», по которым транспортные молекулы перемещают различные «грузы», а растущая от активной центриоли первичная ресничка выполняет в клетке сенсорную функцию. Считается, что ресничка — элемент пути, транслирующего внеклеточный сигнал на центросому и комплекс Гольджи с целью эффективной секреции новых синтезированных веществ внеклеточного матрикса.

Ресничка выполняет роль антенны; на ее поверхности располагаются разнообразные специфические молекулярные комплексы — рецепторы для внешних сигналов. Например, полицистин-2 на поверхности ресничек клеток почечного эпителия участвует в формировании кальциевых каналов и инициации сигнала, контролирующего клеточную пролиферацию и дифференциацию. Одновременно в этих клетках ресничка выполняет и механосенсорную функцию. Рецепторы на мембране реснички могут зависеть от типа клетки — например, реснички нейрона имеют характерные рецепторы для соматостатина и серотонина.

Таким образом, centrosoma оказывается центральным «узлом» в механизме сигнальной трансдукции: от первичной реснички centrosoma получает внеклеточный сигнал, в зависимости от которого «регулирует» транспортные процессы, осуществляемые по системе связанных с нею микротрубочек.

Centrosoma — структурная часть механизма, управляющего динамической морфологией клетки в целом. Живая клетка имеет определенную, характерную для данного типа форму. Форма эта не постоянна, она способна динамично меняться. Постоянство формы клетки поддерживает цитоскелет, и он же обеспечивает ее изменения при различных физиологических и патологических состояниях. Особенно значительные изменения происходят при движении клетки — сложно скоординированном процессе, в который напрямую вовлечены растущие от centrosomy микротрубочки. При движении микротрубочки взаимодействуют с актиновыми филаментами и клеточными контактами, регулируют натяжение клетки, а изменения их динамики вызывают изменение скорости движения. Выполнение этих функций напрямую связано с пространственной организацией системы

микротрубочек, с ее способностью быстро перестраиваться. В настоящее время стала очевидной структурно-функциональная связь всех компонентов цитоскелета в клетке. Так, поддержание формы клетки зависит не только от системы микротрубочек, но и от системы промежуточных филаментов, центр схождения которых также может располагаться вблизи centrosomy. Взаимодействие микротрубочек и актиновых микрофиламентов имеет принципиальное значение на различных стадиях построения митотического веретена. Взаимодействие между микротрубочками, актиновыми микрофиламентами и адгезивными структурами является ключевым в регуляции клеточной подвижности (миграции, локомоции, цитокинеза и поляризации клеток). Это взаимодействие осуществляется в первую очередь на структурном уровне посредством белков-связок, которые соединяют микротрубочки и актиновые микрофиламенты [16].

В неспециализированных клетках centrosoma регулирует не только соотношение свободных и связанных с ней микротрубочек, но и длину радиальных микротрубочек, а, следовательно, и их способность дорастать до края клетки и взаимодействовать своими плюс-концами с фокальными контактами. Дело в том, что единственный растущий конец индивидуальной микротрубочки способен к специфической локальной регуляции контактов путем направленного к ним подрастания микротрубочек — таргетинга [17]. Это делает каждый плюс-конец centrosomальной микротрубочки, достигший периферии клетки, потенциально уникальным. Однако способность centrosomy сочетать нуклеирующую и заякоривающую функции выходит на первый план не только в связи с представлением о том, что индивидуальная микротрубочка — дискретный инструмент регуляции клеточных контактов, но

и в связи с ее способностью закрепляться на специфических сайтах на периферии клетки с помощью комплекса плюс-концевых белков, а также динамически взаимодействовать с актиновыми филаментами [18]. Эта способность плюс-концов очень важна и для митоза, поскольку позволяет радиально растущим от centrosomy астральным микротрубочкам взаимодействовать с кортексом и обеспечивать правильное положение ядра, хромосомной пластинки и борозды дробления, а также генерировать силы, действующие на centrosomu и полюса веретена, с которыми связаны минус-концы микротрубочек. По окончании митоза плюс-концевые белки определяют и положение аппарата Гольджи, в норме локализованного рядом с centrosomой; взаимодействие между centrosomой и аппаратом Гольджи — необходимый элемент внутриклеточных сигнальных путей регуляции деления клетки и апоптоза.

Мы понимаем, что непосвященному в тайны клеточной биологии трудно воспринять все вышесказанное. Придется поверить на слово: накопленные к настоящему моменту данные свидетельствуют, что centrosoma — не только центр организации микротрубочек, но и структурная часть механизма, управляющего динамической морфологией клетки в целом.

И вечный бой, покой нам только снится...

Завершая свое краткое повествование о centrosome, попробуем определить, насколько далеко мы продвинулись по пути постижения ее роли в живой клетке. Уникальная центрально-носимметричная структура всегда вызывала смелые, а порой и фантастические гипотезы о функциях centrosomy. История исследований изобилует примерами (большая часть которых, ввиду ограниченности объема, не вошла в данную статью), ког-

да категоричность утверждений исследователей опровергалась сюрпризами, преподносимыми этой клеточной органеллой. Согласно современным представлениям, центросома — важный интегральный элемент живой клетки, функции которой не ограничены ее способностью к полимеризации микротрубочек. В исследовании центросомы появились целые отдельные направления, посвященные ее участию в каком-то одном аспекте жизнедеятельности клетки: в поддержании и изменении формы клетки, в образовании клеточной полярности, в регуляции внутриклеточного транспорта, в формировании мультибелковых ансамблей, ответственных за регуляцию клеточного цикла, и в других клеточных процессах.

Уже на данном этапе развития клеточной биологии понятно, что центросома — ключевая структура в регуляторных процессах, и нарушение ее функций приводит к аномалиям клеточного цикла, дефектам в развитии живых тканей и организмов, к возникновению трофических и онкологических заболеваний. Однако бурное развитие новых экспериментальных подходов дает и, как мы надеемся, будет давать в будущем все новые возможности для исследования центросомы. Несмотря на большое количество описанных центросомальных белков, процесс изучения характера их взаимодействия друг с другом еще только начинается. На наших глазах мозаичность знаний о центросоме сменяется структурированностью, обнаружива-

ются функциональные связи между различными центросомальными белками. Мощный арсенал молекулярно-биологических и генетических методов в сочетании с детальным изучением морфологии позволяет накапливать огромное количество новых фактов, обработка и анализ которых становятся возможными благодаря современным информационным технологиям. И чем больше мы узнаем о центросоме, тем более важная роль в клетке ей отводится, поэтому без преувеличения можно сказать, что понимание регуляторных функций центросомы как мультибелкового комплекса, видимо, уже в недалеком будущем приведет к более глубокому проникновению в тайны организации живой материи. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты №95-04-12703, 00-04-48762, 00-15-99366, 03-04-48035, 06-04-49233.

Литература

1. *Boveri T.* // *Verhandl. Phys. Med. Ges. Wurzburg.* 1895. V.XXIX. Цитируется по: [4].
2. *Henneguy L.F.* // *Arch. Microsc. Morph. Exp.* 1898. №1. P.481—496.
3. *Lenbóssék M.von.* *Über Flimmerzellen.* Kiel, 1898. V.12. P.106—128.
4. *Wilson E.B.* *The Cell in Development and Inheritance.* N.Y., 1900.
5. *Wheatley D.N.* *The Centriole: a central enigma of cell biology.* Amsterdam; N.Y., 1982.
6. *Selby C.C.* // *Exp. Cell Res.* 1953. V.5. P.386—393.
7. *Fawcett D.W., Porter K.R.* // *J. of Morphology.* 1954. №94. P.221—282.
8. *Burgos M.H., Fawcett D.W.* // *J. Biophys. Biochem. Cytology.* 1955. V.1. №4. P.287—300.
9. *Bernbard W., Harven E.de* // *Comp. Rend. Acad. Sci. (Paris).* 1956. V.242. P.288—290.
10. *Yamada T.* // *Endocr. J.* 1956. V.3. №3. P.203—210.
11. *Afzelius B.* // *J. Biophysic. and Biochem. Cytol.* 1959. V.5. №2. P.269—278.
12. *Alieva I.B., Vorobjev I.A.* // *Cell Biol. International.* 2004. V.28. P.139—150.
13. *Fulton C.* *Centrioles // Origin and continuity of cell organelles.* N.Y., 1971. P.170—221.
14. *Stubblefield E.* // *A collection of papers presented the 21 Annual Symposium on Fundamental Cancer Research,* 1967. Baltimore, 1968. P.175—193.
15. *Mogensen M.* *Microtubule organizing centers in polarized epithelial cells // Centrosomes in development and disease.* Weinheim, 2004. P.299—320.
16. *Jaffe A.B., Hall A.* // *Annu. Rev. Cell. Dev. Biol.* 2005. №21. P.247—269.
17. *Kaverina I., Krylyshkina O., Small J.V.* // *J. Cell. Biol.* 1999. V.146. №5. P.1033—1044.
18. *Bershadsky A.D., Ballestrem C., Carramusa L. et al.* // *Eur. J. Cell. Biol.* 2006. V.85. №3—4. P.165—173.
19. *Uzbekov R., Prigent C.* // *FEBS Letters.* 2007. P.1251—1254.
20. *Alieva I.B., Vorobjev I.A.* // *Cell Biology International.* 2003. V.28. P.139—150.

Пространственная организация ДНК

С.В.Разин

Еще в начале прошлого века благодаря использованию чисто генетических методов выяснилось, что гены линейно расположены на хромосомах. С тех пор большинство исследователей рассматривают геном как цепь последовательно расположенных генов и межгенных участков, включающих различные регуляторные и другие (казалось бы незначимые) последовательности. Такой стереотип мышления отражается, в частности, в том, что расстояния между генами или другими участками ДНК обычно указывают в тысячах нуклеотидных пар, имея в виду расстояния вдоль молекулы ДНК.

Хотя это вполне корректно, но такое представление о линейности генома заключает в себе определенные опасности. Дело в том, что в ядре эукариотической клетки геном упакован чрезвычайно сложно. В результате последовательности ДНК, в том числе и гены, отстоящие друг от друга на десятки или сотни тысяч нуклеотидных пар, а иногда и вообще расположенные в разных хромосомах, в трехмерном пространстве оказываются в непосредственной близости. Это обеспечивает взаимодействие белковых комплексов, связанных с удаленными (если считать вдоль молекулы ДНК) регуляторными элементами. Такие взаимодействия значительно расширяют возможности работы различных



Сергей Владимирович Разин, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, заведующий лабораторией структурно-функциональной организации хромосом в Институте биологии гена РАН, профессор кафедры молекулярной биологии биологического факультета МГУ им.М.В.Ломоносова. Научные интересы связаны с изучением пространственной организации генома в ядре эукариотической клетки и механизмов рекомбинации.

регуляторных систем в геноме эукариотической клетки. В последние годы получено несколько принципиально новых наблюдений, существенно повысивших интерес к пространственной организации ДНК в ядре. Мы попытаемся суммировать современные достижения в этой области.

Упаковка ДНК в ядре

В средней эукариотической клетке общая протяженность геномной ДНК составляет около 2 м, диаметр ее ядра всего ~10–20 мкм. При этом совокупность генов, работающих в данной клетке, должна быть доступна для РНК-полимераз и транскрипционных факторов, а вся ДНК в делящихся клетках должна реплицироваться.

Сегодня известно, что упаковка ДНК в ядре эукариотической

клетки осуществляется в несколько этапов (рис.1). Сначала нить ДНК укладывается в нуклеосомы, при этом ее длина уменьшается в шесть-семь раз. Затем нуклеосомная нить складывается в так называемую 30 нм фибриллу (соленоид или зигзагообразную нить), что обеспечивает дополнительную компактизацию в 40 раз. Далее фибрилла организуется в большие (50 и более тысяч пар нуклеотидов) петли, концы которых закрепляются на белковом скелете ядра (его часто называют ядерным матриксом). На этом этапе линейные размеры ДНК сокращаются в 700 раз [1]. Существуют и следующие уровни компактизации ДНК, информация о которых в настоящее время весьма скудна и противоречива.

Пока речь шла лишь об упаковке одной протяженной молекулы ДНК. В первом приближении таковой можно считать ДНК

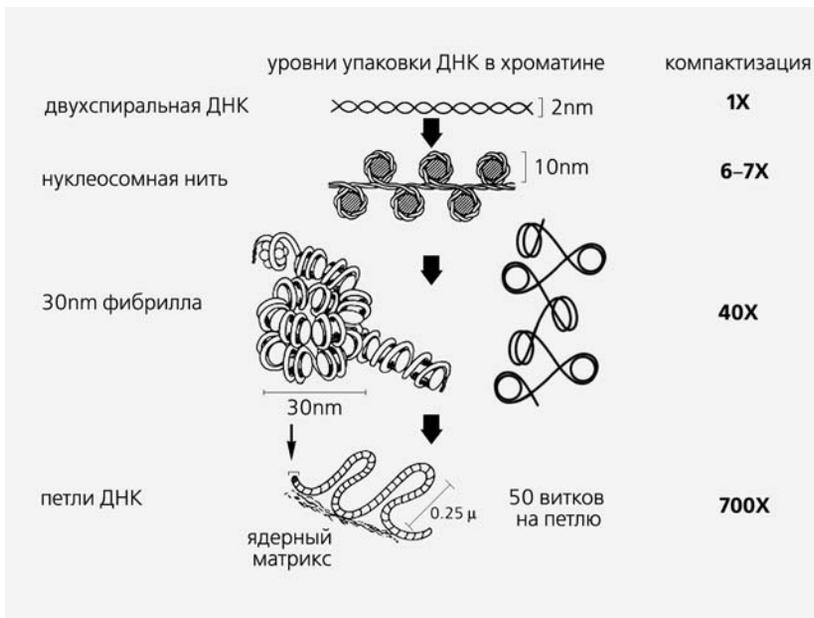


Рис.1. Уровни упаковки ДНК в ядре эукариотической клетки.

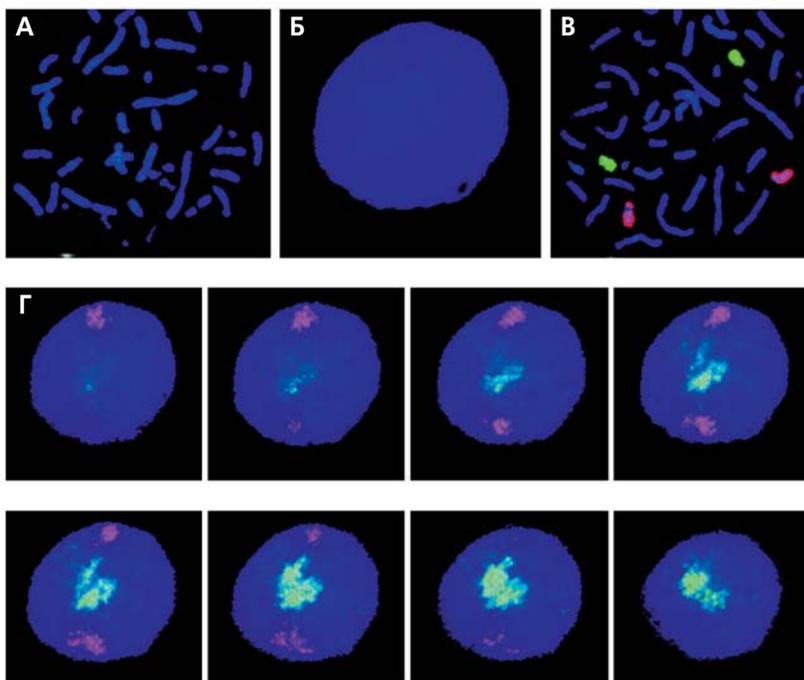


Рис.2. Окраска хромосомных территорий. А — ДНК метафазных хромосом человека. Б — ДНК интерфазного ядра. В — ДНК метафазных хромосом (синий цвет) после гибридизации с хромосом-специфичными пробами, узнающими хромосому 18 (красный цвет) и хромосому 19 (зеленый цвет); показаны два гомолога соответствующей хромосомы. Г — результаты гибридизации ДНК интерфазных ядер с хромосом-специфичными пробами, узнающими хромосомы 18 и 19. Восемь секций ядра сделаны с помощью конфокального микроскопа; синим окрашена вся ядерная ДНК (как на рис.Б).

одной хромосомы. Однако геном эукариотической клетки разделен на несколько хромосом. Например, в клетках любого объекта генетиков — плодовой мушки дрозофилы — имеется четыре пары хромосом (в клетках человека их 46). Индивидуальные хромосомы можно увидеть под микроскопом только во время митоза. На остальных фазах клеточного цикла они не видны, и ядро клетки представляется относительно гомогенным. В течение многих лет молекулярных биологов интересовал вопрос, занимают ли отдельные хромосомы ограниченные пространства внутри ядра или же при декомпактизации хромосом ДНК каждой из них распределяется по всему ядру, неизбежно перемешиваясь с ДНК других хромосом.

Около 10 лет назад ответ на этот вопрос был найден. Методы молекулярной гибридизации позволили окрашивать в интерфазном ядре индивидуальные хромосомы (рис.2). Оказалось, что они, вопреки общепринятой в то время точке зрения, занимают внутри ядра ограниченные неперекрывающиеся пространства (названные «хромосомными территориями», рис.3) и располагаются неслучайным образом: хромосомы, богатые генами, локализуются ближе к центру ядра, а бедные генами — ближе к его периферии [2]. В поддержании специфических позиций хромосомных территорий важную роль играет ядерный матрикс.

Взаимодействие удаленных регуляторных элементов

Упаковка ДНК в иерархические хроматиновые структуры принципиально важна для физического расстояния между регуляторными последовательностями и их ориентации в пространстве. А эти последовательности всегда служат площадками связывания регуляторных белков. Уже организация ДНК в нук-

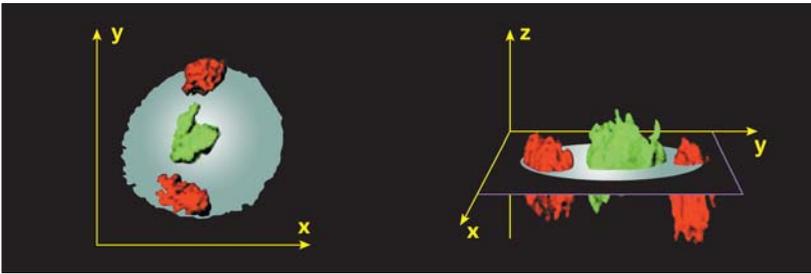


Рис.3. Двумерная и трехмерная модели ядра, показывающие расположение хромосомных территорий [2].

леосомы может сделать эти площадки недоступными для белковых факторов, либо ориентировать их так, что посаженные на них белковые комплексы в силу чисто стерических причин (например, направленности в противоположные стороны) не смогут взаимодействовать друг с другом. А при формировании фибрилл возможности подавления либо активации тех или иных регуляторных систем возрастают. Однако расположение нуклеосом на ДНК достаточно динамично. Обратимые изменения в их структуре и степени конденсации хроматина (в частности, переход от развернутой нуклеосомной нити к 30 нм фибрилле и более компактным гетерохроматиновым структурам) составляют наиболее изученную часть эпигенетических механизмов.

Эти механизмы мы не будем обсуждать, а остановимся на следующем уровне упаковки ДНК в хроматине, а именно на протяженных петлях ДНК (рис.1). Их можно увидеть при электронной микроскопии метафазных хромосом и интерфазных ядер, из которых были удалены гистоны. Наличие в интерфазных ядрах топологически замкнутых петель ДНК продемонстрировано и с помощью биохимических методов [4].

Прикрепленные к ядерному матриксу петли ДНК заинтересовали специалистов прежде всего потому, что по своим размерам они могли бы соответствовать функциональным единицам генома. Для проверки этого

предположения требовалось изучить специфичность организации ДНК в петле. Во-первых, установить, одинаково ли разделение генома на петли во всех клетках. Если это предположение верно, то одни фрагменты генома всегда должны находиться в основаниях петель ДНК, а другие — в самих петлях. Во-вторых, выяснить, имеются

ли некие особые последовательности ДНК, ответственные за «заякоривание» петель на белковом матриксе ядра.

Метод разрезания генома

За последние 30 лет предложено несколько методов картирования участков прикрепления петель ДНК к ядерному матриксу (хромосомному остову). Хотя эти методы различаются в деталях, их можно разделить на две принципиально различающиеся группы. Первая основана на выделении так называемой «прилежащей к ядерному матриксу ДНК» (т.е. находящейся в основаниях петель) и фракции петель ДНК, которая отщепляется от ядерного матрикса при ограниченной обработке ядер ферментом нуклеазой (рис.4). Пред-

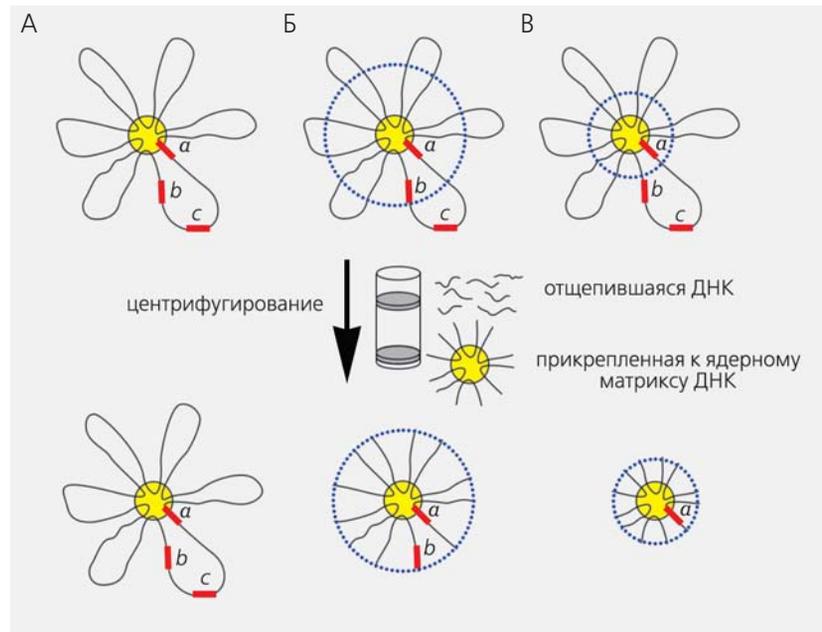


Рис.4. Схема установления позиций генов в петлях ДНК.

А — нуклеотид, полученный после экстракции гистонов из ядер, не обработанных нуклеазой; одна из петель ДНК содержит три гена: «а» находится в проксимальной (по отношению к ядерному матриксу) части петли, «b» занимает промежуточное положение, и «с» — в дистальной части; Б — после обработки ядер нуклеазой образуются примерно два разрыва на петлю; фрагменты ДНК, находящиеся в основаниях петель (внутри пунктирного круга), прикреплены к ядерному матриксу. После дифференциального центрифугирования фрагменты разделяются, и в прикрепленной к ядерному матриксу ДНК остаются гены «а» и «b»; В — после дополнительной обработки нуклеазой остается только ген «а».

почтительное присутствие исследуемого фрагмента ДНК в прилежащей ядерному матриксу фракции, полученной после достаточно интенсивной нуклеазной обработки, позволяет говорить о том, что он прикреплен к ядерному матриксу. Вторая группа методов направлена на изучение специфичности последовательностей ДНК, взаимо-

действующих с ядерным матриксом. В основе всех методов лежит избирательное связывание *in vitro* (т.е. в пробирке) фрагментов клонированной ДНК с изолированным ядерным матриксом. Однако результаты, полученные с помощью двух методических подходов, оказались достаточно противоречивыми [4].

Мы обратили внимание, что все методы направлены на идентификацию и характеристику фрагментов ДНК, локализованных в основаниях петель. В основе нашего принципиально нового подхода лежит разрезание всего генома на петли и последующая их характеристика. На первый взгляд, разделить геном на индивидуальные петли чрезвычайно трудно. Здесь очень важно, с помощью какого инструмента делать разрывы в основаниях петель ДНК. По счастью, таким инструментом нас обеспечила сама природа. Исследования показали, что один из главных компонентов ядерного матрикса — фермент ДНК-топоизомеразы II, регулирующий топологию ДНК. Этот фермент вносит двунитевые разрывы в ДНК, которые после снятия топологических напряжений либо разделения катенанов зашиваются (лигируются) тем же ферментом. На протяжении всей реакции фермент, состоящий из двух субъединиц, остается связанным с ДНК.

Существует целый ряд ингибиторов ДНК-топоизомеразы II (в нашем случае VM-26), которые останавливают реакцию на стадии промежуточного комплекса фермент—ДНК. (Интересно, что большинство из них используются в качестве противоопухолевых агентов.) При этом каждая из субъединиц фермента остается ковалентно связанной с 5'-концом разорванной цепи ДНК. Если такие блокированные комплексы обработать денатурирующим агентом, после чего разрушить фермент, то получится препарат ДНК, разрезанный на фрагменты в местах контакта ДНК с ферментом (рис.5). Если бы топоизомеразы II находилась только в ядерном матриксе, то простая обработка живых клеток ее ингибиторами разрешила бы весь геном по участкам прикрепления ДНК к ядерному матриксу. Однако задача осложняется тем, что этот фермент в растворимой форме присутствует в нук-

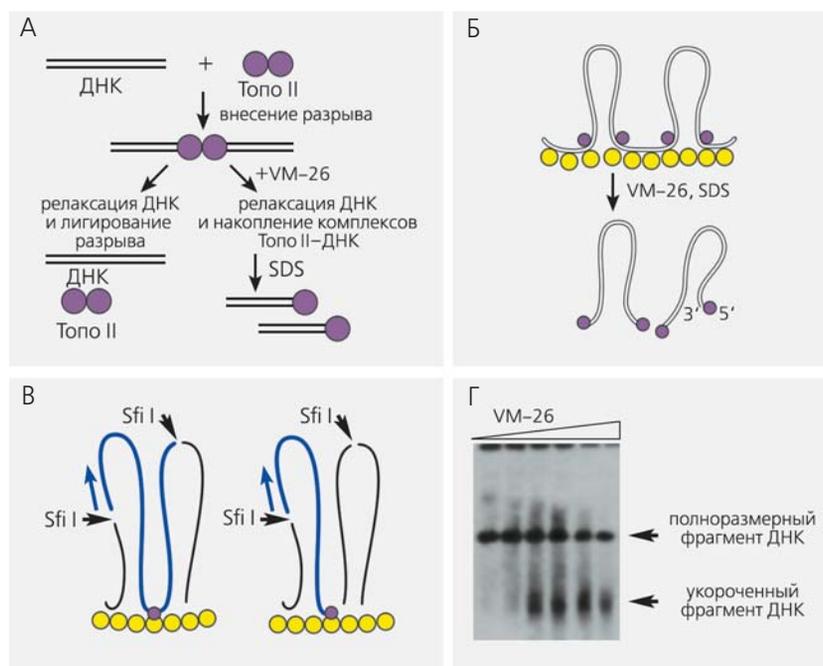


Рис.5. Схема метода картирования петель ДНК:
 А — реакция, катализируемая ДНК-топоизомеразой II, и механизм разрезания ДНК при ингибировании сшивающей активности фермента VM-26 и другими «топоизомеразными ядами»;
 Б — разрезание геномной ДНК на индивидуальные петли. После удаления гистонов развернутые петли ДНК все еще прикреплены к ядерному матриксу (желтые кружки), содержащему ДНК-топоизомеразу II (фиолетовые кружки). Нуклеоиды инкубируют в среде с VM-26, после чего лизируют додецилсульфатом натрия (SDS). В местах прикрепления петель к ядерному матриксу топоизомеразы II разрезает ДНК;
 В — в петлях ДНК, обработанных рестриктазой Sfi I, появляются разрывы. Фрагмент Sfi I—Sfi I (показан синим цветом) можно идентифицировать с помощью гибридизации с пробой, комплементарной одному из концов полноразмерного рестриктозного фрагмента (синяя стрелка). Справа тот же участок генома после дополнительного разрыва, вызванного топоизомеразой II (фиолетовый кружок). Размер укороченного фрагмента равен расстоянию от участка расщепления ДНК-рестриктазой Sfi I до участка расщепления ее топоизомеразой II;
 Г — типичная картина результата электрофореза. На всех дорожках виден полноразмерный Sfi I—Sfi I фрагмент ДНК. В дорожках, содержащих ДНК из нуклеоидов, обработанных высокими концентрациями VM-26, появляется дополнительный (Sfi I—Топо II) фрагмент, который свидетельствует, что внутри изучаемого фрагмента ДНК находится участок прикрепления к ядерному матриксу.

леоплазме и может вносить разрывы в любом месте (если окажется рядом с ДНК в момент обработки клеток ингибитором). Наиболее вероятными точками разрывов будут свободные от нуклеосом участки, наиболее чувствительные к ДНК-нуклеазе (ДНКазе I). Чтобы исключить возможность разрывов вне интересующих нас участков прикрепления ДНК к ядерному матриксу, мы экстрагировали растворимый фермент, а заодно и гистоны, обрабатывая ядра 2M NaCl (рис.4). Полученные так называемые нуклеоиды обрабатывали ингибиторами ДНК-топоизомеразы II [5]. Так нам удалось разрезать весь геном на отдельные петли и их олигомеры.

Что делать дальше? Как установить позиции концов петель на физической карте генома? Напомним, что на такой карте показаны реальные расстояния вдоль молекулы ДНК между теми или иными маркерами. Физические карты различных геномов начали создавать задолго до расшифровки геномов человека и ряда других организмов. В качестве маркеров при создании таких карт обычно используются участки расщепления ДНК ферментами рестриктазами. Установить позиции участка прикрепления петли ДНК к ядерному матриксу на физической карте — значит определить расстояние от места прикрепления до места расщепления ДНК той или иной рестриктазой. Для этого можно воспользоваться методом непрямого мечения концов фрагментов ДНК [6], предложенным около 30 лет назад для картирования позиций участков гиперчувствительности к ДНКазе I.

Принцип этого метода заключается в том, что после внесения в ДНК разрывов тем или иным агентом (в нашем случае — ДНК-топоизомеразой II ядерного матрикса) препарат дополнительно разрезают избранной рестриктазой. После разделения фрагментов с помощью электрофореза и переноса их на нитроцеллюлозный фильтр проводят

гибридизацию с пробой, комплементарной концу вырезанного фрагмента, внутри которого может находиться дополнительный разрыв. Если такого разрыва нет, то после гибридизации получится полноразмерный фрагмент. Но если внутри этого фрагмента ДНК была разрезана топоизомеразой II ядерного матрикса или другим ферментом, фрагмент будет более коротким, и длина его равна расстоянию от участка расщепления ДНК рестриктазой до участка расщепления ДНК изучаемым агентом (рис.5). При работе с петлями, вырезанными ДНК-топоизомеразой II, основная трудность заключается в необходимости разделить по размеру очень длинные фрагменты ДНК. Эту проблему можно решить, используя электрофорез в пульсирующем поле, который позволяет разделить фрагменты ДНК с размерами от нескольких тысяч до нескольких миллионов нуклеотидных пар [7].

Карта организации в петли-домены гена дистрофина человека

Мы с успехом использовали вышеописанный метод для картирования границ петель в ряде областей генома человека и дрожофилы. После этого была поставлена масштабная задача — построить карту организации в петли-домены самого протяженного из известных генов — гена дистрофина человека. В этом гене, расположенном на X-хромосоме, около 2500 тыс. нуклеотидных пар, а размер его мРНК составляет всего 14 тыс. нуклеотидных пар. Иначе говоря, более 99% от общей протяженности гена занимают некодирующие последовательности (интроны). В гене дистрофина часто происходят различные перестройки, некоторые из которых приводят к тяжелым наследственным заболеваниям — мышечным дистрофиям [8].

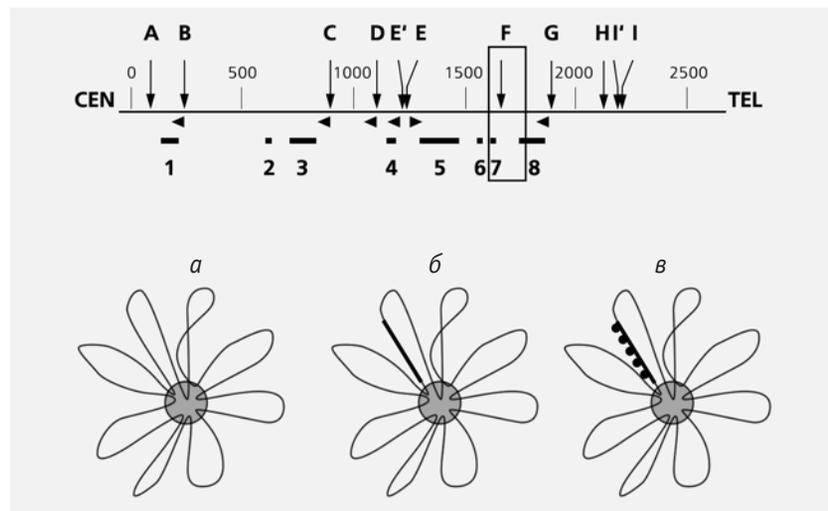


Рис.6. Карта организации в петли гена дистрофина человека. Вверху — схема расположения участков и областей прикрепления ДНК к ядерному матриксу (горизонтальные линии, обозначенные номерами 1—8) в границах гена дистрофина. Вертикальные стрелки (латинские буквы А—I) указывают на расположение участков расщепления; горизонтальные — на позиции гибридизационных проб. Внизу — схема визуализации уникальных фрагментов ДНК на препаратах нуклеоидов. После экстракции из ядер гистонов петли ДНК расправляются и образуют корону вокруг ядерного матрикса (а). Препараты гибридизуют с пробой, содержащими биотин (жирная полоса на схеме б). Такую пробу можно увидеть после окраски антителами, связанными с флуоресцентным красителем (черные кружочки на схеме в).

Карту расщепления гена дистрофина рестриктазой SfiI построили еще до определения полной нуклеотидной последовательности генома человека. Мы картировали позиции участков прикрепления ДНК к ядерному матриксу относительно точек расщепления ДНК этой рестриктазой и выяснили, что в гене дистрофина имеется по меньшей мере девять петель, разделенных восьмью зонами прикрепления [9]. В некоторых случаях протяженность участков ДНК, разделяющих две соседние петли, сопоставима с длиной самих петель (рис.6, а). Это принципиально новое наблюдение позволило рассмотреть зоны прикрепления ДНК к ядерному матриксу как особую часть генома. Любопытно, что именно тут находятся выявленные ранее в гене дистрофина горячие точки рекомбинации [9]. Обнаруженная закономерность оказалась справедливой и для ряда других изученных генов. Еще одно интересное наблюдение (также подтвержденное на других экспериментальных моделях) состоит в том, что в зонах прикрепления петель располагаются участки, с которых начинается репликация ДНК. Это подтверждает сформулированное нами еще 20 лет назад положение о важнейшем принципе организации эукариотической хромосомы — ее построении из структурно-функциональных

доменов, соответствующих репликационным единицам [10].

Петли ДНК под микроскопом

Экспериментальный подход, использованный нами для картирования петель ДНК, основан на ряде логических предпосылок, вытекающих из радиально-петлевой модели строения хромосомы. До недавнего времени не было прямых доказательств того, что петли ДНК, картированные с помощью разных методов, именно те, которые можно видеть на цитологических препаратах. Среди множества переплетающихся петель ДНК, наблюдаемых под электронным микроскопом, практически невозможно идентифицировать петлю как фрагмент генома, интересующий исследователя. Однако это возможно при анализе петель с более низким разрешением.

Если посмотреть на экстрагированные 2M NaCl ядра в флуоресцентном микроскопе (после окраски ДНК тем или иным флуоресцентным красителем), то можно видеть корону петель ДНК в виде облака, окружающего более ярко окрашенную центральную зону (ядерный матрикс) (рис.7, а и схемы на рис.6). Такие препараты называют ядерными гало (nuclear halos), на которых индивидуальные петли неразли-

чимы. Чтобы увидеть их, надо воспользоваться методом гибридизации *in situ* (в данном случае препаратов иммобилизованных на стекле ядерных гало) с интересующим фрагментом генома. Проба должна содержать аналогичные нуклеотидов (например биотинилированный уридин), которые после гибридизации окрашиваются флуоресцентными красителями, например красным или зеленым. Это позволяет одновременно анализировать распределение ДНК, которую проще всего окрасить DAPI (4',6-диамидино-2-фенилиндолом) в сиреневый цвет, и распределение пробы после гибридизации, окрашенной в красный или зеленый цвет.

В ходе реализации программ по секвенированию генома человека в разных лабораториях клонировали тысячи протяженных (100—300 тыс. нуклеотидных пар) фрагментов ДНК человека. Большинство клонов систематизировали соответственно позициям клонированных фрагментов ДНК в геноме человека. Существует целый ряд научных центров, в которых можно приобрести интересующий клон. Мы взяли клонированный фрагмент человеческой ДНК, представляющий картированную нами в гене дистрофина петлю ДНК, ограниченную участками прикрепления 7 и 8 (см. рис.6). После гибридизации этого фрагмента с препаратами ядерных гало выявляется множество сигналов, распределенных по всему полю (рис.7, б). Это связано с тем, что в ДНК высших эукариот, в том числе и человека, присутствует множество повторяющихся последовательностей, распределенных по всему геному.

Имеющиеся в нашей пробе повторы гибридизуются со всеми комплементарными последовательностями. Понятно, что результаты такого эксперимента не поддаются интерпретации. К счастью, сигналы от гибридизации повторяющихся последовательностей можно подавить.

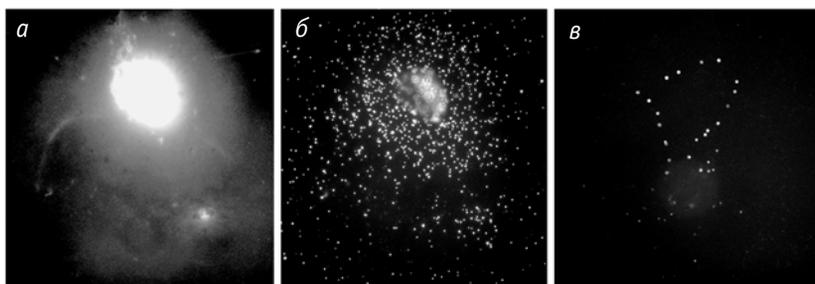


Рис.7. Микрофотографии результатов гибридизации *in situ* с препаратами ядерных гало (а) с фрагментом человеческого генома — петли ДНК, картированной в гене дистрофина. Эта петля ограничена областями прикрепления к ядерному матриксу 7 и 8. Гибридизация без конкурентной ДНК (б) и в присутствии избытка немеченой фракции повторяющихся последовательностей человеческой ДНК (в).

Для этого мы провели гибридизацию в присутствии избытка немеченой фракции повторяющихся последовательностей ДНК человека и увидели петли ДНК, прикрепленные к ядерному матриксу (рис. 7, в). Все они имели одинаковый размер (в пределах погрешности измерений), соответствующий длине фрагмента ДНК, картированного в экспериментах по вырезанию петель ДНК-топоизомеразой II ядерного матрикса [9].

Значение этого результата выходит за рамки простого подтверждения правильности построенной нами карты доменной организации гена дистрофина. Впервые в мире мы показали, что биохимический метод, основанный на радиальной модели строения хромосомы, действительно позволяет картировать петли ДНК, наблюдаемые на цитологических препаратах. Это подтверждает и радиальную модель строения хромосомы, на основании которой разработан наш метод вырезания петель. Далее, возможность наблюдать одинаковые петли ДНК при анализе ряда препаратов ядерных гало подтверждает тот факт, что ДНК организована в петли статично, т.е. во всех клетках к ядерному матриксу прикреплены одни и те же фрагменты ДНК, а участки между ними образуют петли. Мы поставили эксперимент на активно де-

лящихся клетках. Коль скоро во всех клетках выявлены одинаковые петли ДНК, можно утверждать, что специфическая организация ДНК в петли, разделенные зонами прикрепления, сохраняется в ряду клеточных делений. Это обстоятельство чрезвычайно важно, поскольку позволяет рассматривать такую организацию ДНК как один из эпигенетических механизмов. Действительно, при образовании петель могут фиксироваться позиции различных регуляторных элементов и их мишеней, способствуя их взаимодействию либо, наоборот, исключая его.

Петли ДНК, хромосомные перестройки и эволюция генома

Как мы уже говорили, горячие точки рекомбинации гена дистрофина находятся в сегментах, прикрепленных к ядерному матриксу. Дополнительные исследования показали, что к ядерному матриксу прикреплены и горячие точки рекомбинации, присутствующие в ряде других генов, в частности тех, рекомбинации которых ассоциированы с развитием лейкозов [11]. Трудно поверить, чтобы это было просто случайным совпадением. Скорее всего, именно постоянный контакт ДНК с топоизомеразой служит причи-

ной возникновения «горячих точек» хромосомных перестроек. Топоизомераза II может прямо участвовать в незаконной рекомбинации. Еще более вероятно, что внесенные ею двуниевые разрывы в ДНК при определенных условиях могут стимулировать неточное восстановление этих повреждений.

Известно, что репарация двуниевых разрывов в ДНК высших эукариот нередко приводит к различным рекомбинационным событиям. На возможную роль топоизомеразы II как индуктора хромосомных перестроек указывают многочисленные данные о том, что использование ингибиторов этого фермента в химиотерапии опухолей нередко вызывает вторичные лейкозы [12]. Клетки этих лейкозов характеризуются различными крупномасштабными хромосомными изменениями, наиболее частыми в участках расщепления ДНК-топоизомеразой II [13]. Важно отметить, что участки прикрепления петель на молекуле ДНК располагаются достаточно далеко друг от друга, но внутри ядра они могут оказаться в непосредственной близости. Незаконная рекомбинация между такими участками будет приводить к утрате либо перемещению протяженных участков генома, что, в свою очередь, может быть важным фактором эволюции генома [14]. ■

Литература

1. Getzenberg R.H., Pienta K.J., Ward W.S., Coffey D.S. // Journal of Cellular Biochemistry. 1991. V.47. P.289—299.
2. Cremer T., Kurz A., Zirbel R., Dietzel S. et al. // Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol. 1993. V.58. P.777—792.
3. Peterson C.L., Laniel M.A. // Curr. Biol. 2004. V.14. P.R546—551.
4. Razin S., Gromova I.I., Iarovaia O.V. // International Review of Cytology. 1995. V.162B. P.405—448.
5. Razin S.V., Hancock R., Iarovaia O., Westergaard O. et al. // Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. 1993. V.58. P.25—35.
6. Nedospasov S.A., Georgiev G.P. // Biochem. Biophys. Res. Commun. 1980. V.92. P.532—539.
7. Schwartz D.C., Cantor C.R. // Cell. 1984. V.37. P.67—75.
8. Hoffman E.P., Schwartz L. // Mol. Aspects Med. 1991. V.12. P.175—194.
9. Iarovaia O.V., Bystritskiy A., Ravcheev D., Hancock R. et al. // Nucl. Acids Res. 2004. V.32. P.2079—2086.
10. Razin S.V., Kekelidze M.G., Lukanidin E.M., Scherrer K. et al. // Nucl. Acids Res. 1986. V.14. P.8189—8207.
11. Iarovaia O.V., Sbkumatov P., Razin S.V. // J. Cell. Sci. 2004. V.117. P.4583—4590.
12. Super H.J., McCabe N.R., Thirman M.J., Larson R.A. et al. // Blood. 1993. V.82. P.3705—3711.
13. Zhang Y., Strissel P., Strick R., Chen J. et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2002. V.99. P.3070—3075.
14. Razin S.V. // Crit. Rev. Eukar. Gene Exp. 1999. V.9. P.279—283.

Как ток спины переносит

Спинтроника многослойных ферромагнетиков

Ю.В.Гуляев, П.Е.Зильберман, Э.М.Эпштейн

Твердотельная электроника второй половины XX в. была основана на переносе заряда электронов и управлении им при помощи электрических и магнитных полей. В конце века возникло и стало быстро развиваться новое направление, активно использующее то обстоятельство, что электрон, помимо заряда, обладает спином и связанным с ним магнитным моментом. Это направление получило название «спиновая электроника», или «спинтроника», ему сопутствует смещение акцентов как в отношении основных изучаемых эффектов, так и в отношении используемых материалов. На первый план выходят ферромагнитные металлы. В «обычной», зарядовой, электронике металлам отводилась довольно пассивная роль из-за высокой концентрации свободных электронов, экранирующих электрические поля и исключающих возможность нарушать зарядовую нейтральность и управлять распределением заряда. Что касается магнитных полей, то их воздействие на движение электронов, будучи эффектом релятивистским (сила Лоренца пропорциональна отношению скорости заряда к скорости света), становится существенным лишь в достаточно сильных полях. Известные гальвано- и термомагнитные эффекты, обусловленные действием магнитного поля на движение свободных электронов



Юрий Васильевич Гуляев, академик РАН, генеральный директор Института радиотехники и электроники им.В.А.Котельникова РАН. Область научных интересов — радиоэлектроника, физика полупроводников, физика магнитных явлений, акустоэлектроника, информатика, обработка сигналов. Лауреат Государственных премий СССР (1974, 1984), Государственной премии РФ (1993), премии Европейского физического общества (1979), премии Института электро- и радиоинженеров (IEEE) (2006) и др.

Петр Ефимович Зильберман, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией того же института. Занимается теорией полупроводников, физикой магнитных явлений, акустоэлектроникой, наноэлектроникой. Лауреат Государственной премии (1985).

Эрнест Майорович Эпштейн, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник того же института. Работы связаны с физикой полупроводников, физикой магнитных явлений, физической акустикой, исследованием низкоразмерных структур.

твёрдого тела (эффект Холла, магнитосопротивление и др.), для металлов используются в основном при изучении их свойств — энергетического спектра, механизма рассеяния электронов и т.д.

О пользе спина

В ферромагнитных металлах ситуация существенно иная. Обменное (обусловленное перекрытием волновых функций) взаимодействие между электронами *d*-оболочек атомов приводит к появлению спонтанной намагниченности. Поскольку это взаимодействие имеет нерелятивистскую (электростатическую) природу, оно характеризуется значительной величиной (соответствующая энергия $\sim 0.1-1$ эВ в расчете на один электрон) и оказывает заметное влияние на динамику электронов. Возникает расщепление электронных энергетических зон на спиновые подзоны, которые соответствуют электронам со спиновым магнитным моментом, направленным параллельно вектору спонтанной намагниченности («вверх»), и электронам с магнитным моментом, направленным антипараллельно этому вектору («вниз»). Энергетическое расстояние между подзонами по порядку величины совпадает с указанной выше энергией. Чтобы создать такое расщепление в парамагнетике, понадобилось бы внешнее магнитное поле $\sim 10^3$ Тл; соответствующее поле часто называют обменным магнитным полем, хотя оно имеет не магнитную, а электростатическую природу.

Сказанное, однако, отнюдь не означает, что гораздо более скромные лабораторные магнитные поля $\sim 10^{-3}-1$ Тл не могут влиять на поведение электронов в ферромагнитных металлах. Дело в том, что обменное взаимодействие изотропно: определяя существование и величину спонтанной намагниченности, оно не сказывается на направлении вектора намагниченности. Последнее определяется магнитокристаллической анизотропией материала, которой соответствует поле анизотропии $\sim 10^{-3}-1$ Тл. Поэтому с помощью внешних магнитных полей того же порядка можно менять направление вектора намагниченности, т.е. управлять намного более сильным обменным полем; можно сказать, что внешнее магнитное поле играет роль своего рода реле.

Особенность обменного взаимодействия — его короткодействующая природа: характерный пространственный масштаб здесь ~ 10 нм. Поэтому использование спиновых эффектов открывает путь к дальнейшей миниатюризации электронных приборов и существенному повышению плотности магнитной записи информации.

Исследования, предвосхищающие развитие спиновой электроники, начались еще в 70-х годах прошлого века. В первую очередь заслуживают упоминания работа А.Г.Аронова и Г.Е.Пикуса

о спиновой инжекции в полупроводниках [1], работа М.И.Дьяконова и В.И.Переля, в которой была показана возможность ориентации спинов при протекании тока [2], и работа М.Жюльера по туннельному магнитосопротивлению магнитных переходов [3]. Любопытно, что и сегодня, 30 лет спустя, интересы исследователей в этой области вращаются в основном вокруг трех указанных эффектов — инжекции в магнитных переходах носителей с определенным направлением спина, переключения таких переходов спин-поляризованным током и гигантского магнитосопротивления, хотя работы и ведутся широким фронтом, в них участвуют ученые из разных стран от Португалии до Японии и от Канады до Бразилии.

Началом современного этапа обычно считают работу [4], в которой было экспериментально показано, что электронный ток в ферромагнитном металле поляризован по спину. Поляризация тока обеспечила возможность управления переносом спинов в ферромагнитных структурах с помощью магнитных полей (поэтому SPINTRONICS часто расшифровывают как аббревиатуру SPIN-TRAnsport electrONICS).

Основным объектом изучения в данной области (чем-то вроде мухи-дрозофилы в генетике) стал так называемый спиновый вентиль (spin valve) (рис.1). В простейшем случае он состоит из двух ферромагнитных слоев, разделенных сверхтонким промежутком — спейсером — из немагнитного металла или диэлектрика (спейсер необходим, чтобы предотвратить прямое обменное взаимодействие между ферромагнитными слоями; в случае металлического спейсера перенос электронов через него происходит в баллистическом — бесстолкновительном — режиме, в случае диэлектрического — в режиме туннелирования, т.е. «просачивания» через потенциальный барьер). Один из ферромагнитных слоев (он именуется свободным, free) обладает малой энергией анизотропии и легко меняет направление своей на-

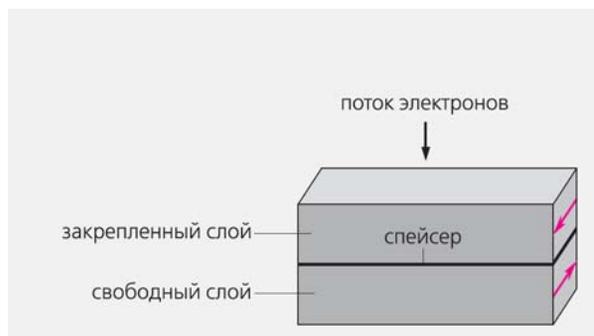


Рис.1. Схема спинового вентиля. Стрелками показано направление намагниченности в слоях. В верхнем слое намагниченность закреплена, т.е. ее направление не может быть изменено внешними воздействиями (полем или током), в нижнем слое намагниченность свободна.

магнитности под действием внешнего магнитного поля соответствующей ориентации или, как выяснилось недавно, при протекании тока. Другой ферромагнитный слой (его называют закрепленным, pinned) имеет существенно большую энергию анизотропии и переключается (меняет направление намагниченности) в гораздо более сильных полях. Сильная анизотропия закрепленного слоя может быть как присущей ему «от природы», так и наведенной в процессе изготовления; в частности, для этой цели используется явление однонаправленной анизотропии [5].

Для таких структур характерна сильная зависимость их электрического сопротивления при протекании тока поперек магнитных слоев от относительной ориентации векторов их намагниченности: при антипараллельной ориентации оно значительно выше, чем при параллельной (известны случаи обратного соотношения, но они достаточно редки). Поскольку ориентация свободного слоя может меняться под действием внешнего магнитного поля, это приводит к сильной зависимости сопротивления структуры от приложенного магнитного поля — к так называемому гигантскому магнитосопротивлению.

Был обнаружен и обратный эффект — изменение относительной ориентации намагниченности магнитных слоев спинового вентиля под действием протекающего через него тока, если плотность тока превосходит некоторое пороговое значение, типичная величина которого $\sim 10^7$ А/см² [6]. Когда поток электронов течет из закрепленного слоя в антипараллельно ориентированный свободный, последний при превышении указанного порога скачком перемагничивается с возникновением параллельной конфигурации. Это проявляется в скачкообразном уменьшении сопротивления магнитного перехода, что при заданной величине тока означает также скачкообразное понижение напряжения на переходе. В некоторых случаях при достаточно высокой плотности тока возникал нестационарный режим в виде генерации спиновых волн (изменений во времени и пространстве намагниченности решетки, которые волнообразно распространяются по кристаллу) [7].

Столь яркие экспериментальные факты требовали, естественно, теоретического объяснения для понимания их механизма, анализа результатов и оптимизации условий эксперимента. Ждать экспериментаторам не пришлось, поскольку подобные эффекты за несколько лет до того предсказали независимо друг от друга американские теоретики Л.Берже [8] и Дж.Слончевский [9].

Где же переключатель?

Сущность ожидаемых эффектов состояла в следующем. Перенос электронов при протекании электрического тока в ферромагнитном про-

воднике сопровождается переносом потока спинового момента количества движения и связанного с ним потока магнитного момента. В таком потоке направление спинового магнитного момента электронов параллельно направлению магнитного момента решетки, поскольку это соответствует минимуму энергии *sd*-обменного взаимодействия (подробнее об этом речь пойдет ниже). При переходе электронов из одного ферромагнитного слоя спинового вентиля в другой, имеющий иную ориентацию магнитного момента решетки, былая параллельность нарушается, и электрону приходится менять ориентацию спина, чтобы «приспособиться к новым условиям». Параллельность восстанавливается на малом расстоянии от границы раздела между ферромагнетиками, в слое толщиной ~ 1 нм. Этот процесс сопровождается передачей спинового момента количества движения от электронов к решетке. Важно подчеркнуть, что даже при коллинеарной (параллельной или антипараллельной) ориентации намагниченности обоих слоев в свободном слое имеются флуктуации намагниченности (вектор магнитного момента одного или нескольких атомов отклоняется от равновесного положения). По отношению к таким моментам спин электронов, входящих в свободный слой, имеет как продольную, так и поперечную компоненты. Поскольку величина передаваемого в процессе взаимодействия момента пропорциональна плотности тока через переход, при определенной плотности тока возникает неустойчивость флуктуаций намагниченности решетки, которая и приводит к переключению.

В математическом отношении теория Берже—Слончевского сводится к введению в уравнение Ландау—Лифшица—Гильберта, которое описывает динамику магнитной решетки (связывает компоненты намагниченности решетки между собой и с внешними полями), дополнительного члена, обусловленного указанной передачей спинового момента и соответствующего росту отклонений от равновесного состояния.

Модель Берже—Слончевского была взята на вооружение экспериментаторами, при этом обычно использовался ее упрощенный вариант, где передача спинового момента считается однородно распределенной по толщине переключаемого слоя, так что дополнительный член в уравнении не зависит от координат. Модель дает правильное (соответствующее экспериментальным данным) значение пороговой плотности тока, при которой происходит переключение магнитного перехода из антипараллельной конфигурации в параллельную. В то же время порой наблюдалось некритическое применение модели как истины в последней инстанции. Так, не выдерживает критики объяснение в рамках этой модели гистерезисной зависимости сопротивления перехода от тока (рис.2), в частности, переключения

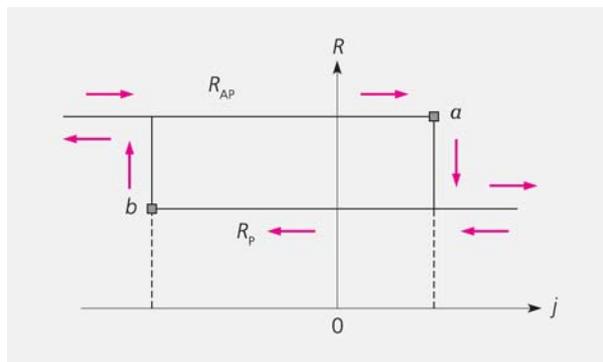


Рис.2. Зависимость сопротивления R магнитного перехода от плотности тока j (R_p — сопротивление при параллельной ориентации слоев, R_{AP} — сопротивление при антипараллельной ориентации). Стрелками показано направление изменения тока, точка a отмечает переключение в параллельную конфигурацию, точка b — обратный переход.

перехода обратным током, когда поток электронов направлен от свободного слоя к закреплённому — для этого необходимо учесть продольную компоненту спинового потока.

В Институте радиотехники и электроники РАН исследования в области спиновой электроники ведутся с 2000 г. Основное внимание было уделено альтернативному механизму влияния тока на состояние магнитного перехода. Механизм Берже—Слончевского учитывал лишь поперечную (по отношению к намагниченности переключаемого слоя) компоненту спинового потока, сопровождающего протекание тока. Что касается продольной компоненты, то ею пренебрегали, так сказать, по идейным соображениям: считалось, что электроны, спин которых коллинеарен магнитному моменту решетки, не могут заставить решетку изменить свою ориентацию.

В действительности дело обстоит иначе. При инжекции из закреплённого слоя в свободный электроны попадают в среду, «чужую» для них в нескольких отношениях. Прежде всего, они имеют направление спина, не коллинеарное намагниченности решетки в этой среде. Как уже упоминалось, от поперечной компоненты спина, с которой это связано, электроны освобождаются на расстоянии от границы слоев ~ 1 нм. Избавившись от поперечной компоненты, электрон оказывается в одной из двух спиновых подзон свободного слоя, однако процесс адаптации на этом не заканчивается. В равновесном состоянии подзоны должны быть заселены электронами не как попало, а по определенному закону, называемому распределением Ферми—Дирака. При таком распределении число электронов, переходящих в единицу времени из верхней подзоны в нижнюю, равно числу электронов, совершающих обратный пере-

ход (такие переходы означают переворот спина — изменение его направления на противоположное). Если равновесное распределение по тем или иным причинам нарушено, например, в верхней подзоне оказалось больше электронов, чем положено, то возрастает число электронов, переходящих в нижнюю подзону, и спиновое равновесие в конце концов восстанавливается. Время установления такого равновесия в ферромагнитных металлах при комнатной температуре порядка 10^{-12} — 10^{-13} с, электроны за это время вследствие диффузии успевают продвинуться на расстояние ~ 10 нм (заметим, что это на порядок больше того расстояния, на котором электроны расставались с поперечной компонентой спина). Поскольку в свободный слой из закреплённого непрерывно поступают новые электроны, все время, пока протекает ток, у границы слоев будет сохраняться область, в которой заполнение спиновых подзон остается неравновесным. Например, если в свободном слое спины электронов имеют преимущественное направление «вверх», а в закреплённом слое — «вниз», то при протекании потока электронов в направлении от закреплённого слоя к свободному в области свободного слоя указанной ширины будет находиться повышенное (по сравнению с равновесным) количество электронов со спином, направленным «вниз».

Здесь на сцену выступает уже упоминавшееся так называемое sd -обменное взаимодействие между свободными электронами (s -электронами) и электронами, локализованными на атомах решетки (d -электронами). Энергия этого взаимодействия минимальна, когда спины взаимодействующих электронов параллельны, и максимальна, когда они антипараллельны. Состояние, в котором имеется некоторое количество неравновесных электронов с магнитным моментом, направленным противоположно магнитному моменту решетки, обладает избыточной энергией, от которой система стремится избавиться, перейдя в состояние с меньшей энергией, т.е. изменив на противоположное направление магнитного момента решетки. Этому, однако, мешает магнитная анизотропия решетки, которая приводит к увеличению энергии системы при отклонении вектора намагниченности решетки от некоторого кристаллографического направления (так называемой легкой оси намагничивания). И до поры до времени, пока количество неравновесных спинов в свободном слое не слишком велико, данный слой остается в прежнем состоянии с намагниченностью решетки, антипараллельной намагниченности закреплённого слоя. Однако при достаточно высокой плотности тока (и, соответственно, достаточно высокой концентрации неравновесных спинов) такое состояние оказывается неустойчивым относительно малых флуктуаций намагниченности решетки, и вектор намагниченности меняет направление на противоположное. Происходит

перемангничивание свободного слоя в направлении, параллельном намагниченности закрепленного слоя (аналогом может служить маятник на жесткой спице, поставленный в положение «вверх ногами», — он находится в равновесном положении, но малейшее отклонение от этого положения немедленно заставляет его свалиться в нижнее, устойчивое, состояние). Оценки показывают, что для переключения намагниченности требуется не такое уж сильное нарушение спинового равновесия: доля неравновесных спинов должна составлять приблизительно 10^{-4} . Однако для этого необходима довольно высокая плотность тока — уже упоминавшаяся величина 10^7 А/см², что согласуется и с экспериментом, и с теорией Берже—Слончевского.

Права все!

Возникает естественный вопрос: какой же из двух механизмов имеет место в действительности, как они соотносятся между собой? Единственным способом дать удовлетворительный ответ было построить теорию, которая с самого начала учитывала бы существование обоих механизмов. Задача в конечном счете сводилась к тому, чтобы исследовать устойчивость состояния магнитной решетки свободного слоя, в который инжектируются свободные электроны из закрепленного слоя с иной ориентацией вектора намагниченности решетки. Другими словами, требовалось проследить судьбу малых отклонений (флуктуаций) намагниченности свободного слоя от исходного равновесного состояния при протекании достаточно большого тока через рассматриваемую систему — спиновый вентиль. При этом оказалось, что и передачу спинового крутильного момента (на которой строилась теория Берже—Слончевского), и *sd*-обменное взаимодействие решетки свободного слоя с инжектированными электронными спинами удобнее всего «загнать» в граничные условия к упомянутому уравнению Ландау—Лифшица—Гильберта, а в само уравнение никаких дополнительных членов не вводить. Два исследуемых механизма были представлены в граничных условиях двумя членами различной структуры, что позволяло на каждом этапе выделить роль каждого из механизмов.

Исходные («затравочные») флуктуации, как это обычно делается, рассматривались в виде плоских волн (в данном случае спиновых волн) с некоторым значением частоты и волнового вектора, причем допустимые значения волнового вектора отбирались граничными условиями. Было получено дисперсионное уравнение, определяющее частоту рассматриваемой спиновой волны в зависимости от плотности тока, внешнего магнитного поля и параметров магнитного перехода. При некотором значении плотности тока мнимая часть часто-

ты, определяющая затухание волны, меняет знак, что означает переход от затухания соответствующей флуктуации к ее нарастанию, т.е. к растущему со временем отклонению системы от прежнего равновесного состояния. Это нарастающее отклонение и приводит в конечном счете к переключению магнитного перехода. Оказалось, что для инжекционного механизма неустойчивой бывает только антипараллельная конфигурация, соответствующая максимальной энергии взаимодействия между электронами и решеткой. А в модели Берже—Слончевского в зависимости от направления тока возможно переключение как параллельной, так и антипараллельной конфигурации (для крутильного механизма они эквивалентны).

Так какой же из двух механизмов доминирует в возникновении неустойчивости? Выяснилось, что выбор зависит от величины константы затухания в уравнении Ландау—Лифшица—Гильберта, определяющей скорость затухания спиновых волн, — магнитной «вязкости» решетки. Эта константа имеет смысл той доли энергии, которую спиновая волна теряет за один период (или на расстоянии одной длины волны). При слабом затухании основной вклад вносит крутильный механизм Берже—Слончевского, при сравнительно сильном затухании — инжекционный механизм. Любопытно, что экспериментальные измерения константы затухания в изучаемых спиновых вентильных дали как раз такое ее значение (≈ 0.03), которое определяет границу между «областями влияния» двух механизмов! Это означает, что вклад двух механизмов соизмерим, и ни одним из них в общем случае пренебрегать нельзя. Оба механизма работают совместно, помогая друг другу: результирующий порог неустойчивости (определяемый соответствующей плотностью тока) оказывается ниже, чем он был бы при наличии лишь одного из этих механизмов. Оказалось, что совместная игра двух механизмов определяет существование всех упомянутых эффектов, включая токовый гистерезис и генерацию спиновых волн (рис.3).

Тогда возникает другой вопрос: существуют ли у этих механизмов какие-либо специфические проявления, позволяющие их опознать и различить? Положительный ответ на этот вопрос дало исследование зависимости частоты (ее вещественной части) флуктуаций от плотности тока, протекающего через магнитный переход. В случае инжекционного механизма по мере приближения к порогу неустойчивости происходит понижение («смягчение») частоты флуктуаций, а при достижении порога она обращается в нуль, т.е. переключение происходит в аперiodическом режиме (рис.4). Что касается крутильного механизма Берже—Слончевского, то здесь влияние тока на частоту флуктуаций отсутствует.

«Смягчение» собственных частот колебаний характерно для так называемых фазовых перехо-

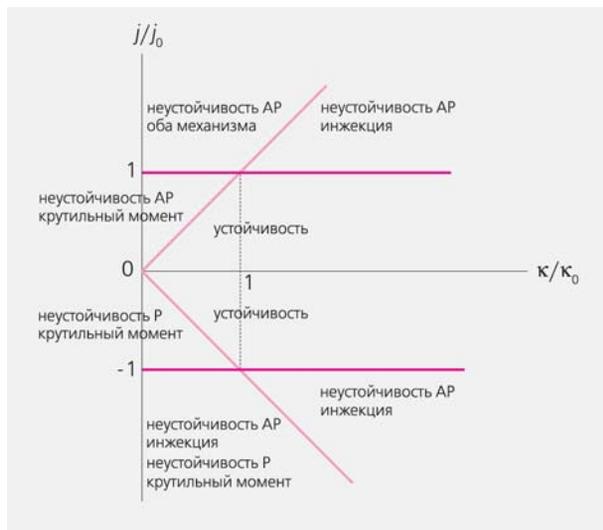


Рис.3. Области устойчивости/неустойчивости параллельной (P) и антипараллельной (AP) конфигураций при различных значениях плотности тока j и коэффициента затухания κ . Границы областей показаны цветными линиями. Указан механизм, вызывающий неустойчивость. j_0 — пороговая плотность тока, κ_0 — критическое значение коэффициента затухания, разделяющее области доминирования двух различных механизмов. Положительное направление тока соответствует движению электронов от закрепленного слоя к свободному.

дов второго рода, при которых, начиная с некоторого значения одного из параметров (например, ниже некоторой определенной температуры), в системе возникает спонтанное нарушение симметрии. Примером может служить возникновение спонтанной намагниченности в ферромагнетиках или спонтанной электрической поляризации в сегнетоэлектриках ниже точки Кюри; появление выделенного направления соответственно магнитного или электрического дипольного момента означает, что симметрия системы понижается. Инжекционный механизм переключения магнитного перехода — это, по существу, такой же переход, только происходящий в неравновесных условиях — при протекании электрического тока; аналогом точки Кюри служит пороговая плотность тока.

Аналогия с фазовым переходом становится еще более тесной, если задаться следующим вопросом (и, конечно, найти на него ответ): к чему в конечном счете приведет развитие неустойчивости флуктуаций? В случае тонкого переключаемого слоя, когда намагниченность однородна по толщине слоя, неустойчивость приводит к переключению в устойчивое однородное состояние всего слоя в целом. Менее предсказуема из общих соображений противоположная ситуация, когда толщина слоя превосходит характерную длину

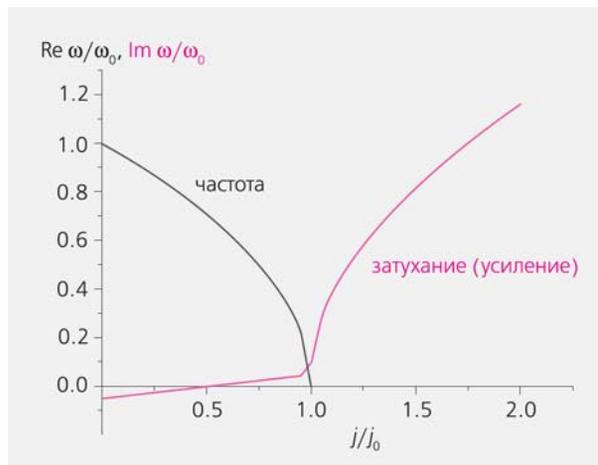


Рис.4. Зависимость вещественной (Re) и мнимой (Im) части частоты флуктуаций ω от плотности тока (ω_0 — частота спиновых волн в отсутствие тока, j_0 — пороговая плотность тока).

неоднородности магнитной решетки — толщину доменной стенки. В этом случае переключение всего толстого слоя в присутствии внешнего магнитного поля оказывается энергетически невыгодным, и меняет магнитную ориентацию лишь часть свободного слоя, прилегающая к границе с закрепленным слоем (рис.5). По мере увеличе-

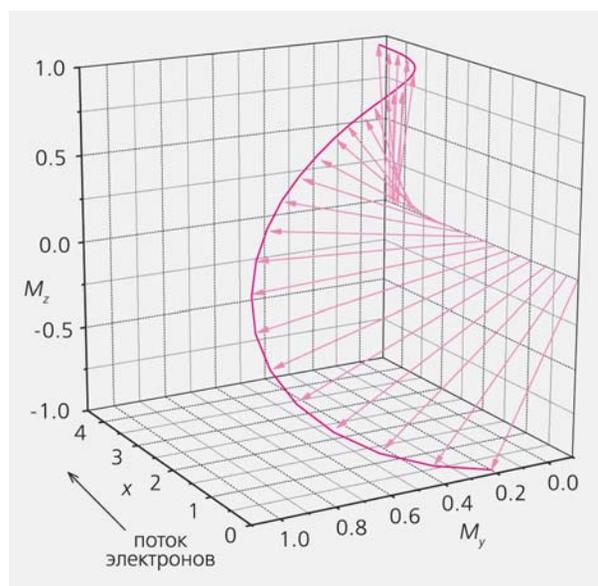


Рис.5. Неоднородное переключение намагниченности свободного слоя при протекании тока в условиях спиновой инжекции. Стрелками показано направление магнитного момента решетки $\mathbf{M} = (0, M_y, M_z)$ на различных расстояниях от границы с закрепленным слоем при $x = 0$ (за единицу расстояния в направлении тока выбрана длина релаксации продольной составляющей спина).

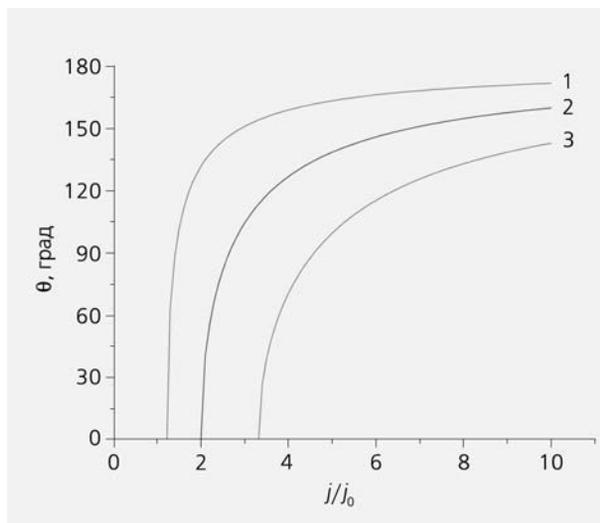


Рис.6. Зависимость угла поворота вектора намагниченности на границе слоев θ от плотности тока через переход при различных значениях внешнего магнитного поля H . 1 — $H/H_0 = 0.5$, 2 — $H/H_0 = 3$, 3 — $H/H_0 = 10$ (j_0 — пороговая плотность тока, H_0 — поле анизотропии).

ния плотности тока, начиная с порогового значения, магнитный момент на границе антипараллельно ориентированных слоев начинает отклоняться от первоначального направления тем сильнее, чем больше превышение плотности тока над пороговым значением. Зависимость угла от

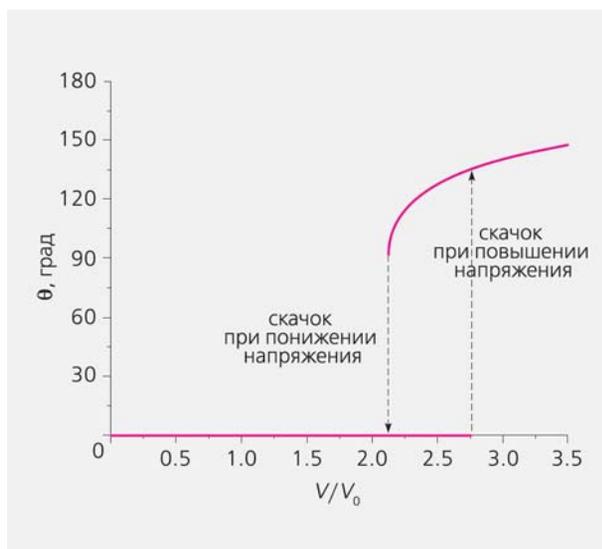


Рис.7. Зависимость угла поворота границы слоев θ от напряжения V на переходе (V_0 — напряжение на переходе при пороговой плотности тока для параллельной конфигурации перехода). Штриховыми линиями показаны скачкообразные изменения угла при повышении и понижении напряжения.

клонения от плотности тока имеет в точности такой вид, как зависимость параметра, характеризующего нарушение симметрии (его называют параметром порядка), от управляющего параметра (например, температуры) при фазовом переходе. В зависимости от соотношения между сопротивлениями перехода и внешней цепи этот угол начинает увеличиваться на пороге неустойчивости либо начиная с нуля, как в случае фазового перехода второго рода (рис.6), либо скачком, как в случае фазового перехода первого рода (рис.7).

Изменение магнитной конфигурации свободного слоя приводит к изменению сопротивления перехода, и оказывается, существуют условия, при которых на вольтамперной характеристике появляется петля гистерезиса (рис.8). Зависимость тока от напряжения приобретает бистабильный характер (одному и тому же значению напряжения соответствуют два возможных значения тока, и реализация одного из них определяется предысторией, т.е. порядком проведения измерений) — получается система с двумя состояниями динамического равновесия. Системы такого рода всегда представляли интерес для радиотехники.

В настоящее время в нашем институте проводится работа по поиску условий повышения эффективности спиновой инжекции, что позволило бы существенно понизить порог неустойчивости, т.е. реализовать переключение при более низкой плотности электрического тока. Заманчивой перспективой представляется также получение ин-



Рис.8. Бистабильная вольтамперная характеристика магнитного перехода (j_0 — пороговая плотность тока, V_0 — напряжение на переходе при пороговой плотности тока для параллельной конфигурации перехода).

версии заселенности спиновых подзон в результате инъекции неравновесных спинов, что открывало бы возможность усиления и генерации излучения в области 10^{12} – 10^{13} Гц. Такие частоты

могут найти применение для эффективной накачки сверхмощных волоконно-оптических лазеров для использования в различных технологических процессах, а также в химии и биологии. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 00-02-16384, 03-02-17540, 04-02-08248, 06-02-16197.

Литература

1. Аронов А.Г., Пикус Г.Е. // Физ. и тех. полупров. 1976. №10. С.1177–1180.
2. Dyakonov M.I., Perel V.I. // Phys. Lett. 1971. V.A35. P.459–460.
3. Gulliere M. // Phys. Lett. 1975. V.A54. P.225–226.
4. Baibich M.N., Broto J.M., Fert A. et al. // Phys. Rev. Lett. 1988. V.61. P.2472–2475.
5. Саланский Н.М., Ерухимов М.Ш. Физические свойства и применение магнитных пленок. Новосибирск, 1975.
6. Katine J.A., Albert F.J., Buhman R.A. et al. // Phys. Rev. Lett. 2000. V.84. P.3149–3152.
7. Tsoi M., Jansen A.J.M., Bass J. et al. // Phys. Rev. Lett. 1998. V.80. P.4281–4284.
8. Berger L. // Phys. Rev. B. 1996. V.54. P.9353–9358.
9. Slonczewski J.C., Magn J. // Magn. Mater. 1996. V.159. P.L1–L7.
10. Гуляев Ю.В., Зильберман П.Е., Эпштейн Э.М., Эллиотт Р.Дж. // Письма в ЖЭТФ. 2002. Т.76. С.189–193.
11. Гуляев Ю.В., Зильберман П.Е., Эпштейн Э.М., Эллиотт Р.Дж. // Радиотехн. и электрон. 2003. Т.48. С.1030–1044.
12. Гуляев Ю.В., Зильберман П.Е., Эпштейн Э.М., Эллиотт Р.Дж. // ЖЭТФ. 2005. Т.127. С.1138–1152.
13. Гуляев Ю.В., Зильберман П.Е., Эпштейн Э.М. // Радиотехн. и электрон. 2005. Т.50. С.1031–1047.
14. Гуляев Ю.В., Зильберман П.Е., Эпштейн Э.М. // Радиотехн. и электрон. 2006. Т.51. С.991–993.

Охрана природы

Гвианские природные ценности под угрозой

Гора де Кав, находящаяся в Гвиане (французская территория на Атлантическом побережье северо-восточной части Южной Америки), представляет собой исключительно ценную экологическую и биологическую зону. В ней насчитывается 100 видов млекопитающих, 254 вида птиц, 700 видов растений (из них 18 — эндемики); 96.7% площади Гвианы покрыто лесами ценных пород (около 20 разновидностей). Однако в районе горы де Кав намечено организовать добычу золота открытым способом. Многие экологические организации Франции возражают против осуществления этого проекта, поскольку он предусматривает не только создание огромного карьера, но также горно-обогачительно-

го комбината, который использует цианид и нитрат свинца.

Канадская группа Камбиор, уже владеющая лесной концессией в 45 км от Кайенны (административного центра Гвианы), приступила к строительству первых сооружений, необходимых для работы карьера. С июня 2001 г. на территории крупнейшего природного резервата Франции — Нурагу, являющегося ее заморским объектом экотуризма мирового значения, действуют золотодобытчики-контрабандисты, а в мае 2006 г. там были убиты два егеря.

Terre Sauvage. 2006. №218. P.51 (Франция).

Охрана природы

Вымирание тунца

Спрос на синего, или обыкновенного, тунца (*Thunnus thynnus*), подогреваемый все возрастающим интересом к японской

кухне, на протяжении последнего десятилетия постоянно увеличивается. Промысел этой рыбы в Атлантическом океане и Средиземном море ограничивается квотой в 32 тыс. т, но на самом деле он приближается к 50 тыс. т — такова оценка Всемирного фонда защиты дикой природы и Международной комиссии по сохранению тунцовых Атлантики.

Главная на сегодняшний день проблема — высокая смертность зрелых особей. Она ставит под угрозу самовоспроизводство вида, ведь такие рыбы мечут больше икры. Но рыбопромышленники именно в их ловле и заинтересованы: у особей массой свыше 150 кг мясо жирнее и, следовательно, вкуснее, а потому его лучше покупают (в основном японцы — они потребляют 80% синих тунцов Средиземного моря).

Sciences et Avenir. 2006. №716. P.36 (Франция).

Рамейваскен

Метеорология

Микрокапли рожают мощный ливень

Формирование крупных кучевых облаков тесно связано с восходящими воздушными потоками и их турбулентностью. Шведские метеорологи недавно нашли объяснение, почему из кучевого облака дождь проливается мощным ливнем: по достижении некоторой предельной скорости воздушный поток становится турбулентным, микрокапли внутри каждого объема образовавшегося кучевого облака движутся в разных направлениях, что увеличивает частоту их столкновений, ускоряет их слияние, наконец, они становятся настолько крупными, что падают на землю ливнем.

Science et Vie. 2006. №1069. P.24 (Франция).

Охрана природы

Где жить лошадям Пржевальского?

Китайские ученые нашли место для выпуска лошади Пржевальского (*Equus przewalskii*) в природу. Им должен стать Государственный заповедник Ши Ху (Xi Hu National Nature Reserve) площадью 660 тыс. га. Расположенный на севере провинции Ганьсу, он включает оз.Лобнор и окружающий его оазис. Из копытных животных в заповеднике обитают джейран, кулан и дикий верблюд. Китайские исследователи утверждают, что в историческом прошлом там обитали и лошади Пржевальского.

В настоящее время в Китае существует три центра разведения лошадей Пржевальского, два из которых находятся в провинции Ганьсу. Лошадей для возвращения в природу планируется взять из центра разведения редких животных Увей, расположенного на юж-

ной оконечности пустыни Алашань, где сейчас находятся 59 особей — потомки нескольких животных, завезенных из европейских зоопарков в 1989 г. В 2006 г. в центре родилось четыре жеребенка. Для выпуска подготовлены две гаремные группы численностью 13 и 9 особей. Эти группы, состоящие из лошадей разного возраста, содержатся в вольерах размером 4—5 га с естественным песчаным покрытием, почти лишены растительности.

Программа реинтродукции лошади Пржевальского в заповедник Ши Ху разработана сотрудниками отдела охраны природы Министрства лесного хозяйства провинции Ганьсу. Дело за малым — найти денежные средства на строительство вольера для передержки животных в заповеднике Ши Ху и на их транспортировку к месту выпуска.

© Паклина Н.В.
Москва

© Орден К.ван,
доктор философии
Нидерланды

Археология

Парижские древности

Специалисты Национального института превентивных археологических исследований в ходе работ на вершине горы Сент-Женевьев, в центре Парижа, обнаружили следы одного из первых строений галло-романского города. Улица шириной 6 м была проложена в правление императора Августа (27 г. до н.э. — 14 г. н.э.). Самые старые из домов, с глинобитными полами, были сооружены из самана; начиная со второй трети I в. жилища стали строить из камня. В одном из них, датируемом XI в., сохранились фрагменты частных бань с плиточным декором, стенной художественной росписью и системой отопления под полом. Таким

образом, открыт существенный пласт истории Лютеции — так в древности назывался Париж.

La Recherche. 2006. №398. P.18 (Франция).

Климатология

Ранняя весна в Европе

Из-за глобального потепления весна в Европе наступает примерно на неделю раньше, чем 30 лет назад. К такому выводу пришли А.Менцель (A.Menzel; Технический университет в Мюнхене, Германия) и Т.Спарк (T.Sparks; Центр экологии и гидрологии, Монкс Вуд, Великобритания), проанализировав результаты 125 тыс. наблюдений за 542 видами диких и культурных растений в 21 стране за 1971—2000 гг. Исследователи сопоставили данные по температуре и время цветения, распускания листьев, появления плодов. Оказалось, что в последние годы в 78% случаев эти события начинаются раньше, в то время как их запаздывание наблюдается лишь в 3% случаев.

В Испанию весна приходит с опережением на две недели, в Великобританию — на 10 дней. Единственная страна, в которую весна приходит позже (на три дня), — Словакия. Сведений по Франции у Менцеля и Спаркса не было, поскольку эта страна не располагает национальной сетью таких наблюдений. Однако база данных «ФеноКлим» Института аграрных исследований Франции дает информацию, которую можно использовать для подобного исследования: в частности, плодовые деревья в этой стране начинают цвести на две недели раньше, чем 25 лет назад.

Преждевременный приход весны может оказать сильное воздействие на экосистемы, особенно на синхронизацию пищевых цепей.

Science et Vie. 2006. №1070. P.32 (Франция).

Динозавры Сахалина и Японских островов

В.Р.Алифанов,
кандидат биологических наук
Палеонтологический институт РАН
Москва

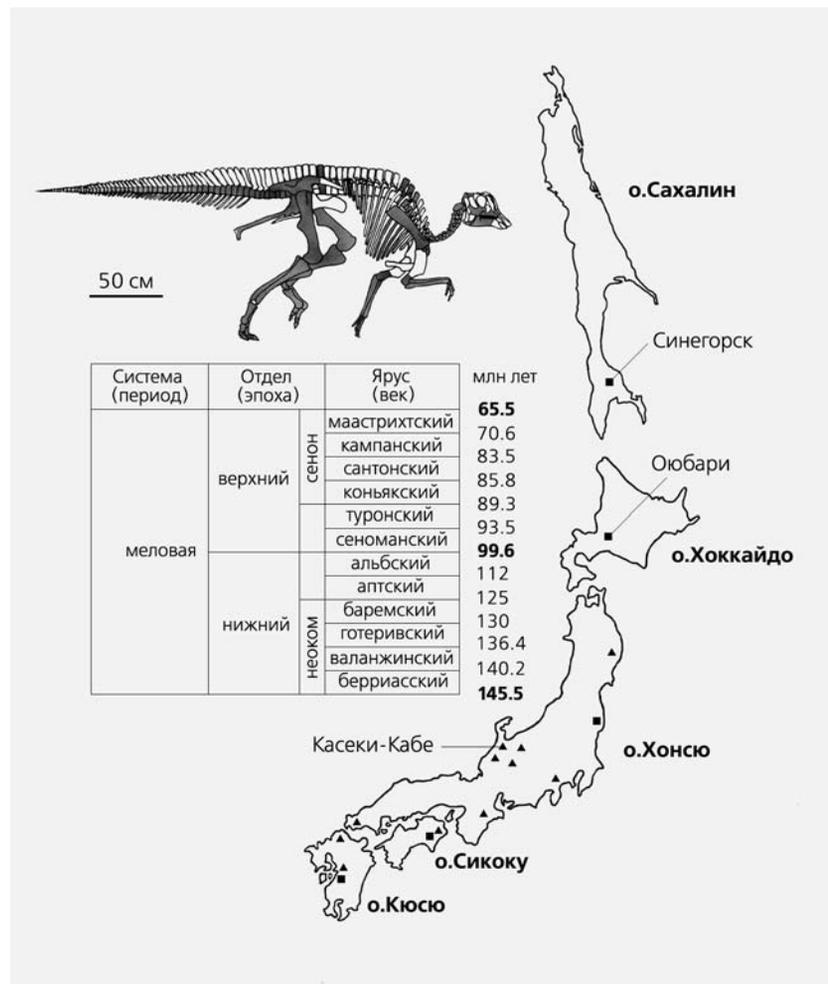
Находка пока единственного на Сахалине скелета динозавра относится к 1934 г. Его обнаружили во время рытья котлована под фундамент госпиталя для сотрудников горнодобывающей компании «Мицуй». Сейчас это место располагается в черте г.Синегорска, т.е. в самом центре Тонино-Анивского п-ова, находившегося в то время, как и вся южная часть Сахалина, под управлением Японии. Неудивительно, что находка (неполный скелет с фрагментом черепа, принадлежащий молодой особи длиной 3,5 м) поступила в Хоккайдский императорский университет. В 1936 г. профессор геологии Такуми Нагао описал ящера, который получил название «ниппонозавр» (*Nipponosaurus sachaliensis*: Nagaо, 1936) и с тех пор фигурирует в литературе как первый японский динозавр [1]. По данным В.Н.Верещагина, его захоронение приурочено к нижней части красноярковской свиты и может быть датировано кампанским веком позднего мела [2].

Ниппонозавр — представитель семейства гадрозавридов (*Hadrosauridae*), называемых также утконосыми динозаврами из-за сплюснутых в верхнем направлении передних концов челюстей. В позднемеловое время эти растительноядные ящеры широко распространились в Северной Америке и Азии, проявив большое разнообразие;

крупнейшие гадрозавриды достигали 10—12 м в длину.

Теперь остатки динозавров обнаружены и на Японских о-вах. Древнейшие из них отмечены в отложениях раннемелового

возраста на территории островов Хонсю, Кюсю и Сикоку (причем это не только костные остатки, но иногда отпечатки следов или их цепочек на породе).



Скелет ниппонозавра (обнаруженные кости затемнены); стратиграфическое деление мелового периода; места находок раннемеловых (треугольники) и позднемеловых (квадраты) динозавров на Сахалине и Японских о-вах.

Широкую известность получило местонахождение Касеки-Кабе (о.Хонсю, префектура Исикава), где было найдено несколько зубов, принадлежащих динозаврам, и ископаемая древесина хорошей сохранности. В 1997—2000 гг. во время прокладки через район местонахождения дорожного туннеля удалось обстоятельно исследовать ранее труднодоступный костеносный горизонт (формация куваджима, интервал берриасского и готеривского ярусов). В составе позвоночных определены бесхвостые земноводные, черепахи, ящерицы, летающие ящеры и архайчные млекопитающие, а динозавры представлены фрагментарными остатками хищных теропод, завропод, а также родственных гадрозавридам гипсилофодонтид и игуанодонтид.

Большой интерес вызвали недавние находки раннемелового возраста (неоком—апт) в префектуре Фукуи, расположенной юго-западнее Исикавы. Обнаруженный ящер определен как тираннозавроидный теропод, однако определение основано на одном небольшом зубе и требует подтверждения другими находками. Из отложений постнеокомской формации происходят хищный динозавр фукуираптор (*Fukuiraptor kitadanensis* Azuma et Currie, 2000), описан-

ный по фрагментарному скелету с черепом, и игуанодонтид фукуизавр (*Fukuisaurus tetoriensis* Kobayashi et Azuma, 2003), представленный черепом. Вместе с ними открыты остатки крокодилов, черепах и двуногого рогатого динозавра пситтакозавра (*Psittacosaurus*). Последняя форма, судя по данным из Монголии, Китая, Таиланда и России (Кемеровская обл.), была широко распространена на палеоазиатском континенте и неизвестна за его пределами. Пситтакозавры на о.Хонсю — самое убедительное доказательство фаунистической связи Японии с палеоазиатским континентом в раннемеловое время.

Связь существовала и в течение позднего мела. Об этом свидетельствуют не определенные до вида остатки динозавров соответствующего возраста, обнаруженные на всех крупных островах Японии. Среди них представлены гадрозавры, тероподы, завроподы и анкилозавры, или панцирные динозавры [3].

Самой неожиданной оказалась находка на о.Хоккайдо (местонахождение Оюбари) анкилозавра из семейства нодозаврид (*Nodosauridae*), наибольшим разнообразием отличавшегося в Северной Америке [4]. Та же группа недавно была указана в нижнемаастрихтских отложе-

ниях Амурской области [5]. Открытие нодозаврид в Азии хорошо вписывается в представление о существовании сухопутного моста между Палеоазией и Северной Америкой в конце мезозоя. Возраст остатков хоккайдского анкилозавра (верхне-сеноманские отложения формации хикагеносава) свидетельствует о функционировании азиоамериканской связи в самом начале поздне меловой эпохи.

В отличие от Японии, Сахалин, судя по находке ниппонозавра, поддерживал фаунистическую связь с континентальной частью Азии. Однако во второй половине мелового периода над поверхностью моря могли воздыматься только его южные и западные окраины, где широко распространены породы соответствующего возраста. В основном это породы прибрежно-морского происхождения, но распространены также вулканогенные и угленосные отложения, включающие ископаемые остатки наземной флоры [6]. Фаунистически древний Сахалин мог быть связан с Палеоазией или непосредственно, или через Японию. Более точно об этом можно было бы судить на основе данных о других наземных позвоночных, обитавших бок о бок с ниппонозавром. Однако пока они отсутствуют. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Проект 04-04-48829) и Миннауки (грант НШ-6228.2006.4).

Литература

1. Suzuki D., Weishampel D.B., Minoura N. // J. Vertebr. Paleontol. 2004. V.24. №1. P.145—164.
2. Верещагин В.Н. Меловая система Дальнего Востока. Л., 1977.
3. Weishampel D. B., Barret P.M., Coria R.A. et al. Dinosaur distribution // The Dinosauria / Eds. D.B.Weishampel, P.Dodson, H.Osmylska. Berkely; Los Angeles; L., 2004. P.517—626.
4. Hayakawa H., Manabe M., Carpenter K. // J. Vertebr. Paleontol. 2005. V.5. №1. P.240—245.
5. Туманова Т. А., Алифанов В. П., Болотский Ю.Л. В России впервые обнаружены остатки панцирных динозавров // Природа. 2003. №3. С.69—70.
6. Крисилов В.А. Меловая флора Сахалина. М., 1979.

Соловецкий водопровод*

В.А. Широкова,

доктор географических наук

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

Соловецкий архипелаг — уникальный центр сосредоточения памятников природы, истории, архитектуры, науки и техники. Главная его достопримечательность, конечно, основанный в XV в. на большом острове Соловецкий ставропигиальный монастырь. Академик Д.С. Лихачев писал: «В сущности, монастырь построен на плотине — частично насыпной из песка, частично каменной. Это позволило в XVI в. сильно поднять уровень Святого озера и воспользоваться его водой для различных технических целей: она промывала каналы, бежала по водопроводам, двигала различные механизмы на портомойне, в хлебопекарне и т.д. Строители монастырских сооружений учитывали зыбкость насыпного грунта и делали широкие основания для стен соборов, создававшие своеобразие соловецких зданий, покатошь стен, становившихся более тонкими кверху. Наклон в сторону моря всего монастырского участка особенно заметен на площади у Преображенского собора. Верх собора поставлен с резким сдвигом к востоку, к озеру, и опирается на массивную алтарную стену и два столба, т. е. конструкция собора учитывает наклон всего участка монастыря в сторону моря. Одним словом, весь мона-

стырь построен как многофункциональное гигантское гидротехническое сооружение».

Житие обители и ее основоположников составляет одну из наиболее ярких страниц истории России и Русской православной церкви. За полтысячелетия существования монастырь превратился из маленького приюта монахов-странников в крупнейший на Севере России религиозный, культурно-просветительский, хозяйственный и военный центр. Не раз обитель подвергалась нападениям врагов и служила верной защитницей всего поморского населения. Помимо выдающихся произведений культовой архитектуры здесь были возведены и мощные фортификационные сооружения, а для обслуживания многочисленных паломников — уникальное гостинично-досуговое хозяйство. Оно состояло из различных отраслей, как характерных для данного региона, так и совершенно необычных для климатических и природных условий Севера.

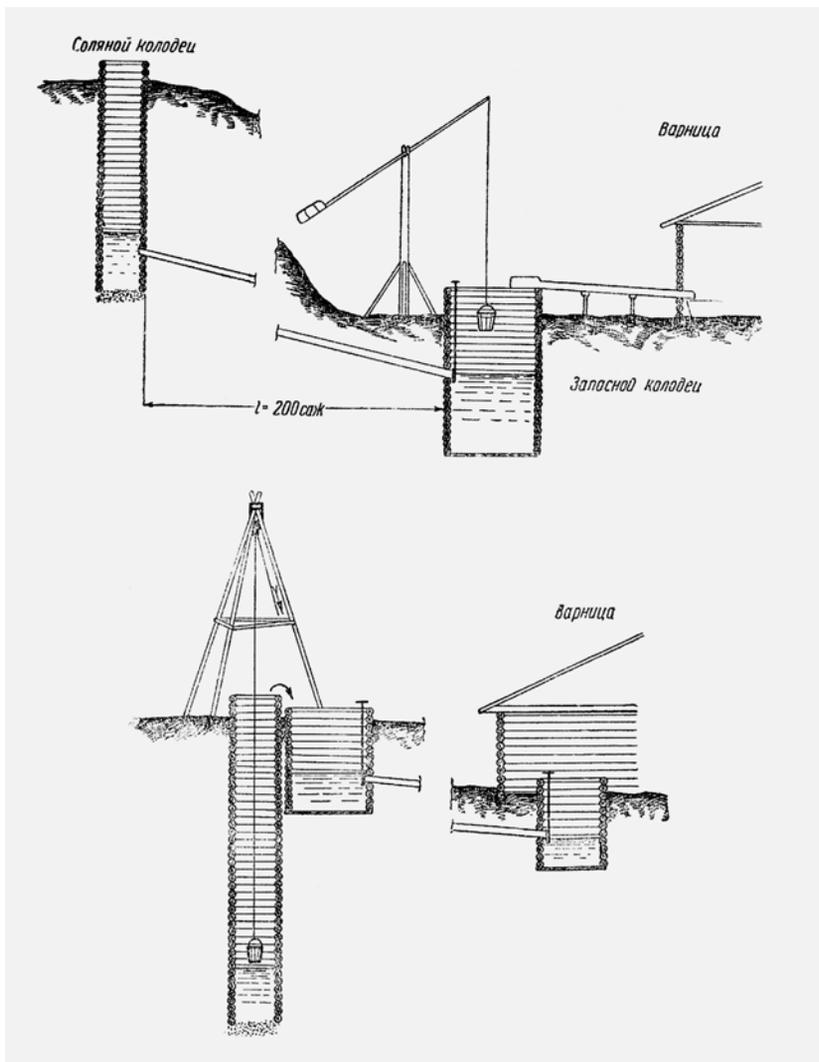
На архипелаге были широко развиты солеварение, морской промысел, животноводство, рыбобоводство, земледелие, огородничество, разведение ценных пород деревьев и редких растений, комплексная переработка продуктов сельского и лесного хозяйства в продукты питания и сырье для многих других направлений человеческой деятельности. Монастырь славился хорошо поставленной индустрией культового, жилищного и промышленного строительства,

успешно развивались на острове судостроение, дерево- и металлообработка и даже производство железа и машиностроение.

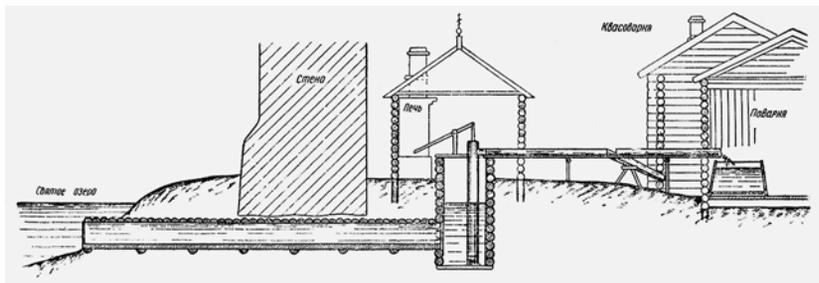
Естественно, что вместе с постройкой стен и башен монастыря приходилось на случай осады заботиться о его надежном водоснабжении. Самотечные водопроводы устраивались не только для хозяйственно-питьевых целей (в частности, с учетом осадного времени), но и, в особенности, для солеварения. На русском Севере солеварение существовало задолго до возникновения Соловецкой вотчины. Соль здесь добывали из моря и реже — из соляных ключей. Дж. Флетчер, побывавший в Московии в 1588 г., пришел к убеждению, что «соли в этой стране весьма много» и «добывается она во многих местах», «притом все из соляных копий, за исключением Соловков и Астрахани, лежащих близ моря» [1].

В «Описи Соловецкого монастыря 1549 г.» среди перечисленных скромных владений обители (три деревянные церкви, скотный двор, водяные мельницы и тони) упомянуты три соляных варницы, где монахи «воду от моря черпяху и тако соль варящее приготавлиаху» [2]. Захват богатой солью морской воды предполагал устройство водозабора, достаточно надежного, чтобы его не разрушили волны. Для выварки соли требовалось большое количество дров. Часто было проще доставлять соляную воду к месту выварки, обеспеченному дровами. Отсюда и необходимость создания

* По материалам Международной экспедиции «Памятники истории и техники Соловецкого архипелага», организованной Институтом истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН и проходившей в июне 2005 г.



Способы проведения соляного рассола (реконструкция) [8].



Напорный водопровод в Соловецком монастыре (реконструкция) [8].

систем промышленных соляных водопроводов от моря до колодцев, при которых размещались варницы.

Если Соловецкий монастырь в 1514 г. имел три црена («цирена», «чрена») размером до 8×8 м

«кипящих» и один недействующий, то в 1555 г. у него было уже 33 варницы [3]. Количество их быстро увеличивалось, росла и потребность в соляной воде. Строились и рассольные колодцы, и рассольные трубы.

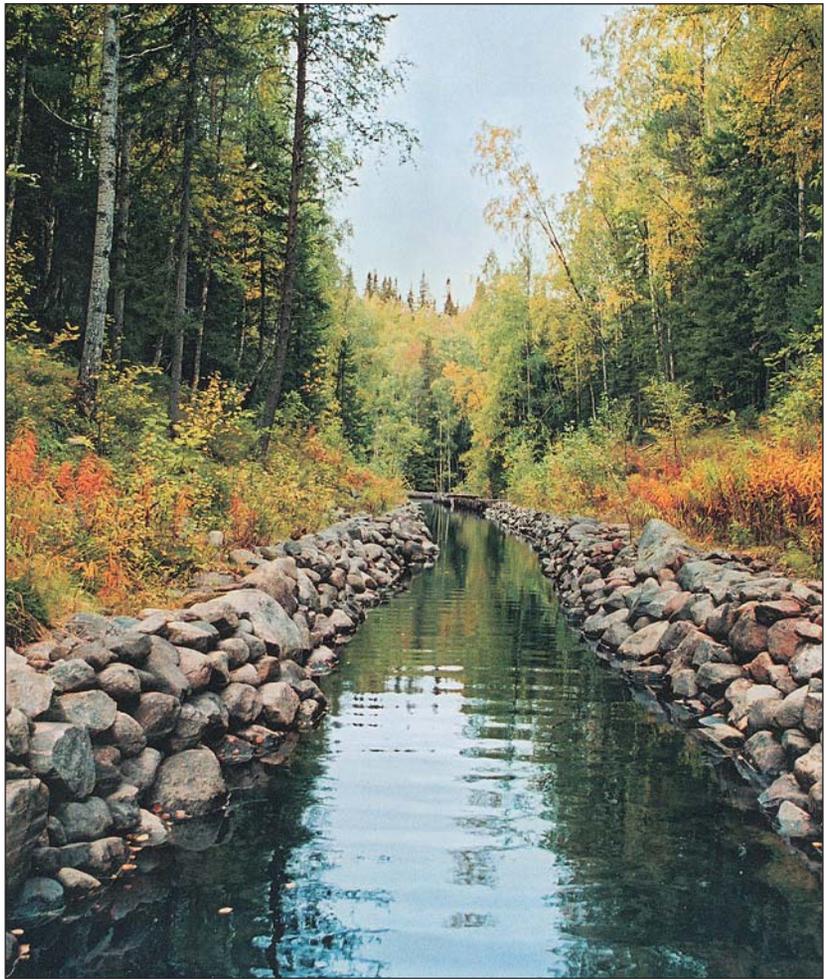
Интенсивные гидротехнические работы на острове проводились во второй половине XVI в. под началом деятельного соловецкого игумена Филиппа (в миру Федор Стефанович Колычев). Они отличались большими размерами и технической сложностью и разрешали многие вопросы технического водоснабжения.

Святитель Филипп, впоследствии митрополит Московский и всея Руси, происходил из знатной московской боярской семьи, имевшей общего предка с родом Романовых — Андрея Ивановича Кобылу. Отец его был ближним боярином при великом князе Василии Иоанновиче и заседал в Боярской Думе, сам Феодор провел молодость при дворе. Однако в 1537 г., тридцати лет от роду, он покинул Москву, провел с год в пастухах в селе Кижы на Онежском озере, а в 1538 г. поступил в Соловецкий монастырь, где был пострижен с именем Филипп. Спустя десять лет он уже избирается игуменом.

Восемнадцать лет Филипп управлял вверенным ему монастырем (1548—1566 гг.) и за это время успел превратить его из скромной обители монахов в один из крупнейших монастырей на Севере. Сделано было исключительно много: начато каменное строительство, освящена Успенская трапезная церковь и близилось к завершению (на момент отъезда игумена в Москву) возведение Спасо-Преображенского собора. Умный деятельный игумен прежде всего стремился облегчить условия жизни на Соловках. При нем был выстроен кирпичный завод, под трапезной устроена пекарня (хлеб в ней выпекается и по сей день), 52 озера соединили каналами с расположенным подле обители копаным Святым озером. Это дало возможность поднять в нем уровень воды и построить в монастыре водопровод (вероятно, самотечный с применением простых водоподъемных механизмов. — В.Ш.)

и водяные мельницы. Были проведены дороги по Большому Соловецкому острову, заведены участки под сенокосы, на берегу Святого озера устроена кузница, в леса Соловецкого острова выпущены лапландские олени. Неподалеку от монастыря одну из морских губ перегородили дамбой и превратили ее в садки для рыбы (Филипповские садки). На о. Большая Муксалма построили скотный двор. На Большом Заяцком острове соорудили каменную гавань — самую старую из сохранившихся ныне русских пристаней. Были усовершенствованы многие технологии — от мукомольного дела до изготовления кирпича.

В бытовую жизнь стали вводиться невиданные технические новшества. С помощью специальной системы труб производился самостоятельный разлив сваренного кваса в погреба и бочки: «Да при Филиппе ж игумене варят квас старец да пять человек, и сливают теж, а братия уже не сливают и ни слуги, а тот квас насосом кверху подымут и в погреб трубою спустят» [4]. Использование водяной энергии дало возможность устроить особую телегу, «которая сама насыпается да и перевезет, да и сама высыплет рожь на сушило». Для подсевки ржи игумен Филипп Колычев «доспел севальню», в которой «десятью решета один старец сеет». Было устроено также решето, которое «само сеет и насыпает, и отруби и муку развозит розно, да и крупу само сеет, и насыпает и развозит розно крупу и высейки». Имелись также «мехи для веяния ржи», приводившиеся в движение «ветром на мельницу» [3]. На постройку монастыря кирпич, известь и другой строительный материал, и, конечно, воду поднимали при помощи специального блока, приводившегося в движение лошадьми. Все это характеризует достаточно высокий уровень общей техники, а использование водной энергии способствовало механизации в шестнадцатом столе-

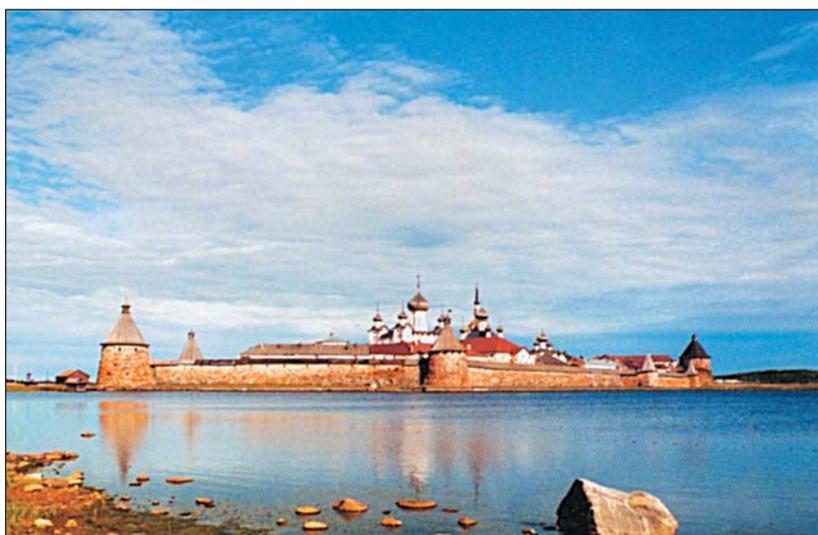


Один из знаменитых рукотворных каналов озерно-канальной гидротехнической системы Большого Соловецкого острова.

Здесь и далее фото автора



Звенья деревянного водопровода, найденные в 1988 г. при прокладке теплотрассы по улице Северная на Большом Соловецком острове.



Соловецкий монастырь.

тии различных сельскохозяйственных процессов и подготовило возможность механического подъема воды, т.е. создания напорного водопровода.

В Соловецком монастыре имелся колодец (факт очевидный для времени игуменства Филиппа. — *В.Ш.*). Вода в него была проведена из Святого озера подземной трубой, проходившей под крепостной стеной. По оценке архимандрита Досифея (Немчинова), управлявшего монастырем с 1826 по 1836 г., колодец «примечателен по своей древности и удобности даже в зимнее и осадное время». Ко-

лодец обнесли деревянным крытым строением. Вода по желобам отводилась в соседние здания — кухню и квасовню. Вода поднималась помпой, для защиты которой от замерзания устроили печь [5].

Соловецкий архимандрит Макарий (прислан в Соловки в 1676 г.) писал: «Вероятно, что после того уже, как в прямую линию с годовой стеной выстроены по близости Святозерской воды, квасовня и общая кухня, в предосторожности от нападения неприятеля был проведен глубокий подземный из Святого озера каналец (скорее всего, Се-

верный. — *В.Ш.*), для неприметного течения воды в трехсаженный с помпами колодец» [6]. При этом чистая вода из озера доставлялась машиною в котел на кухню, в квасоварню и хлебопекарню, а потом сбрасывалась в море. С течением времени канал утратил свое значение. До наших дней сохранился лишь участок Северного канала от Святого озера до Поваренного корпуса, а колодец завален мусором и металлическим ломом [7].

Монастырские документальные источники весьма скупы на информацию относительно истории гидротехнического строительства, и поэтому время сооружения указанного подземного водопровода неизвестно. Существуют различные предположения. Так, выдающийся российский историк техники Н.И.Фальковский судит о времени создания монастырского напорного водопровода «лишь по сопутствующим обстоятельствам». «Деревянная стена вокруг монастыря была сооружена в 1579 г. В 1594 г. была закончена существующая до сих пор каменная крепость. Строили ее от набегов финнов и шведов опытный в военной архитектуре монах Трифон и присланный из Москвы с военными людьми воевода Иван Яхонтов. Конечно, они не могли не учесть вопроса водоснабжения этой мощной по тому времени крепости» [8]. Фальковский не только с уверенностью относит это важнейшее событие к концу XVI — началу XVII в. (тогда Соловецкий напорный водопровод — один из первых, построенных на Руси! Раньше Московского и Коломенского. — *В.Ш.*), но и приводит «Реконструкцию напорного водопровода в Соловецком монастыре».

Участники Морской арктической комплексной экспедиции (МАКЭ), признавая существование в XVII в. Северного канала, относят строительство напорного монастырского водопровода к началу XIX в. В 1838 г. на этом месте на небольшой

глубине был проложен водопроводный канал, «коим проведена вода в братскую кухню и хлебопекарню под землю, действием медного насоса и проведенных от него помп на расстоянии 32 саженей, а в квасную проведено оттуда посредством кранов и крытых желобов на 20 саженях» [9, 10].

В 1988 г. при прокладке теплотрассы вдоль улицы Северная на Большом Соловецком острове ковш экскаватора неожиданно поднял деревянные трубы Соловецкого водопровода. По требованию дирекции Соловецкого музея-заповедника и руководства МАКЭ, работы на один час приостановили. За этот час участники экспедиции сфотографировали и обмерили стенки траншеи. Результаты таковы: «Звенья водопровода выполнены из неошкуренного ствола дерева (предположительно моренная лиственница. — В.Ш.) длиной около 10,3 м и внешним ди-

аметром 0,40—0,53 см. Диаметр отверстия трубы составляет 0,11—0,12 м. Соединение звеньев водопровода осуществляется стык в стык (втулка в раструб). Для жесткости водопровода (в местах соединения) звенья укреплены металлическими коваными скобами и металлическими обручами на концах. С наружной стороны в месте соединения звеньев прослеживается обкладка слоем бересты шириной 0,10—0,15 см (до железного обруча). Данное приспособление, вероятно, служило для защиты водопровода от попадания в него мелких фракций песка. На внутренней части стыка трубы (на втулке) устроена изоляция из пеньковой веревки диаметром 5 мм, предохраняющая от попадания илстых фракций. Такая степень защиты водопровода позволяет говорить о том, что он снабжал питьевой водой. В отвалах траншеи обнаружены фрагменты керамики

XIX—XX вв. и кованые гвозди» [11]. Таким образом, с уверенностью можно сказать лишь следующее: в такой уникальной системе потери воды практически отсутствовали. А вот о времени исполнения столь удивительных «деревянных труб» можно только гадать.

В.В.Синюков, находившийся в составе МАКЭ, относит найденные «звенья деревянного водопровода» к петровской эпохе (т.е. конец XVII — начало XVIII в.), утверждая, что это самотечный водопровод из Кремля вниз по склону к бане [12]

Сотрудники Соловецкого Музея-заповедника не исключают и 1920—30-е годы (период СЛОНа). И тогда уж это наверняка элементы напорного водопровода. Много вопросов, но очень мало подсказок и тем более ответов для того, чтобы их разрешить.

Загадки, загадки... весь остров — сплошные загадки! ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 06-05-64593.

Литература

1. Флетчер Дж. О государстве Русском. СПб., 1905. С.17.
2. Кукушкина М.В. Описание Соловецкого монастыря 1549 г. // Археографический ежегодник за 1971 г. М., 1899. С.341—348.
3. Савич А.А. Соловецкая вотчина XV—XVII вв. Пермь, 1927. С.117—126.
4. Соловецкий летописец. Л.9. (Кутькова Е.Н. НБ РК. Петрозаводск, 2000) // <http://library.karelia.ru/rus/infres/rucopis/solovruk.shtml>
5. Досифей. Описание Соловецкого монастыря. М., 1853. Ч.1. С.239; Ч.2. С.80.
6. Макарий. Описание ставропигального первоклассного Соловецкого монастыря. М., 1825.
7. Комплексная программа реконструкции и реставрации исторического памятника гидротехнического строительства XVI—XIX вв. — озерно-канальной гидротехнической системы Б. Соловецкого острова. Т.Ш. Кн.2. Современное состояние водохозяйственной системы и гидротехнических сооружений // Научный отчет ЛЕНГИПРОВОДХОЗа. СПб., 1992. (Хранится в Научном архиве Соловецкого государственного музея-заповедника: Ф.1. Оп.1. Ед. хр.119-2).
8. Фальковский Н.И. История водоснабжения в России. М.; Л., 1947. С.26—40.
9. Окороков А.В., Шпикалова Е.В. Исследования набережной XIX в. Соловецкого монастыря // Изучение памятников истории и культуры в гидросфере. Вып.1. М., 1990. С.110—123.
10. Натыйтник А.А., Никишин Н.А. Озерно-канальные водохозяйственные системы Соловецких островов — памятники истории и культуры в гидросфере // Изучение памятников истории и культуры в гидросфере. Вып.1. М., 1990. С.124—137.
11. Незвестные Соловки // Труды Морской арктической комплексной экспедиции / Ред. П.В.Боярский. М., 1991. С.61, 65, 186.
12. Синюков В.В. Деревянный водопровод обнаружен на Соловецких островах // Правда Севера. 3 июля 1988 г. №154 (20354). С.5.

Заметки и наблюдения Три дня с дрофой наедине

В.И.Булавинцев,

кандидат биологических наук

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

Мое знакомство с дрофами состоялось несколько лет назад, в середине мая, в ту пору, когда токуют они уже вяло, больше бродят по степи в поисках редких холостых самок, потому как в это время дрофиные дамы на яйцах сидят. Одним словом, к разгару тока опоздал. Скрадок-палатку устроил у подножья огромной скирды соломы на краю бескрайнего изумрудно-зеленого поля озимых. Днем бродил по степи, что-то снимал, а к вечеру возвращался к скирде в свою «берлогу», метр на метр в основании. Крошка палатка, зато в такой от посторонних глаз спрятаться легче. Все бы хорошо, только долго сидеть в тесноте трудно. В полный рост не встанешь, да и ноги девать некуда. В палатке вещи и штатив-тренога половину места занимают. Ночью спишь калачиком, а к началу пятого, когда птичья мелочь голоса пробует, уже сидишь наготове, ждешь начала тока.

На ток прилетают дрофы ночью или под утро. Сидеть приходится смирно, особенно поначалу, пока на поле ничего не видно. Прожил в палатке в тот первый приезд пять суток. Токующих дроф видел, но далеко — метрах в трехстах. На таком расстоянии и длиннофокусная оптика бессильна. И все же дождался свиданья с птицей. Ранним утром как из-под земли возникла она перед палаткой, неторопливо склевывая на ходу соцветья высоких трав. И как появилась неслышно, так и исчезла, словно растаяла в мареве полевой зелени.



Дрофа на кормежке.

Здесь и далее фото автора

Учитывая прошлый не совсем удачный опыт близкого общения с дрофами, теперь собрался в степь пораньше и уже в середине апреля обосновался в степной балке. Было это километрах в десяти от большого села, где жил мой хороший знакомый, Константин Петрович, бывший механизатор. Человек он уже немолодой, хорошо знает окрестную степь и по-настоящему неравнодушен к красоте природы, да и к дрофам душой прикипел.

Сухая балка тянулась километра на два, гранича бортами-склонами с пашней, с участками луговин или залежами, обильно поросшими бурьяном. Накануне шли дожди, было холодно, но к моему приезду распогоди-

лось и наступила долгожданная благодать. Более всего радовались жизни жаворонки. Их песни лились сверху, из поднебесья. В бурьяне вторили им замысловатыми переливами варакушки. Гортанно, по-весеннему сочно, перекликались грачи. В соседней лесополосе ворковали голуби вяхири, трещали сороки. Изредка слышались звонкие клики мелких соколов: копчики и пустельги пока еще только присматривали места для гнезд — старые постройки ворон и сорок.

Переночевал в лесополосе, тянувшейся рядом серых, еще без намека на зелень деревьев. Дроф на рассвете не узрел и уже намеревался выползти из осточертевшей за ночь тесноты па-

латки, даже высунул было голову, да так и замер. Справа, ближе к горизонту, у края пашни, на свежей зелени луговины, топорщился белесо-бежевым шаром токующий самец. Заметил ли он меня или так, по своим птичьим делам отбыл, но только исчез, стоило мне от него глаза отвести, чтобы поаккуратней в палатку убраться. Прошло-то всего секунд пять, глянул сквозь смотровую сетку — нет птицы, словно в воду канула. Ушел дрофач, если бы взлетел — услышал бы непременно.

Взлет дрофы — зрелище эффектное. Видел я взлетающую перед палаткой птицу позже, в конце своей степной жизни, когда к вечеру приехал за мной на старенькой «Ниве» мой радужный хозяин. Дрофа испугалась машины, еще не видя ее. Напряглась, прислушиваясь к еле доносившемуся рокоту двигателя, и вдруг кинулась бежать как скаковая лошадь. Поочередно выбрасывая вперед мохлястые ноги, скоро набрала скорость и резко оттолкнулась от земли. Полуогнутые лапы с округлыми кулачками сжатых пальцев плавно подтянула к брюху, а потом и вовсе сложила, как убирает шасси тяжелый самолет. В полете дрофа — замысловатая смесь орлиной стати крыльев, гусиной кургузости тела и напряженно вытянутой индюшачьей шеи.

Прозевав самца, я выглянул наружу и осмотрел в бинокль окрестные пашни, озимые и луговины. Обнаружил дроф далеко впереди у горизонта, рядом с лесополосой. К полудню они куда-то исчезли. В начале весны, сразу по возвращении с зимовки, они много бродят по степи группами. Верховодит в них опытный самец. Воспользовавшись отсутствием птиц, я перетащил свой лагерь поближе к тому месту, где они были утром. За устройством новой засидки время пролетело незаметно. Степь преобразилась, оживила на глазах. Еще вчера под ногами сухо хрустела серая травяная



Палатка-скрадок, без которой не обойтись, если хочешь наблюдать и снимать птиц.

ветошь, чуть тронутая зеленью злаковых проростков. И вот уже повсюду видны вылезшие из земли кудряшки полыни, а местами выделяется золотисто-желтыми яркими пятнами горчицвет, к которому жадно стремятся редкие еще насекомые — цветочные мухи, осы и пчелы.

Утро второго дня выдалось теплым и солнечным, только бы и снимать, но дроф рядом снова не оказалось. Куда делись? Ведь вчера утром где-то здесь на луговине были, даже токовать пытались. В палатке на все четыре стороны прорехи на молниях — для кругового обзора. Осмотрелся и заметил на пашне белое пятно токующей вдали птицы. В стороне еще две кормятся. Здесь долго дрофы не задержались и направились в сторону вчерашнего игрища, на луговину, ту, что опять от меня довольно далеко впереди оказалась. До полудня любовался на птиц в бинокль. После обеда прошли семь петухов во главе с вожакom в сторону пашни и гуськом удалились за горизонт. Скоренько вылез из своей «берлоги», размялся и по горячим следам нашел место, где только что были птицы. Даже выпавшие пуховые



Вожак дрофиной стаи. Осторожность прежде всего.



Дрофиный ток. Положив хвост на спину, дрофач сначала возбужденно прохаживается по токовищу (слева), потом крылья вниз опускает, перья распушает, надувается. И став таким белесо-бежевым шаром, начинает токовать.

перья обнаружил. Место для фотосъемки малоудобное, да и палатку здесь не поставишь.

Осмотрелся. С одной стороны параллельно балке идет жиденькая лесополоса, за ней пашня. Собираются птицы поутру перед этой полосой на злаковой луговине с куртинами обгоревшего низкорослого шиповника, пятнами обугленной земли и редкими кустами ивняка. Поставил палатку в ивняковый куст, «лицом» на луговину, отороченную ближе к горизонту бурьяном. Навязал на камуфляжную сетку пучки жухлой травы. Лишние вещи, газовую плитку и продукты снаружи, за палаткой в ивняке укрыл.

К вечеру со всеми приготовлениями управился, жду машину из села, обещали приехать проведать. Заодно и водой запастись неплохо бы. В балке редкие лужи были, но воду из

них брать не хотелось. Уж много в ней разной живности невооруженным глазом усматривалось. Утром накануне умылся из лужи, а к вечеру обветренные губы обнесло, может и само по себе, а может и от воды, кто знает.

Приехал товарищ, воды привезти не догадался, а у меня в пятилитровой бутылке на доньшке осталось. Даже чая к вечеру сварить не хватит, а на ужин и подавно. Обещал воду подвезти к ночи, село-то рядом, налегке пешком дойти можно за час-полтора. Ушла машина, стемнело. Ветер шуршит в ивняках над палаткой, изредка гуси покрикивают в темноте, редкая ночная птица подает тоскливый голос. В палатке тепло, если бы не теснота, пожалуй, было бы и уютно. Пить хочется — гибель. Когда чего-то нет, так всегда очень хочется, так уж чело-

век устроен. В темноте прошуршала над головой огромными крыльями дрофа, прилетела на луговину, но где села, не видно. Наконец приехали из села, привезли воду. Договорились, что заберут меня на следующий день к вечеру, на том и расстались. С ночи принялся дуть крепкий рвущий ветер, а потом посыпал бесконечный дождь. С ужином связываться не хотелось, поздно, да и дрофа могла где-то неподалеку сидеть. Ночью эти птицы, если их потревожишь, затаиваются, стараются не взлетать, хотя днем даже машину не подпускают ближе трехсот метров. Думал потерпеть с едой до полудня. Перед рассветом, с первыми песнями жаворонков, устроился ждать дроф. Чуть забрезжило — явились. Впереди вышагивает крупный ярко окрашенный вожак. За ним еще пяток, самцы по-

мельче. Идут гуськом, строевым шагом, один от другого в десяти-пятнадцати метрах. Прошли от меня метрах в пятидесяти, повернули вправо и отправились кормиться в бурьяне. Вожак у самого края залежи держится, каждые две-три секунды осматривается. Другие под его присмотром ушли в бурьян, их не видно. Дождь как с ночи зарядил, так и сыплет без остановки. Птицы кормятся час, два, три. Когда же наедятся? Мне уже самому есть страсть как хочется. Со вчерашнего обеда во рту ни крошки. Газовая плитка и продукты за палаткой, снаружи. На виду у осторожных птиц туда мне не добраться. Вожак все время вокруг поглядывает.

А у меня тем временем появился неожиданный нахлебник. Сначала послышалось сзади палатки приглушенное кряканье, совсем утиное, только тихое. Потом скрежет и похрюкивание пошли. В рюкзаке, под камуфляжной сеткой, кроме всего прочего, копченая колбаса и хлеб. Мародер мой изо всех сил старается, видно не каждый день такая удача, чтобы в степи до копченой колбасы добраться. Кто там у рюкзака орудует, не вижу, но сопит, скребется. А что мне делать? Пугнуть его не могу, птицы улетят, тогда вся работа насмарку. Терплю. Зверь, скорее всего горноста́й или ласка, мою колбасу уминает. Как потом выяснилось, он и до хлеба добрался, правда, съел не весь, но приложился изрядно.

Дождь не унимается. Птицы, как заведенные, по часу с лишним ходят на одном и том же месте, тщательно выбирают что-то на земле. Снимать далеко, а в дождь и совсем бессмысленно. Нужно ждать. Может, ближе подойдут? Сижку скрючившись на низкой надувной подушке, спина разламывается. Пью воду, а там кто-то за моей спиной продуктами закусывает. Но ждал и терпел не напрасно. Прошли-таки еще две птицы ря-



Горицвет. Ранней весной в степи он цветет одним из первых.

дом с палаткой. Первую я даже и снять не успел, вынырнула бесшумно, откуда-то сбоку, мелькнула тенью в визире камеры, и нет ее. Вторая шла медленнее, что-то собирала с земли. Эту заснял, повезло. Новоприбывшая парочка направилась к основной группе дроф, тех, что в бурьяне кормились. Подошли новенькие к вожаку, вытянув по-гусиному шею, кланяются, о чем-то своем утробно гуркают. Поговорили чуток и успокоились. Кстати, полагал я ранее, что дрофы — птицы молчаливые. Неверно это. На току они часто переговариваются, издавая мяукающие звуки и утробное урчанье, а явившись впотьмах на ток, означают свое прибытие негромким, скрипучим гоготом.

Ближе к вечеру прошли дрофы мимо меня, направляясь назад. Вожак теперь вышагивал замыкающим. Все прочие проществовали мимо палатки без внимания, но он что-то заметил. Лишнее что-то появилось, а что, в толк взять не может. Меня не видит, остановился напротив

палатки. Стоял минут пять, не шевелясь, смотрел внимательно. Двинулся в мою сторону, подошел ближе и снова замер. Долго стоял, присматривался. Наконец не выдержал, занервничал. Крылья пошли вниз, хвост на спину, начал надуваться, в позе тока зашелся. Потоптался в растопырку одним боком, потом другим и остыл. Подобрал распушенные перья, постоял немного для порядка и пошел вслед своей компании.

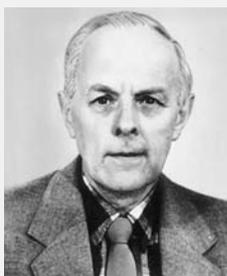
Смотрел я на мудрого вожака и думал, что неспроста так бесславно кончаются выпуски в природу выращенных людьми дроф. Уж и растут их без прямого контакта с человеком, и выпускают группами, а все впустую, лисам на поживу. В дикой природе инкубаторский молодец, видно, обречен на гибель, если нет рядом умудренного жизнью, многоопытного вожака, который за всю стаю в ответе. Пока размышлял о дрофиных судьбах, тут и машину слышно стало. Дело к вечеру, в деревню возвращаться пора, а там и в Москву. ■

Что несут лесные пожары атмосфере?

И.Л.Кароль, А.А.Киселев

«Лес — наше общее богатство. Берегите его от огня!» Еще недавно трудно было не встретить в лесу такое предостережение. Лес и сегодня — общее достояние, причем весьма значительное: по суммарной площади лесных угодий Россия занимает лидирующие позиции в мире. Достояние, увы, от огня не сбереженное и, как следствие, ежегодно сокращающееся (чтобы «восстать из пепла», лесу, в отличие от птицы Феникс, требуются десятилетия). Безусловно, не всякое возгорание — дело рук человеческих: как и прежде, исправно вносят свою лепту молниевые разряды и самовозгорания торфяников (а их площадь в России равна 3.7 млн км² — примерно в 1.5 раза больше площади Западной Сибири). Но несомненно и то, что вместе со стремительным ростом числа автомобилей с каждым годом увеличивается и число любителей пикников «вдали от шума городского», и «ареал» их распространения. А значит, даже если стыдливо умолчать о культуре поведения в лесу типичного россиянина, количество лесных пожаров в соответствии с законом больших чисел должно неуклонно возрастать.

Это подтверждает и статистика среднемесячного числа возгораний. Так, по данным спутникового прибора MODIS (рис.1), в период 2000—2003 гг. их количество в весенне-летний период



Игорь Леонидович Кароль, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией Главной геофизической обсерватории им.А.И.Воейкова. Специалист в области моделирования климата, фотохимических и радиационных процессов в атмосфере. Многие годы занимается проблемами атмосферного озона.



Андрей Александрович Киселев, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник отдела динамической метеорологии той же обсерватории. Занимается моделированием фотохимических процессов в атмосфере.

над азиатским севером увеличивалось особо интенсивно в 2002—2003 гг., когда над регионом надолго устанавливалась аномально жаркая и сухая погода. Абсолютный максимум был достигнут в мае 2003 г. — более 22 тыс. пожаров! В последующие месяцы число возгораний тоже оставалось чрезвычайно высоким, поэтому летом 2003 г. Западная Сибирь оказалась охваченной массовыми лесными пожарами. Если в 1999 г. лес вы-

горел на 69 тыс. км², а в 2002 г. — на 112 тыс. км², то в 2003 г. лесные пожары бушевали уже на территории площадью 189 тыс. км² (по оценке Центра глобального мониторинга пожаров [1]). Не будучи специалистами в области лесного хозяйства, мы воздержимся от обсуждения нанесенного ему пожарами экологического и экономического урона и обратим внимание на то, как «пожарное лето» 2003-го сказалось на состоянии атмосферы.

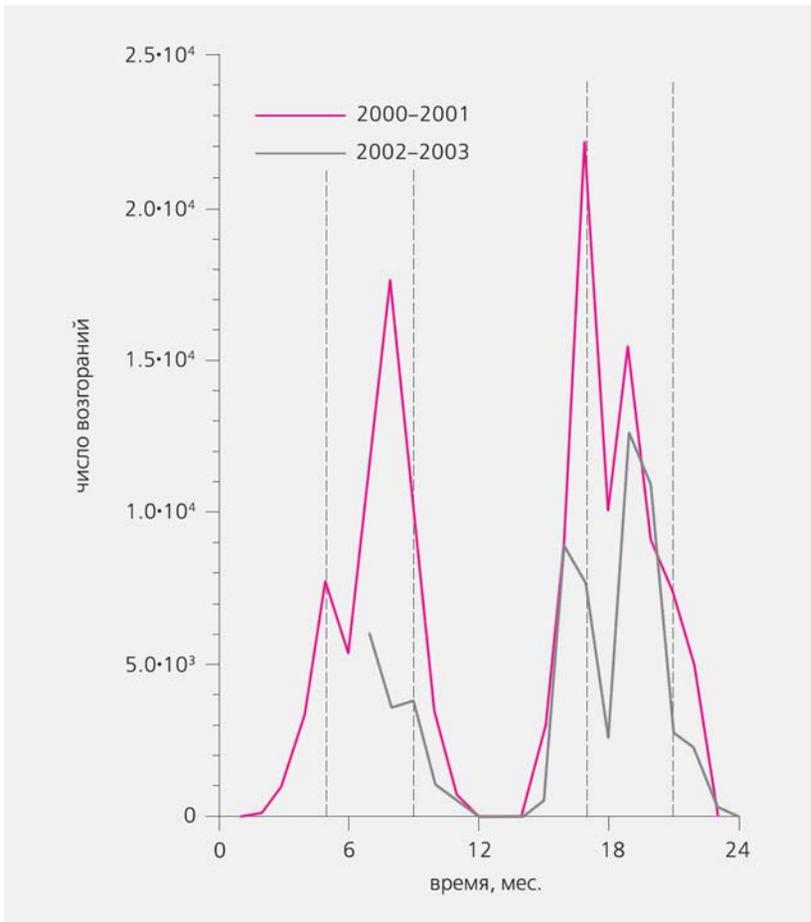


Рис.1. Среднемесячное число возгораний на территории Северной Азии, зафиксированное спутниковым прибором MODIS в 2000—2003 гг. [4].

Продукты пожаров: главные действующие лица

Среди разнообразных и весьма многочисленных продуктов, образующихся при горении биомассы и попадающих в атмосферу [2], особо выделим газы: оксид углерода, оксиды азота, играющие важную роль в атмосферной фотохимии, и частицы дыма — аэрозоль, в значительной степени регулирующий радиационный режим атмосферы.

У лесных пожаров две стадии. На первой — стадии открытого огня — дым от горения биомассы состоит в основном из мелких органических частиц с различной концентрацией «черного углерода» (сажи) — доминирующего светопоглощаю-

щего элемента в аэрозольных частицах. По оценкам американского исследователя М.Якобсона [3], сажа на 15—30% «ответственна» за глобальное потепление. На второй стадии — тления — не полностью сгоревшая древесина испускает дым (уже без сажи) в гораздо больших количествах, чем на первой.

Время жизни и распространение дымовых аэрозолей существенно зависят от метеорологических условий (силы ветра, дождей). В среднем аэрозоли находятся в атмосфере от нескольких дней до нескольких недель, после чего оседают на землю или вымываются осадками. Зафиксированы случаи, когда дым от лесных пожаров в Канаде был обнаружен в Греции, а продукты сибирских лесных пожаров —

в Северной и Центральной Америке [4]. Однако чаще присутствие дымового аэрозоля в купе с изменением альbedo подстилающей поверхности (коэффициента, показывающего соотношение между падающей и отраженной от поверхности радиацией) сказывается главным образом непосредственно над сгоревшим участком и его окрестностями. Недавние исследования [5] показали, что в зоне скопления большого количества аэрозольных частиц над очагом пожара заметно повышается температура на высотах 1—3 км, возникает термическая инверсия, затрудняющая вертикальный перенос продуктов сгорания и тепла (т.е. имеет место положительная обратная связь) и усугубляющая и без того тяжелую пожарную обстановку.

Но вернемся к газам. Поток оксида углерода CO (угарного газа) формируется в результате сжигания биомассы (главным образом в саванне, хотя и лесные пожары в средних широтах вносят свой вклад), а также растительного и ископаемого топлива; он составляет примерно половину суммарного источника CO (вторую половину дают протекающие в атмосфере фотохимические процессы). Согласно спутниковым измерениям [6], этот поток оценивается величиной 1000—1400 млн т/год, из которой на Азию, Африку, Северную Америку и Европу приходится 509, 267, 140 и 90 млн т/год соответственно (заметим попутно, что поток CO над африканским континентом почти полностью формируется в результате сгорания биомассы в саванне). На территории Северной Азии за 2000—2003 гг., как и число возгораний, эмиссия CO в атмосферу была максимальной в августе 2003 г., когда она превосходила среднюю на 88% (рис.2).

Поскольку оксиды азота NO и NO₂ постоянно переходят друг в друга, в фотохимических исследованиях часто используют их более стабильную сум-

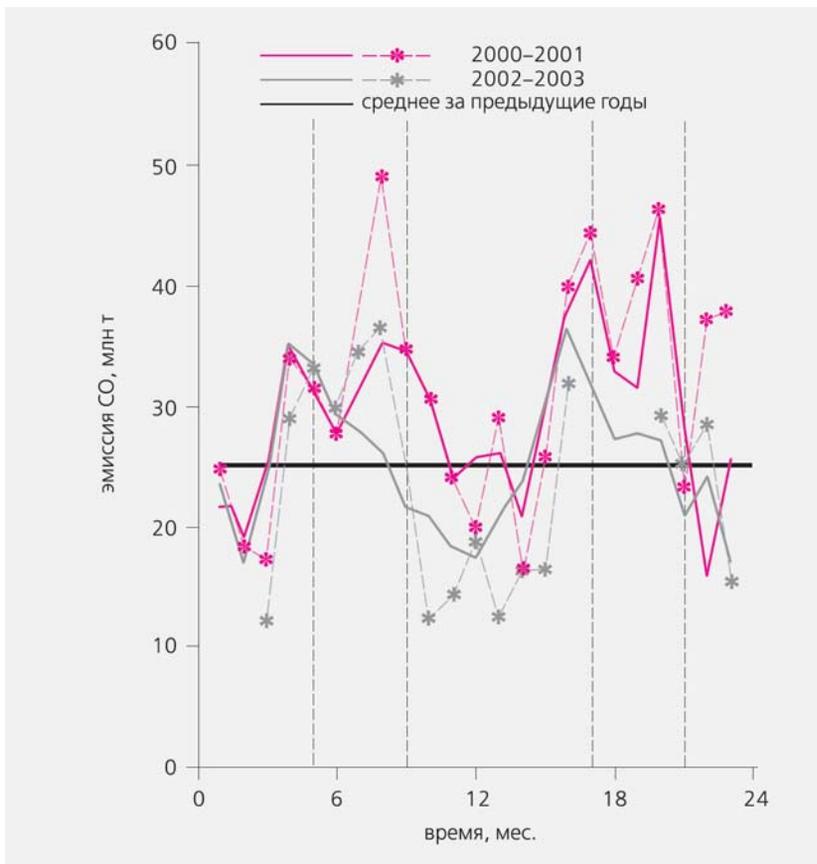


Рис.2. Среднемесячная эмиссия в атмосферу оксида углерода CO (млн т/мес) с территории Северной Азии в 2000—2003 гг., оцененная по данным наземных станций CMDL (сплошные линии) и спутникового прибора MORITT (на уровне 700 гПа, пунктир со звездочками) специалистами Национального центра атмосферных исследований, NCAR (г.Боулдер, штат Колорадо, США).

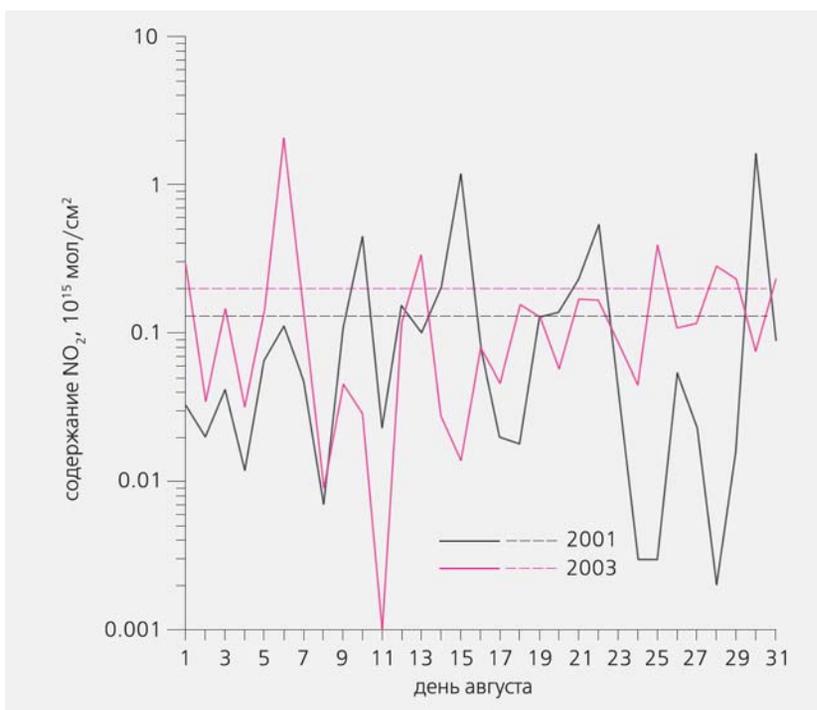


Рис.3. Среднесуточные данные измерений суммарного содержания диоксида азота NO₂ в столбе атмосферы (в молекулах в см²) в окрестностях Томска в августе 2001 и 2003 гг. (сплошные линии). Среднемесячные значения показаны пунктирными линиями.

му — NO_x. Основной ее наземный источник, как и в случае с CO, — сжигание различных видов топлива. Однако существуют и атмосферные источники оксидов азота: грозовые разряды, ионизация молекул воздуха космическими лучами, работа двигателей транспортной авиации. Наземный источник NO_x приблизительно на порядок меньше наземного источника CO: согласно подсчетам Х.Акимото [7], к концу XX в. он составлял 28.5, 27.5 и 22.0 млн т/год для Азии (Восточной, Южной и Юго-Восточной), Северной Америки и Европы (включая Россию, Ближний и Средний Восток) соответственно. К сожалению, данные об изменениях содержания в атмосфере оксидов азота во время сибирских лесных пожаров 2002—2003 гг. очень скудны, что, естественно, затрудняет оценку их эмиссии. Поэтому она была сделана нами по результатам измерений суммар-

ного содержания в столбе атмосферы NO_2 , произведенных в окрестностях Томска в августе 2001 и 2003 гг. Эти данные любезно предоставил нам В.В.Зуев (Институт оптики атмосферы Сибирского отделения РАН). Среднемесячное содержание NO_2 в столбе атмосферы в «пожарном» августе 2003 г. здесь заметно выше, чем в «стандартном» августе 2001 г. (рис.3), и можно предположить, что таким же было соотношение размеров эмиссии NO_x . Этот вывод косвенно подтверждается исследованиями со спутников над территорией Северного Китая и приблизительно согласуется с другой группой измерений [8], где эмиссия NO_x от западносибирских пожаров оценивается в 0.82 млн т N/год.

О поведении атмосферных газов и не только

На основе приведенных выше сведений об увеличении выбросов в атмосферу CO и NO_x попытаемся оценить, как это отразится на поведении ряда основных компонент атмосферного воздуха. С этой целью воспользуемся разработанной нами моделью, учитывающей основные физико-химические процессы, протекающие в тропосфере и нижней стратосфере пояса северных умеренных широт [8].

В зависимости от того, бедна или богата атмосфера оксидами азота, атмосферные газы ведут себя по-разному. В современных условиях тропосфера над Евразией и Северной Америкой богата NO_x , поскольку в этом поясе находится большинство промышленно развитых стран и, следовательно, высок уровень антропогенного загрязнения.

Состояние тропосферы во многом зависит от количества и качественного состава загрязняющих ее газов, а также от содержания в ней химически активных радикалов. Как правило, для образования последних требуется солнечный свет, поэтому

их концентрация максимальна летом в светлое время суток. Радикалы, вступая в химические реакции с газами-загрязнителями, разрушают их и тем способствуют самоочищению тропосферы. При этом сами они тоже гибнут, и время их жизни исчисляется всего несколькими секундами. Одновременно многие радикалы выступают в качестве катализаторов (ускорителей) озоноразрушающих реакций. Среди тропосферных радикалов важнейшим по праву считается гидроксид OH, способный реагировать с десятками и сотнями химикатов и являющийся эффективным озоноразрушающим катализатором. Реакция между оксидом углерода и гидроксидом представляет для нас особый интерес: она — чуть ли не единственный механизм распада молекул CO и виновница гибели более 50% гидроксидных радикалов [9]. Отсюда понятно, что рост концентрации CO ведет к разрушению большего числа радикалов OH. Прямым следствием падения концентрации гидроксида оказывается снижение эффективности соответствующего каталитического цикла разрушения озона. Таким образом, усиление эмиссии оксида углерода способствует росту содержания тропосферного озона (еще раз подчеркнем: в тропосфере, богатой NO_x).

С другой стороны, образование молекул озона O_3 происходит при взаимодействии молекулярного, O_2 , и атомарного, O, кислорода. Но если с молекулами O_2 «перебоев» не наблюдается (в воздухе их около 21%), то наличие в тропосфере атомарного кислорода почти полностью зависит от эффективности фотолиза, разрушения под действием солнечного света молекул NO_2 (которые при этом распадаются на NO и O). Снова можно констатировать: увеличению содержания NO_x сопутствует увеличение концентрации O_3 в тропосфере. Озоновой проблеме в последние десятилетия посвящено много публикаций,

в том числе и в научно-популярных изданиях [10—12]. Здесь же лишь напомним, что рост концентрации тропосферного озона отнюдь не благо. Озон — сильный окислитель, способный разрушать резину, металлы, строительные материалы и т.д., и наконец, это парниковый газ, ответственный среди прочих за глобальное потепление. Недаром в ряде стран (в том числе и в России) для этого ядовитого газа существует предельно допустимая концентрация.

«Путешествия» продуктов лесных пожаров

Если проанализировать приросты концентраций CO и NO_x в результате сибирских пожаров в августе 2003 г. (относительно «беспожарного» модельного расчета), можно выделить общую, легко предсказуемую черту их поведения — максимальное увеличение содержания в самой зоне действия пожаров. Однако на этом их сходство заканчивается. В случае с оксидом углерода ясно прослеживается шлейф повышенной концентрации, обусловленный действием упорядоченного переноса воздушных масс в восточном направлении (рис.4). Длительность пребывания в тропосфере молекул оксида углерода определяется интенсивностью ее взаимодействия с OH и, по существующим оценкам [9], составляет от одного до трех месяцев. Этого времени вполне достаточно, чтобы значительная часть образовавшихся в результате сибирских пожаров молекул CO совершила путешествие через Тихий океан к западному побережью Северной Америки. По нашим расчетам, приземное отношение смеси CO там выросло на 27—44 млрд⁻¹ (1 млрд⁻¹ соответствует 1 молекуле газа (в данном случае — CO) в 10⁹ молекул воздуха), что хорошо согласуется с измерениями на Аляске, в Канаде и над Тихим океаном (23—37 млрд⁻¹) [7].

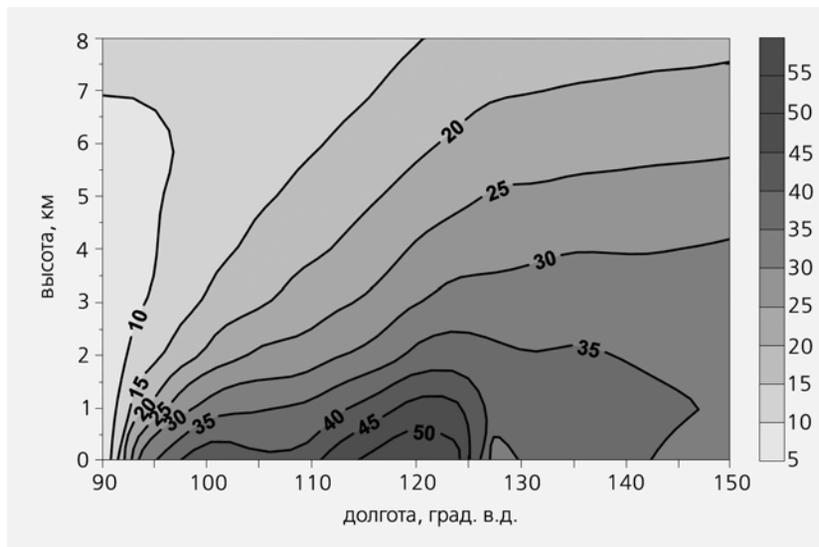


Рис.4. Модельная оценка увеличения концентрации оксида углерода CO в тропосфере северных умеренных широт над очагами возгораний и в их окрестностях, вызванного массовыми лесными пожарами на территории Западной Сибири в августе 2003 г. (в процентах).

Время «жизни» молекул азотных оксидов в атмосфере в несколько раз меньше, чем у молекул CO, поэтому они разрушаются главным образом вблизи своего источника, не успев удалиться от него на сколь-нибудь заметное расстояние. Тем не менее небольшое количество

молекул NO_x все же проникает в воздушное пространство над акваторией Тихого океана (рис.5). Но увеличение там концентрации NO_x до 30% не должно вводить нас в заблуждение: фоновые концентрации NO_x над водной поверхностью (а именно относительно них

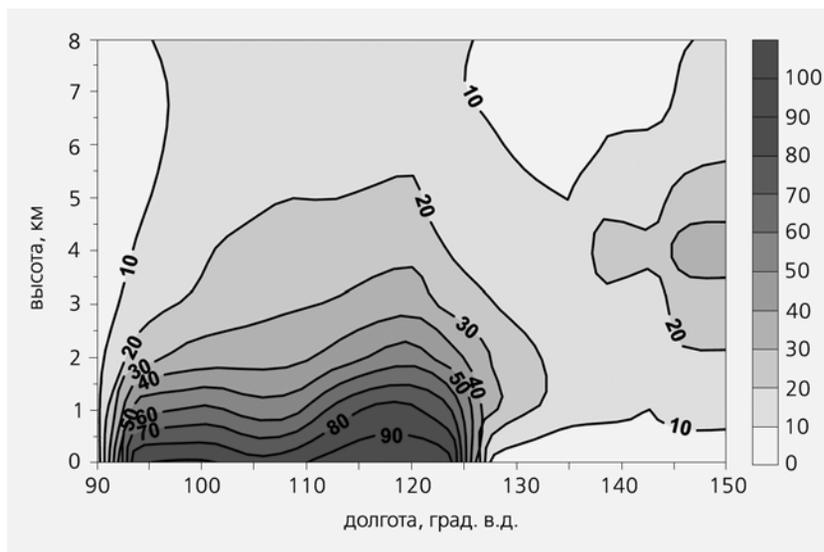


Рис.5. Модельная оценка увеличения концентрации диоксида азота NO₂ в тропосфере северных умеренных широт над очагами возгораний и в их окрестностях, вызванного массовыми лесными пожарами на территории Западной Сибири в августе 2003 г. (в процентах).

и достигнут этот рост) в 2–3 раза ниже, чем над материками, так что абсолютный прирост концентрации NO_x в этой зоне невелик. Отметим также то обстоятельство, что заметное увеличение содержания NO_x (в отличие от CO) наблюдается лишь в нижней тропосфере, а на больших высотах не превосходит 10–30%.

Рост эмиссии CO, сопровождаемый уменьшением содержания ОН до 30% в нижней и до 15% в средней тропосфере, совместно с ростом источника NO_x, как уже говорилось, становится причиной увеличения концентрации тропосферного озона. В зоне пожаров содержание озона возросло на треть у поверхности Земли, а в нижней и средней тропосфере — на 8–22% (рис.6). Время жизни O₃ убывает по мере увеличения высоты, в нижней тропосфере оно соизмеримо со временем жизни NO_x. Поэтому изменение содержания озона вне зоны пожаров несколько меньше: над акваторией Тихого океана и на западном побережье Северной Америки оно достигает 20%. В приземном воздухе это соответствует увеличению отношения смеси O₃ на 6–11 млрд⁻¹. Такая оценка подтверждается натурными наблюдениями: в ходе вышеупомянутых измерений на Аляске, в Канаде и над Тихим океаном зафиксирован рост приземного отношения смеси O₃ на 5–9 млрд⁻¹ [8].

Нельзя обойти вниманием и то обстоятельство, что изменение концентрации ряда компонент воздуха, среди которых довольно много парниковых (углекислый газ, водяной пар, метан, озон и др.), оказывает некоторое влияние на радиационные характеристики атмосферы и, как следствие, на климат. Общепринятым индексом, оценивающим степень воздействия на радиационный баланс системы Земля–атмосфера, служит так называемый радиационный форсинг (разность потоков коротковолнового и

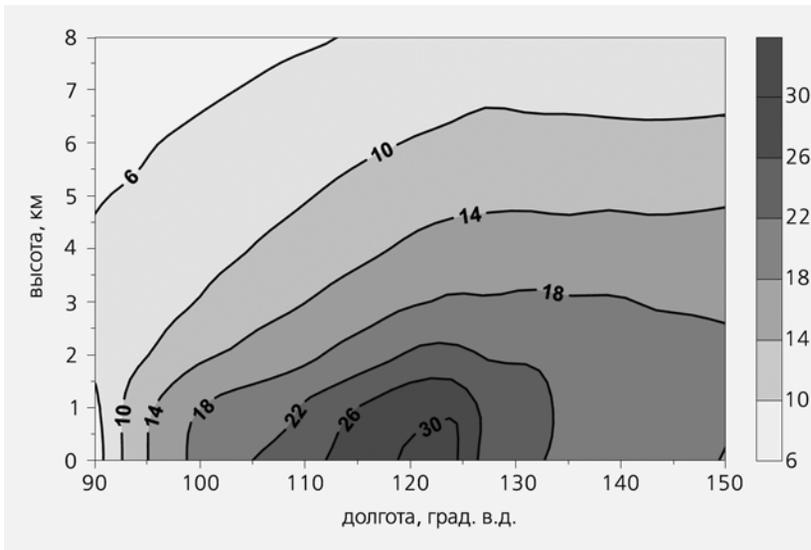


Рис.6. Модельная оценка увеличения концентрации озона O_3 в тропосфере северных умеренных широт над очагами возгораний и в их окрестностях, вызванного массовыми лесными пожарами на территории Западной Сибири в августе 2003 г. (в процентах).

длинноволнового излучения на уровне тропопаузы), о котором мы рассказывали в «Природе» ранее [12]. Наши расчеты показали, что величина локального радиационного форсинга, обусловленного действием рассматриваемых лесных пожаров, находилась в пределах $0.01–0.05 \text{ Вт/м}^2$ (с максимальным значением над очагами пожаров). Эта оценка учитывает комплексное изменение газового состава, но не включает изменение аэрозольной составляющей. Велико или мало указанное значение? Существуют данные о радиационном форсинге от другого кратковременного локального возмущения в тех же широтах — извержения вулкана Катмаи (58°с.ш. , Аляска, 6 июня 1912 г.). В этом случае его максимальная величина равнялась 4 Вт/м^2 . Таким образом, радиационное воздействие от изменений газового состава тропосферы, вызванных сибирскими лесными пожарами, приблизительно на два порядка слабее, чем от извержения вулкана Катмаи.

Даже поверхностный анализ наших модельных результатов

позволяет сделать вывод о том, что эффект от массовых лесных пожаров 2002–2003 гг. на территории Западной Сибири в основном не вышел за рамки регионального масштаба (правда, речь идет о регионе площадью 2.4 млн км^2). В то же время некоторые продукты пожаров, чье пребывание в атмосфере может длиться несколько недель, — оксид углерода и аэрозоли — вполне в состоянии достигнуть американского континента, что и подтверждается измерениями [4, 8]. В свою очередь, усиление присутствия молекул СО в тропосфере инициирует изменения в более короткоживущих газовых компонентах (рост концентрации озона, падение концентрации ОН и т.д.).

Леса продолжают гореть...

В Европе по статистике ежегодно происходит около 60 тыс. лесных пожаров, массовые лесные пожары охватили большие территории на севере американского континента летом 2004 г., в мае 2006 г. более 6.5 тыс. га леса горели на Даль-

нем Востоке, а во второй половине закончившегося лета 2006 г. напряженная пожарная ситуация складывалась на северо-западе России. Несомненно, лесные пожары будут случаться и впредь. Причина — учащение техногенных катастроф и глобальное потепление. Последнее ведет к усилению засухливости и увеличению продолжительности теплого времени года, а значит, к росту пожароопасности. Заметим, что глобальное потепление по-разному проявляется в различных областях земного шара. В частности, в числе регионов, где прогнозируется наибольшее повышение температуры, находится и Западная Сибирь, более того, такой рост температуры здесь уже подтверждается измерениями последних лет.

В результате нагрузка на всю климатическую систему возрастает. Увеличение эмиссии в атмосферу продуктов горения ведет к усилению ее загрязнения и одновременно к перераспределению соотношений в воздухе. За этим, в свою очередь, следуют ослабление способности атмосферы к самоочищению (из-за падения содержания атмосферных радикалов, в частности гидроксида) и нарушение веками сложившегося баланса между солнечной, входящей, и длинноволновой, уходящей, радиацией (за счет роста концентрации парниковых газов). Ко всем перечисленным неприятностям нужно добавить торфяные пожары. Они способствуют серьезному изменению структуры почв, например долговременному ухудшению состояния водосборных бассейнов, которыми являются торфяники. Иссущение почвы и выгорание растительности сказывается на альбедо, что также нарушает сложившийся региональный радиационный баланс. Кроме того, торфяным пожарам сопутствует выброс значительного количества гари, наносящей прямой вред

здоровью людей (москвичи, вероятно, до сих пор вспоминают торфяные пожары 2002 г. в Подмосковье). Словом, бедствиям нет числа...

Извлечем ли уроки?

Но неужели картина столь безысходна? Несомненно, быстрых и эффективных средств для достижения кардинального перелома сложившейся ситуации не существует. Поэтому предстоит постепенно, шаг за шагом, улучшать существующее положение. Вступление в силу Киотского протокола, по расчетам ряда аналитиков, не в состоянии всерьез уберечь планету от глобального потепления, однако это первый шаг на пути международного совместного поиска жизненно важного решения. Аналогично, любые усилия, направленные на сокращение пожароопасности, должны всячески поощряться. Для России с ее огромными лесны-

ми угодьями проблема защиты леса от возгораний стоит особенно остро.

Думается, у нашей страны имеются колоссальные ресурсы для того, чтобы значительно сократить наносимый пожарами ущерб. Дискуссия на информационно-аналитическом Интернет-сайте «Лесные пожары в России» наводит на мысль о насущной необходимости создания единого национального центра, обладающего всей полнотой информации о пожарах на российской территории. Важна организация систематического мониторинга пожаров, ведь сегодня имеются лишь немногочисленные и кратковременные измерения продуктов сжигания биомассы, да и то вдали от очагов возгораний (приведем в качестве примера измерения в ходе большого научно-исследовательского проекта «TROICA» [13]). Остро стоит вопрос с разработкой и осуществлением профилактических противопожарных мер. Недавно в

одной из телевизионных программ довелось услышать информацию о создании на Дальнем Востоке загородительных полос из лиственниц (эти деревья не загораются и потому могут стать барьером на пути распространения огня). В Иркутской области борются с пожарами посредством создания искусственных водоемов на наиболее пожароопасных участках. Эти меры, конечно, принесут свою пользу. Однако не оставляет ощущение, что все они — плод разрозненных усилий заинтересованных людей, а нужны научно разработанные и эффективные комплексные меры, способные противостоять огненной стихии. Но, пожалуй, самый главный резерв состоит в планомерном повышении культуры поведения в лесу и детей, и взрослых. К известной истине, что «чисто не там, где убирают, а там, где не сорят» можно добавить: пожаров меньше там, где хотя бы тушат окурки и костры. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 02-05-65399.

Литература

1. <http://www.fire.uni-freiburg.de>
2. *Andreae M.O., Merlet P.* // *Global Biogeochemical Cycles*. 2001. V.15. №4. P.955—966.
3. *Jacobson M.J.* *Atmospheric Pollution: History, Science, and Regulation*. N.Y., 2002.
4. *Kaufmann Y.J. et al.* // *International Journal of Remote Sensing*. 2004. V.24. P.1765—1781.
5. *Pace G., Meloni D., Sarra A.di* // *Journal of Geophysical Research*. 2005. V.110. D21202. doi: 10.1029/2005JD005986.
6. *Petron G. et al.* // *Geophysical Research Letters*. 2004. V.31. L21107. doi: 10.1029/2004GL020560.
7. *Akimoto H.* // *Science*. 2003. V.302. №5651. P.1716—1719.
8. *Jaffe D. et al.* // *Geophysical Research Letters*. 2004. V.31. L16106. doi: 10.1029/2004GL020093.
9. *Киселев А.А., Кароль И.Л.* // *Известия РАН. Сер. Физика атмосферы и океана*. 2003. Т.39. №5. С.579—588.
10. *Роун Ш.* *Озоновый кризис. Пятнадцатилетняя эволюция неожиданной глобальной опасности*. М., 1993.
11. *Данилов А.Д., Кароль И.Л.* *Атмосферный озон — сенсации и реальность*. Л., 1991.
12. *Кароль И.Л., Киселев А.А.* *Оценка ущерба «здоровью» атмосферы* // *Природа*. 2003. №6. С.25—30.
13. *Макарова Т.А., Еланский Н.Ф., Беликов И.Б. и др.* // *Известия РАН. Сер. Физика атмосферы и океана*. 2004. Т.40. №6. С.796—808.

Пещеры Иркутского амфитеатра

Е.В.Трофимова

В самом сердце Евразии вольготно раскинулся живописный сибирский край, зачастую именуемый Иркутским амфитеатром. При общем наклоне поверхности на север и северо-запад, центральная часть этой территории представлена Иркутско-Черемховской равниной, а с юго-запада, юга и востока ее обрамляют величавые горные цепи Восточного Саяна, Приморского и Байкальского хребтов.

Объект особого внимания исследователей иркутской земли — карстовые пещеры. Их образование predetermined природными условиями региона. С одной стороны, это значительное распространение карстующихся пород — карбонатных, сульфатных и соленосных, покрывающих более 50% территории. Причем карст проявляется как на поверхности земли, так и на глубинах до 1 км. Интенсивность развития карстовых процессов достигает 50 мм/1000 лет [1]. С другой — карстующиеся породы обладают высокой проницаемостью, что связано с их значительной трещиноватостью из-за высокой сейсмичности региона, а также интенсивного физического выветривания при резко континентальном климате. Условия для движения подземных вод здесь благоприятны, поскольку абсолютные отметки варьируют от 1000—2500 м в пределах горных районов до



Елена Владимировна Трофимова, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института географии РАН. Область научных интересов — карсто- и спелеогенез, пещерные льды, рекреационное использование и охрана пещер.

250—500 м на равнине. Проникающие в карстовый массив воды, в свою очередь, обладают значительной растворяющей способностью, что обусловлено низкой степенью их первичной минерализации.

Впервые карстовые пещеры региона были описаны в 1789 г. естествоиспытателем Э.Лаксманом [2]. В настоящее время в пределах Иркутского амфитеатра известно свыше 200 пещер. Наиболее известные представлены на карте и пронумерованы*. Самую протяженную подземную систему имеет пещера Ботовская (1), раскинувшая свои подземные лабиринты в известняках нижнего ордовика более чем на 16 км. Наибольшей глубиной отличается шахта Куртуйская (56), заложенная в известняках и доломитах нижнего кембрия, колодцы которой про-

тянулись вертикально вниз на глубину 144 м.

Основные районы расположения пещер — западное побережье Байкала, нижнее течение р.Китоя и бассейн р.Уды. Пещерные входы располагаются как на верху неприступной скалы на высоком водоразделе (Верхняя Олотская, 59), так и на дне глубокой долины, рядом с урезом воды (Узкая, 54). Их размеры варьируют от 0.3×0.5 м, когда нужно протискиваться в подземную полость «на выдохе» (Уютная-I, 32), до 15×7 м, как у огромного входа-провала Загадая (18). Небольшой и неудобный вход в пещеру Рядовая (11) располагается под нависающей глыбой, но за ним открывается огромная подземная система с отвесным вертикальным колодцем глубиной в 40 м.

Пещеры Иркутского амфитеатра слабо обводнены, но в нескольких из них расположились

© Трофимова Е.В., 2007

*Далее мы приводим эти номера в тексте.

«бездонные» подземные озера с сифонами. Это Спиринская и Урунгайская подземные полости (68, 69), которые входят в состав единой гидродинамической системы, Тонгинская пещера (10), в которой происхождение озера с сифоном остается загадкой. Небольшие озера, питающиеся за счет притока конденсационных вод, находятся в Политехнической (24), Илийской (50), Большой Онотской (57) и других пещерах.

Излюбленное время года для посещения сибирских пещер — зима. Во-первых, в связи с низким уровнем грунтовых вод в это время года в пещерах не так влажно, как летом, а во-вторых, зимой проще найти вход в пещеру, «затаившийся» между деревьев и кустарников. Сибирские пещеры зимой характеризуются присутствием явно выраженного «дыхания»: чем ниже температура воздуха на поверхности, тем мощнее поток теплого воздуха, подтекающий изнутри подземной полости к ее входу. К примеру, при температуре на поверхности -32.5°C скорость поступающего из пещеры Волглой (45) воздуха достигает 1.8 м/с. Влажный теплый воздух мгновенно конденсируется на ближайшей к входу в подземную полость растительности, окутывая ее, как невесту, в белоснежный куржак.

Морфология и генезис пещер

По морфологическим особенностям 21% пещер представлены галереями, гротами, колодцами и щелями. Однако наиболее распространены (47%) так называемые бинарные подземные полости, где эти простые формы — колодезно-галерейные, галерейно-гrotовые и т.п. — сочетаются друг с другом. В многоэтажных пещерах встречается гораздо более сложная комбинация форм из шахт и каркасов.

Поражает своими формами Тронный зал в пещере Мечта (9)

с размерами 75×15 м при высоте сводов до 20 м, а также отвесный входной колодец шахты Куртуйской (56) в виде расширяющейся бутылки с глубиной 51 м.

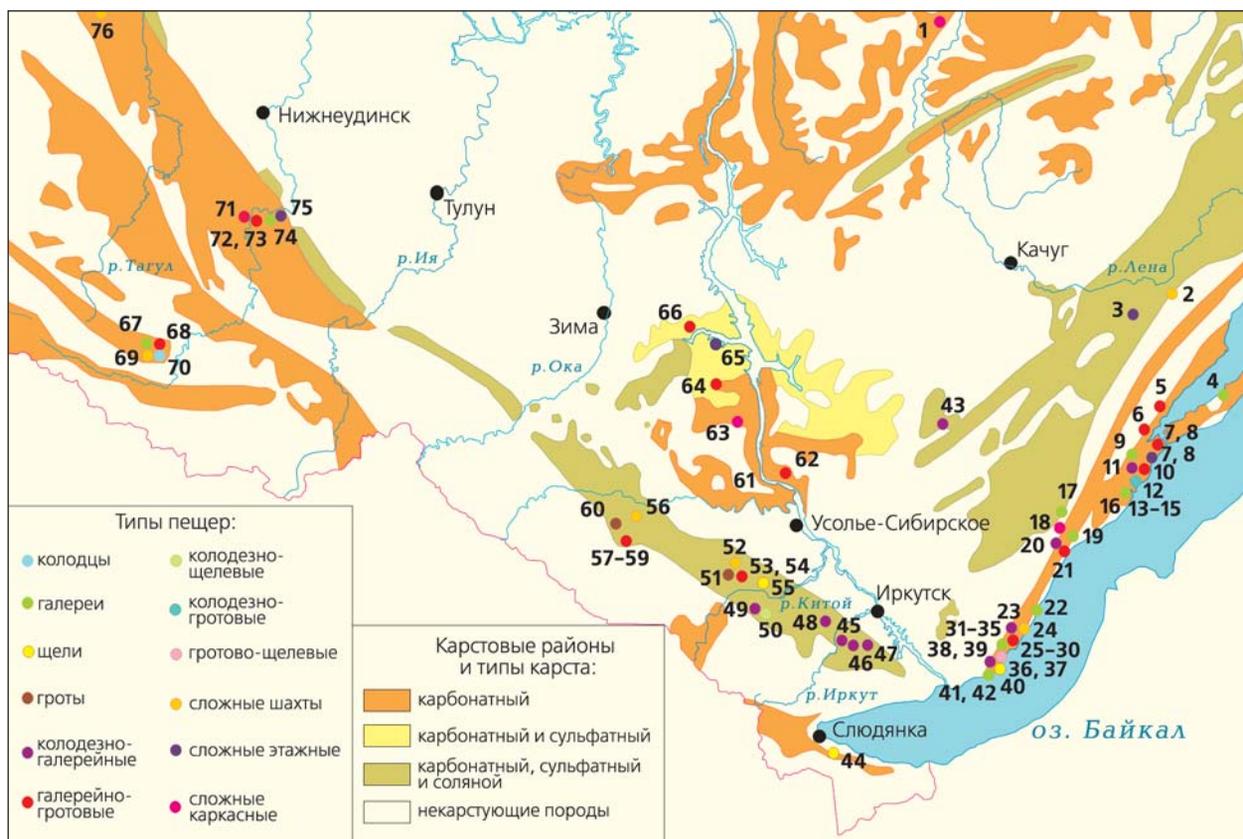
По происхождению пещеры подразделяются на несколько классов. Когда их формирование обусловлено смещением блоков горных пород вдоль тектонических нарушений, возникают коррозионно-разрывные полости, на долю которых в регионе приходится 46% пещер, что предопределено в значительной мере сейсмической активностью территории. В этих пещерах имеются вертикальные участки — колодцы или щели (Октябрьская, 13; Случайная, 15; Политехническая, 24 и др.). В подавляющем большинстве это рвы или трещины отседания (бокового или бортового) верхних участков склонов. В бортах долин, в зоне горизонтальной циркуляции подземных вод, обусловленной дренирующей ролью эрозионных врезов, формируются коррозионно-эрозионные полости (53%). В этот класс входит большинство горизонтальных пещер региона: Аргаракан (3), Приморская (27), Большой медведь (35) и др. Основная причина образования полостей еще одного класса — нивально-коррозионного — воздействие талого снега на легко растворимую горную породу (известняк). Значительная их часть формируется на водораздельных участках хребтов Восточного Саяна. Своими размерами в этом классе выделяется колодец 8 Марта (70). К коррозионным в пределах региона относится только пещера-лабиринт Ботовская (1), сформировавшаяся за счет разницы напора подземных вод. Небольшие коррозионно-абразионные полости находятся в пределах береговой линии западного побережья озера Байкал, их образование связано с разрушением горных пород волнениями, течениями и т.д.

Микроклимат пещер

Во всех пещерах можно выделить две основные части — привходовую «динамическую», где микроклиматические особенности в значительной степени определяются метеорологическими характеристиками на поверхности, и глубинную — «статическую», где они практически не меняются в течение всего года.

Первые замеры температуры воздуха в подземных полостях региона выполнил в 1856 г. поручик Рашков для пещеры Балаганской (65), в настоящее время почти полностью затопленной водами Братского водохранилища. Обычно температура воздуха в глубинных частях пещер не превышает $3.0-4.0^{\circ}\text{C}$, температура горных пород — $2.0-3.5^{\circ}\text{C}$ при относительной влажности воздуха 55—100%. Однако в небольших пещерах мыса Кадильный (33—37) в летний сезон температура поднимается до $8.0-10.0^{\circ}\text{C}$. Свообразный температурный рекорд был зафиксирован в пещере Чанчурской (2) 22 декабря 1991 г., когда снаружи было -38.0°C , на дне полости — 2.2°C , а в небольшом сужении на глубине 15 м от поверхности воздуха 11.0°C . Этот феномен объясняется адиабатическим сжатием с выделением энергии воздушной массы, поступающей со скоростью 3 м/с из глубины подземной полости к поверхности.

Пользуясь методикой карстогеда В.М.Филиппова [7], микроклиматический режим пещер районов с суровым климатом можно разделить на три типа: во-первых, теплые с холодной привходовой частью; во-вторых, теплые с положительной температурой и, наконец, холодные с отрицательной средней годовой температурой воздуха глубинных зон, отличающиеся сезонными колебаниями метеорологических характеристик в привходовых частях. К первому типу относятся наиболее протяженные сложные пещеры в не-



Пещеры Иркутского амфитеатра:

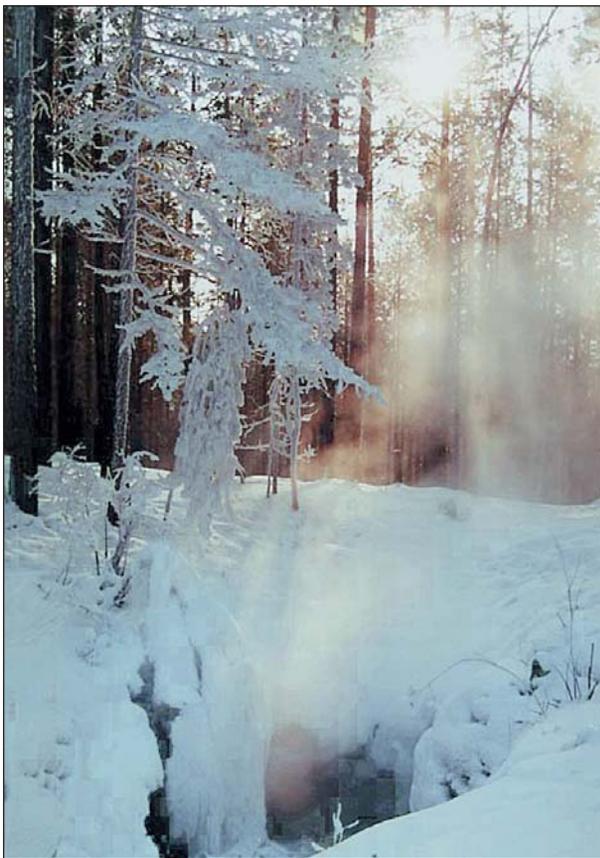
1 — Ботовская, 2 — Чанчурская, 3 — Арагаракан, 4 — Шаманская, 5 — Сарминская, 6 — Хурганская, 7 — Мал. Байдинская, 8 — Бол. Байдинская, 9 — Мечта, 10 — Тонтинская, 11 — Рядовая, 12 — Ая, 13 — Октябрьская, 14 — Вологодского, 15 — Случайная, 16 — Саган-Заба, 17 — Куртун, 18 — Загадай, 19 — Бурун, 20 — Бурун-ледяная, 21 — Куртинская, 22 — Ралей, 23 — Бол. Марян, 24 — Политехническая, 25 — Голоуственская, 26 — Омская, 27 — Приморская, 28 — Бол. Кадильная, 29 — № 7, 30 — Зигзаг, 31 — Холодная, 32 — Уютная — I, 33 — Уютная — II, 34 — Малыш, 35 — Мал. Кадильная, 36 — Трех ветров, 37 — Школа № 33, 38 — Обломная, 39 — Стройная, 40 — Щелевая, 41 — Скрипер, 42 — Обухеихская, 43 — Улангинская, 44 — Горная, 45 — Волглая, 46 — Школьная, 47 — Радостная, 48 — Шаманка, 49 — Рублевая, 50 — Илийская, 51 — Козий двор, 52 — Раздолинская, 53 — Большой медведь, 54 — Узкая, 55 — Двадцатая, 56 — Куртуйская, 57 — Бол. Онотская, 58 — Мал. Онотская, 59 — Верх. Онотская, 60 — Гнейсовая, 61 — Холмушинская, 62 — Свирская, 63 — Худугунская, 64 — Оргалейская, 65 — Балаганская, 66 — Новонукутская, 67 — Урунгайская, 68 — Светлая, 69 — Спириная, 70 — 8 Марта, 71 — Гребневская, 72 — Бол. Нижнеудинская, 73 — Мал. Нижнеудинская, 74 — Уныльская, 75 — Трофимовская, 76 — Усть-Тагульская.

сколько этажей: Арагаракан (3), Мечта (9), Урунгайская (67), и др., в привходовых частях которых формируются многолетние льды. В глубинных частях подземных полостей круглый год температура воздуха сохраняется положительной — 1.2—4.0°C при относительной влажности 70—100%, температура горных пород варьирует в пределах 0.5—3.5°C. Второй тип образуют большинство подземных полостей региона на глубинах

до 150 м от поверхности: это горизонтальные пещеры — Шаманская (4), Саган-Заба (16), Малыш (34) и др., а также вертикальные полости — Октябрьская (13), Бол. Марян (23), Радостная (47), сюда же относятся все сложные шахты — Политехническая (24), Илийская (50), Раздолинская (52) и др. Характерная особенность рассматриваемых карстовых полостей — значительные градиенты температур воздуха по длине (глубине)

пещеры: как в летний, так и в зимний сезоны их значения достигают 1.5—2.5°C на 1 м.

На примере сложной шахты Чанчурской (2) было изучено влияние потока воздуха, подтекающего из подземной полости в зимний сезон, на температурный режим на поверхности карстового массива. Термографы устанавливались около самого входа в пещеру и на поляне, на расстоянии 100 м от него. Температура воздуха на поляне



Сталактитовый дождь пещеры Аргаракан.
Здесь и далее фото автора

Зимнее «дыхание» пещеры Волглой.

была всегда на 7–8°C ниже ее значений около входа в подземную полость. Что же касается амплитуды ее суточных колебаний, то при ее максимальных значениях на поляне 7.7°C, около пещеры эта величина не превысила 2°C: пещерный воздух оказывает сглаживающее влияние на колебания температур на поверхности [4].

В третий тип вошли пещеры-гrotты — Бурун (19), Козий двор (51) и др. Температуры воздуха в них изменяются от –3.0 до +2.0°C, горных пород — от –4.5 до +1.5°C, влажность варьирует от 55 до 90%.

Пещеры исследуемой территории характеризуются слабой интенсивностью воздухообмена с поверхностью. Только в отдельных подземных полостях отмечены скорости передвижения воздуха до 1–3 м/с, обычно они менее 1 м/с. Давление воздуха в пещерах практически повторяет его изменения на поверхности.

Анализ данных микроклиматических наблюдений, в частности за температурами воздуха и упругостью водяного пара на поверхности и под землей, позволил выявить наличие процессов конденсации влаги в пещерах региона в период с июня по сентябрь. В некоторых подземных полостях производился расчет величины конденсации: так, для пещер Большая Байдинская (8) и Мечта (9), расположенных в пределах Тажеранских степей, суммарный слой конденсационной влаги, формирующийся в летний сезон, составил 7.5% годового количества осадков [5].

Отложения пещер

Разнообразны и осадки, образующиеся в карстовых пещерах Иркутского амфитеатра. **Остаточные отложения** формируются при накоплении и перетолжении нерастворимого ос-

татка вмещающих пород в подземных полостях. Обычно это красно-коричневые глинистые осадки, образующиеся при растворении известняков (из 1 м³ последних возникает 400 кг глинистых отложений [7]). Их мощность в пещерах региона может достигать 8 м, например, в пещере Загадай (18), где шурфовочные работы проведены спелеологом А.Г.Докучаевым. Именно из этой, самой «чистой» на Земле глины, спелеологи под землей лепят глиняных зайчиков, медвежат и других обитателей наземного мира, оставляя их легендарному владыке царства тьмы — Белому спелеологу.

Водные хемогенные отложения формируются из перетолженного кальцита. Это живописные натечные образования в виде сталактитов, сталагмитов, драпировок. Зачастую они имеют собственные экзотические названия: «Сталактитовый дождь», «Дед Мороз», «Гордый инк», «Морская медуза» Ар-

гаракана (3), «Пасть динозавра» Спириной (68) и др. Восторг вызывают натечные образования в виде кораллитов Музыкального зала пещеры Мечта (9): при дотрагивании кончиком ногтя они издают нежные звуки различных тонов, так что в абсолютной тишине и темноте даже можно исполнить знаменитого «Кузнечика». Удивляет своей хрупкостью расположенный на дне небольшого озера в шахте Раздолинской (52) настоящий «пещерный жемчуг».

Пещерный лед и снег. Наибольшую притягательность в пещерах Иркутского амфитеатра имеют уникальные ледяные формы. Под лучами фонариков подземный лед во всем его разнообразии переливается всеми цветами радуги, создавая неповторимую картину среди вечно мрака и безмолвия. При замерзании воды, поступающей в полость через трещины, образуется конгеляционный лед. Он устилает ее дно, стены и потолки наледями-покровами, ледяными сталактитами и сталагмитами. При выпадении влаги из воздуха на охлажденную поверхность формируется сублимационный лед. Именно его кристаллы шестигранной либо

игольчатой формы создают завораживающий наряд пещеры. Максимальные размеры шестигранников достигают 12 см в поперечнике. Еще один вид льда — осадочно-метаморфический — образуется из-за перекристаллизации снега, попадающего в подземную полость через устьевое отверстие пещеры. Однолетние небольшие снежки находятся около входов во многие пещеры. Поражает своими размерами многолетний снежник Большой Байдинской (8) с объемом снежно-ледовой массы до 160 м³.

Согласно наблюдениям, с 1976 г. отмечается значительная деградация оледенения в пещерах региона со средней скоростью (за последние 10 лет) от 3.2 до 11.7 см/год. По-видимому, основная причина этого процесса — глобальное потепление климата. Как показал анализ данных по средней годовой температуре воздуха для метеостанций Иркутск-обсерватория (1882—2004 гг. наблюдений) и метеорологического поста Узур, расположенного в центральной части оз. Байкала (1952—2004 гг. наблюдений), с 1967 г. в пределах Иркутского амфитеатра выявляется устой-

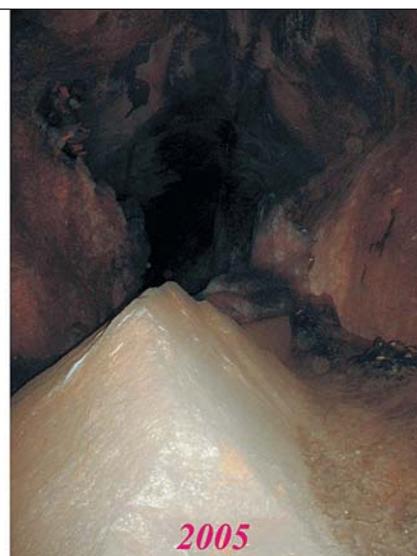


Кораллиты пещеры Мечта.

чивый тренд к ее росту. «На глазах» исчезает ледяная сказка.

Органогенные отложения. В 1875 г., во время экспедиций Русского географического общества в Нижнеудинские пещеры (72, 73), И.Д.Черский собрал многочисленные и хорошо сохранившиеся кости вымерших млекопитающих: сибирского длинношерстного носорога, пещерного медведя и др. животных, всего 19 видов, которые успел определить до гибели коллекции [7].

Несмотря на суровые климатические условия, пещеры региона обитаемы: в них нашли при-



Ледяные образования пещеры Мечта в разные годы.

Фото М.Б.Алексеева (1985, 1995 гг.) и автора



Ледяные кристаллы Аргаракана.

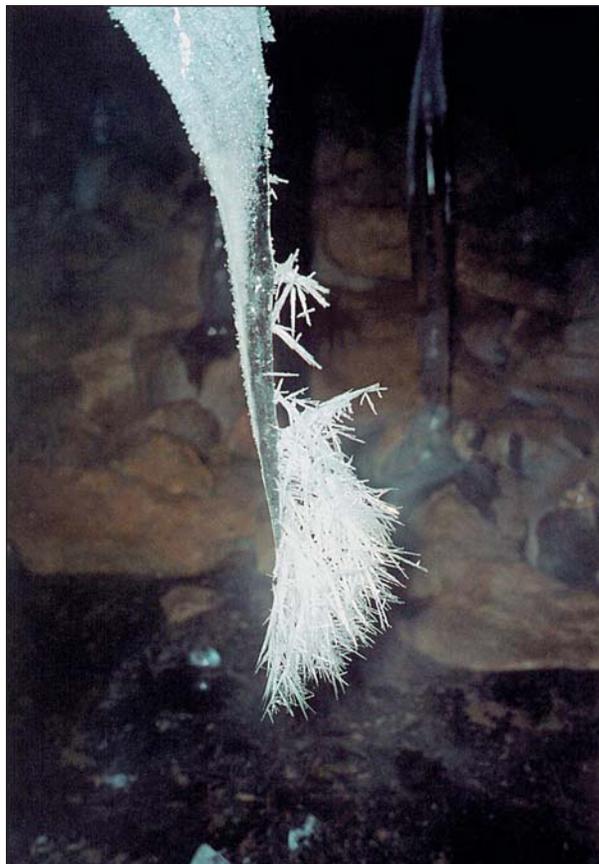


Фото М.Б.Алексеева и Н.Б.Сеньковской

ют летучие мыши, относящиеся к семейству гладконосых (*Vespertilionidae*) и к родам *Myotis* (ночницы) и *Plecotus* (ушаны), а также насекомые из подкласса скрыточелюстных класса *Entognatha*.

Антропогенные отложения. В пещерах западного побережья оз. Байкала найдены многочисленные свидетельства проживания в них людей новолкаменного и железного веков [8] — в Большой Кадильной (28), в которой еще в 1865 г. П.А.Кропоткин обнаружил человеческие черепа и кости, Скрипер (41), Обухейхской (42) и др. В некоторых подземных системах — Шаманской (4), Большой Байдинской (8) — местные буддисты (буряты) организовали молельни, проводят национальные ритуалы. Иногда подземные полости используют для захоронения

животных, к примеру пещера Скотомогильник на Байкале.

Состояние подземной среды и охрана пещер

Как показали исследования, под влиянием человеческой деятельности подземные полости Иркутского амфитеатра значительно изменены. Нарушены пещерный рельеф, воздушная среда, в пещерах немало мусора.

Все показатели нарушения подземной среды оценивались нами по трехбалльной системе. Проведенные обследования показали, что среда слабо нарушена только в нескольких подземных полостях, расположенных в труднодоступных районах. В подавляющем большинстве подземных полостей отмечены значительные изменения релье-

фа (созданы искусственные входы, расширены размеры подземной полости, повреждены или уничтожены сталактиты, сталагмиты, кораллиты). В некоторых пещерах отмечены скопления антропогенного мусора (пищевые отходы, продуктовая тара и использованное снаряжение, а также плесень в нижних частях подземных полостей после посещения их человеком, надписи краской на стенах и потолках пещер). В отдельных подземных системах зафиксированы изменения воздушной среды (ярко выраженный запах гниения или испарений нефтепродуктов). По результатам обследования было выделено 10 районов (таблица).

Пещеры района I (верховья р.Лены) доступны только в зимний сезон, поскольку подземные системы окружены болота-

Таблица

Посещаемость пещер Иркутского амфитеатра и степень нарушения их подземной среды

Номер района	Номера пещер	Интенсивность посещений	Показатели нарушения подземной среды, баллы		
			изменения пещерного рельефа	антропогенный мусор	изменения воздушной среды
I	1–3	слабая	–	1	–
II	4–16	высокая	3	3	3
III	17–21	слабая	–	–	–
IV	22–42	средняя	1	2	–
V	45–48	слабая	–	1	–
VI	49–55	высокая	–	2	2
VII	56–60	высокая	3	3	3
VIII	61–66	средняя	–	2	–
IX	67–70	слабая	–	–	–
X	71–76	средняя	–	2	1

ми, труднопроходимыми летом, и его соседство с особо охраняемой территорией — Байкало-Ленским заповедником — предопределили редкую посещаемость подземных полостей и слабое нарушение. Район II включает западное побережье Байкала напротив о.Ольхон, и здесь пещеры более всего пострадали в результате массового летнего туризма.

Практически не претерпели изменений под воздействием антропогенной нагрузки подземные системы района III (долина р.Бугульдейки), большинство из которых известно не более 15 лет.

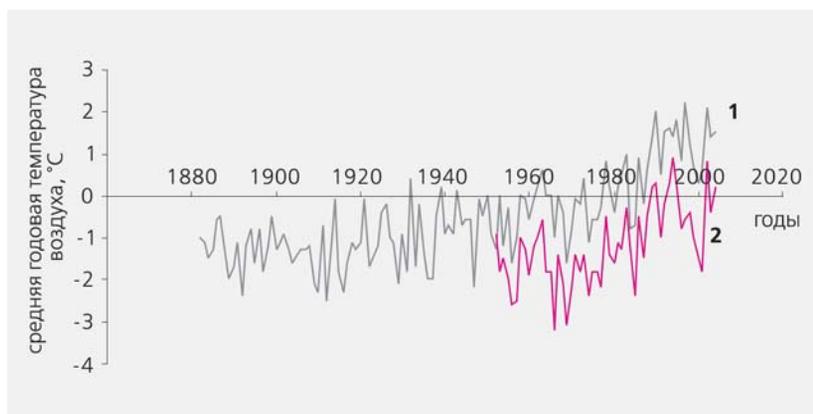
Район IV — долины рек, впадающих в Байкал на участке пос.Лиственничное — дер.Бол. Голоустная — один из старейших спелеологических районов Иркутского амфитеатра, но добраться туда можно только водным путем, к тому же с 1986 г. заказной режим природопользования территории несколько ограничивает поток туристов, хотя в настоящее время отмечен рост активности посещений этих пещер, особенно иностранными туристами.

К району V относятся несколько небольших подземных полостей, расположенных в зеленой зоне Иркутска. Обычно они используются как тренировочный полигон для подготовки молодых спелеологов к работе в вертикальных полостях. Пеще-

ра Волгяя (45) является составной частью экологической тропы, разработанной Большелугским экологическим музеем. Интенсивно посещаются как местными жителями, так и спортсменами-спелеологами подземные полости районов VI и VII (долины рек Китоя и Онота). Но в отличие от района VI, пещеры района VII легкодоступны даже для неподготовленных, поэтому здесь часто встречаются участки с обитыми натечными образованиями. В последние годы заметно снизилась активность посещений в районе VIII (левобережье Братского водохранилища между г.Усолье-Сибирское и пос.Первомайское), в основном в связи с затоплением водами Братского водохранилища его главной достопри-

мечательности — Балаганской пещеры. В район IX (верховья р.Уды) вошли подземные полости, расположенные в труднодоступных районах Восточного Саяна, и как следствие, они отличаются отсутствием нарушений подземной среды. Район X (долина р.Уды в 40 км южнее г.Нижнеудинска и долина р.Тагула) формируют пещеры, находящиеся в некотором удалении от крупных центров Иркутского амфитеатра, но их живописность и давнее открытие всегда привлекают к ним посетителей.

Чтобы сохранить подземную среду пещер в ее естественном состоянии, решениями Иркутского облисполкома в 1981, 1985 и 1987 гг. семи пещерам был присвоен статус Государственного памятника природы:



Многолетний ход средней температуры воздуха: 1 — метеостанция Иркутск-обсерватория, 2 — метеостанция Узур.

Мечте (9), Бол. Кадильной (28), Бол. и Мал. Нижнеудинским (72, 73), Урунгайской (67), Спиринской (69), 8 Марта (70). В списке перспективных природных объектов находятся еще 27 подземных полостей. Чтобы упорядочить меры по охране пещер, им была присвоена категория охраны [9] с учетом рекомендаций, разработанных для геологических памятников природы [3]. Режим строгой охраны — это первая категория, режим ограниченной охраны без рекомендаций для массового туризма — вторая, и режим ограниченной охраны с рекомендациями для массового туризма — третья. В пещерах первой категории (6—8, 10, 27, 28, 36, 38, 72, 73), где обнаружены объекты, имеющие коллекционную или товарную ценность (раритет-

ные экземпляры палеонтологических остатков либо мумие) и где опасность расхищения наиболее велика, требуется режим строгой охраны, и здесь могут находиться только специалисты. Поэтому информация о местоположении этих пещер не должна быть доступной. Во вторую категорию охраны включены пещеры, имеющие сугубо научное значение. Здесь проводятся экспедиции и студенческие практики (3, 9, 18, 24, 52—57, 59, 63, 67, 69, 75). Подземные полости третьей категории охраны имеют познавательное либо спортивно-оздоровительное значение (1, 11—15, 45, 56, 68, 70, 71).

* * *

В середине 80-х годов на туристической базе Байкал не-

сколько лет существовал единственный в Сибири туристический маршрут в пещеру — государственный памятник природы — Мечта. Но уже в конце этого десятилетия спелеологи заговорили о варварском разграблении подземной полости — тысячелетиями создававшаяся природой белоснежные кораллиты были безжалостно вырублены молотками и вывезены на сувениры. Поэтому создание единой системы управления рациональным использованием пещер региона является настоящей необходимостью.

Мы, конечно, не в силах повлиять на деградацию пещерного льда, но организовать бережное и рациональное использование пещер — это в наших возможностях. ■

Литература

1. Трофимова Е.В. // Геоморфология. 2006. №3. С.78—84
2. Гвоздецкий Н.А. Проблемы изучения карста и практика. М., 1972.
3. Филиппов В.М. Микроклимат пещер юга Сибири // Проблемы геометеорологии и аккумуляции зимнего холода. Свердловск, 1990. С.64—67.
4. Трофимова Е.В. // География и природные ресурсы. 1993. №2. С.182—184.
5. Trofimova E.V. L'humidité de condensation dans les grottes de la région d'Olkhon (la côté occidentale du lac Baïkal, Russie) // Symposium de Karstologie Théorique et Appliquée. Baile Herculane, Romania, May 24—28, 2002. P.21—22.
6. Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н. Карстоведение. Ч. 1. Общее карстоведение. Пермь, 2004.
7. Черский И.Д. Отчет об исследовании Нижнеудинской пещеры // Изв. Сиб. отд. РГО. 1876. Т.7. №2—3. С.78—112.
8. Хороших П.П. По пещерам Прибайкалья. Иркутск, 1955.
9. Лапо А.В., Давыдов В.И., Пашкевич Н.Г. и др. Методические основы изучения геологических памятников природы России // Стратиграфия. Геологическая корреляция. Т.1. 1993. С.73—85.

Американские ботаники К.Аткинс и М.Тейлор (С. Atkins, М. Taylor) обнаружили в национальном парке Редвуд (Северная Каролина, США) сразу три секвойи (*Sequoia sempervirens*), которые превосходят по высоте прежнего рекордсмена среди деревьев. Новому чемпиону (115.245 м) дали имя Гиперион, он на 2.4 м выше предыдущего — Гиганта Стратосферы.

Другие два дерева-великана — Гелиос (114.696 м) и Икарус (113.142 м).
Science et Vie. 2006. №1070. P.34 (Франция).

Европейский зонд «Mars Express» позволил впервые наблюдать над поверхностью Марса, на высотах от 80 до 100 км, облака; раньше на та-

ких высотах они не отмечались. Облака содержат CO₂ при температуре -193°C. Вероятнее всего, ядрами конденсации для них служат частицы марсианского грунта, принесенные ветрами, или же микрочастицы метеоритного происхождения.

Science et Vie. 2006. №1069. P.25 (Франция).

Люди и окаменелости

С.В.Наугольных,

доктор геолого-минералогических наук
Геологический институт РАН
Москва

Кто не бывал в сентябрьской Праге, вряд ли может представить себе осеннее очарование Центральной Европы. Блики последних теплых солнечных лучей на витражах собора Святого Вита, протяжные гудки пароходов на Влтаве, золотистые шпили, высоко поднявшиеся в голубое небо над черепитчатыми крышами в Градчанах... Спокойная и размеренная жизнь чешской столицы заставляет глубже задуматься над тем, что занимает мысли, настаивает на философский лад.

Наверное, не случайно именно в Праге было решено провести очередную, седьмую по счету, Европейскую палеоботаническую и палинологическую конференцию с 6 по 11 сентября 2006 г. По приглашению организаторов мне посчастливилось принять участие в ее работе, сделать доклад, пообщаться с коллегами, встретить старых знакомых и узнать много нового и интересного. За эту возможность я от всего сердца благодарен профессору З.Квачеку (Национальный музей, Прага), возглавлявшему оргкомитет конференции, и всем другим коллегам, так или иначе способствовавшим организации и успешному проведению этого настоящего праздника палеоботанической науки.

В силу профессиональных интересов я в основном присутствовал на докладах и тематических симпозиумах, посвященных палеозойским растениям, их эволюции и особенностям

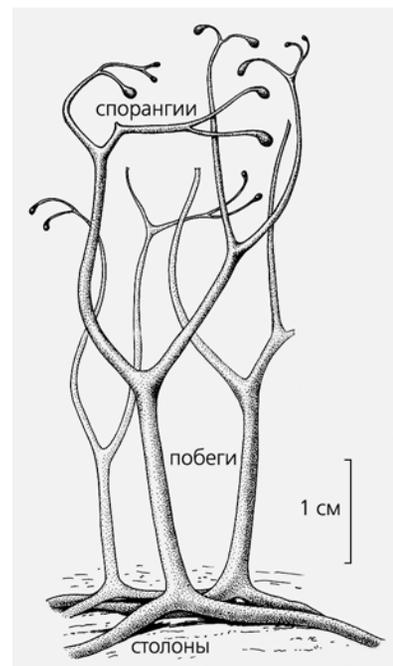
развития наземной растительности в палеофите, т.е. в течение 150–200 млн лет со времени выхода растений на сушу и до конца пермского периода, завершившего палеозойскую эру.

Из докладов, сфокусированных на ранних этапах эволюции наземных растений, особенное внимание слушателей привлек цикл сообщений палеоботаников из Университета г.Кардифф (Великобритания). Д.Эдвардс и К.Берри, а также Ч.Уэллман (г.Шеффилд) рассказали о морфологии и анатомическом строении нижнедевонских растений из группы риниофитов (в научно-популярной и учебной литературе их нередко называют псилофитами).

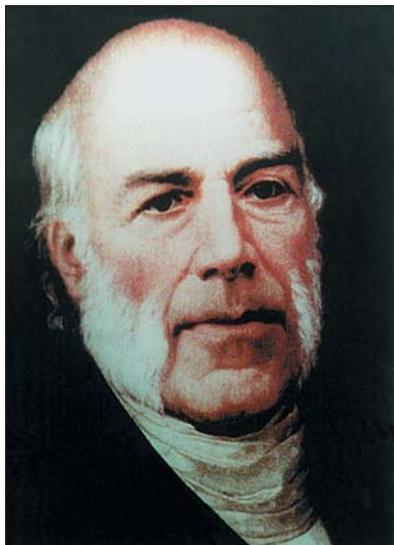
Кстати говоря, остатки древнейших наземных растений помимо Англии, Австралии, Канады, Западной Украины и Казахстана встречаются и в Чехии. Например, в верхнесилурийских отложениях здесь найдены отпечатки побегов куксонии *Cooksonia cf. hemisphaerica*, а из еще более древних — ордовикских — слоев палеоботаника И.Обргел описал остатки бойофитона пражского (*Boiophyton pragense*), внешне напоминающего побеги мха или плауна.

Блестящие результаты изучения каменноугольных растений Чехии в сравнительном аспекте с близкими растениями из других регионов мира (прежде всего Германии, Великобритании и Канады) представила группа палеоботаников из Праги (И.Бек, Я.Драбкова, М.Либертин, С.Оплуштил, З.Шимунек) и Пльзень (Й.Пшеничка). Особенность

этих докладов — мультидисциплинарный подход к изучению растительных остатков: он связывает воедино седиментологические и тафономические характеристики местонахождений ископаемых растений с макроморфологией и эпидермально-кутикулярным строением различных органов, а также пыльцы и спор, сохранившихся *in situ*. В сообщениях чешских палеоботаников затрагивались вопросы, касающиеся морфологии и систематики лепидодендроновых (плауновидные), папоротников,



Одно из древнейших наземных растений — куксония. Ее побеги — столоны — стелились по субстрату и затем повторно делились, а эллиптические спорангии прикреплялись к концам веточек.



Йоахим Барранд (1799—1883).

сфенофилловых (членистостебельные, или хвощеобразные) и кордаитов (голосеменные).

Сообщения немецких палеоботаников Г.Керпа (Мюнстерский университет) и М.Крингса (Палеонтологический музей Мюнхена) были посвящены позднепалеозойским растениям. На их примере продемонстрированы новые способы изучения листьев каменноугольных и пермских птеридоспермов.

О таксономическом разнообразии членистостебельных из пермских отложений Патагонии слушатели узнали из доклада аргентинских исследователей Р.Кунео и И.Эскапы. Из него стало понятно, что в составе пермских хвощеобразных Гондваны были не только эндемичные гондванские роды и семейства, но и растения, очень близкие хвощеобразным Северного по-

лушария, в частности Приуралья и Сибири. Это наблюдение подтверждает сделанные прежде выводы о миграционных обменах между растительностью Ангариды и Гондваны, способствовавших смешению флор [1].

Из российских палеоботаников палеозойскую тематику наилучшим образом представили А.Л.Юрина, О.А.Орлова, Н.Б.Расказова (кафедра палеонтологии Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова) и М.Г.Раскатова (Воронежский государственный университет). Наши соотечественники сообщили о результатах изучения девонских и каменноугольных растений из ряда местонахождений в европейской части России.

Из стендовых докладов особенно содержательной и интересной мне показалась работа



Пограничные верхнесилурийские и нижнедевонские отложения, выходящие на поверхность возле замка Карлштейн.



Скопление раковин головоногих, ортоцерасов, на плите нижнедевонского известняка в Баррандиене. Такие плиты часто называют полями битвы этих моллюсков.

С.К.Пухонто (Государственный геологический музей им.В.И.Вернадского), обнаружившей североамериканский род *Wattia* в пермских отложениях Печорского бассейна.

На конференции были и дискуссии. Упомяну свой диспут с известным английским палеоботаником К.Клилом (отдел биоразнообразия и биологической систематики Национального музея Уэллса). С этим специалистом по каменноугольным флорам, изучающим морфологию и систематику медуллозовых (или тригонокарповых птеридоспермов), мы выясняли возможности номенклатурных решений в выборе названия реконструированного растения. На мой взгляд, палеоботаники неизбежно придут к необходимости использовать обычные бинаминальные видовые наименования применительно к целому реконструированному растению, а не к отдельным его частям, как это делается сейчас. Тогда растения можно использовать для филогенетических, палеоэкологических или фитогеографических обобщений. Вместе с тем формальные виды и роды абсолютно необходимо сохранить для сугубо практических запросов полевой геологии или стратиграфии.

Но первые, а потому, пожалуй, самые яркие впечатления произвела на участников конференции геологическая экскурсия в Баррандиен, организованная еще до начала заседаний. Все желающие отправились автобусом на нижнепалеозойские отложения Центральной Чехии, которые обнажаются в окрестностях г.Бероун и замка Карлштейн. По пути экскурсанты могли любоваться живописной долиной Влтавы. По ее берегам то тут, то там высились обрывистые скалы, сложенные кембрийскими, ордовикскими, силурийскими и девонскими известняками и сланцами.

Баррандиен — название и мощной серии нижнепалеозойских пород, и региона, где



Печенье в виде трилобитов, которым угощали участников геологической экскурсии.

они выходят на дневную поверхность. Оно возникло у стратиграфов и палеонтологов как дань уважения известному французскому палеонтологу Йозахиму Барранду, большую часть жизни проведшему в Праге. Его работы уникальны по детальности и тщательности проработки материала.

Именно в честь Барранда названо одно из предместий Праги — г.Баррандов, пожалуй, единственный город в мире, получивший название в честь палеонтолога.

Барранд родился 11 августа 1799 г. во Франции, в поместье родителей недалеко от г.Сог. После июльской революции 1830 г. Барранд, как и многие другие французы, был вынужден покинуть родную страну и сначала оказался в Шотландии, а затем, в 1832 г., приехал в Чехию и обосновался в Праге. Подробное жизнеописание Барранда с интереснейшей общей историографической информацией опубликовано во многих изданиях [2].

Путешествуя по окрестностям Праги, Барранд познакомился с природой и вскоре увлекся сбором окаменелостей,

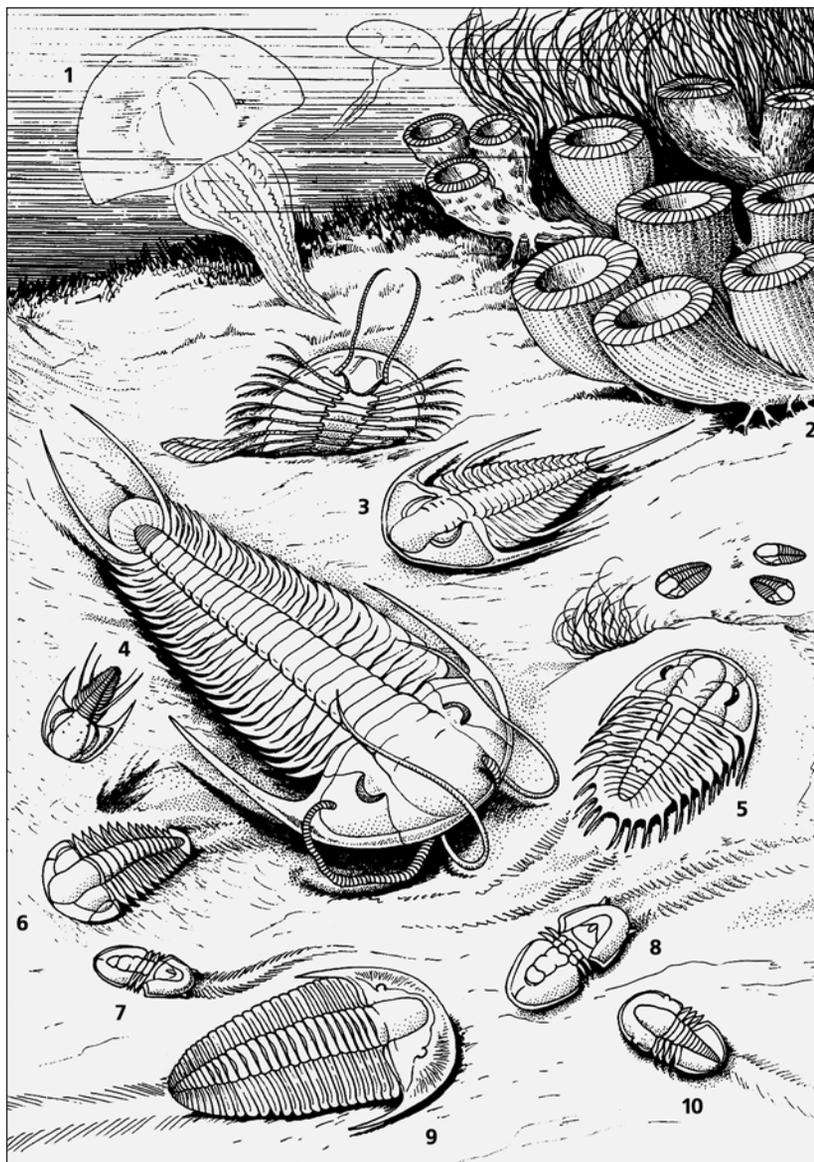


Скопление панцирей среднекембрийских трилобитов вида *Ellipsocephalus hoffi*, найденное в окрестностях Бероуна.

которыми изобилуют некоторые слои в нижнепалеозойских отложениях. Новое увлечение настолько захватило его, что вскоре по количеству и качеству собранных экземпляров его коллекция стала одной из лучших в Чехии. Однако одним только коллекционированием Барранд не ограничился. Его интересовали родственные отношения найденных им форм (среди них было много новых видов и родов), их точное систематическое положение, а также стратиграфическая последовательность содержащих окаменелости слоев. После вдумчивой и кропотливой работы Барранда в 1852 г. выходит первый из 24 томов его фундаментальной монографии «Systeme silurien du Centre de la Boheme» («Силурийская система Центральной Богемии»), признанной во всем мире. Сам основатель силурийской системы сэр Р.И.Мурчисон высоко ценил работу Барранда.

Нижний палеозой Баррандена позволяет подробно ознакомиться с морскими обитателями древних кембрийских, ордовикских и силурийских морей, разнообразнейшими примитивными иглокожими, плеченогими, моллюсками и трилобитами. Подробнейшее описание всех этих существ, выполненное Баррандом, принесло ему заслуженную мировую славу.

Но, к сожалению, как это часто бывает в жизни, у Барранда, добившегося столь значительных результатов в палеонтологии, но не бывшего «цеховым ученым», появились недоброжелатели. Со временем они стали открытыми врагами. Эти люди, очевидно, относившие себя к «профессиональным палеонтологам», имели, казалось бы, все возможности для занятия наукой, тем не менее не могли получить результаты, скольконибудь сопоставимые с достижениями Барранда. Разумеется, кроме ревности и злобы, это ничего у «конкурентов» Барранда вызвать не могло. На него посыпались обвинения в науч-

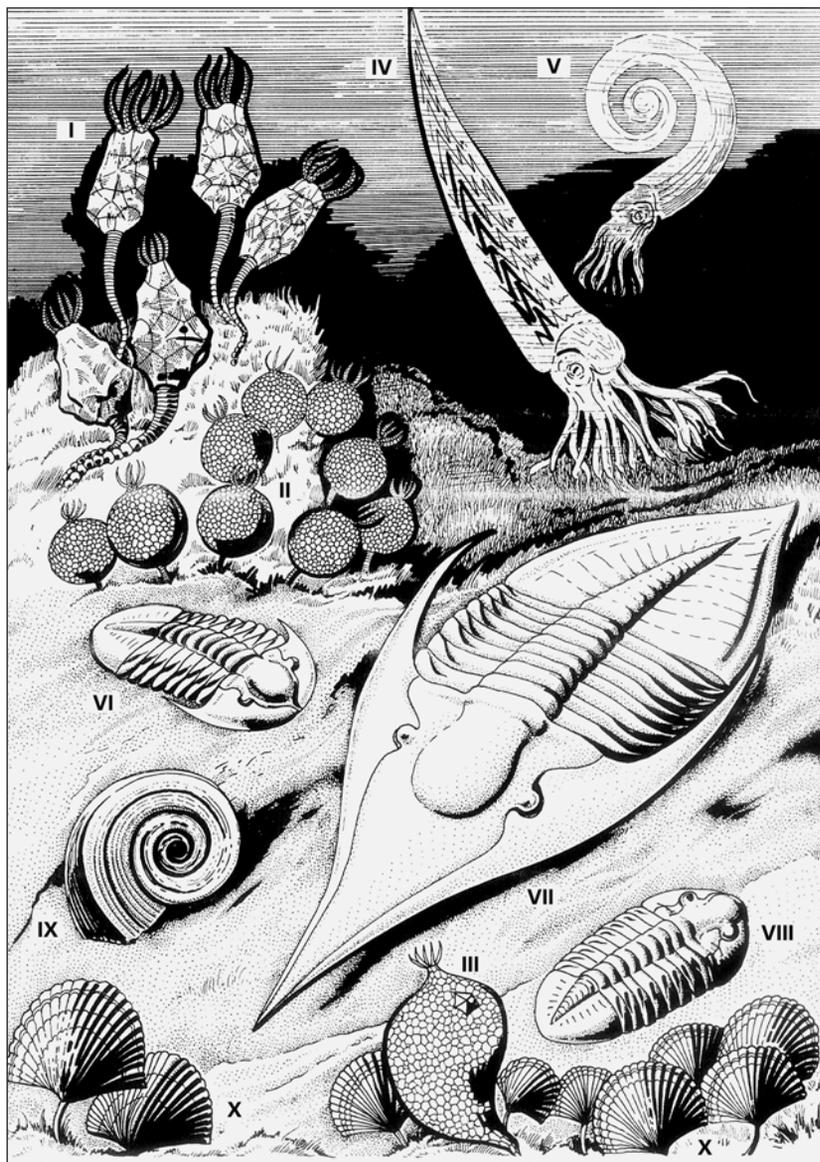


Обобщенные подводные ландшафты кембрийского периода (слева) и ордовикского. 1 — сцифоидная медуза; 2 — археоциаты, древние фильтрующие организмы, родственные современным губкам; 3—10 — трилобиты: *Olenellus* (3); *Paradoxides* (4; слева — личиночная стадия, справа — взрослый экземпляр); *Olenoides* (5); *Ellipsocephalus* (6); *Agnostus* (7, 8); *Ptychoparia* (9); *Pagetiellus* (10).

I—III — древние иглокожие, цистоидеи: *Echinoencrinites* (I), *Echinosphaerites* (II), *Echinosphaera* (III); IV, V — головоногие моллюски: *Endoceras* (IV), *Estonioceras* (V); VI—VIII — трилобиты: *Basiliscus* (VI), *Megistaspis* (VII), *Asaphus* (VIII); гастропода *Paraphistoma* (IX); *Orthis* (X).

ной недобросовестности, пошла в ход даже «национальная карта»: дескать, как же так, какой-то заезжий француз собирает, а то и скупает у рабочих в карьерах наше национальное достояние!

К счастью, время все расставило на свои места. В Национальном музее (Прага) основу палеонтологической коллекции составило богатейшее собрание Барранда. Посетители музея с благодарностью и уважением



вспоминают имя великого палеонтолога.

Может быть, именно благодаря Барранду и его последователям в Чехии по-особенному относятся к палеонтологии, считая ее не просто наукой, а важной частью культуры. В чешских ресторанчиках могут предложить печенье в виде трилобитов. В г.Бероун создан це-

лый геопарк, где показаны все породы, слагающие Баррандиен, — от древнейших до самых молодых. А в лавочках сувениров продают окаменелых трилобитов — свидетелей глубочайшего прошлого этого края.

Рассказ о Барранде и Баррандиене вместе с впечатлениями от конференции подводит к одному важному и непростому во-

просу. Как же должны строиться взаимоотношения между любителями палеонтологии и профессиональными палеонтологами? Есть ли здесь какой-то извечный антагонизм или, наоборот, взаимные дополнение и зависимость?

На конференции наилучшие результаты показали люди, искренне и глубоко увлеченные своим делом. Эта увлеченность, заинтересованность в результатах собственного труда служит своего рода залогом того, что исследователь, будь он профессионалом или любителем, делает все возможное, чтобы решить поставленную перед собой задачу. Но вот наличие диплома или принадлежность ученого к какому-либо научному учреждению увлеченности и заинтересованности, к сожалению, отнюдь не гарантирует.

Сейчас принято противопоставлять академическую и любительскую палеонтологию, и это нередко приводит к серьезным, а иногда и драматическим конфликтам [3, 4]. Но, на мой взгляд, и академические ученые, и коллекционеры окаменелостей должны работать совместно, основываясь на понимании того, что главное — найти и поднять окаменелость, удивительный подарок природы, рассказывающий о далеком прошлом Земли, сохранить его для будущих поколений, не дать погибнуть под ковшом экскаватора в карьере или под действием безжалостного выветривания в береговом обрыве. И если все это делать грамотно и аккуратно, то рано или поздно окаменелость найдет себе достойное место на полке ученого или в музейной витрине, как это случилось с коллекцией Йоахима Барранда. ■

Литература

1. *Naugolnykh S.V.* // Paleontological Journal. 2000. V.34. Suppl.1. P.99—105.
2. См., напр.: *Свобода Й., Прантл Ф.* Баррандиен (Баррандова мульда). Геология силура и девона Средней Чехии. Прага, 1958.
3. Об этом см.: *Шитов М.А., Снугиревский С.М., Телешев С.Н.* // Минерал. 2002. №1. С.74—81.
4. *Захаров В.А.* // Природно-ресурсные ведомости. 2002. №25—26. С.10.

Первое крещение русов

А.А.Никонов,

доктор геолого-минералогических наук
Институт физики Земли им.О.Ю.Шмидта
Москва

Когда, где и как произошло крещение Руси, знают все. Кто не знал, помогло празднование тысячелетия события восемь лет назад. Гораздо менее известен факт начального проникновения на Русь христианства и крещения князей киевских.

За 30—40 лет до крещения Руси великим князем Владимиром его бабка — княгиня Ольга — пришла с дружиной в Константинополь, чтобы принять веру христианскую. Патриарх «беседовал с ней и наставление о православной вере дал... И благословил ее...». Но старания блаженной княгини по возвращении в Киев просветить людей русских верою христианской оказывались малоуспешными. «Люди дивились ее речам». Лишь некоторые «приняли из уст ее слова божии и крестились». Сына своего Святослава отвратить от идолопоклонничества мудрая княгиня так и не смогла. Ее неверующим подданным христианская вера казалась безумием.

Все это так или иначе известно, тоже, правда, по апокрифам. Но оказывается, русские князья и дружина крестились еще раньше, о чем свидетельствуют источники письменные. Событие произошло не в X в., а в IX. И при обстоятельствах совершенно экстраординарных.

До порога 2005 г. предлагаемый сюжет вряд ли заинтересовал бы читателя. Тогда, до 26 декабря, слово «цунами» известно было узкому кругу специали-

тов. Ныне любой смотрящий, слушающий, а тем более читающий о цунами представление имеет. Правда, до сих пор в большинстве случаев убежден — бедствия такого рода обходят нашу страну стороной. История наша сложилась так, что тихоокеанским, наиболее бурным и опасным побережьем, страна приросла поздно, вести оттуда доходили глухо, интересовали общество «постольку-поскольку», да и ныне Камчатка и Курилы вниманием основного населения страны не избалованы. А на остальных российских морях цунами вроде бы не происходят, во всяком случае, таковые с тяжелыми последствиями широкой публике неизвестны. Между тем наши далекие предки с уничтожающей волной сталкивались и от нее претерпевали... Подобные «столкновения» еще ждут своего историка. Здесь попробуем вытянуть на свет Божий едва ли не первый случай такого рода, практически неизвестный и уж во всяком случае не оцененный.

Сколько-нибудь образованный россиянин знаком с «Повестью временных лет», составленной монахом Киево-Печерского монастыря Нестором в 1113 г. с использованием ранних, до 1034 г., летописных источников. Ну, если не с самой повестью, то с ее изложением, например, Н.М.Карамзиным в «Истории Государства Российского».

Но, бьюсь об заклад, читатель не вспомнит, чтобы в ранней истории предков наших фигурировало не только слово,

но даже явление, которое ныне мы называем «цунами». Действительно, ни в «Повести», ни у Карамзина ничего о цунами, конечно, нет, кроме — вы можете со мной не согласиться — самого явления.

Все знают о пути «из варяг в греки», т.е. из моря «Варяжского» в «Русское» — из Балтийского в Черное. «Русским» нынешнее Черное (снова далеко не русское) называлось, потому что русы (россы) уже в VIII и IX в. совершали на его берега удалые, по законам той эпохи, а с нынешней точки зрения — грабительские, варварские походы.

Набеги эти оканчивались — как было в порядке вещей для отчаянных, жестоких, коварных и беспощадных террористов средневековья — успешно. Почти все. Кроме, насколько мы знаем, одного. Откроем Карамзина.

«Киевские князья Аскольд и Дир вооружили 200 судов, спустившись по Днепру в “Русское” море, проникли затем в Боспор Фракийский [море Мраморное], огнем и мечом опустошали берега. Затем осадили Царьград. Императору Михаилу III пришлось вернуться из военного похода. С трудом пробрался он в свою столицу и при виде неисчислимой армады русов уже мог рассчитывать только на чудо». И, как пишет Карамзин вслед за Нестором, а тот — за византийскими хронистами Георгием Амартолом и его последователями, уже переведенными к тому времени на древнеславянский:

«Чудо свершилось»!

Поблизости от Царьграда на берегу Босфора стоял славный Влахернский храм, в котором хранилась риза Божьей Матери — головной плат и часть пояса. В случаях бедствий, а их в тогдашней Византии происходило немало, прибегали к заступничеству Богоматери. Очувтившимся в осаде «грекам» и в этот раз не оставалось ничего иного, как обратиться к такой защите. Со смиреньем и молитвами патриарх Фотий во главе людской процессии вынес образ к берегу и, по принятому обряду, погрузил ризу в море с еще более жаркими молитвами об избавлении от врагов.

И сделалась буря и рассеяла, истребила неприятельский флот.

Коротко и понятно. Вызванная заступницей «буря», можно не сомневаться, была жестокой, коль скоро от двух сотен судов только «слабые остатки возвратились в Киев». Бури и в последующие века случались в Средиземноморье. Буря и буря. Десятки, сотни тысяч людей читали этот эпизод и не воспринимали его как нечто особенное. Но... есть маленькая деталь в повествовании, и мы к ней вернемся. А пока напомним: события разворачивались в 862—866 гг., другими событиями вроде бы и не примечательных. Только редкий знаток «естественной истории» вспомнит или подвигнется проверить годы земных потрясений в Византии.

Могу признаться: несколько раз читая «Повесть» и Карамзина, на описанном эпизоде не задерживался. Но вот недавно, на случайном досуге, взяв с полки в очередной раз Карамзина, остановился, ужаленный догадкой... И бросился к совсем другим книгам. В отличие от других исторических периодов и империй в Византии, благодаря высокому уровню письменности и добросовестности придворных хронистов, не только военные походы, побуждения

и действия императоров, политические интриги и бедствия простонародья заносились в анналы, но и многие природные знамения. Именно для Византии мы имеем едва ли не наиболее полную хронологию... землетрясений.

Что делает специалист, обнаружив подозрительный или малоизвестный случай цунами или необычного возбуждения моря? Справляется по известной сводке. Открываю книгу «Цунами в Средиземном море, 2000 г. до н.э. — 1991 г.», 1997 г. издания. Под 866 г. и близкими годами в Мраморном море ничего не числится. Беру фолиант по Средиземноморским землетрясениям 1-го тысячелетия н.э. известной итальянской исследовательницы Эмануэлы Гвидобони (имею удовольствие знать лично) 1994 г. издания. Уж у нее-то ничего не может быть пропущено. Она, правда, собирала сведения не о цунами, а о землетрясениях. Легко нахожу землетрясение в Константинополе 28 мая 862 г. и землетрясение 9 января 869 г. там же. Оба разрушительные. В 7-летнем промежутке никаких событий не обозначено. Имеется, однако, ссылка на английского историка Доуня, выпустившего в 1955 г. специальную статью о средневековых землетрясениях в Константинополе. Этот исследователь определенно указывает землетрясение между 25 марта и 21 апреля именно 866 г. со ссылкой на средневекового автора Игнатия. Гвидобони считает, что в разных источниках речь идет об одном и том же событии, именно 28 мая 862 г. Аргумент не очень убедителен: в церкви Святой Анны в обоих случаях отмечается падение статуй. О поведении моря и цунами у Гвидобони ничего нет. Долго роюсь в своем архиве и нахожу-таки статью англичанина. Указание определенное, ссылка надежная. Почему я ему, историку, специализировавшемуся на Среднем Востоке, не должен верить. Конечно, путаница с годами

в средневековых указаниях бывает, и, похоже, 60-е годы IX в. как раз в этот разряд попадают (не потому ли и в «Повести» речь идет о 860 г.?). Но в данном случае ведь разнятся месяцы и числа, тут и допустить путаницу труднее.

Но и Эмануэла исследователь серьезный, тоже историк по образованию. Это несогласование мучает меня несколько дней. Наконец приходит мысль: а есть ли у Эмануэлы ссылки на Георгия Амартолу и его продолжателя? Листаю авторский индекс. Не может быть! В фолианте Гвидобони имя Георгия Амартолы о-т-с-у-т-с-т-в-у-е-т. Его хроника исследовательнице незнакома? Похоже, это объясняет и отсутствие в ее книге землетрясения 866 г. Псевдо-Симеон, на которого все ссылаются, под 866 г. весьма краток: «случилось землетрясение и упало изваяние, стоявшее на столпе вторым возле Св. Анны». Ясно, что землетрясение не разрушительное, если оно привело только к падению одного (!) изваяния. Землетрясение 862 г. было куда как сильнее, привело к разрушению ряда богатых церквей, а в церкви Святой Анны разбились многие статуи. Если землетрясение 866 г. было сравнительно слабым, то неудивительно, о нем на фоне избавления от беспощадных русов хронисту не было смысла упоминать.

Надо заглянуть и в «Terra tremante» М.Бонито (1691), хотя эта энциклопедия средневековых землетрясений на итальянском, с латинскими цитатами. Достая с полки (еще раз спасибо итальянским друзьям), листаю. В Константинополе землетрясение 866 г. не обозначено. Указаны события в 862 и 864 гг. При сильном землетрясении 862 г. упоминается даже сильно напугавший жителей гул с моря. Значит, о море сведения были! Но о «буре», волнах — ничего. Да и характеристики землетрясения этого года никак не подходят к искомому случаю. Нет, не оно.



«Буря» у берегов Константинополя в 866 г. (860 г.?) по сюжету «Повести временных лет» в изображении русского миниатюриста XV в. Воспроизведен лист 10 из «Радзивилловской летописи» издания 1994 г. Оригинал хранится в Библиотеке РАН в Санкт-Петербурге.

Ладно, попробуем подойти к вопросу с другой стороны. Какие цунами известны в средневековье близ Константинополя, как они проявлялись на берегах бухты Золотой Рог? В Мраморном море и на Босфоре сильные землетрясения и цунами в Средние века возникали многократно (344, 477, 542, 740, 975, 1039, 1065 гг. и т.д.). Странно: только в IX в. не отмечено! Очень странно, чтобы ни одного не было. Пропуск в источниках допустить легче. А что же могло случиться в Мраморном море при сильном цунами? Вот пример. 1646 г., 5 апреля. В Стамбуле землетрясение. Море устремилось на сушу с такой силой, что 136 судов, стоявших на рейде, выбросило на берег. Заме-

тим, о разрушениях в Стамбуле не сообщается. Кстати, тут совершенно определено: событие произошло не в Босфоре, а именно на открытом берегу Мраморного моря, откуда и пришла волна. Или кое-что посвежее. 1963 г., 18 сентября. Умеренное по силе землетрясение в восточной части Мраморного моря ощущалось на площади 70 тыс. км². Морские волны (цунами) высотой 1 м омывали берег и перекатывались через городские стены.

Вернемся к деталям нашего сюжета. Достаяю факсимиле рукописи и пытаюсь разобраться в древнеславянской «медленнописи». «...в рекоу омочивши тишине соу(щ)и. и морю оукротивши(ся). абие боура с вет-

ров(м) (въ)ста. и волнам великим в вставшим за собь. и безбожных роуси корабли сма(я)ть и ко брегоу прикершени (приверже) збия. яко мало их о(с)та. ковыя бедый збыти. и в свояси взратишася».

Эпизод описан со стороны Византии, т.е. со стороны осажденных. Потому и просквозило о «безбожных роуси». Безжалостные захватчики вместе со своими кораблями уничтожены и рассеяны. Легко понять, для средневекового автора, вполне по тем временам образованного, опасностей кроме бурь не было на море (а, соответственно, и в языке). Никаких таких цунами. А у русских — переводчика и хрониста — тем более.

А вот как по Карамзину: Фотий погрузил ризу Богоматери «в море, тихое и спокойное. Вдруг сделалась буря». Как это вдруг? Вдруг может налететь шквал, порыв ветра, но такая буря, чтобы выбросить на берег целый флот? Буря, шторм обычно следуют за нарастающим ветром, оставляя судам время укрыться в бухтах за выступами берега. Русы в данной ситуации не преминули бы уйти от южных, открытых морю стен Царьграда к восточным (с бухтами) и вытащить свои «корабли» на берег. А уж сами спаслись бы наверняка. Цунами же налетает внезапно, не оставляя времени и пространства укрыться и спастись.

По крайней мере нескольких фраз заслуживает и изображение обсуждаемой сцены в «Радзивилловской летописи», созданной, по всей вероятности, в XV в. (известной с XVII в.). Уникальность этой летописи в том, что она сопровождается огромным количеством (618!) красочных миниатюр русских мастеров XV в. Естественно, сюда попал и рассматриваемый нами драматический сюжет похода князей Аскольда и Дира к берегам Босфора. Исследователи полагают, что создатели миниатюр пользовались более ранними лицевыми (изобразительными) оригиналами.



Иstanbul (Константинополь) после землетрясения 10 мая 1556 г. Старинная гравюра.

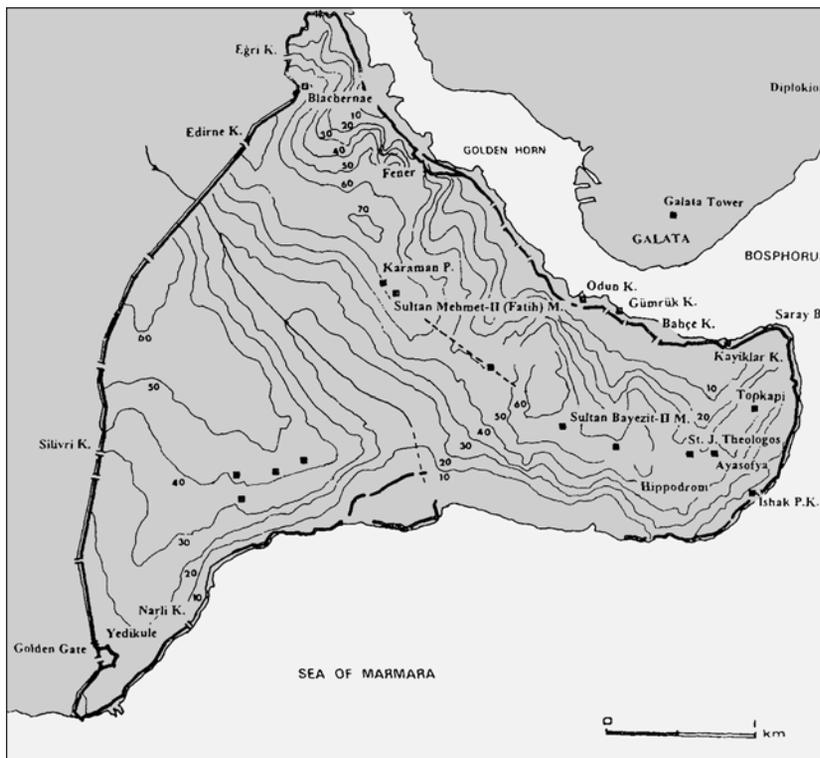
На верхней миниатюре дана сцена осады русами стен Царьграда (показана одна башня и один воин на ней). Русы на весельном судне (хотя паруса уже были известны, и Олег двигался к Царьграду под парусами), с огромными мечами (уместился один) и копьями (много) легко узнаваемы по остроконечным боевым шлемам и круглому щиту. Нижний рисунок изображает патриарха Фотия, погружающего ризу в море (так и у Карамзина, а в летописи — в реку!). Сзади него возносящие молитвы горожане. Русы, также на судне, изображены скорее декоративно, чтобы ясна была причина моления осажденных.

Еще раз вернемся к тексту. На этот раз к переводу Д.С.Лихачева «Повести временных лет»,

входящей в состав «Радзивилловской летописи». Как и в других переводах, речь идет о 866 г. (не 860) — 14-го года правления в Византии Михаила. Вызванный ввиду опасности из дальнего похода «царь же с трудом вошел в город [сквозь осаду] молился с патриархом Фотием в церкви святой Богородицы во Влахерне». Церковь эта находится в крайней северной части города у сухопутной северо-западной стены. Если ризу действительно мочили в море, то только у ближайшего берега, а именно в самой узкой части Босфора, севернее бухты Золотой Рог (где, кстати, к морю спускается долина с ручьем). Будь в Босфоре (в северной части города) сколько-нибудь крупные силы русов, осажденные, конечно,

никак не могли бы, да еще целой процессией, с молитвами, омочить ризу в море. Значит, основные вражеские силы сосредоточились у южных и юго-восточных стен города, т.е. на берегах Мраморного моря.

«Была в это время тишина и море было спокойно, но тут внезапно поднялась буря с ветром, и снова встали огромные волны, разметало корабли безбожных русских, и прибило их к берегу, и переломало...». Иначе, была тишина, море было спокойно, внезапно поднялась буря с ветром (не ветер с бурей), огромные волны встали (а не бушевали у берега), корабли, прежде чем прибить к берегу и переломать там, разметало. Нет, все же признать явление обычной бурей трудно.



Расположение и топография средневекового Стамбула на берегах Босфора и Мраморного моря (N.N.Ambraseys//BSSA.2001.V.91.N6.P.1397—1416.).

Крещение цунами?

Ну, допустим, цунами. Но причем здесь крещение? Русы, тогда еще не объединенные «вещим Олегом» в Киевскую Русь с основами государственности, были язычниками. Их отличала воинственность, устремленность в дальние земли, выносливость в походах, бесшабашная смелость. Неустрашимые и отчаянные в бою, в этот раз они не могли не быть пораженными до глубины души внезапностью и катастрофичностью произошедшего, не почувствовать свою незащитность перед всепокрушающей водной стихией. На опыте, совершенно неожиданном и горьком, они убедились: христиане имели своего могучего заступника, общались с высшими силами и привлекли их на свою сторону. Немногие вернувшиеся в Киев, без сомнения, весьма выразительно рассказывали, как именно все случилось. Нам, ви-

девшим недавно жуткие картины индонезийского цунами 2004 г., нетрудно теперь представить и само явление, и животный страх застигнутых этой внезапной бурей предков. В такой ситуации русам и раздумывать было нечего, надо было заручиться поддержкой таинственных сил. И уже в 867 г. (вот лишнее указание на возникновение «бури» именно в год предшествующий) киевские князья послали в Царьград послов с просьбой крестить их в христианскую веру. У византийских иерархов, да и у императора, были свои интересы идти на мировую с беспокойными и беспощадными соседями. Состоялось примирение. А вскоре и крещение русов. Мировую скрепили даже особым подробным договором на греческом и древнеславянском языках, кстати, первым в истории Руси. Конечно, в IX в. крестилась только верхушка русов — князья и дружина. Вера не укоренилась, нравы

не смягчились. И следующих сотен лет не хватило для этого...

Не смею утверждать, что корабли русов разметало и уничтожило именно цунами. Сравнения показательны, но не доказательны. Факт землетрясения весной 866 г. у берегов Константинополя, с этой точки зрения, весьма примечателен. Но мы ведь не знаем, в каком месяце русы осадили византийскую столицу. Не исключено, что налетел смерч или, действительно, какая-то необычная буря.

Есть еще один вариант случившегося. Вот что произошло в Мраморном море, опять-таки у берегов Босфора, в апреле 1878 г. Стоявший недвижно броненосец (не чета судам русов!) внезапно начал содрогаться, как если бы на ходу наткнулся на подводную банку. Некоторых моряков сбilo с ног на палубе, другие повалились, когда карабкались на палубу снизу. Вода под кораблем клокотала, словно вскипала. Типичный пример моретрясения. Легко представить, что было бы с лодьями русов и ими самими, если бы такая «буря» неожиданно (как любое землетрясение) застигла их перед стенами Царьграда. Только прибить их к берегу она бы не смогла.

Зная географическое расположение древнего Константинополя на Босфоре, при его выходе в Мраморное море, можно определить, где именно возникла «буря», как бы ни трактовать ее происхождение. В IX в. Константинополь (старая часть современного Стамбула) располагался на южном берегу Босфора. В этом узком проливе не могли возникнуть губительные для русских судов волны, тем более шедшие не вдоль пролива, а к берегу, куда и выбрасывало корабли. Гораздо более подходит для гибели флота восточная (юго-восточная) прибрежная полоса. Как раз она открыта западным ветрам и разгулу волн от другого края Мраморного моря. Оттуда, должно быть, и пришли волны. Лето-

пись, естественно, связывает бурю с ветром. Но не только западный ветер мог принести штормовые волны к юго-восточному краю города. На западе и юго-западе по берегам и в акватории Мраморного моря известны очаги разрушительных землетрясений исторического времени. А теперь, после памятного Измитского землетрясения в августе 1999 г. (кстати, тоже породившего цунами в Мраморном море), активные сейсмогенерирующие разломы надежно прослежены и в акватории, т.е. к западу от Стамбула. А что касается ветров и даже шквалов, то они нередко

предшествуют землетрясениям или следуют за ними.

Но даже если не цунами, первоначальное крещение русов состоялось в IX в. Важен не только сам факт крещения, но и его причина. Именно порыв стихии впервые побудил средневековых разбойников к переходу от захватов и грабежа к договорным и торговым отношениям с более цивилизованным соседом. Побудительной причиной стало не что иное, как ярость стихии, вмешательство неких высших сил. И, заметим, выиграла именно водная стихия, близкая, привычная ва-рягам. Крещение не в воде,

но «крещение водой». Не в домашних спокойных днепровских струях, но в бурных черноморских водах, у далеких враждебных и притягательных берегов. Не по причинам политическим или нравственным, а скорее по некоему инстинктивному импульсу. И на 122 года раньше крещения Руси необратимого. Долог, невероятно долог и труден путь к христианизации подлинной...

Многие поколения дискутировали о роли личности в истории. Пора, давно пора задуматься и всерьез изучать роль природных катаклизмов в человеческой истории. Особенно древней. ■

Все более частыми становятся случаи каннибализма у белых медведей моря Бофорта: на протяжении двух с половиной месяцев 2006 г. американский эколог зафиксировал три таких эпизода. Прежде, когда таяние ледникового покрова Арктического бассейна не было столь интенсивным, белые медведи умерщвляли друг друга в редких эпизодических схватках, в основном из-за самки. Ныне жертвами становятся ослабленные недостатком пищи особи, которых и преследуют сородичи. Сокращение ледового покрова ограничивает численность морских млекопитающих, за которыми охотятся белые медведи.

Science et Vie. 2006. №1068. P.36 (Франция).

Группа сотрудников Музея естественной истории (Осло), проводившая палеонтологические исследования на архипелаге Шпицберген (Свальбард)

под руководством Й.Хурума, обнаружила ископаемые остатки морских рептилий, возраст которых определен в 150 млн лет (конец юрского периода). Среди них найден 21 скелет плезиозавров и шесть скелетов ихтиозавров. Однако наиболее впечатляющей и важной находкой стал скелет плиозавра. Эти ящеры отличались крупными плавниками, огромной головой и устрашающими размерами зубов. Длина тела шпицбергенского плиозавра при жизни составляла около 10 м.

Sciences et Avenir. 2006. №717. P.31 (Франция).

В 60-е годы прошлого века в замке Бэмбург — столице средневекового королевства Нортумбрия на севере Англии — был найден меч, датированный VII в. Недавно группа английских археологов провела рентгенографическое исследование меча, хранившегося со времени находки в специальном мешке.

Оказалось, что его лезвие имеет уникальное исполнение: оно сделано путем соединения пайкой шести железных полос, а не четырех, как обычно. Вероятнее всего, этот меч — почетное оружие короля или особо заслуженного рыцаря.

La Recherche. 2006. №400. P.18 (Франция).

Посещение туристами десятков мест, включенных в список Мирового наследия человечества (городов Катманду, Непал и др., Большого барьерного рифа Австралии и т.п.) должно быть ограничено и даже вообще запрещено до 2020 г. Таково заключение «мозговой» лаборатории Центра футурологических исследований, получившей задание оценить стоимость ущерба, причиненного этим объектам как потоками туристов, так и потеплением климата.

Sciences et Avenir. 2006. №717. P.37 (Франция).

Королевство

Досадный перекоп Нобелевской премии

Эксперт — это человек, который совершил все возможные ошибки в очень узкой специальности.

Нильс Бор

М.М.Левицкий,

кандидат химических наук

Институт элементоорганических соединений им.А.Н.Несмеянова РАН

Химики всегда стремились навести некий порядок в своем обширном научном «хозяйстве». Они уделяли большое внимание научной терминологии, номенклатуре соединений, формулировкам, позволяющим разделить соединения на отдельные классы, а также вопросам, связанным с делением химии на различные дисциплины.

Появляющиеся новые разделы науки — элементоорганические соединения, π -комплексы, кластеры, наноструктуры — с помощью соответствующих определений аккуратно встраивались в существующее здание химии.

Тем не менее из уст маститых ученых часто можно слышать, что деление химии на органическую, неорганическую, полимерную, аналитическую условно. Химия едина! Например, академик Ю.А.Золотов напоминает, что границы между смежными науками никогда не были четкими, потому что природа вообще не знает придуманного нами деления на дисциплины.

С этим трудно спорить, но возникло деление химии на дисциплины не случайно, и отказать от него довольно трудно. Химику-органику совсем не просто читать монографию по геохимии или вникать в статью по химии стали и сплавов: совсем иной образ мыслей, другой язык, малознакомые экспери-

ментальные методики и способы представления результатов. Специализация химика в определенном направлении совсем не мешает работе, скорее, наоборот, помогает совершенствоваться. Обсуждать это вряд ли имело бы смысл, если бы не одна грустная деталь. Альфред Нобель в своем завещании упомянул химию, никак не разделяя ее на отдельные дисциплины, а к чему это привело, судите сами. За последние 10 лет семь раз получали эту престижную премию биохимики и только три раза те, кого можно назвать «обычными» химиками, в том числе и физико-химики.

Нобелевская премия — это индикатор высоких достижений, ею отмечают заметные вехи в развитии науки, она дает возможность каждому ученому скорректировать свои знания и эрудицию. В крупных научных центрах принято приглашать очередного лауреата выступить с лекцией, некоторые институты устраивают специальный семинар для знакомства с содержанием премированной работы. Но в последние годы эта традиция почти исчезла. Все дело в том, что биохимия весьма специфична.

Несмотря на то, что в современной литературе биохимию чаще называют молекулярной биологией, многие, например, такие как авторитетный ученый Эрвин Чаргафф (он впервые установил строгое парное сочетание нуклеотидных оснований

в структуре ДНК), предпочитают использовать ее прежнее название. Итак, существуют формальные основания отношения биохимии к химической дисциплине. Интересно, что именно Чаргафф высказал много упреков в адрес биохимиков: «Я часто подчеркивал важность химии. Это особенно справедливо сейчас, когда так много людей, которые никогда не штудировали химию, сосредоточились на том, что они называют молекулярной биологией. <...> Крайняя неприязнь и в связи с этим равнодушие к химии, которое я часто встречал у «молекулярных биологов», поистине озадачивает».

Подобные резкие замечания не умаляют значения биохимических исследований, а скорее указывают на заметное несходство «обычной» химии и биохимии. В самом деле, не только круг изучаемых объектов, но и сам язык биохимии заметно отличается от того, к чему привыкли остальные химики. Традиционный язык химии — это прежде всего формулы, благодаря которым химики всего мира легко понимают друг друга. Но именно химических формул в работах по биохимии практически не встретишь. Обычно состав молекулы, скажем, полипептида, изображают в виде последовательности аминокислот, обозначенных буквенными сочетаниями, например, ЛЕЙ-АЛА-ФЕН-ГЛИ-АЛА-АЛА. Поскольку число разных аминокислот,

из которых состоят природные белки, невелико (всего 20), и они хорошо известны, то химические формулы уже не требуются. Однако вероятнее всего при знакомстве с биохимической работой не увидишь и буквенных аббревиатур, а встретишь лишь название белка. В качестве же иллюстративного материала обычно предлагается разглядывать ленточки, полоски, жгутики и спирали. Такой способ, помогающий изобразить третичную структуру биополимеров, предложил в свое время американский биофизик Джейн Ричардсон. Этот компактный и, безусловно, удобный (для биохимиков) способ записи весьма непривычен для большинства химиков. Потому знакомство с очередным достижением химии, отмеченным престижной премией, большинство химиков ограничивает чтением всего одного предложения из пресс-релиза Нобелевского комитета, где говорится, за что именно присуждена эта премия (и не более того).

Понятно, что в сложившейся ситуации не виноваты сами биохимики, они делают свое трудное и интересное дело, не помышляя ни о каких премиях. «Обычные» химики тоже не виноваты: яркие химические звезды, такие как, скажем, ферроцен, карборан, фуллерен, загорающиеся на небосклоне и создающие новые главы химической науки, появляются, к сожалению, не каждое десятилетие и, увы, непредсказуемо, что, кстати, делает научный поиск интереснее. Не только новые необычные соединения заслуживают награды. Если спросить самих химиков, они назовут массу вполне достойных исследований, например, антикраун-

эфиры, ионные жидкости, процессы кросс-сочетания, спиновая химия и многое другое.

Нобелевский комитет тоже не в чем упрекнуть: в нем обычные люди, и они не виноваты в том, что гораздо большее впечатление на них производят те работы, которые ведут к созданию новых лекарственных препаратов, открывают способы лечения каких-либо недугов вроде болезни Паркинсона, болезни Альцгеймера, некоторых онкологических заболеваний.

Преимущественное внимание членов Нобелевского комитета к биохимическим работам усиливается дополнительно следующим обстоятельством. Все лауреаты Нобелевских премий прежних лет имеют право номинировать кандидатов на эту премию (т. е. предлагать кандидатуры для очередного рассмотрения). Поскольку среди лауреатов с каждым годом все больше биохимиков, вполне естественно, что они номинируют тех ученых, работы которых им хорошо знакомы и достоинства которых им хорошо известны. Возникает подобие автокаталитического процесса, который сам себя ускоряет.

Именно эта ситуация позволила Роалду Хофману (лауреату Нобелевской премии по химии за 1981 г.) с грустью отметить, что решение о присуждении Нобелевских премий принимает весьма ограниченное число людей, у которых собственное представление о том, что такое химия, и которое вовсе не представляет собой результат консенсуса мирового сообщества химиков. Хофман отмечает, что не согласен, например, с тем, что молекулярная биология

и биохимия — это часть химии. Впрочем, добавляет Хофман, премии достаются действительно прекрасным работам в этой области, которыми он искренне восхищается.

Можно предположить, что подобная проблема зреет и в недрах соседней с химией дисциплины: физики тоже, скорее всего, готовы посетовать на то, что астрофизика с ее нейтринной астрономией, рентгеновскими телескопами и исследованиями космического излучения постепенно захватывает монополию на премии.

Впрочем, есть выход — ввести новые номинации. Так было сделано в 1969 г., когда начали присуждать Нобелевские премии по экономике, но это, к сожалению, не нам решать.

Напоследок приведем пример, который еще раз показывает, сколь трудно (на деле) различить химию и молекулярную биологию.

В 2006 г. Нобелевская премия по химии присуждена Роджеру Корнбергу «за исследования механизма транскрипции на молекулярном уровне у эукариот», а премия по физиологии и медицине — Эндрю Файеру и Крейгу Мелло «за открытие РНК-интерференции — эффекта гашения активности генов» (см.: Природа. 2007. №1. С.72—79). Трудно не заметить, что премией поощряются буквально одна и та же область исследований и одинаковый круг объектов. М.В.Ломоносов мог бы в такой ситуации изменить свое знаменитое изречение, сказав: «Широко простирает биохимия руки свои в дела человеческие». Впрочем, «обычные» химики не унывают, поскольку уверены в том, что химия себя еще покажет! ■

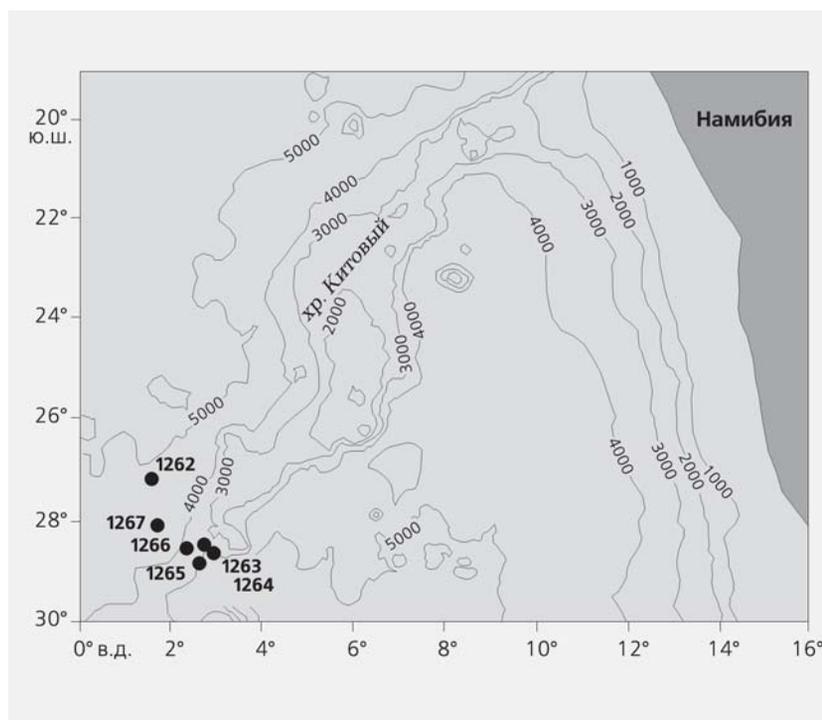
Китовый хребет: календарь событий кайнозоя

208-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»

И.А.Басов,
доктор геолого-минералогических наук
Н.К.Рубаник
Геологический институт РАН
Москва

Подводный Китовый хребет возвышается почти на 3–4 км над дном океана и протягивается более чем на 1000 км от берегов Намибии (Западная Африка) в юго-западном направлении. Он представляет собой асейсмическую структуру в Юго-Восточной Атлантике, которая разделяет Ангольскую и Капскую глубоководные впадины. Расположенный в субтропической области и на относительно небольших глубинах, хребет служит благоприятным объектом для изучения биотических и абиотических событий, которые имели место в течение кайнозойского времени и отражены в его осадочном чехле.

Здесь в 74-м рейсе «Гломара Челленджера» были пробурены скважины в пяти точках [1] в интервале глубин 2.5–4.2 км. Оказалось, что осадочный разрез сложен карбонатными осадками с разнообразными планктонными фораминиферами и кокколитофоридами. Наличие этих микрофоссилий позволяет детально расчленять и надежно датировать осадки, что обеспечивает временную привязку тех или иных палеогеографических событий. С другой стороны, карбонатные планктонные микроорганизмы, обитающие в верхнем слое океанского водно-



Точки бурения в 208-м рейсе «ДЖОИДЕС Резолюшн» на Китовом хребте в юго-восточной части Атлантического океана.

го столба, чутко реагируют на климатические и океанологические изменения и как бы обеспечивают их непрерывную запись, которая сохраняется в осадочном разрезе.

Полученные тогда материалы принесли немало важной информации о позднемиоценовой и палеогеновой океанологической истории Южной Атлантики,

однако применявшаяся в то время технология бурения не позволила получить хорошие разрезы кайнозойских осадков. Чтобы оценить основные биотические и абиотические изменения в Южной Атлантике на протяжении последних 65 млн лет, было запланировано бурение на Китовом хребте в 208-м рейсе «ДЖОИДЕС Резолюшн»

в 2003 г. Рейс проводился в южной части хребта под научным руководством Дж.Закоса (отдел наук о Земле Калифорнийского университета, Санта-Крус, США), Д.Круна (Университет Врийе, Нидерланды), и П.Блама, представлявшего Программу океанского бурения (США) [2].

В рейсе пробурено 19 скважин в шести точках (1262–1267), расположенных в южной части хребта в интервале глубин 2717.1–4759.0 м. В двух точках (1262, 1267) скважины вошли в верхнемеловые осадки, в трех (1263, 1265, 1266) вскрыты верхнепалеоценовые слои и в одной точке (1264) бурение было остановлено в нижнем олигоцене. Практически во всех скважинах выход керна превышал 90%. В результате в рейсе получено в общей сложности более 3.5 км керна, который представляет последовательность слоев от верхнего маастрихта (верхний мел) до плейстоцена. Судя по предварительным материалам, сводный осадочный разрез, пробуренный в рейсе, является, на первый взгляд, непрерывным, хотя во всех скважинах отмечаются перерывы. Наиболее значительные из них приурочены к границам между нижним и средним эоценом, средним и верхним эоценом, миоценом и плиоценом. Вместе с тем исключительно важные в палеоклиматическом и палеоокеанологическом отношениях границы мела и палеогена, палеоцена и эоцена, эоцена и олигоцена и другие оказались практически ненарушенными, что позволяет надеяться на получение новой дополнительной информации о событиях на этих рубежах после всестороннего анализа соответствующих осадков.

Учитывая, что относительно полные и палеонтологически хорошо охарактеризованные разрезы в океане исключительно редки, получение такого разреза, продублированного в нескольких скважинах, несомнен-

но, одно из наиболее важных достижений данного рейса. Всесторонний анализ материалов рейса и их сопоставление с результатами бурения на плато Демерара в 207-м рейсе «ДЖОИДЕС Резолюшн», где также вскрыт относительно полный разрез кайнозойских осадков [3], может прояснить многие неясные аспекты кайнозойской климатической и океанологической истории Южной Атлантики.

Уже предварительный анализ керна на борту судна выявил следующие основные литологические и палеонтологические особенности вблизи упомянутых границ.

1. Хорошо сохранившаяся граница мела и палеогена пробурена четырьмя скважинами в двух точках (1262, 1267). Она отчетливо выражена в резком замещении циклично построенных светлых, преимущественно карбонатных осадков с кокколитофоридами и планктонными фораминиферами, указывающими на принадлежность осадков самым верхним слоям маастрихта, красновато-коричневыми слабо карбонатными глинами с окислами железа и микротектитамы (космическими шариками). В глинах встречены мелкие примитивные планктонные фораминиферы палеоцена. Как показывает их предварительное изучение, они коррелируют осадки с зоной *Parularugoglobigerina eugubina*, т.е. базальная зона палеоцена (так называемая зона P0), здесь не установлена. Тем не менее, по мнению участников рейса, граница мела и палеогена в южной части Китового хребта согласная, что позволит проследить в деталях все климатические, океанологические и, возможно, космические события, связанные с этим рубежом.

2. Граница палеоцена и эоцена была пробурена во всех пяти точках. Все скважины, за исключением 1265, где выход керна был относительно

низким, вскрыли практически непрерывный разрез пограничного интервала. Повсеместно верхнепалеоценовые осадки представлены карбонатными илами с хорошо сохранившимися планктонными фораминиферами, что свидетельствует об их накоплении выше уровня карбонатной компенсации (глубина, ниже которой происходит интенсивное растворение карбоната кальция). На границе с эоценом карбонатные илы резко сменяются бескарбонатными глинами, аналогично тому, как это наблюдается в других палеоцен-эоценовых морских и океанских пограничных разрезах. Этот феномен связывается с интенсивным выбросом метана из газ-гидратов в атмосферу в это время, что привело к увеличению содержания в ней углекислого газа, уменьшению концентрации карбонатных ионов в океанской воде и резкому подъему уровня карбонатной компенсации [4].

3. Граница эоцена и олигоцена вскрыта во всех точках, кроме 1264, где бурение было остановлено выше этого уровня. Разрезы пограничных слоев во всех скважинах демонстрируют вариации в степени растворения карбонатных раковин фораминифер и интенсивности их переотложения, что указывает на колебания уровня карбонатной компенсации и в характере придонных течений в ответ на глобальное похолодание на этом рубеже и реорганизацию в системе циркуляции водных масс. Одно из интересных наблюдений в рейсе — прослой в нижнеолигоценых осадках, обогащенные остатками микроскопических водорослей *Braarudosphaera*. Подобные осадки наблюдались на этом стратиграфическом уровне в скважинах, пробуренных ранее на Китовом хребте в 40-м и 74-м рейсах «Гломара Челленджера» [1, 5], а также на поднятии Рио-Гранде в юго-западной части Атлантического океана

[6, 7]. Их происхождение до сих пор не находит объяснения. Считается, что массовое присутствие в осадках этих водорослей в осадках открытого океана отражает необычные океанологические условия: ре-

гиональное распределение поверхностного слоя водного столба в связи с периодическим притоком талых вод, подъем глубинных вод с низкой соленостью и высоким содержанием биогенных элементов, пе-

реотложение мутьевыми потоками или поверхностными течениями из прибрежных районов. Возможно, тщательное изучение полученного в рейсе керна поможет пролить свет на данную проблему. ■

Литература

1. Moore T.C. Jr., Rabinowitz P. et al. // DSDP. Init. Repts. 1984. Leg.74.
2. Zachos J.C., Kroon D., Blum P. et al. // PODP. Init. Repts. 2004. Leg.208.
3. Басов И.А., Н.К. Рубаник. Плато Демерара – свидетель мел-палеогеновой истории тропической Атлантики (207-й рейс «ДЖОЙДЕС Резолюшн») // Природа. 2007. №3. С.66–68.
4. Dickens G.R., O'Neil J.R., Rea D.K., Owen R.M. // Paleocceanography. 1995. V.10. P.965–971.
5. Bolli H.M., Ryan W.B.F. et al. // DSDP. Init. Repts. 1978. Leg.40.
6. Maxwell A.E., Von Herzen B.P. et al. // DSDP. Init. Repts. 1970. Leg.3.
7. Hsü K.J., LaBreckue J.L. et al. // DSDP. Init. Repts. 1984. Leg.73.

Коротко

Комиссия Евросоюза по безопасности продуктов питания не рекомендует беременным и кормящим женщинам, а также детям, возраст которых менее 30 мес, употреблять в пищу некоторые виды рыб, способных накапливать метиловую ртуть. К этому ядовитому веществу очень чувствительна формирующаяся нервная система ребенка. Метилртуть активно концентрируется в мышечных тканях таких хищных рыб, как меч-рыба, марлин и тунец.

Science et Vie. 2006. №1069. P.37 (Франция).

Почему некоторые виды впадающих в зимнюю спячку млекопитающих пробуждаются в течение зимы (несмотря на определенные затраты энергии) по нескольку раз? А.Люис и П.Хадсон (A.Luis, P.Hudson; Университет штата Пенсильвания, США) полагают, что в период зимней спячки иммунная система фактически отдыхает. С помощью математической модели они показали, что инфицированность млекопитающих патогенными организмами может контролироваться

посредством пробуждения через определенные интервалы времени. По-видимому, такие пробуждения имеют целью стимулировать иммунную систему. Science et Vie. 2006. №1069. P.19 (Франция).

Биологи Международного союза охраны природы произвели натурную кино съемку передвижений по дну на грудных плавниках ранее неизвестного вида акул. Съемки велись в водах, омывающих западную часть о.Новая Гвинея. Эта акула стала 50-м видом рыб, открытым в здешних водах.

Sciences et Avenir. 2006. №717. P.36 (Франция).

Группа германских и шведских физиков промоделировала образование фриков — гигантских (до 30 м) волн-убийц, прогноз которых в Мировом океане крайне сложен. Ученые пришли к выводу, что скорее всего фрики возникают, когда две серии волн, распространяющиеся в двух разных направлениях, встречаются под углом меньше 70°. Так, при столкновении под углом в 45° двух смодели-

рованных трехметровых волн за 10 мин сформировался гребень высотой 10 м.

Science et Vie. 2006. №1070. P.22 (Франция).

Согласно исследованиям У.Л.Смита (W.L.Smith; Американский институт естественной истории, Нью-Йорк), в мире сейчас существует 1200 видов ядовитых рыб. Эта оценка в шесть раз превышает сделанную прежде; она существенно превосходит и число описанных видов ядовитых змей — от 450 до 500.

Sciences et Avenir. 2006. №717. P.37 (Франция).

К 15 августа 2006 г. американский зонд «Вояджер-1», запущенный в 1977 г., прошел расстояние, в 100 раз превышающее расстояние между Землей и Солнцем — приблизительно 15 млрд км. Отныне этот искусственный космический объект стал самым удаленным из всех ранее посланных человеком с Земли.

Sciences et Avenir. 2006. №716. P.19 (Франция).

От «выдающегося биолога» до «красного Франкенштейна»:

Илья Иванов в советской и постсоветской биографиях

Н.Л.Кременцов,
профессор Университета Торонто
Канада

В апреле 2006 г. в Центре российских и восточно-европейских исследований Университета Торонто состоялась конференция под интригующим названием «What is Soviet now?» (Что является «советским» сейчас?). В течение трех дней около сорока историков, политологов, юристов, литературоведов и журналистов пытались найти ответ на этот вопрос. Публикуемый текст представляет собой перевод полемического выступления на этой конференции известного историка науки Н.Л.Кременцова, которое, по мнению редакции, будет небезынтересно для читателей нашего журнала.

Ответ на вопрос «What is Soviet now?» предполагает знание «What was Soviet then?», т.е. «Что являлось советским тогда?». Даже если оставить в стороне историографические споры, когда в точности началась и когда закончилась советская эпоха, ответить на этот вопрос совсем не просто, поскольку «тогда» охватывает исторический период продолжительностью более семидесяти лет. В течение этого времени само содержание понятия «советский» в разных областях постоянно менялось и неоднократно подвергалось радикальному пересмотру. Как показывает сравнение двух биографий русского биолога Ильи Ивановича Иванова (1870–1932), опубликованных с разрывом в сорок лет (в 1964 и в 2003 гг.), многочисленные «советские» шаблоны по-прежнему используются «постсоветскими» писателями. Что остается весьма проблематичным, так это то, насколько в действительности можно считать «советскими» эти шаблоны и действительно ли современные авторы, пишущие об истории Советской России, ими пользуются.

Советская «научная биография»

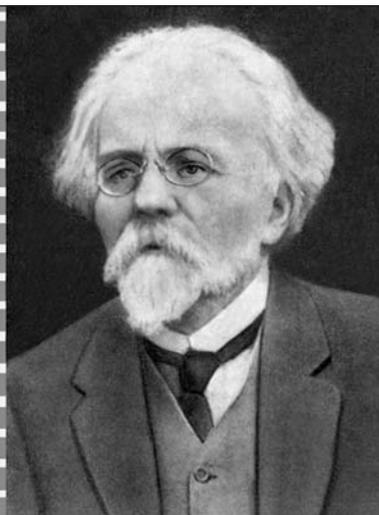
В 1964 г. ведущее академическое издательство «Наука» выпустило 17 книг в серии «Научно-биографическая литература» [1]. Наряду с жизнеописаниями таких знаменитых ученых и изобретателей, как К.Бернар, И.В.Гёте, А.Кекуле, Дж.Стефенсон и Т.Эдисон, в том же году издательство опубликовало и биографию И.И.Иванова, биолога и животновода, известного как создателя первого практически применимого метода искусственного осеменения млекопитающих. Озаглавленная «Выдающийся биолог Илья Иванович

Иванов», эта книга объемом свыше ста страниц соответствовала всем канонам жанра «научной биографии», установленным издательством.

В отличие от выпускаемой издательством «Молодая гвардия» популярной в то время серии «Жизнь замечательных людей» (ЖЗЛ), которая специализировалась на литературных, часто дополненных художественным вымыслом жизнеописаниях, целью академической серии было создание «строго научных биографий», написанных «специалистами»: профессиональными учеными и историками науки. Инициатором создания серии был Институт истории естествознания и техники АН СССР (ИИЕиТ), и большинство авто-

ров и редакторов серии — его сотрудники. «Научные» биографии преследовали цель поведать читателю о «жизни и трудах выдающихся представителей науки и техники в популярной форме». С начала выпуска серии в 1959 г. ее редакторы подчеркивали необходимость написания биографий на «строго научной документальной основе» и подробного анализа научной работы и достижений героев серии [2].

Книга об Иванове, написанная его бывшим учеником и сотрудником П.Н.Скаткиным, незадолго до того оставившим собственную научную работу и зачисленным в штат ИИЕиТ, основана на тщательном изучении некоторых государственных и личных архивов, внимательном



И. И. ИВАНОВ — ВЫДАЮЩИЙСЯ БИОЛОГ

Олег ШИШКИН КРАСНЫЙ ФРАНКЕНШТЕЙН



СЕКРЕТНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ КРЕМЛЯ

Русский Франкенштейн имел амбициозные планы. Но, в отличие от литературного персонажа, он существовал в действительности и мечтал о создании идеальной обезьяны. Точнее, о необычном существе, полученном искусственным способом и способном занять на лестнице дарвиновской эволюции свободный промежуток между человеком и человекообразными. Русского Франкенштейна звали Илья Иванович Иванов.



www.ultraculture.ru

Два жизнеописания одного и того же персонажа. Слева — книга П.Н.Скаткина (1964).
Справа — книга Олега Шишкина (2003).

анализе опубликованных работ Иванова и связанной с ними научной литературы, а также на личных воспоминаниях автора. Она снабжена полной библиографией работ Иванова и публикаций о нем. Главное в книге — научные идеи и методы Иванова, прослежены их истоки и пути развития, описано, как они воспринимались на родине и за рубежом, подчеркнута их практическое и теоретическое значение, а также «общий вклад ученого в развитие науки».

Книга Скаткина отвечала всем новейшим для его времени требованиям к «научной биографии» и вместе с тем несла на себе отпечаток более старой советской традиции, которую можно было бы обозначить как «жи-

тие основоположника»*. Возникший в середине 30-х годов в обстановке яростных идеологических нападков на «буржуазных ученых» образ «основоположника» олицетворял весь набор характеристик «подлинно советского ученого» [3]. Он быстро превратился в риторический штамп, используемый для демонстрации идеологической лояльности и преданности текущей линии партии, став простым, но эффективным агнографическим** шабло-

* Более общий анализ феномена «основоположников» в советской науке дан в моей книге: Kremntsov Nikolai. Stalinist Science. Princeton, 1997.

** Агнография — жизнеописание духовных и светских лиц, канонизированных христианской церковью («Жития святых». — Прим. ред.).

лоном многочисленных биографий не только действительно выдающихся ученых вроде Д.Менделеева, Н.Лобачевского, И.Мечникова и И.Павлова, но и советских «креатур», как, например, И.Мичурин и В.Вильямс.

Следуя этому шаблону, повествование Скаткина акцентирует «трудности», испытанные Ивановым при царском режиме в связи с его участием в «революционной деятельности» и приверженностью к «прогрессивному, материалистическому мировоззрению». Автор выделяет «немедленное принятие» Ивановым большевистской революции и «его активное участие в строительстве новой жизни», а также признание и поддержку ученого советским государст-

вом. Он также подчеркивает «практическую направленность» исследований Иванова и их важность для «народного хозяйства». Отмечен и его вклад в «развитие дарвинизма» — клише, на жаргоне советских биологов означавшее применение марксизма в их науке. Особо артикулирован «патриотизм» ученого, его «борьба за приоритет русской науки» и тесные связи с другими «основоположниками» отечественной науки, включая А.Ковалевского, И.Мечникова и И.Павлова.

Илья Иванович Иванов, несомненно, был подходящей кандидатурой на почетное звание «основоположника» и, вероятно, получил бы его в середине 30-х годов, если бы не маленькое пятнышко на его во всех прочих отношениях безупречной биографии. В декабре 1930 г. на волне кампании против «буржуазных специалистов», открывшейся печально известным, но даже не упомянутым в книге Шахтинским делом, Иванов был арестован, как пишет Скаткин, «по ложному обвинению». После полугодового пребывания в тюрьме он был сослан — Скаткин опять же не употребляет этого слова, заменив его указанием, что Иванов просто «переехал» — в столицу Казахстана Алма-Ату. Здесь он продолжил свою преподавательскую и научную работу в местном ветеринарном институте и даже сумел организовать лабораторию «биологии размножения» под эгидой незадолго до этого созданной Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук. В Алма-Ате Илья Иванович и скончался от инсульта весной 1932 г.

Хотя Иванов умер в ссылке и, соответственно, не стал «основоположником» в 30-е годы, всего лишь десятилетие спустя, во время кампании «за приоритет русской науки», спровоцированной разгорающейся холодной войной, он был объявлен «основоположником искусственного осеменения». В конце

40-х — начале 50-х годов серия статей в газетах и журналах прославляла его работы как «выдающееся достижение советской науки». С началом хрущевской «борьбы за преодоление последствий культа Сталина» он был официально реабилитирован — в 1959 г. все обвинения против него были сняты. В последующие годы немало публикаций об Иванове появилось в различных энциклопедиях и периодических изданиях, и подготовленная Скаткиным биография стала, таким образом, кульминацией реабилитационной кампании, организованной родными и учениками Ильи Ивановича, хотя, естественно, в самой книге об этой кампании нет ни слова.

«Советскость» книги Скаткина проявляется не только в том, что подчеркнуто, но и в том, что отсутствует на ее страницах. Не только подробности ареста, ссылки и последующей реабилитации героя не нашли места в повествовании, но, что наиболее примечательно, за его пределами осталась вся личная жизнь ученого. Хотя биограф благодарит дочь и сына Иванова за разрешение ознакомиться с семейным архивом, кроме упоминания о том, что Иванов-младший участвовал вместе с отцом в экспедиции в Западную Африку в 1926—1927 гг., в книге нет никаких сведений ни о браке Иванова, ни о его семье или рождении его детей. Жена ученого ни разу не упомянута в тексте, и читатель может узнать ее имя (и ничего больше) лишь из факсимиле письма к ней И.П.Павлова с соболезнованиями по поводу смерти ее супруга, которое приведено в качестве иллюстрации высокого мнения «корифея советской физиологии» об умершем. Нет в книге и никакой информации о друзьях (или врагах) Иванова, его личных вкусах и пристрастиях (в музыке, литературе, искусстве и т.д.), да и вообще ни о чем, кроме его научных интересов.

Постсоветское, антисоветское или все еще советское?

После кратковременного упадка, вызванного общим экономическим хаосом начала 1990-х годов, российский читатель поразился всплеску публикаций новых биографий как старыми издательствами советской эпохи (вроде «Молодой гвардии» и «Науки»), так и новыми. Подход издательств к этому биографическому буму был двояким. С одной стороны, они стремились заполнить бреши в прежних биографических сериях, знакомя читателей с историей жизни людей, по разным причинам считавшихся при советском строе «нежелательными». Эта группа биографий включала жизнеописания членов царской семьи, российской аристократии и западных знаменитостей, от выдающихся иностранных политиков до куртизанок минувших эпох. С другой стороны, издатели стремились «исправить» неполноту изложения фактов и ложные интерпретации прежде опубликованных биографий, выпустив «подлинные» истории жизни советских лидеров и деятелей культуры, от Ленина и Сталина до Валерия Чкалова и Юрия Гагарина, и от Дмитрия Шостаковича и Михаила Шолохова до Ивана Павлова и Андрея Сахарова. Новая версия жизнеописания Ильи Ивановича Иванова, вышедшая в сентябре 2003 г., очевидно, попадает в эту вторую категорию «исправленных» биографий.

Книга Олега Шишкина «Красный Франкенштейн. Секретные эксперименты Кремля» опубликована московским издательством «Ультра. Культура»*,

* Когда текст готовился к печати, пришло известие, что 4 февраля в Лондоне скончался директор этого издательства, известный поэт и переводчик Илья Кормильцев. Он похоронен в Москве, на Троекуровском кладбище. Возглавляемое им издательство «Ультра. Культура» прекратило свое существование. — *Прим. ред.*



Илья Иванович Иванов в 1896 г.

заявившим о себе выпуском книг лидера «национал-большевиков» Эдуарда Лимонова. Автор новой биографии Иванова О.Шишкин — молодой профессиональный литератор, который уже отметился тремя бестселлерами: «Битва за Гималаи» (1999) — основан на биографиях Николая Рериха и Василия Барченко, «Убить Распутина» (2000) — об уничтожении «святого старца» и «Сумерки богов» (2005) — попытка жизнеописания мистика Георгия Гурджиева.

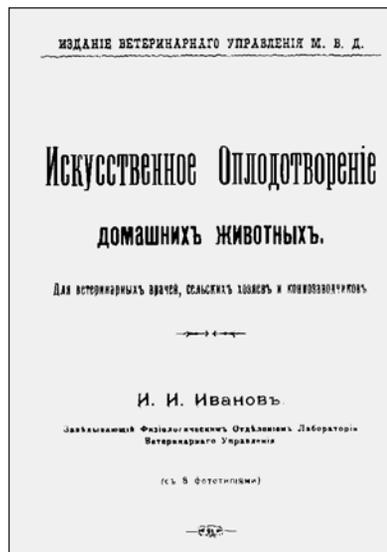
Название книги Шишкина об Иванове ясно указывает на намерение автора разоблачить и ее героя (Франкенштейна), и советское государство (Кремль). В самом деле, если бы эта книга появилась (в «самиздате» или «тамиздате») в советское время, её наверняка сочли бы антисоветской. Но, как мы вскоре увидим, в ней можно найти некоторые явно «советские» черты.

Во многом книга Шишкина резко отличается от предыдущего описания жизни Иванова. Хотя она почти вдвое больше по объему (более 300 страниц), ее вряд ли можно назвать биогра-

фией в полном смысле этого слова. Почти пятьдесят лет жизни и работы Иванова до большевистской революции уместились на четырех страницах. А работа Иванова над методом искусственного осеменения, внедрением его в практику и использование в животноводстве в советское время (чему в книге Скаткина уделено около трети ее объема) почти совсем не упоминаются. Фактически вся книга Шишкина посвящена одному эпизоду жизни и работы Иванова, а именно его экспедиции во Французскую Западную Африку в 1926—1927 гг. с целью получить гибриды между человеком и человекообразными обезьянами с помощью искусственного осеменения.

Вопреки претендующим на сенсацию утверждениям автора об их «секретном» характере, эксперименты Иванова по получению обезьяно-человеческих гибридов широко освещались в советской прессе того времени и были довольно подробно описаны в предыдущей биографии. Скаткин посвятил восемь из 52 страниц первой главы своей книги анализу задач и результатов экспедиции Иванова и проведенных при этом экспериментов. Однако если для Скаткина эта экспедиция действительно была лишь эпизодом в биографии его героя, то для Шишкина она воплощает сущность не только (и не столько) всей научной работы Иванова, сколько отношения советского руководства (Кремля) к этой работе.

Как и его предшественник, Шишкин строит свое повествование на «строго документальной основе», но эта основа существенно отличается от использованной Скаткиным, что отражает различие в направленности их книг. Биография, написанная Скаткиным, широко опирается на опубликованные работы и личный архив Иванова, дополненные несколькими источниками как дореволюционного, так и советского периода, пре-



Труд И.И.Иванова, предназначенный ветеринарным врачам, сельским хозяевам и коннозаводчикам (1910).

имущественно из Архива Академии наук. Повествование Шишкина основано исключительно на изучении «секретных» архивов большевистской партии и советских государственных учреждений, от Политбюро и Совнаркома до НКВД и Красной Армии. Он даже не упоминает (а, возможно, и не знает), что личный архив Иванова сохранился и доступен для изучения.

Несмотря на существенные различия, в одном обе версии биографии Иванова сходны: они полностью игнорируют его как личность. Хотя в биографии Шишкина приведено больше подробностей о роли Иванова-младшего в экспедиции его отца в Западную Африку, любые прочие персональные сведения об Иванове, его семье, личных симпатиях и антипатиях, друзьях и оппонентах, — короче, все то, что могло бы сделать его портрет хоть немного человеческим, — начисто отсутствуют.

Однако вернемся к расхождению между книгами Скаткина и Шишкина. Самое важное из них состоит в подходе к научным исследованиям Иванова. Следуя канонам жанра научной

биографии, Скаткин стремится поместить идеи и исследования Иванова в интеллектуальный контекст посредством тщательного сравнения с близкими идеями и исследованиями его предшественников и современников. Напротив, Шишкин пытается вписать идеи и исследования Иванова в социальный, политический и идеологический контексты большевистской России 1920-х годов, полностью игнорируя их интеллектуальный контекст. И тем самым, вероятно, сам того не подозревая, следует классическому «советскому» шаблону.

Именно советский физик, обратившийся к истории, Б.М.Гессен, положил начало изучению науки с позиций ее социально-экономического, политического и идеологического контекстов [3]. В своем ныне часто цитируемом, но редко читаемом эссе «Общественные и экономические корни Principia Ньютона», представленном на Втором международном конгрессе по истории науки в Лондоне в 1931 г., Гессен подверг марксистскому анализу истоки и содержание физики Ньютона как отражение социального, экономического и политического развития Англии в XVI и XVII вв. Эссе Гессена вдохновило таких ведущих западных историков науки, как Дж.Нидхэм, Р.Мертон и А.Койре, заложивших основы широко практикуемой в настоящее время экстерналистской и социальной истории науки.

В Советском Союзе подобный социальный анализ, хотя и провозглашенный «истинно марксистским» направлением в истории науки, ждала иная участь. Его создатель, Б.М.Гессен, погиб в годы Большого террора, а социальный подход к истории науки быстро разделился на два направления. Одно, претендовавшее на изучение «общественных влияний» в советской науке, выродилось в клишированную риторику о «ведущей роли партии» и лично ее вождей (будь то Ленин, Сталин, Хрущев



В лаборатории экспериментальной ветеринарии.

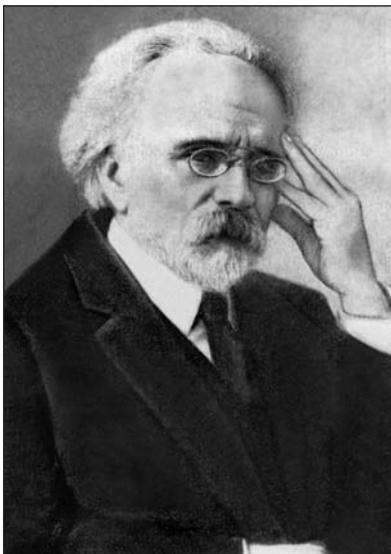
или Брежнев) в «развитии науки в СССР», дополненную утверждениями, что «истинная» наука возможна лишь при социализме. Другое направление, стремившееся выявить «общественные влияния» в зарубежной науке, выродилось в столь же стереотипные рассуждения о науке и ученых как «лакеях и прислужниках капитализма», дополненные утверждениями, что зарубежная наука — это на самом деле «лженаука». Оба направления продвигали (в явном виде второе и неявно — первое) крайне примитивный взгляд на науку и ученых как всего лишь на инструменты в руках правящего класса (либо обреченной буржуазии, либо торжествующего пролетариата), игнорируя другие факторы и движущие силы развития науки. Оба направления процветали на протяжении всей советской эпохи, став важными пропагандистскими орудиями холодной войны и вотчиной партийных идеологов и демагогов от науки.

Именно с целью дистанцироваться от таких партийных писак и избежать «политической ангажированности», профессиональные историки науки гораздо больше внимания уделяли внутренней (когнитивной), а не внешней (социальной) стороне

предмета, когда после Второй мировой войны история науки в Советском Союзе стала официальной научной дисциплиной [4]. Именно поэтому академическая серия столь активно продвигала «научные» биографии, фокусируя свое внимание почти исключительно на конкретных исследованиях и научных идеях своих героев, сводя социальный анализ работ ученых к немногочисленным риторическим клише.

Лишь в конце 1980-х — начале 1990-х, на гребне перестройки, социальный анализ вернулся в арсенал российских историков науки [5]. Этот процесс протекал двумя разными путями. Одним из них была «легализация» жанра, который на краткий период появился во время хрущевской оттепели и с тех пор процветал как в «самиздате», так и в «тамиздате», — преследуемая или репрессированная наука*. Этот жанр представлял собой простую инверсию предшествовавшего «социаль-

* Лучшие примеры работ в этом жанре — книги Ж.Медведева и М.Поповского по истории советской генетики, которые сначала широко ходили в «самиздате», а затем появились в «тамиздате»: *Medvedev Zh. The Rise and Fall of Lysenko*. N.Y., 1969; *Popovskii M. The Vavilov Affair*. Humden, Conn., 1984.



В 1925 г.

ного анализа» советской науки, в которой место «ведущей роли» коммунистической партии и ее вождей заняло преследование науки теми же инстанциями*. В работах этого жанра проводилось резкое разграничение между «наукой» и «государством», а многообразие взаимодействий между наукой и обществом сводилось к «репрессиям» и «сопротивлению». История советской науки изображалась как черно-белая череда триумфов и трагедий, палачей и жертв, героев и злодеев, сопровождаемая моралистическими суждениями об исторических событиях и деятелях. И все же в основе этой черно-белой истории лежала непоколебимая вера в изначальную добродетель науки, которую большевики и их пособники каким-то образом «извратили» [6, 7].

Второй путь состоял в приращении к развитию советской науки изощренного социального анализа, впервые использо-

* Характерно, что один из лидеров этого жанра во время перестройки, ответственный редактор двухтомника «Репрессированная наука» М.Г.Ярошевский (см.: Репрессированная наука. Вып. 1-2. Л.; СПб.; 1990, 1994) в более старом жанре отличился как активный критик «буржуазной кибернетики».

ванного Б.М.Гессеном и с тех пор значительно усовершенствованного во многих западных работах по истории науки, но почти начисто отсутствовавшего в советских [8]. Следовавшие этим путем историки отвергали упрощенные черно-белые дихотомии и призывали к тщательному изучению множества способов взаимодействия ученых и науки с советским государством и обществом в целом. Они дополняли анализ «репрессий» и «сопротивления» описанием договоренностей, одолжений, приспособлений, пересекающихся интересов, кооптаций, взаимовыгодных отношений, финансовой поддержки, сотрудничества, общих ритуалов и риторики, взаимовлияния, конкуренции, вербовки, покровительства, символических обменов и множества других форм взаимодействия**. Как и следовало ожидать, история жизни Иванова и его работы по получению обезьяно-человеческих гибридов стали предметом такого комплексного анализа [9], но исследования на эту тему пока что опубликованы лишь на английском языке***.

Шишкин не следует ни одним из этих новых путей социальной истории советской науки. Вместо этого он, похоже, пользуется старым «советским» шаблоном, выработанным в рамках «социального анализа» «буржуазной» науки. В самом деле, его подход к биографии Иванова более всего напоминает

** Примерами таких работ могут служить: *Krementsov N. Stalinist Science*; *Idem. International Science between the World Wars: The Case of Genetics*. L., 2005; *Gero-vitch S. From Newspeak to Cyberspeak: A History of Soviet Cybernetics*. Cambridge, 2002; *Кременцов Н. «Дело КР»: в поисках лекарства против рака*. СПб., 2004; специальный выпуск журнала «Наука в контексте», посвященный «новой истории советской науки»: *Science in Context*. 2002. V.15(2) и многие другие.

*** Уже после того, как этот текст был написан, наконец-то появилась русскоязычная версия статьи К.Россиянова (Вопросы истории естествознания и техники. 2006. №1).

такие печально известные образчики этого жанра, как «Мухомобы-человеконенавистники» ученика Т.Д.Лысенко А.Н.Студитского или «Кибернетика — американская лженаука» и «Наука современных рабовладельцев» Б.Е.Быховского, которые появились в разгар холодной войны в конце 1940-х — начале 1950-х годов.

Шишкин не только живописует большевистских покровителей Иванова как рабовладельцев и человеконенавистников, но и те исследования, которые они поддерживали, изображает как расистские, бесчеловечные и аморальные, используя излюбленные эпитеты прежних советских идеологов в их нападениях на генетику и кибернетику. Как и его предшественники времен холодной войны, Шишкин разоблачает советских ученых, в первую очередь Иванова как добровольного пособника дьявольских замыслов и экспериментов Кремля. Хотя Илья Иванович мог бы показаться подходящим кандидатом в герои истории об ученом, ставшем жертвой политических репрессий, Шишкин представляет его арест и ссылку как заслуженное возмездие за сотрудничество с режимом.

Ну и что? Вопросы и размышления

Проведенное выше краткое сравнение двух биографий позволяет заключить, что для постсоветских авторов и их читателей доступны разнообразные советские шаблоны, риторические формулы и клише. Остается выяснить, насколько они в действительности являются советскими.

Я подозреваю, что многие формулировки, на первый взгляд кажущиеся отчетливо советскими, могут оказаться вовсе не таковыми. Так, советская агиография «основоположников» на самом деле имеет гораздо более старые и универсальные истоки и, как убедительно показал

П.Форман (и многие после него), успешно использовалась учеными во многих странах [10]. Якобы «советское», карикатурное изображение западной науки в годы холодной войны как «буржуазной, капиталистической, фашистской лженауки» имеет четкие параллели в аналогичных представлениях о «пролетарской, коммунистической, марксистской лженауке», к примеру, в западных описаниях лысенковщины того же периода. Кажущиеся советскими стандарты научной биографии на самом деле не более, чем атавизм: возвращение к старой почтенной традиции портретов «великих мужей науки», весьма популярной в XIX и начале XX в. и по сей день практикуемой некоторыми историками.

Все эти примеры приведены отнюдь не для того, чтобы заявить, что нет такой штуки, как «советский подход», но чтобы указать на обстоятельство, которое Дж.Харвуд убедительно продемонстрировал в своей работе «Стили научного мышления», а именно, что все утверждения о специфичности, особенности и местном характере определенных практик и стилей — в данном конкретном случае «советскости» — могут быть обоснованы лишь тщательным сравнительным анализом практик и стилей разных регионов [11].

Но даже если бы нам удалось успешно распознать определенные приемы и стили как несомненно «советские», чего можно добиться, задавая и ища ответа на (намеренно?) расплывчатый вопрос «Что является советским сейчас?», поставленный в качестве названия нашей конференции? Несомненно, этот вопрос имеет четкое историографическое значение, побуждая нас осознать, что наше понимание советской истории существенно изменилось по сравнению с тем, каким оно было 15 лет назад. Но если не касаться историографии, пытаемся ли мы лучше понять настоящее через призму

прошлого? Или же мы надеемся обрести лучшее понимание прошлого, изучая его современные перевоплощения и превращения? Как историк, я считаю оба эти подхода одинаково ущербными, методологически сомнительными и малопродуктивными.

Прошлое всегда присутствует в настоящем. Постсоветская Россия несет и еще очень долго будет нести на себе «родимые пятна и пережитки проклятого коммунистического прошлого», перефразируя популярное клише сталинской эпохи. Было бы очень странно и с точки зрения историка неимоверно интересно, если бы это было не так. Глубокое знание этих «родимых пятен», разумеется, служит неперменным предварительным условием плодотворного изучения постсоветского настоящего. Но, фокусируясь на «пережитках», мы рискуем просмотреть самые интересные и важные вопросы о настоящем: чем оно отличается от прошлого, какие новые черты оно проявляет и откуда эти новшества берутся.

Более того, объявление чего-то в настоящем пережитком прошлого не делает это что-то автоматически таковым. Подозреваю, что выявление мною явно советских шаблонов и формулировок в книге Шишкина будет полнейшей неожиданностью как для ее автора, так и для издателя. Сомневаюсь, что советские элементы появились в книге Шишкина в результате намеренного заимствования или даже бессознательного подражания неким советским образцам. Скорее всего, их происхождение совсем иное. То, что объединяет книгу Шишкина с ее предшественницами времен холодной войны, — это ее конечная цель: пропаганда. Предназначение новейшего переложения биографии Иванова состоит не в изучении и, следовательно, понимании большевистского государства, науки, личности Иванова и множества взаимо-

отношений и взаимодействий между главными героями этой истории, но в том, чтобы «срвать маски», «разоблачить», «раскрыть» и «ниспровергнуть» «кремлевских тиранов» и их «пособников». Именно этот общий пропагандистский пафос приводит к сходству в приемах аргументации, стилистике и фразеологии между нападками на генетику и кибернетику в советской России времен холодной войны, с одной стороны, и шишкинским разоблачением Иванова в постсоветской России, — с другой.

Кроме того, самая характерная черта новейшего пересказа жизни и деятельности Иванова, на мой взгляд, не имеет ничего общего с какими-либо пережитками прошлых советских стилей, которые можно найти на страницах этой книги. Ее основной мотив — это явный и воинствующий анти-сциентизм. В книге Шишкина полностью утрачена вера в конечную «благодетельность» науки, неизменно присутствовавшая как в советских, так и в антисоветских писаниях прошлой эпохи. Вместо этого наука представлена как опасная, безответственная и аморальная деятельность, символом которой служит популярный образ Франкенштейна, выставленный на самое видное место — в заглавие книги. И, разумеется, Шишкин отсылает читателя вовсе не к «Современному Прометею» Мэри Шелли, а к голливудскому целлулоидному мифу об амбициях науки, создающей чудовищ и ведущей к уничтожению человечества.

Есть некая ирония в том, что этот антисциентизм в конце концов вынуждает Шишкина частично отвергнуть свой собственный главный тезис, а именно — что исследования Иванова были по своей сути «советскими» и что именно большевистское правительство несет полную ответственность за эти «бесчеловечные» эксперименты. Он с осуждением ссы-

ляется на поддержку, оказанную Иванову рядом крупных зарубежных ученых и Институтом Пастера в целом: опыты Иванова по искусственному оплодотворению самок шимпанзе человеческой спермой были проведены не в Москве, а на опытной станции этого института во Французской Гвинее.

Очевидно, что корни этого антисциентизма лежат не столько в советском прошлом, сколько в нынешних мировоззренческих тревогах по поводу пугающей мощи науки и роли ученых, правительств и общественности в определении приемлемых границ научных исследований. Эти тревоги были повсеместно вызваны быстрым прогрессом современной науки и особенно биологии последних двух десятилетий (получение генетически модифицированных пищевых продуктов, клонирование, трансплантация органов и т.п.).

Все это подводит нас к другой стороне медали. Попытки

объяснить прошлое с позиций настоящего долгое время подвергались критике. А именно это как раз и составляет центральный компонент шишкинского «разоблачения», особенно в части «аморальности» исследований Иванова и их поддержки большевиками, равно как и другими учеными того времени. Вместо того, чтобы поместить героев книги (и соответственно оценивать их действия) в рамки современной им морали (которая, кстати, не включала ни обязательного информирования, ни обязательного согласия участников эксперимента), Шишкин переносит сегодняшние этические принципы биомедицинских исследований в прошлое и, совершенно естественно, находит это прошлое этически неприемлемым. Что, в свою очередь, становится дополнительным «доказательством» для характеристики Иванова, его экспериментов, его патронов и его сторонников как совер-

шенно «бесчеловечных» и «аморальных».

Как историки мы остро осознаем (или, по крайней мере, должны осознавать) нашу личную включенность в наш собственный социальный, политический, идеологический, институциональный, семейный и другие контексты. В своих исследованиях мы отчаянно пытаемся отбросить наш собственный нынешний контекст и целиком погрузиться в прошлое. Мы порицаем «осовременивающие» исторические труды и с презрением относимся к тем, что порождены необъективностью, пристрастностью, финансовой и идеологической ангажированностью. И все же слишком уж часто даже лучшие исторические работы пишутся не для того, чтобы лучше понять прошлое, а чтобы потрафить сегодняшней минутной интеллектуальной моде. ■

© Перевод с английского
С.В.Чудова

Литература

1. Соколовская З.К., Соколовский В.И. 550 книг об ученых, инженерах и изобретателях. Справочник-путеводитель по серии РАН «Научно-биографическая литература», 1959–1997. М., 1999.
2. Соколовская З.К. 400 биографий ученых. О серии «Научно-биографическая литература», 1959–1986. М., 1988.
3. Grabam L.R. The Socio-Political Roots of Boris Hessen: Soviet Marxism and the History of Science // *Social Studies of Science*. 1985. V.15.
4. Gerovitch S. Writing History in the Present Tense: Cold War-Era Discursive Strategies of Soviet Historians of Science and Technology // *Universities and Empire: Money and Politics in the Social Sciences During the Cold War*. N.Y., 1998.
5. Gerovitch S. Perestroika of the History of Technology and Science in the USSR: Changes in the Discourse // *Technology and Culture*. 1996. V.37(1).
6. Popovskii M. Manipulated Science: The Crisis of Science and Scientists in the Soviet Union Today. N.Y., 1979.
7. Birstein V. The Perversion of Knowledge: The True Story of Soviet Science. Boulder, 2001.
8. Александров Д.А., Кременцов Н.Л. Опыт путеводителя по неисследованной земле: предварительный очерк социальной истории советской науки (1917–1950-е годы) // *Вопросы истории естествознания и техники*. 1989. №4.
9. Rossitanov K. Beyond Species: Il'ya Ivanov and His Experiments on Cross-Breeding Humans with Anthropoid Apes // *Science in Context*. 2002. V.15(2).
10. Forman P. The Discovery of the Diffraction of X-rays by Crystals: A Critique of Myths // *Archive for the History of Exact Sciences*. 1969. V.5.
11. Harwood J. *Styles of Scientific Thought*. Chicago, 1993.

Новости науки

Астрофизика

Гибридный гамма-всплеск

Примерно раз в сутки в разных точках небосвода наблюдаются вспышки жесткого излучения — гамма-всплески. До сих пор все обнаруженные всплески четко разделялись на две категории: длинные и короткие. Всплески первой категории длятся более нескольких секунд, иногда до нескольких минут; продолжительность всплесков второй категории не превышает 2 с и доходит иногда до тысячных долей секунды. Еще совсем недавно астрономы пребывали в уверенности, что природа обоих типов гамма-всплесков в целом разгадана: длинные всплески порождаются массивными звездами, коллапсирующими с образованием черной дыры, а короткие всплески сопровождают слияние двух нейтронных звезд (или нейтронной звезды и черной дыры), опять же с образованием черной дыры.

И вот 14 июня 2006 г. космический телескоп «Swift» (NASA) зафиксировал всплеск, который не попадает ни в одну из известных категорий. Точнее, этот всплеск представляет собой «гибрид», сочетающий характеристики обоих классов гамма-всплесков. Вспышка GRB 060614 длилась 120 с — это очевидное свойство длинного всплеска, т.е. коллапса массивной звезды. Но такое событие должно сопровождаться вспышкой сверхновой, которая на сравнительно небольшом расстоянии (1.6 млрд св. лет) была бы хорошо заметна. Однако подробные наблюдения с привлечением более десятка наземных и космических телескопов никаких следов сверхновой не вы-

явили. А.Гал-Ям (A.Gal-Yam; Калифорнийский технологический институт, США) и его коллеги прибегли даже к услугам космического телескопа «Hubble». С его помощью сверхновую удалось бы увидеть, будь она даже в сто раз слабее типичной вспышки. Но все попытки оказались тщетными.

Родительская галактика объекта GRB 060614 также нетипична для длинных всплесков. Поскольку эти события венчают собой эволюционный путь короткоживущей массивной звезды, вполне логично, что их находят в больших галактиках с активным звездообразованием. Но в данном случае галактика оказалась весьма скромной, поэтому массивных звезд, способных породить гамма-всплеск, в ней мало. Больше того — всплеск GRB 060614 произошел не в центре, а на периферии галактики, где звезд особенно мало. Да и скорость звездообразования в галактике по меньшей мере в 20 раз ниже, чем в других галактиках с длинными гамма-всплесками. Между тем короткие гамма-всплески в подобных карликовых звездных системах наблюдаются регулярно.

Теоретических моделей, которые могли бы объяснить существование гибридного всплеска, пока не существует. Может оказаться, что коллапс массивной звезды не всегда сопровождается мощной оптической вспышкой (сверхновой). Не исключено также, что в случае GRB 060614 мы столкнулись с крайне необычным представителем семейства коротких всплесков, однако это должно означать, что модель слияния нейтронных звезд нуждается в масштабном пересмотре. Гал-Ям и его коллеги предпочитают иное объяснение: возможно, некоторые

всплески связаны с совершенно другим физическим процессом, который способен порождать гамма-всплески весьма различной длительности и не связан с эволюцией массивных звезд.

Не исключено, кстати, что всплеск 14 июня 2006 г. был далеко не первым наблюдавшимся «гибридом». Просто раньше ни для одного подобного события не удавалось собрать столь подробные данные.

Nature. 2002. V.418. №6896. P.405 (Великобритания).

Астрофизика

Звезда-рекордсмен теряет в весе

Насколько массивной может быть звезда? Этот вопрос не дает астрономам покоя на протяжении десятилетий. Теория утверждает, что верхний предел массы заключен где-то между 120 и 300 M_{\odot} . Хотя тяжелые звезды очень ярки, измерить их точную массу затруднительно. Большинство звезд-тяжеловесов (некоторые исследователи считают, что практически все) предпочитают рождаться в тесных кратных системах, которые легко можно принять за одиночную, но очень крупную звезду. Кроме того, звездные гиганты редки, поэтому лишь несколько подобных объектов расположено достаточно близко к нам, чтобы их можно было подробно исследовать.

Одним из основных кандидатов на звание самой массивной звезды галактики Млечный Путь была до недавнего времени яркая молодая звезда Pismis 24-1 в ядре небольшого рассеянного звездного скопления Pismis 24, удаленного от нас на расстояние около 8000 св. лет. Предполагалось, что

масса звезды Pismis 24-1 может быть неправдоподобно велика — от 200 до 300 M_{\odot} . Однако новые наблюдения этого объекта с помощью космического телескопа «Hubble» позволили заключить, что он состоит из двух связанных компонентов примерно по 100 M_{\odot} каждый. Эти наблюдения выполнены группой астрономов под руководством Х.М.Апелланиса (J.M.Apellániz; Институт астрофизики Андалусии, Испания).

Звездное скопление Pismis 24 находится в центре большой эмиссионной туманности NGC 6357 в созвездии Стрельца. Часть туманности ионизована молодыми массивными звездами. Интенсивное ультрафиолетовое излучение звезд нагревает газ, окружающий скопление, и выдувает в NGC 6357 своеобразный пузырь.

Исследователям удалось найти в том же скоплении еще один тяжелый объект — звезду Pismis 24-17. Ее масса составляет примерно 100 M_{\odot} . Таким образом, в скоплении оказывается сразу три звезды-тяжеловеса, что нетипично для столь небольшой группировки: в среднем по Галактике на каждую вновь родившуюся звезду массой более 65 M_{\odot} приходится около 18 тыс. солнцеподобных звезд.

Тем временем исследование системы Pismis 24-1 продолжается: наземные наблюдения указывают, что Pismis 24-1 может оказаться тройной системой. Хотя в этом случае на каждый компонент будет приходиться масса около 70 M_{\odot} , они по-прежнему будут входить в число 25 самых массивных звезд Галактики.

<http://archiv.org/abs/astro-ph/0612012>

Планетология. Климатология

Глобальное потепление Солнцем не объяснить

Реконструкция земного климата за последнюю тысячу лет показывает, что повышение средней температуры, начавшееся примерно в XVII в., сильно ускорилось за последние 100 лет. Преобладающая в климатологии точка зрения

называет основной причиной глобального потепления в XX в. увеличение концентрации в атмосфере парниковых газов. Свой вклад в этот процесс может вносить и собственная естественная изменчивость климатической системы Земли. Однако поиски ответа на вопрос о причинах глобального потепления усложнены из-за потенциальной третьей причины: возможного увеличения яркости Солнца.

П.Фоукл (P.Foukal; корпорация «Heliophysics», США) и его коллеги проанализировали эволюцию связанных с яркостью Солнца параметров за последнюю 1000 лет, а также исследовали их связь с глобальной температурой Земли. Вариации яркости связаны с изменением количества солнечных пятен и ярких факелов. Солнечные пятна действуют как тепловые «пробки», перекрывающие выход энергии на солнечную поверхность, тогда как факелы — это тепловые «пробои», позволяющие теплу из глубинных слоев вырваться наружу. Во времена повышенной солнечной активности увеличивается количество и солнечных пятен, и факелов, но влияние факелов преобладает, приводя к общему повышению яркости.

Как именно солнечные пятна и факелы влияют на светимость Солнца? Чтобы понять это, Фоукл и его коллеги использовали как прямые наблюдения нашей звезды в период с 1978 г., так и косвенные предыдущие измерения. Данные, полученные на радиометрах американо-европейского спутника «SOHO», показали, что в годы солнечного максимума (например, около 2000 г.) Солнце было ярче всего на 0.07%, чем в минимуме активности. Авторы утверждают, что столь небольшие колебания яркости слишком малы, чтобы внести существенный вклад в глобальное потепление. Кроме того, рост средней температуры особенно ускорился с середины 1970-х годов, хотя никаких признаков увеличения солнечной яркости в этот период не найдено.

Чтобы охватить период до 1978 г., авторы использовали исторические записи о количестве солнечных пятен и исследовали радиоактивные изотопы, которые рождаются в земной атмосфере под воздействием космических лучей и сохраняются в ледяных пластах Гренландии и Антарктиды. В периоды высокой солнечной активности мощный солнечный ветер защищает Землю от космических лучей, в результате чего содержание изотопов в соответствующих слоях льда снижается.

Для того чтобы выявить возможное влияние долговременных изменений яркости, авторы использовали семь различных реконструкций температуры в Северном полушарии за последнее тысячелетие. Затем они оценили, как сильно могли повлиять на климат изменения солнечной светимости, связанные с солнечными пятнами и факелами. Оказалось, что некоторое увеличение яркости Солнца за последние 400 лет действительно произошло, но оно, по мнению авторов, может объяснить лишь небольшую часть глобального потепления за этот период.

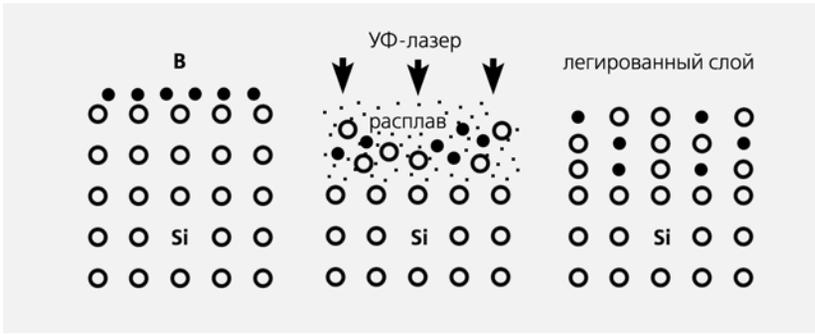
Фоукл и его коллеги считают, что, помимо яркости Солнца в видимом диапазоне, нельзя исключить влияние на климат солнечного ультрафиолетового излучения или космических лучей. Однако физические модели этих эффектов пока недостаточно разработаны, чтобы можно было учесть их хотя бы приблизительно.

Nature. 2006. V.443. P.161
(Великобритания).

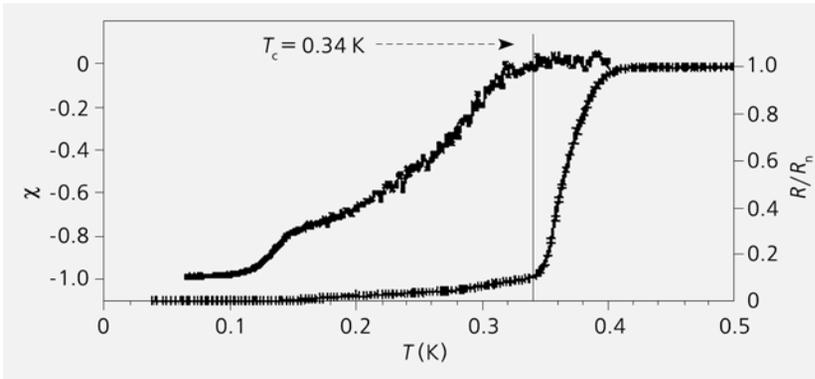
Физика

Сверхпроводящий кремний?

Кремний — полупроводник, при низкой температуре он почти не проводит электрический ток из-за малого числа свободных электронов и дырок. Для появления в кремнии свободных носителей заряда нужно его или нагреть, или легировать — заменить часть атомов Si на атомы, у которых валентных электронов либо больше



Лазерное легирование кремния бором.



Индуктивный (слева) и резистивный (справа) сверхпроводящие переходы пленки Si:B. Их большая ширина и ступенчатый вид — следствие неоднородного распределения акцепторов по пленке.

(как у фосфора), либо меньше (как у бора).

Разумно предположить, что при достаточной концентрации носителей заряда кремний, подобно алмазу¹, может стать сверхпроводником (на это указывают и теоретические расчеты). Однако до сих пор это явление наблюдалось лишь при огромных давлениях ~10 ГПа, когда Si переходит в другую кристаллическую модификацию. При нормальном же давлении невозможность перевода обычной гранцентрированной кубической фазы кремния в сверхпроводящее состояние обуславливалась, по иронии судьбы, тем же свойством этого элемента, которое делает его отличным полупроводником: Si легко поддается очистке от примесей, охотно принимает легирующие добавки, но если их концентрация n превы-

¹ Сверхпроводящий алмаз // Природа. 2005. №3. С.81.

шает предел «растворимости» (для бора, например, он составляет лишь $6 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$), то выталкивает из своей решетки атомы-«чужаки».

Большая группа исследователей из нескольких французских и словацких лабораторий использовала в своей совместной работе новую методику лазерного легирования кремния бором². Тонкую пленку Si(001) с адсорбированным на ней слоем BCl_3 облучали импульсным УФ-лазером, в результате чего поверхностный слой плавился, а атомы бора диффундировали в пленку и при остывании замещали в ней атомы Si. Цикл плавление/затвердевание повторяли около 200 раз и получали легированный слой толщиной от 10 до 120 нм. Детальное исследование структуры таких слоев показало, что атомы бора расположены именно в узлах (а не в междоуз-

² Bustarret E. et al. // Nature. 2006. V.444. P.465—468.

ях) решетки, хотя и распределены весьма неоднородно. Оценив концентрацию бора по изменению межатомных расстояний, получили $n = (3-4) \cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}$, что согласуется с концентрацией дырок $n_h = (5 \pm 2) \cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}$, определенной по эффекту Холла при комнатной температуре. Таким образом, величину n (и, соответственно, n_h) удалось повысить почти на порядок по сравнению с образцами, легированными обычными способами.

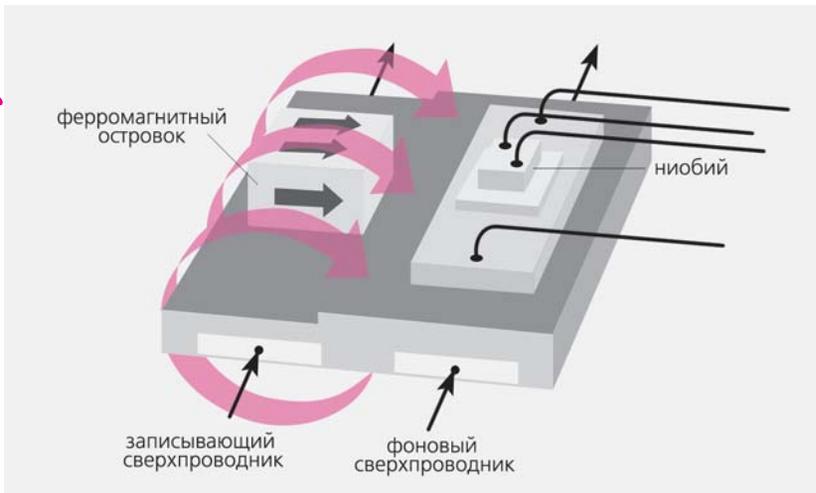
Вот в этих-то пленках исследователи и обнаружили сверхпроводимость при $T_c = 0.34 \text{ K}$ (в магнитном поле, перпендикулярном поверхности, она уменьшается). Конечно, такая температура сверхпроводящего перехода слишком низка, но, возможно, ее удастся повысить путем легирования кремния не акцепторными, а донорными атомами. Так или иначе, результаты работы по трансформации самого популярного полупроводника в сверхпроводник впечатляют.

http://perst.isssp.kiae.ru/Inform/perst/6_20/index.htm

Физика. Электроника

Новая концепция сверхпроводниковой памяти

Прототипы сверхпроводниковых цифровых устройств с высоким быстродействием и малой потребляемой мощностью, превосходящие по этим параметрам полупроводниковые приборы, уже созданы, однако широкого внедрения в практику они пока не получили. Основная проблема использования сверхпроводников в компьютерных технологиях (по крайней мере, при изготовлении запоминающих устройств) — недостаточная плотность размещения базовых элементов. Применяемая сейчас RSFQ-логика позволяет кодировать двоичные биты в виде квантов магнитного потока Φ_0 , каждый из которых хранится в сверхпроводящем кольце. Расчеты показывают, что размер одиночного кольца должен быть порядка нескольких микрометров.



Ячейка памяти с ферромагнитной квантовой точкой, которая хранит в себе бит информации, и джозефсоновским переходом, который ее считывает.

Каким же образом можно радикально уменьшить размер той области, где хранится квант Φ_0 ?

Группа специалистов из США и Германии предложила новую технологическую концепцию — комбинированную ячейку памяти с ферромагнитной квантовой точкой, которая хранит в себе бит информации, и джозефсоновским переходом, который ее считывает¹. Ячейка состоит из двух расположенных рядом параллельных сверхпроводников, на одном из которых находится ферромагнитный островок. Запись осуществляется следующим образом. В результате пропускания электрического импульса по сверхпроводнику в ферромагнитном островке создается магнитное поле H_{FM} , которое проникает в барьер джозефсоновского перехода. В зависимости от направления тока в проводнике силовые линии поля могут идти или от перехода (такой вариант можно принять за логический «0»), или к нему («1»). Для считывания информации используется фоновое магнитное поле H_{BG} , генерируемое постоянным электрическим током, который течет по второму сверхпроводнику. Направление вектора H_{FM} можно вычислить, измерив величину джозефсоновского тока, который оп-

ределяется суммарным магнитным полем $H = H_{BG} + H_{FM}$.

По оценкам, величина магнитного потока, проникающего при этом в барьер туннельного перехода, не зависит от поперечных размеров квантовой точки; следовательно, никаких ограничений на размер такой ячейки памяти не существует, и при создании электронной памяти можно достичь очень высокой компактности. Именно это обстоятельство исследователи считают основным преимуществом своей концепции. Но это касается одного элемента, а если их много? Не будут ли они влиять друг на друга? Ученые полагают, что если и будут, то незначительно: по мере удаления от ферромагнитной точки магнитное поле падает обратно пропорционально кубу индуктивности.

Для проверки концепции использовались массивы ниобиевых джозефсоновских контактов, изготовленных по 3-микрометровой технологии. Сверхпроводящие провода были также из ниобия, а в качестве ферромагнетика выбрали пермаллой ($Ni_{81}Fe_{19}$), при этом размеры квантовой точки составляли 6 мкм × 9 мкм × 600 нм. К сожалению, величины управляющих токов для перемагничивания пермаллоя должны были составлять не менее 100 мА, однако это ограничение, по мнению ис-

следователей, можно снять, подобрав оптимальный магнитный материал и улучшив дизайн элемента. В целом же они уверены в перспективности предложенной ими конструкции для электроники.

http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/6_20/index.htm

Информатика

Ключ на весь мир

Важный шаг в развитии квантовой коммуникации сделала недавно большая многонациональная (из Австрии, Великобритании, Германии, Нидерландов, Сингапура) группа ученых². Они передали секретный ключ по открытому пространству с одного острова, относящегося к группе Канарских, на другой, расположенный в 144 км от первого. Такое расстояние уже близко к высоте низкой спутниковой орбиты, а это означает, что в дальнейшем подобную информацию можно будет отправить с помощью космической связи в любую точку Земли. Скорость передачи составила 12.8 бит/с при затухании в канале 35 дБ. Для отправки большого объема данных такая скорость, конечно, слишком мала, но для пересылки шифровочного ключа — вполне достаточна.

В современной системе секретной коммуникации ключ — это некое большое простое число, которое надо каким-то особым способом передать получателю (что и становится самым уязвимым моментом). Затем информация передается по открытым каналам связи в виде ряда чисел, которые представляют собой произведение ключа на другое большое простое число. Никакая коммуникация, в том числе и квантовая, не исключает возможность подслушивания. Однако только квантовая криптография позволяет надежно его фиксировать³.

В данном случае экспериментаторы использовали протокол Беннета—Брассара для однофо-

² Schmitt-Manderbach T. et al. // Phys. Rev. Lett. 2007. V.98. P.010504.

³ См. также: Квантовая криптография // Природа. 2006. №9. С.81.

тонной коммуникации, позволяющей отличить естественное затухание в канале от пропадания фотонов в результате подслушивания. Они модифицировали этот метод на основе протокола «decoy» (приманка)¹: законные пользователи намеренно случайным образом подменяют полезные импульсы обманными многофотонными сигналами, и если затухание этих последних окажется существенно меньше, чем пропадание полезных импульсов, — значит, канал подслушивают. Для связи использовали слабые лазерные импульсы со средним числом фотонов в импульсе, равным 0.3. Хотя существуют идеальные однофотонные источники на квантовых точках, сигналы от них хорошо распространяются только в оптоволокне, что очень дорого для организации связи на больших расстояниях. К тому же вследствие затухания в оптоволокне через каждые 100 км необходимо ставить секретные промежуточные пункты, которые гораздо более доступны для разведки, чем спутник.

http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/2007/7_03/index.htm

Химия

Высокий лес нанотрубок заданного диаметра

Перспективность использования углеродных нанотрубок в электронике, электрохимии, для создания новых сверхпрочных материалов не вызывает сомнений. Однако до сих пор не были разработаны сравнительно недорогие и в то же время высокоэффективные технологии получения больших массивов трубок с заданными характеристиками. Наиболее популярен сейчас метод химического осаждения паров на поверхности металлического катализатора (в данном качестве используют наночастицы железа, никеля, кобальта). Этим способом, основанным на термическом разложении углеродсодержащих газов, получают «лес» вертикально ориенти-

¹ *Hwang W.-Y.* // *Phys. Rev. Lett.* 2003. V.91. P.057901.

рованных многослойных нанотрубок. Разброс их диаметров (он соответствует разбросу размеров частиц катализатора) уменьшить до сих пор не удавалось, поскольку технологически невозможно было получать одинаковые по величине металлические частицы.

Решение проблемы предложили японские исследователи, возглавляемые первооткрывателем нанотрубок С.Иджимой (S.Iijima). Они обнаружили, что средний диаметр синтезируемых нанотрубок зависит от толщины металлической пленки-катализатора. В экспериментах пленки железа разного поперечного сечения (от 0.8 до 1.9 нм) создавали на кремниевой подложке размером 20×20 мм, покрытой слоем Al₂O₃ толщиной 30 нм. Синтез углеродных нанотрубок производили в течение 10—30 мин. В качестве источника углерода использовали этилен, прокачиваемый через реактор при температуре 750°C со скоростью 10—150 см³/мин. При нагреве однородная пленка превращалась в слой упорядоченных частиц железа одинакового размера, соответствующего ее толщине. Иными словами, трубки требуемого диаметра удавалось получать всего лишь путем использования металлической пленки необходимой толщины.

Обычно длина трубок, синтезируемых методом химического осаждения паров, не превышает нескольких микрометров: по мере роста трубок снижается эффективность катализатора. Чтобы предотвратить окисление поверхности пленки железа, японские исследователи добавляли к этилену небольшое количество паров воды (0.002—0.05%). В результате этого простого новшества продолжительность эффективной работы катализатора возросла настолько, что длина нанотрубок достигала 2.2 мм, т.е. увеличилась на три порядка.

Таким образом, созданы серьезные предпосылки для массового производства нанотрубок как основы для новых сверхпрочных материалов.

http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/6_19/index.htm

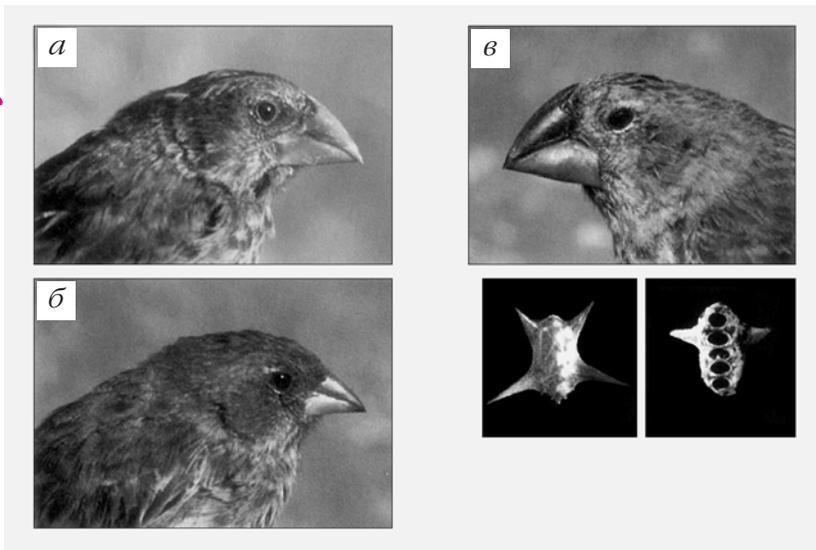
Биология

Конкуренция и размер клюва земляных вьюрков

Как известно, концепцию естественного отбора Дарвин разработал на основе сравнительного изучения изменчивости размеров и формы клюва у земляных вьюрков — эндемиков Галапагосских островов (этот отряд певчих воробьиных даже получил название дарвиновых вьюрков). Однако сам процесс естественного отбора никто в природе до сих пор не наблюдал, а потому его существование и эффективность нередко оспаривались. И вот теперь, похоже, орнитологам П.Р. и Б.Р.Грантам (P.R., B.R.Grant; Принстонский университет, США) удалось наконец посредством прямых многолетних наблюдений подтвердить этот механизм по крайней мере для одного из видов — среднего земляного вьюрка (*Geospiza fortis*).

К косвенным доказательствам эффективности естественного отбора эволюционисты давно относили так называемое смещение признаков: близкородственные виды обычно плохо различимы морфологически в тех районах, где их ареалы не перекрываются, и намного лучше там, где они совместно обитают и где им приходится конкурировать друг с другом. Такая дивергенция по экологически важным признакам позволяет видам с близкими потребностями избегать конкуренции и устойчиво существовать на одной территории. Этот процесс обратим: при исчезновении конкурента вид может занять его нишу и приобрести свойственные тому признаки.

Обитающий на Большом острове Дафне средний земляной вьюрок отличается необычно малым для этого вида размером тела и клюва, поскольку здесь отсутствует его обычный конкурент — малый земляной вьюрок *G.fuliginosa*. Объясняли это тем, что на острове вьюрку *G.fortis* доступны имеющиеся в изобилии мелкие семена, которые на других островах архипелага выклеивает его конкурент, малый земляной вьюрок.



Средние земляные вьюрки с крупным (а) и мелким (б) клювами, а также их пищевой конкурент — большой земляной вьюрок (в). Плоды якорцев ладанниковых показаны как в целом, так и расколотом вьюрком виде (из пяти пустых гнезд извлечены семена).

Фото П.Р. и Б.Р. Грантов

Полевые наблюдения подтвердили связь размера клюва с видом корма птиц. В 1977 г. во время засухи на острове мелких семян перестало хватать, и вьюркам пришлось переключиться на более крупные и твердые, которые расклеивать могли только особи с более мощными клювами. Большинство вьюрков в этот год погибло, причем смертность была выше среди мелкоклювых особей. Таким образом, средний размер клюва в популяции определяется соотношением энергетических затрат при питании семенами разного размера; это соотношение зависит от размера клюва и обилия разных видов корма и может быть смещено появлением конкурента.

В 1982 г. ситуация на острове изменилась в связи с вселением большого земляного вьюрка (*G. magnirostris*), который может конкурировать со средним за пищу, особенно в сухой сезон, когда корма мало. Большой вьюрок обычно питается семенами якорцев ладанниковых (*Tribulus cistoides*), которые заключены в твердую оболочку с шипами. Расклеивать ее могут не только *G. magnirostris*, но и крупноклювые особи *G. fortis* (именно поэтому они пере-

жили засуху 1977 г.), но на это у них уходит втрое больше времени. Самые мелкоклювые особи *G. fortis* даже не пытаются добраться до содержимого этих плодов. Большой земляной вьюрок вытесняет среднего с участков, где произрастают якорцы, сокращая их количество до такой степени, что *G. fortis* становится «невыгодно» питаться плодами этого растения.

По прогнозу Грантов, большой вьюрок, лишая сородича этого вида корма, окажет селективное давление на его популяцию, в которой сохранятся лишь особи с малым размером клюва. Такой сдвиг произошел в 2004 г., когда популяция *G. magnirostris* достигла уровня, достаточного для реализации движущего отбора, направленного против крупноклювых особей *G. fortis*. Многолетние измерения величины их клюва с последующим статистическим анализом результатов подтвердили эту закономерность эволюционной динамики данного признака. Таким образом, теоретические положения эволюционной экологии впервые были подтверждены непосредственными полевыми наблюдениями.

Science. 2006. V.313. №5784. P.224–226 (США).

Зоология

Мимикрия у лягушек-древолазов

Бейтсовская мимикрия — подражание защищенным или несъедобным животным — особенно разнообразно проявляется среди земноводных и пресмыкающихся, так как в этой группе много ядовитых видов. Один из бейтсовских комплексов исследовали в Эквадоре американские зоологи К.Дарст и М.Куммингс (С.Р. Darst, М.Е. Cummings; Университет Техаса).

Комплекс состоит из трех видов лягушек-древолазов. Два из них — *Epipredobates bilinguis* и *E. parvulus* — относятся к одному роду и очень ядовиты. Как и положено ядовитым животным, их отличает яркая предупредительная окраска, основу которой составляют броские красные пятна. Но у *E. bilinguis* их дополняет желтый рисунок, а в окраске *E. parvulus* желтого цвета нет. Ареалы обоих видов перекрываются лишь в незначительной степени. Третий вид комплекса — *Allobates zaparo* — тоже древолаз, только неядовитый. Для защиты от хищников он подражает своим ядовитым родичам. При этом в местах совместного обитания с каждым из них он представлен соответствующей цветовой морфой.

Сам по себе подобный бейтсовский полиморфизм — довольно интересное природное явление. Но наиболее интересная коллизия возникает там, где встречаются оба ядовитых древолаза. Теоретически в такой ситуации для вида-имитатора возможны три варианта адаптации: внутривидовой бейтсовский полиморфизм (существование в одной популяции как особей, подражающих *E. bilinguis*, так и особей, похожих на *E. parvulus*); формирование промежуточного фенотипа; подражание более ядовитому и более массовому модельному виду. Однако исследованный комплекс не соответствовал ни одному из этих вариантов! В районе совместного обитания более массовый вид — *E. parvulus*. Как показали проведен-

ные исследования, он же и более ядовитый. И тем не менее *Allobates* здесь имеет такую же окраску, как *E.bilinguis*.

Чтобы понять биологический смысл этого неожиданного феномена, американские исследователи провели опыты с хищниками, роль которых в экспериментах выполняли куры. Набрасываясь на ядовитых лягушек и получая в результате негативный опыт, куры обучаются обходить их в дальнейшем стороной. Но выяснилось, что восприятие разных моделей окраски у хищников различно! Куры, усвоившие опасность более ядовитой модели *E.parvulus*, распространяют этот опыт и на вторую модель. Напротив, те хищники, которые «обучались» на менее ядовитой *E.bilinguis*, не переносят полученный опыт на *E.parvulus*. Другими словами, курица, которая «знает», что *E.parvulus* несъедобен, не будет нападать и на *E.bilinguis*. А вот та птица, которая усвоила ядовитость *E.bilinguis*, при возможности обязательно попробует на вкус *E.parvulus*. Таким образом, вероятность атаки хищника на древолаза, более ядовитого в этой паре, оказывается более высокой! Понятно, что виду-имитатору выгоднее подражать не ему, а *E.bilinguis*.

Nature. 2006. V.440. №7081. P.208–211 (Великобритания).

Зоология

Коловратки — симбионты амёб

Симбионты одноклеточных организмов до настоящего времени были известны лишь в одной группе многоклеточных животных — у нематод¹. Недавно бельгийский зоолог из Университета Антверпена В.де Смет² описал два новых вида коловраток, обитающих внутри раковинных амёб. У этих коловраток строение целюстного аппарата оказалось столь

необычным, что их (и еще один свободноживущий вид) пришлось выделить в новый род *Asciaporrecta* и даже новое семейство *Asciaporrectidae*. *A.arcellicola* обнаружена в раковине амёб *Arcella* sp., собранных в Марокко и на Аляске, а *A.diffflugicola* — внутри амёб *Diffugia* sp., найденных в Бельгии и на Аляске.

Обе коловратки не только живут в раковинах живых амёб, но и откладывают там яйца. Поскольку характер питания коловраток неизвестен, непонятны и их взаимоотношения с простейшими — комменсалы (сотрапезники) они или паразиты амёб. По крайней мере никаких следов редукции, характерной для многих паразитических коловраток, которые живут внутри кольчатых червей, ни у того, ни у другого вида не обнаружено.

Несомненно, представители нового семейства широко распространены в умеренных и арктических районах Северного полушария и наверняка будут обнаружены на территории России.

© Чернышев А.В.,

кандидат биологических наук
Владивосток

Вирусология

Может ли птичий грипп стать «человеческим»?

Как известно, изначально непатогенный вирус гриппа H5N1 стал высокопатогенным, причем не только для его естественных хозяев — диких водоплавающих птиц, но и для других животных, в том числе человека. Среди домашних птиц вирус H5N1 уже вызывает ежегодные эпизоотии и даже панзоотии, а среди людей его распространение пока ограничено. Чтобы вирус H5N1 приобрел пандемические свойства, он должен «научиться» проникать в организм человека через дыхательные пути (пока же заражение происходит через кишечник). По мнению специалистов, для этого вирусу гриппа птиц необходимо обменяться генами (так называемая реассортация) с одним из вирусов

гриппа человека, которые передаются воздушно-капельным путем и ежегодно вызывают эпидемии³. Возникающие время от времени реассортанты «птичьих» вирусов незнакомы иммунной системе человека, а потому быстро распространяются среди людей и поражают до четверти населения. Именно такие вирусы вызвали все пандемии XX в.: в 1918 г. — реассортант вируса H1N1, в 1957 г. — H2N2, в 1968 г. — H3N2.

Безусловно, самый эффективный способ профилактики сезонного гриппа — иммунизация населения, однако создать вакцину к несуществующему реассортанту вируса H5N1, который может вызвать пандемию, невозможно. В связи с этим ученые из Американского центра контроля и предотвращения заболеваний (Атланта, штат Джорджия) попытались с помощью метода обратной генетики сконструировать потенциально пандемический вирус⁴. Таким образом были созданы различные комбинации штаммов H3N2 (вируса сезонного гриппа человека) и H5N1, выделенного в 1997 г. Действие искусственно созданных вирусов проверялось на хорьках, чья дыхательная система столь же чувствительна к вирусу гриппа, как и у человека.

Чтобы смоделировать распространение вируса среди людей, зараженных и неинфицированных искусственными реассортантами хорьков заключили в разные, расположенные поблизости клетки, допуская свободную циркуляцию вируса по воздуху. Выяснилось, что все созданные гибриды вирусов вызывали у животных сравнительно мягкое течение заболевания. Реассортанты с наружными белками вируса человеческого гриппа H3N2 и с внутренними белками птичьего гриппа H5N1 хорошо реплицировались в клетках зараженных хорьков, но не передавались их соседям столь же

³ Подробнее см.: Львов Д.К., Забережный А.Д., Алитер Т.И. Вирусы гриппа: события и прогнозы // Природа. 2006. №6. С.3–13.

⁴ Science. 2006. V.313. №5787. P.601–602 (США).

успешно, как природный штамм H3N2. А гибриды с потенциально более опасной обратной комбинацией белков не только не размножались так же хорошо, как исходный H5N1, но и не распространялись среди хорьков. В другом эксперименте таким гибридам (с наружными белками H5N1 и с внутренними — H3N2) давали время на мутацию, после чего ими заражали здоровых хорьков. Этот цикл повторяли еще четыре раза, но тем не менее вирус не стал трансмиссивным.

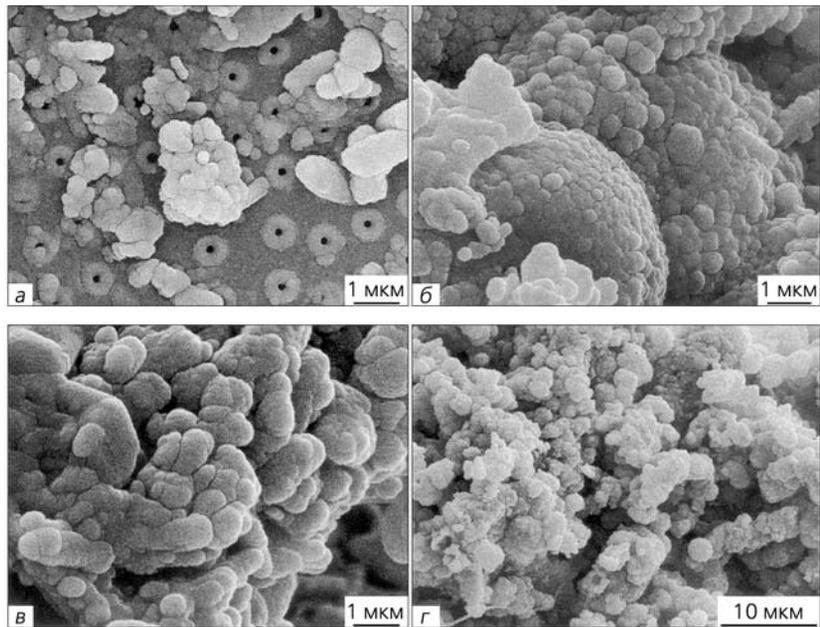
Таким образом, выяснилось, что реассортантам необходимо большее количество генетических изменений, чем считалось ранее. Однако ученые считают, что нельзя недооценивать опасность, связанную с распространением вируса птичьего гриппа, и в настоящее время проводят исследования по реассортации с другими штаммами H5N1 и разными штаммами человеческого гриппа.

© Шутова М.В.
Москва

Морская геология

Биоморфные образования в фосфоритах

Происхождение многих осадочных месторождений полезных ископаемых трактуется разными исследователями по-разному. Так, генезис фосфоритов поначалу связывали с массовыми заморами морской фауны, затем — с бактериальными процессами, с химическим осаждением фосфата кальция из морской воды, с биогеохимическими реакциями, вулканогенными процессами, с процессами диагенеза и постседиментационным перемывом осадков. Ученые, придерживающиеся микробиологической гипотезы, ставшей популярной благодаря своей простоте, считают, что микроорганизмы концентрируют фосфор из морской среды, а после их отмирания фосфор остается в осадке и накапливается до масштабов месторождения. В качестве основного аргумента приводится то обстоятельство, что в фосфоритах



Коллоидные и глобулярные выделения фосфата: а — сгустки фосфатного вещества на поверхности створки диатомовой водоросли (в центре снимка) в плотной конкреции; б — коллоидный фосфат (слева) в ассоциации с глобулярным в плотной конкреции; в — агрегат комковатого коллоидного фосфата и уплотненной конкреции; г — коллоидный фосфат в фосфатизированном копролите морского льва.

нередко присутствуют образования округлой, удлинённой, нитчатой и трубчатой форм, близкие по размеру и облику к широко распространённым микроорганизмам — бактериям, низшим грибам и синезеленым водорослям.

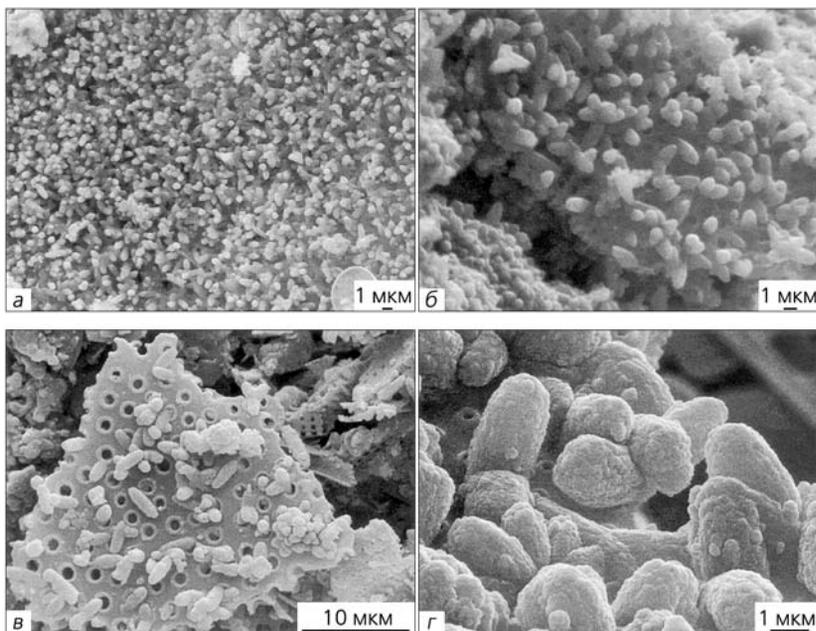
Эту микробиологическую гипотезу опровергают Г.Н.Батурин (Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН, Москва) и А.Т.Титов (Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск), поставив в связи с этим вопросы: насколько такие микроstructures действительно сопоставимы с бактериями; если их можно идентифицировать, то обладают ли они специфической функцией накопления фосфора; наконец, насколько широко эти гипотетические бактерии распространены в фосфоритах.

Используя наиболее совершенное электронно-микроскопическое оборудование, нейтронно-активационный и плазменный анализ, авторы исследовали биоморфные ультрамикроскопические частицы в современных фосфоритовых конкрециях из диато-

мовых илов шельфа Намибии, распространённые на глубинах 60—120 м, а также часто встречающиеся в тех же осадках нелитифицированные копролиты морских львов, колония которых обитает в этом районе. По химическому составу и те, и другие — типичные фосфориты с содержанием P_2O_5 до 28—33% (материал для анализа был собран во время рейсов научно-исследовательских кораблей «Академик Курчатов» и «Михаил Ломоносов»).

Было сделано около 100 электронных снимков микроstructures фосфоритов с четырьмя разновидностями фосфатных частиц: рыхлые, уплотнённые, плотные стяжения и слабо литифицированный копролит морского льва. Основное внимание авторы уделили описанию морфологии наиболее распространённых аутигенных фосфатных образований — сгустков неправильной формы, глобулярных и палочковидных частиц.

Частицы неправильной формы встречаются во всех типах изу-



Скопления удлиненных частиц фосфата: а — сплошная масса этих частиц в рыхлой конкреции; б — в поровом пространстве уплотненной конкреции; в — на поверхности обломка панциря диатомовой водоросли в той же конкреции; г — бугорчатое строение поверхности удлиненных частиц в той же конкреции.

ченных образований, но в слабо литифицированных стяжениях, содержащих значительную долю материала вмещающих осадков, они не образуют сплошных масс и рассеяны среди опалового детрита. Если в диагенетических фосфатных стяжениях частицы неправильной формы образовались, по крайней мере частично, за счет дегидратации первоначально сплошной колломорфной фосфатной массы, то в копролитах происходила фосфатизация уже образовавшихся ранее форм выделения биогенного материала, прошедшего через пищеварительный тракт.

Глобулярные частицы обычно имеют правильную шарообразную

форму, размером от менее одного до десятков микрометров в диаметре. Обычно они образуют агрегаты из тесно упакованных и частично слипшихся глобул разного диаметра; единичные частицы встречаются редко. Формирование глобул происходит за счет колломорфной фосфатной массы: сначала на ее поверхности формируются бугорки, которые по мере дегидратации геля обособляются в форме комковатых агрегатов и отдельных глобул.

Удлиненные (палочковидные) частицы имеют размер от >1 до 8—10 мкм и бывают столбчатыми, веретеновидными, реже гантелевидными. Встречаются иногда порознь в ассоциации с колломорф-

ным или глобулярным фосфатом или в виде скоплений правильной или произвольной формы, или в виде сплошной плотной либо пористой массы. В целом распределение таких масс неравномерно и не подчиняется какой-либо закономерности; в каждой конкреции есть участки, где эти частицы отсутствуют.

Нередко частицы одинакового или разного размера прорастают друг друга, а также образуют усеченные формы, вырастая из полостей на панцирях диатомей или прикрепляясь усеченным торцом вертикально по отношению к любому твердому субстрату.

Изредка в фосфоритах наряду с описанными частицами встречаются трубчатые и червеподобные образования различного размера и формы, вероятно, биогенного происхождения. Возможно, некоторые трубчатые формы — это остатки гигантских сульфидоксилирующих бактерий, населяющих верхний слой диатомовых илов.

Таким образом, преобладающая часть бактериоморфных частиц в современных фосфоритах относится не к биогенным, а к минеральным образованиям. В пользу этого мнения свидетельствует следующее: размер частиц варьирует в широких пределах (до 10 раз и более), тогда как бактерии одного вида имеют одинаковые размеры; частицы взаимно прорастают друг друга, образуют закономерные сростки и могут иметь усеченные формы, что характерно для минералов, но не для бактерий; частицы распространены крайне неравномерно: в одних образцах или их участках они образуют сплошные массы, в других полностью отсутствуют.

Океанология. Т.46. №5. С.754—758 (Россия).

«Ботанизирование с Линнеусом в ботанике»

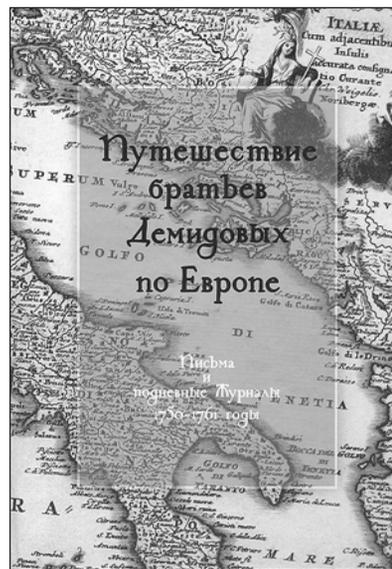
А.К.СЫТИН

кандидат биологических наук
Ботанический институт им.В.Л.Комарова РАН
Санкт-Петербург

Письма и журналы — 92 документа, адресованные Григорию Акинфиевичу Демидову (1715—1761) сыновьями Александром, Павлом и Петром, содержат разнообразные впечатления от увиденного в Европе и отчеты о занятиях.

Демидовы — знаменитый род, достигший высокого общественного положения в иерархии Российской империи благодаря уму, предприимчивости и энергии их крестьянских предков. Тульский уроженец Никита Антуфьев, возведенный Петром I в дворянское достоинство, был выдающимся предпринимателем, как и его сын Акинфий Никитич Демидов — промышленник-горнозаводчик. Акинфий первым начал добывать асбест и малахит в окрестностях Невьянского завода на Урале, где имел 17 железодельных и медеплавильных заводов. Он открыл богатые месторождения серебра и золота на Алтае, вскоре ставшие высокодоходным приобретением Кабинета императрицы. Первое серебро Кольванского рудника Елизавета Петровна пожертвовала на пышную гробницу, заключившую мощи Александра Невского в 1752 г. Тогда же внуки Акинфия Демидова стали студентами Горной академии во Фрейберге (Саксония), где в недрах Рудных гор некогда изучал геологию их дед. Кроме теории и опыта, он вывез из Германии ценнейший минералогический кабинет, и, дополнив эту кол-

лекцию сибирскими образцами, завещал ее Московскому университету. Избытки доходов от процветавших предприятий Демидовы вкладывали в благотворительность, создавая просветительские учреждения и научные проекты. Деловая хватка у некоторых представителей этой семьи сочеталась с трогательной любовью к растениям. Прокофий Акинфиевич Демидов (дядюшка авторов писем), изображенный на знаменитом портрете Левицкого в ночном колпаке и халате, указующим на основанный им Воспитательный дом, был славен не только филантропией и причудами, но и ботаническим садом, заложенным на склонах высокого берега Москвы-реки. Академик П.С.Паллас составил его научный каталог по поручению Демидова. Младший его брат Григорий Акинфиевич, отец странствующих юношей, благоустроив ботанический сад в Соликамске, тогдашней соляной столице Урала, процветавшей за счет торговых и промышленных путей, скрещивавшихся на рубеже Европы и Азии. В этом старейшем из ботанических садов России (основанном, по-видимому, в 1731 г.) наряду с оранжерейными экзотами выращивали редкие растения Сибири, Дальнего Востока и даже Северной Америки, открытые натуралистами Великой Северной (2-й Камчатской) экспедиции И.Гмелином, С.Крашенинниковым и Г.В.Стеллером. Демидовы сохранили материалы последнего землепроходца, ложно об-



ПУТЕШЕСТВИЕ БРАТЬЕВ ДЕМИДОВЫХ ПО ЕВРОПЕ. ПИСЬМА И ПОДНЕВНЫЕ ЖУРНАЛЫ 1750—1761 ГОДЫ. Под ред. Г.А.Победимовой.

М.: Индик, 2006. 511 с.

Строгановского училища и Демидовского лицея.

Молодые люди патриотичны в самом высоком значении этого слова. Они не забывают о родине и думают о ее будущем, в большой степени предвидя возрастающее значение Сибири. Время несостоявшегося визита братья с удовольствием провели, занимаясь «про себя русские книги читали. Мы весьма радуемся получить чрез оные пространнейшее знание о Сибири и Камчатке» (с.125). Во Франкфурте-на-Майне 11 октября 1756 г. «смотрели у доктора Эренрейх его собственный кабинет. Во-первых, прошли мы некоторые хорошие картины, а потом изрядную и великую коллекцию от раковин, улиток, различных деревьев, мраморов, друз, и очень многих от различных сортов руд и других камней, яко агатов, ясписов, гранат и проч. Сию колекцию получил он от господина Мартини, который с Гмелином в Сибирь ездил. От саморослых золотых руд имеется один кусок изрядной руды из Кольвани, а от саморослаго серебра были некоторые куски руд из Медведскаго острова» (с.107).

Непонятное слово «планты» от (planta — лат.) — растения, породило и другое — «плантомания», или страстное увлечение выращиванием редкостей в садах, а также гербаризация и создание коллекций. Эта распространенная болезнь в екатеринский век охватила Россию, но Демидовы значительно опередили это поветрие. В Англии они посетили многие из достойных внимания садов джентльменов в окрестностях Лондона, о которых упоминают кратко, но подробно описали Ботанический сад и гербарий Оксфорда, насчитывавший 20 тысяч листов. В отдельных репозиториях (хранилищах) находились коллекции самого Хэмфри Сибторпа (1713—1797), как и Чарлза Дюбуа, Роберта Морисона, Иоганна Якоба Диллениуса, а также Джона Жерарда «который не

только [гербарий. — А.С.] оставил, но и построил продолговатый дом на содержание в оном сушеных плант и принадлежащих к ботанике книг (а ныне и профессор Сибторп в оном живет), и еще 3 000 фунтов дал, чтоб из оных интересов профессору жалованье платить» (с.259). Интересно и упоминание о знаменитом ботаническом саду в Монпелье, где профессором тогда был корреспондент Линнея Франс Буассье де Соваж де ла Круа, читавший медицину студентам и очень благоустроивший сад. Однако Демидовых постигла и некоторая неудача: «Мы садовника в нем не застали, и тако велели чрез его подмастерья ему сказать, чтоб самых редких семян к нам прислал, но он сего не сделал, может быть, что в толь короткое время собрать их не мог» (с.207). География садов обнаруживает разнообразие источников, питавших собрания русских любителей растений иноземными редкостями.

Наконец прибыли в Швецию, в Упсалу: здесь братья намеревались учиться анатомии у профессора Самуэля Аурвиллиуса и, конечно, у архиатера Линнея, величайшего из ботаников.

5 марта 1761 г.: «Из сего Журнала видите, что мы у господина Линеуса ежедневно имеем 2 часа... имели вторую классу зверей, т.е. о птиц, и всех наилучших ботанических авторов, о каких материях ане наилучше писали и каких земель плант ане всех лутче описали, также объявил нам всех ботанических систем и которые наилучшие. Мы крайнее удовольствие и пользу от него имеем» (с.331). Очевидно, Линней излагал материалы, содержащиеся в двух первых разделах «Философии ботаники» (1751), — «Библиотека» и «Системы».

6 мая: «И тако остается нам толко господин Линеус, кой нас весьма просил здесь по крайней мере до начала предбудущего месяца остаться, ибо никаких плант не имели и только за несколько дней начинали у него

учиться описать плант и их имена в его «Systema Naturae» найти. До сих пор имели у него о птиц и инсектах [насекомых. — А.С.]. Я уповаю, что милостивый государь батюшка не погневаётся, что мы намерены до начала предбудущего месяца здесь остаться, дабы в ботанизирование с Линеусом в ботанике могли тем более научиться. Господин Линеус засвидетельствует вам нижайшей свой поклон и вас крайне благодарит за посуленные вами ему семена и себя счастливым почитается вашу иметь дружбу» (с.332).

Коллекционирование предметов натуральной истории было одним из действенных способов коммуникации в XVIII веке. Эта страсть преодолевала словесные барьеры, соединяя любителей природы невидимой нитью. Число корреспондентов крупных ученых достигало нескольких сотен человек, а у Линнея таковых были тысячи, но он, не жалея времени и средств, вербовал себе новых. Особенно он был заинтересован в упреочении контактов с Россией, и семейство Демидовых в этом отношении преуспело: «Мы здесь купили одну колекцию от 1200 инсект... притом же подарила нам госпожа де Мартевиль несколько сот разных изрядных инсект, того ради намерены купить хороший для оных шкап и их по Линеусовой системе ранжировать, а господин Линеус посулил не токмо нас в оном пособить, но так же и собрание наше, сколько ему возможно, комплеттировать. Понеже милостивый государь батюшка — великий охотник и знаток до всей натуральной гистории, то уповаем, что сия колекция вам не неприятной покажется, а тем более, что собрании инсект весьма редки, а гистория оных наичуднейшая и весьма полезна» (с.332). Григорий Акинфиевич поручил сыновьям приобрести и сочинения Линнея: «Господина Линеусовыя книги нами по вашему повелению куплены, выключая

некоих, которых донне достать не могли, но стараться будем их получить» (с.314).

20 мая: «От господина Линеуса также великую пользу имели и хотя не могли ботанику совершенно [т.е. в совершенстве. — А.С.] у него научиться, то однако ж такую от оной идею достали, что великое удовольствие от оной имеем. Завтра пойдем мы в первый раз с Господином Линеусом ботанизировать» (с.334).

Петр Демидов просит не прогневаться батюшку за финансовую помощь (200 медных талеров или 16 рублей), оказанную братьями соотечественнику: «Здесь находится один весьма бедной студент именем Норриус, который из России, здесь 4 лет медицину штудировал, весьма прилежен, и господин Линеус, каки многие другие, его хвалят, но ни денег, ни кафтана не имел» (с.334). Как следует из комментария (с.451), Кристоф Хоппиус напечатал в 1764 г. в Або диссертацию о пришествии на Русь варягов, и там же, спустя два года, издал вторую ее часть об эпохе Ярослава Мудрого.

Александр Григорьевич Демидов после смерти отца стал главой семьи и вел огромное хозяйство. В их числе семь заводов в окрестностях Перми и Екатеринбурга и дом в Петербурге (Гривцова, 1). На его сестре Наталье был женат знаменитый архитектор И.Е.Старов, который проектировал для него дом и усадьбу в Тайцах, а для Петра Григорьевича — усадьбу в Сиворицах. Таицкий самотечный водовод — уникальная гид-

ротехническая система, проект которой выполнили инженеры-гидротехники Ф.В.Бауер и Э.Карбонье, в 1770—1780-е годы поила пруды и каскады Царского сельского парка — «сии живые воды», воспетые Пушкиным и Ахматовой. Вопреки преданию, Таицкий водовод сооружен не на средства Демидова, а из государственной казны. Павел Григорьевич Демидов отказался от значительной доли наследства в пользу братьев и предался «философскому уединению» в своем имении Леоново на Юзе. Он путешествовал, неоднократно посещал Англию, где в 1765 г. купил партию клубней картофеля, стал почетным гражданином города Глазго (Шотландия), вместе с Н.М.Карамзиным посетил усадьбу Стробери Хилл. Павел Григорьевич вел обширную переписку с учеными, прежде всего с Линнеем. Лисицу-корсак из степей между р.Уралом и Иртышом в 12-м издании «Systema Naturae» (1768), как и несколько видов птиц, Линней дал по его материалам. Он собрал коллекцию, которую описал Г.И.Фишер фон Вальдгейм в четырехтомном издании «Museum Demidoff», учредил Ярославское училище высших наук (Демидовский лицей), жертвовал деньги на содержание бедных студентов и их заграничные командировки. Желая обеспечить Сибирь квалифицированными специалистами, он создал фонд для учреждения университета в Тобольске, и этот капитал составлял 190 тыс. рублей к 1881 г., когда первый сибирский университет открылся в Томске. Но особенно

щедр Демидов был к Московскому университету, где его коллекции демонстрировались в специальных помещениях особого естественно-исторического кабинета. Собрание Павла Демидова сгорело в пожаре 1812 г. Сохранилась только часть коллекции моллюсков, которая сейчас находится в Зоологическом музее МГУ.

Можно поздравить читателей с интересной книгой. Издательство «Индрик», специализирующееся на филологических трудах и в меньшей степени на мемуарной литературе, как всегда демонстрирует взыскательность в выборе текстов и высокую культуру их комментирования. Книга удачно иллюстрирована, хорошо подобраны портреты лиц, с которыми встречались Демидовы; к сожалению, отсутствуют портреты братьев и их родителей, хотя, забавная черта(!), существовал некогда семейный портрет четы Демидовых кисти Давида Людерса. Григорий Акинфиевич был изображен на фоне кабинета редкостей, а его супруга — на фоне сада. Роза, стоящая перед нею в горшке, имела 25 листьев, по числу прожитых в супружестве лет, пять увядших роз — число умерших детей, а пять свежих, которые жена протягивала мужу, — это живые дети (две дочери и трое сыновей), герои рецензируемой книги. Эта наивная аллегория в духе лубочных картинок как нельзя лучше свидетельствует, что приверженность патриархальной старине этой ветви Демидовых прекрасно сочеталась с любовью к просвещению. ■

Физика

К.А.Томилин. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ В ИСТОРИЧЕСКОМ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКОМ АСПЕКТАХ. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 368 с.

Фундаментальные физические постоянные — одни из важнейших элементов современной физической картины мира.

Книга посвящена истории возникновения и развития концепции фундаментальных физических постоянных, играющей центральную роль в современной физике. В первой части представлена история появления в физике таких постоянных, как скорость света, постоянная Планка, элементарный заряд. Во второй части рассмотрена история констант взаимодействий — гравитационной постоянной, постоянной Ферми, постоянной тонкой структуры и постоянной сильного взаимодействия. В третьей части анализируются происхождение терминологии, основные свойства фундаментальных постоянных, модели эволюции физических теорий с точки зрения фундаментальных постоянных, естественные системы единиц, основанные на фундаментальных постоянных. Четвертая часть посвящена основным научно-исследовательским программам XX в. с разными подходами к фундаментальным постоянным: попыткам введения новых фундаментальных постоянных, «пифагорейским» попыткам обоснования их численных значений, выявления возможной зависимости некоторых физических констант от космологического времени, антропной программе. Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся возникновением современной физической картины мира.

Океанология

В.П.Шевченко. ВЛИЯНИЕ АЭРОЗОЛЕЙ НА СРЕДУ И МОРСКОЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ В АРКТИКЕ. Отв. ред. А.П.Лисицын. М.: Наука, 2006. 226 с.

Атмосфера — один из каналов обмена и перераспределения вещества на Земле, содержащий взвешенные в воздухе частицы аэрозоля. Они оказывают существенное влияние на качество воздуха, видимость, разнообразные гетерогенные химические реакции и на климат. Аэрозолем называется совокупность мельчайших частиц или жидких капелек, взвешенных в газовой фазе. Морская поверхность представляет собой мощный источник специфического аэрозольного вещества. Генератором аэрозолей считаются пузырьки, возникающие при обрушении волн.

В книге на основании материалов, полученных в арктических экспедициях (1991—2005), и литературных данных обобщены результаты исследований влияния аэрозолей на условия среды и морское осадконакопление в Арктике. Описаны процессы эолового переноса и трансформации осадочного вещества от источников до мест накопления в донных осадках. Полученные данные могут быть использованы для оценки современного состояния экосистемы арктических морей, а также служить фоном для оценки возможного антропогенного воздействия на природу Севера.

Автор книги — кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физико-геологических исследований института океанологии им. П.П.Ширшова РАН. Круг его научных интересов включает исследование роли аэрозолей, снега, льда,

водной взвеси, потоков осадочного вещества в процессах осадконакопления.

История науки

В.В.Потапов, Э.А.Вангенгейм. ВОЗВРАЩЕНИЕ ИМЕНИ. АЛЕКСЕЙ ФЕОДОСЬЕВИЧ ВАНГЕНГЕЙМ. М.: Таблицы Менделеева, 2006. 152 с.

Профессор Московского государственного университета, организатор и первый руководитель Единой гидрометеорологической службы СССР Алексей Феодосьевич Вангенгейм (1881—1937) — наиболее яркая и в то же время драматическая фигура дворянского рода Вангенгеймов, представленного в гидрометеорологической службе России и СССР четырьмя поколениями династии, насчитывающей более 150 лет. Книга посвящена памяти выдающегося педагога и организатора науки.

Арест, а затем ссылка в Соловецкий лагерь особого назначения настигли Алексея Феодосьевича в расцвете творческих сил. Он был полон идей, которые собирался воплотить в жизнь для построения в СССР самой передовой гидрометеорологической науки в мире, для внедрения новых методов в систему народного образования и многого другого. В 1934 г. он был репрессирован, в 1937 г. расстрелян, а в 1956-м реабилитирован посмертно.

В книгу включены биографические сведения, выдержки из писем Вангенгейма с Соловков (1934—1937), а также письма к дочери, в которых он присылал для нее «учебные пособия».

Воспроизведены отдельные страницы истории гидрометеорологии России конца 19-го — начала 20-го столетия. Отражен взгляд «изнутри» на человеческие отношения в советской науке и в условиях лагерной жизни.

Минералогическая коллекция Александра I в Лозаннском музее

Е.Л.Минина,

кандидат геолого-минералогических наук

Государственный геологический музей им.В.И.Вернадского
Москва

Во многих старейших музеях России и Европы хранятся уникальные образцы и минералогические коллекции, подаренные членами российской Императорской фамилии. В Будапештском музее естественной истории хранится коллекция Александры Павловны (1783—1801) — сестры Александра I [1].

В геологическом музее Лозанны — дворце де Рюмин — экспонируется довольно значительная коллекция минералов. Александр I подарил ее своему давнему другу и учителю Фредерику Сезару де Лагарпу, который был его воспитателем и наставником в детские годы. Приглашенный в Россию императрицей Екатериной II в 1783 г. в качестве воспитателя и наставника великих князей, Лагарп сумел стать для Александра не только учителем, но и близким другом. Будучи наставником наследника до 1795 г., Лагарп оказал очень большое влияние на его личность. Покидая Россию, он по просьбе Александра составляет «Наставления», в которых излагает свои взгляды и принципы управления государством.

Вернувшись на родину, Лагарп занимается естественными науками — химией, минералогией, тесно сотрудничает с известными учеными, в том числе с Рене Гаюи. Его беспокоит состояние дел в швейцарской академии наук, в своем письме

1805 г. к Александру I он пишет: «...у Академии нет ни инвентаря, ни коллекций, относящихся к естественной истории, Россия столь богата минералами, что было бы достойным похвалы поделиться с нами частичкой лишнего, будем очень признательны, и, в свою очередь, мы собрали бы то, что есть в наших горах. Признаю, что мое желание не покажется Вам из разряда тех, которые нельзя выполнить» [2]. Так впервые Лагарп обращается с просьбой к Александру I о передаче коллекции русских минералов.

В 1819 г. Александр I обращается к Лагарпу с просьбой сопровождать Великого князя Михаила в его путешествии по Италии. Во время их пребывания в Неаполе министр внутренних дел этой страны дарит Лагарпу две этрусские вазы необыкновенной красоты и огромной ценности.

«Господин Де Лагарп принял столь ценный подарок с большой признательностью и посчитал необходимым передать его музею Санкт-Петербурга, преподнеся его Императору. Тот, в свою очередь, спросил своего уважаемого друга, каким образом он мог бы возместить такое пожертвование. Господин Де Лагарп ответил, что нет для него более желанного подарка, чем коллекция минералов России» [3].

В Российском историческом архиве сохранилось описание этой вазы и рисунок, выполнен-



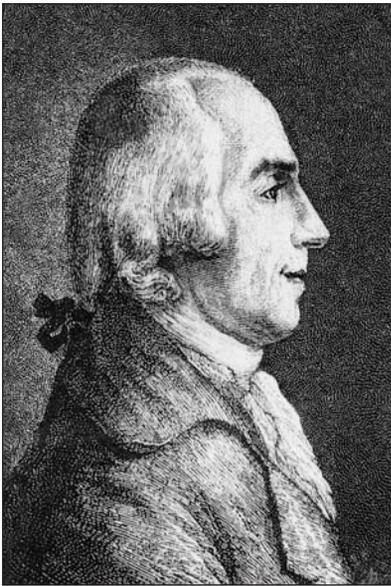
Великий князь Александр Павлович в отрочестве. Неизвестный художник, около 1790 г.

ный министром финансов графом Д.А.Гурьевым.

«Рим, 10 апреля 1819 г.

Ваза, о которой я имел честь говорить с Вами, отправлена морем: вот ее описание.

Я осмеливаюсь обратиться к Вашему Императорскому Величеству с письмом, чтобы переправить эту посылку, соблюдая осторожность. На упаковке поставлена почтовая печать. Надеюсь, что она придет в хорошем состоянии. Капитан корабля поставил ее в свою каюту. Мне приятно думать, что этот итальянский сувенир украсит ваш кабинет. Примите уверения в моем совершенном



Фредерик Сезар де Лагарп
(1754—1838).

почтении и преданности. Мы рассчитываем отправиться 14 к Лагарпу.

Описание этрусской вазы.

Она была найдена в провинции около Неаполя. Как и другие вазы большого размера, она была разбита, но стараниями компетентного археолога, который руководил раскопками,

она была реставрирована путем склеивания отдельных античных фрагментов; основание вазы было сделано заново. Ее высота около 3 футов, форма изящная.

По своим пропорциям, размерам и месту находки она относится к тому типу этрусских vaz, которые встречаются в больших долинах.

В ее верхней части, на стороне, имеющей название парадной, изображен Аполлон с лирой, рядом с ним человек, протягивающий ему венок, — символ победы. Так как у него нет крыльев, его нельзя считать божеством. Он может быть одним из тех, кто присутствовал на споре между Аполлоном и Марсием и должен был участвовать в решении спора. Бородатый Марсий, совершенно уничтоженный, помещен внизу.

На горлышке вазы изображено крылатое божество, играющее с ланью у маленького алтаря. Возможно, художник хотел восхвалить Феба-победителя, покровителя искусства и бога охоты. С другой стороны художник изобразил другой сюжет: обнаженный Орест, потерявший свои одежды, наверху сле-



Князь П.М.Волконский (1776—1852).

ва — божество с факелом. Рядом с Орестом — страдающий Пиллад. Ваза украшена немного небрежным орнаментом, обычным для vaz этого типа и возраста» [4. Ф.519. Оп.1.Д.893.Л.25].

Точное местонахождение этрусской вазы неизвестно. Вероятно, она хранится в одном из музеев Санкт-Петербурга.

Александр I отдает распоряжение как можно скорее собрать полную коллекцию российских минералов. Из письма начальника главного штаба Его Императорского величества князя П.М.Волконского министру финансов Гурьеву от 1 мая 1819 г.: «Его Императорское Величество, желая отдарить г-ну Лагарпу за сей подарок, повелеть соизволил заготовить полное собрание минералов наших для отправления оных к нему...» [4. Ф.37. Оп.11. Д.135].

12 мая 1819 г. из департамента горных и соляных дел директором Евграфом Печниковым было отправлено письмом в комитет горного кадетского корпуса с приказом о немедленном составлении полной коллекции российских минералов, а в октябре 1819 г. горный кадетский корпус уже рапортовал о готов-



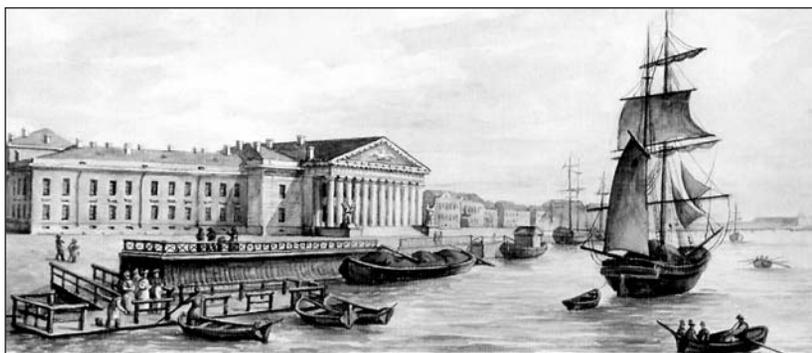
Дворец де Рюмин. Лозанна, Швейцария.

ности коллекции. Из письма Мечникова Александру I: «Такое собрание из 791 куска ныне приготовлено Горным кадетским корпусом, частью из минералов, собранных казенной экспедицией, посланной за счет капиталов Горного ведомства, а частью по покупке у частных людей, чтобы не разорять собрания, необходимого собственно для Горного корпуса... Все полученное собрание стоит 5 тысяч рублей» [4. Ф.37. Оп.11. Д.135].

Летом 1819 г. Горным кадетским корпусом была организована специальная экспедиция под руководством геолога Якова Мора, которая собрала 600 образцов минералов. Мор был также известен как владелец копей на Урале и в Сибири. На среднем Урале в районе Шайтанки в 1815 г. были заложены промышленные копи Мора, из которых добывали розовый турмалин, зеленоватый кварц и воробьевит.

Составлением каталога коллекции занимался будущий академик, хранитель Минерального кабинета Горного кадетского корпуса Дмитрий Иванович Соколов (1788—1852).

Из письма командира Горного кадетского корпуса Петра Медера в департамент горных и соляных дел 26 января 1820 г.: «Комитет Горного кадетского корпуса препровождает при сем описание на французском языке, таковой коллекции российских ископаемых, составленное главным смотрителем корпусного кабинета Обер-гиттенфервальтером 8-класса Соколовым, и закрытой им в 5-ти ящиках под литерами L и H, имея честь при сем донести, что в состав оной коллекции вошло: солей 68 кусков, камней 354, металлов 411, горючих 13 и горных пород 175. Итого 1021, в том числе две полных коллекции, из числа доставленных Мором, каждая по 300—600 кусков... из собрания горного кадетского корпуса и купленных у частных людей — 421 кусок. Вся же вышеозначенная коллекция обошлась в 5000 рублей» [4. Ф.37. Оп.11. Д.135].



Горный кадетский корпус. Санкт-Петербург.

Расходы горного ведомства были компенсированы из средств собственного кабинета Александра I.

Отправка готовой коллекции в Швейцарию была поручена родственнику Лагарпа купцу Николаю Бетлингу, проживавшему в Петербурге на Английской набережной.

Коллекция минералов была получена Лагарпом летом 1820 г. 3 сентября того же года он отправляет Александру I письмо с благодарностью:

«Государь, я только что получил минералы из России, которые Ваше императорское величество по доброте своей принесло мне в дар. Моя признательность тем выше, что теперь у меня есть возможность организовать народное образование на моей родине, поместив эту коллекцию в нашем музее естественной истории, где она послужит для уроков минералогии. Такая прекрасная коллекция должна быть оценена по заслугам, я также надеюсь, Государь, что Вы одобрите то, как я ею распоряжусь» [2].

Образцы в коллекции представляют более чем 100 российских местонахождений, среди которых преобладают месторождения главных горнорудных районов России: Урала, Алтая и Забайкалья.

Ко второй, самой многочисленной группе образцов в коллекции относятся «камни». Это в основном цветные и поделоч-

ные камни и породообразующие минералы: разновидности кварца, нефрит, гранаты, топаз, берилл, турмалин, лазурит, везувиан, ставролит, полевые шпаты, амфиболы, пироксены, слюды. Разновидности кварца представлены 90 образцами, здесь и аметист Олонецкого края и Мурзинки (Урал), горный хрусталь из пегматитов Липовки и уральский дымчатый кварц, а также ряд образцов аметиста в виде сростков кристаллов и жеод знаменитого Волк-острова. В коллекции достаточно полно представлены яшмы Урала и Алтая: пейзажные орские, зелено-черные кундравские и калканские, коргонские и ревневские; прибайкальский лазу-



Е.И.Мечников (1817—1824).

рит и нефрит, драгоценные камни Урала.

Большой раздел коллекции посвящен рудам. Здесь присутствуют руды железа, меди, серебра, свинца, цинка, хрома, минералы титана, самородное золото, серебро и медь из главных рудных районов того времени. Самая большая часть рудной коллекции представлена уральскими рудами, в которых важное место составляют минералы железа: магнетит, гематит, лимонит Нейвы, Кушвы, Миасских приисков. Есть здесь и образцы

самородной меди и медных руд Уральского региона: Полевского, Гумешевского, Турьинских рудников, самородного золота из Березовска.

Широко представлены в этой коллекции знаменитые серебряно-свинцовые и золоторудные месторождения Алтая: Змеиногорское (золото, серебро, галенит), Николаевский рудник (галенит, серебро, опал), Риддерский (серебро), Салаирский (серебро).

Один из разделов коллекции посвящен горючим ископаемым

и органическим соединениям: это образцы угля, горючих сланцев, торфа, графита из северо-западного региона России. В коллекции представлены основные типы горных пород Урала, Карелии и Прибайкалья.

Коллекция российских минералов, подаренная в 1820 г. Фредерику де Лагарпу, сохранилась в полном объеме до наших дней и экспонируется в Лозаннском музее естественной истории, являясь вещественным свидетельством связей России и Швейцарии. ■

Литература

1. *Weiszburg T.G., Papp G.* The Alexandra Pavlovna collection, an 18th century russian collection part of the Eotvos university collection. Budapest, 1995 // Abstracts of the International Symposium on the History of Mineralogy, Mineralogical Museum, Gemology, Cristal Chemistry and Classification of Minerals. St. Petersburg, 1995.
2. *Meisser N.* The mineralogical collection of the geological museum of Lausanne, Switzerland. Acta mineralogica-Petrographica, Szeged, XXXVII, 1996.
3. *Chavannes D.-A.* // Journal de la Societe vaudoise d'utile publique, Lausanne. T.IX. 1841. P.100—111.
4. Российский государственный исторический архив (РГИА).

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
М.В.КУТКИНА

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: 119049,
Москва, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 16.04.2007
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 154
Набрано и сверстано в редакции

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