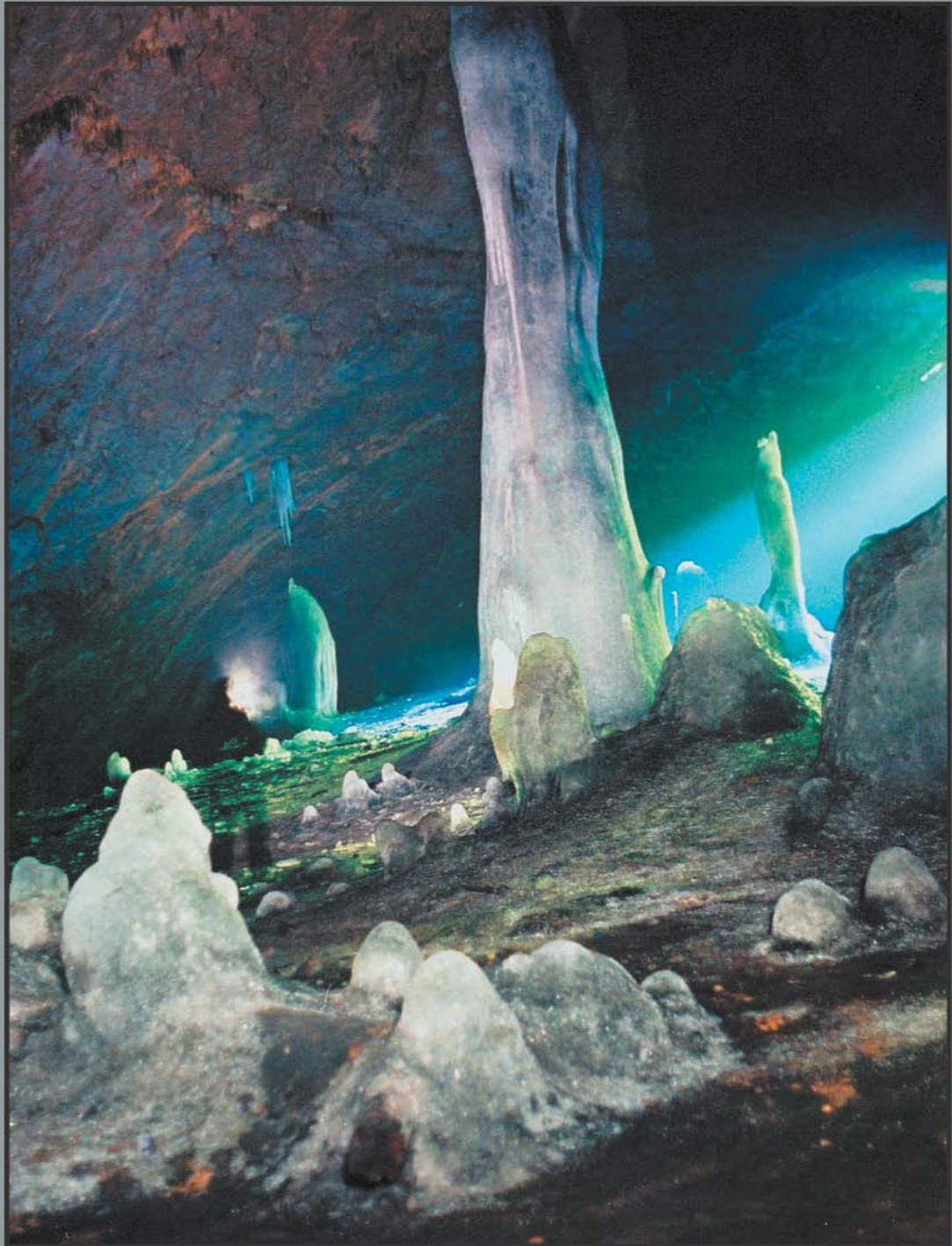


ПРИРОДА

11 06



В НОМЕРЕ:

- 3 Голубовский М.Д., Вайсман Н.Я.**
Парадоксы генов рака у дрозофилы
Ранее считалось, что рак возникает в результате повреждения нескольких генов. Однако исследования на дрозофиле доказывают, что мутация одного гена может привести к опухоли, развитие которой связано с нарушением дифференцировки клеток.

- 11 Волинский А.Л.**
Эффект Ребиндера в полимерах
Адсорбционно-активные вещества, если их нанести на поверхность твердого тела, могут резко снизить работу разрушения при растяжении. В полимерах этот эффект проявляется весьма своеобразно.

- 19 Ильичев В.Г., Семин В.Л.**
Азотный «диабет» Азовского моря
До сооружения водохранилищ на реках Дон и Кубань в Азовском море азота содержалось в 10 раз больше, чем фосфора. В 1980-х годах азот стал еще избыточнее. Каков же механизм возникновения этого азотного «диабета»?

- 25 Грунина А.С., Рекубретский А.В.**
Андрогенез у рыб, или Только из мужского семени
Это редкий даже в природе способ размножения. Вызванный искусственно, он может способствовать сохранению редких и исчезающих видов, если от них сохранилась только замороженная сперма.

- 32 Ляхницкий Ю.С.**
Судьба российских пещер – геологических памятников природы

Научные сообщения

- 43 Басов И.А., Рубаник Н.К.**
Очередная попытка пробурить океанскую кору
 206-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»

- Савельев С.В., Алифанов В.Р.**
О головном мозге и биологии тираннозаврид (45)

- Викторов А.Г.**
Трансгенные растения и почвенная биота (47)

Заметки и наблюдения

- 52 Уфимцев Г.Ф.**
Нанкинские камни

- 55 К 100-ЛЕТИЮ ЭТТОРЕ МАЙОРАНИ**
Заславский О.Б.
Квантовая механика судьбы (56)

- 64 Калейдоскоп**
«Рай для биологов» (64). Везувий угрожает Неаполю (64). Удручающее состояние Великих озер (64). Сейсмический толчок от айсберга (64). Путешествие к истоку Нила (64).

- 65 Пийп В.Б.**
Человек, отдавший жизнь Камчатке
 К 100-летию со дня рождения Б.И.Пийпа

- 74 Новости науки**
*Продлен проект SOHO (74). Странности в распределении галактик. **Вибс Д.З.** (74). Озера на Титане (75). Двойной вихрь на южном полюсе Венеры (75). Как выявить «горячие» темы в физике? (76). Повышенная пластичность углеродных нанотрубок (76). Светодиоды живут долго и «умирают» медленно (76). Молекула-мотор (77). В подражание геккону (77). Спиновый транзистор против обычного (78). Эволюция растительности у ящериц. **Семенов Д.В.** (78). Каннибализм у ложной кобры (79). Необычная камбала из прикурильских вод. **Орлов А.М.** (80). Мониторинг китовых акул (80). Ветер порождает акустические волны (81). Уроки цунами (81). Механизм Калининградского землетрясения (81). Снова о колебаниях климата. **Померанец К.С.** (82). Останки первых африканских рабов найдены в Мексике (83). 200 лет кругосветки Крузенштерна. **Кеерус Л.** (83).
 Коротко (10, 42)*

Рецензии

- 84 Гиляров А.М.**
Одержимые глубиной

- 88 Новые книги**

В конце номера

- 90 Сорокина М.Ю.**
Недруги и покровители гомеопатии

- Лебедев К.А.**
Гомеопатия сегодня
 Вместо комментария (94)

CONTENTS:

3 Golubovsky M.D., Vaisman N.Ya. **Paradoxes of Cancer Genes in Drosophila**

Previously it was believed that cancer arises as a result of mutation of several genes. But studies on drosophila proved that mutation of a single gene could induce formation of tumor associated with cell differentiation disorder.

11 Volynskii A.L. **Rebinder's Effect in Polymers**

Absorption-active substances deposited on surface of solid can sharply reduce destruction work during stretching. In polymers this effect is expressed rather specifically.

19 Il'ichev V.G., Semin V.L. **Nitrogenous «Diabetes» of Sea of Azov**

Before construction of reservoirs on rivers Don and Kuban the Sea of Azov contained 10 times more nitrogen than phosphorus. During 1980th nitrogen became even more excessive. What is the mechanism of this nitrogenous «diabetes» formation?

25 Grunina A.S., Rekubratsky A.V. **Androgenesis in Fishes, or from Male Semen Only**

This modus of reproduction is rare even in nature. Artificially induced, it can facilitate conservation of rare and endangered species if only their frozen sperm is available.

32 Lyakhnitsky Yu.S. **Destiny of Russian Caves – Geological Memorials of Nature**

Scientific Communications

43 Basov I.A., Rubanik N.K. **A New Attempt to Drill through Oceanic Crust** 206th Expedition of «JOIDES Resolution»

Savel'ev S.V., Alifanov V.R. **On Cerebrum and Biology of Tyrannosaurides (45)**

Viktorov A.G. **Transgenic Plants and Soil Biota (47)**

Notes and Observations

52 Ufimtsev G.F. **Nankin Stones**

55 TO THE CENTENARY OF ETTORE MAIORANA **Zaslavsky O.B.** **Quantum Mechanics of Fate (56)**

64 Kaleidoscope Biologist's Heaven (64). Vesuvius Endangers Naples (64). Deplorable State of Great Lakes (44). Seismic Shock from Iceberg (64). Expedition to the Origin of Nile (64).

65 Piip V.B. **A Man Who Devoted His Life to Kamchatka** To the Centenary of B.I.Piip

74 Scientific News Mission SOHO Is Extended (74). Oddities in Distribution of Galaxies. **Wiebe D.Z.** (74). Lakes on Titan (75). Double Vortex at the South Pole of Venus. (75). How to Reveal «Hot» Topics in Physics? (76). Enhanced Plasticity of Carbon Nanotubes (76). Light-emitting Diodes Live Long and Deteriorate Slowly (76) Single Molecule Motor (77). Imitating Gecko (77). Spin-driven Transistor Against Ordinary (78). Evolution of Herbivorousness in Lizards. **Semenov D.V.** (78). Cannibalism of False Cobra (79). Unusual Flounder from Near-Kuril Waters. **Orlov A.M.** (80). Monitoring of Whale Sharks (80). Wind Generates Acoustic Waves (81). Lessons of Tsunami (81). Mechanism of Kaliningrad Earthquake (81). Once Again on Climate Oscillations. **Pomeranets K.S.** (82). Remains of the First African Slaves Found in Mexico (83). Two Hundred Anniversary of Krusenstern's Circumnavigation. **Keerus L.** (83). In Brief (10, 42)

Book Reviews

84 Ghilarov A.M. **Enchanted by Depth**

88 New Books

In the End of Issue

90 Sorokina M.Yu. **Opponents and Patrons of Homeopathy**

Lebedev K.A. **Homeopathy Today** Instead of Comment (94)

Парадоксы генов рака у дрозофилы

М.Д.Голубовский, Н.Я.Вайсман

Светлой памяти К.Б.Соколовой*

Известно, что проблема канцерогенеза не нова. Ею занимаются уже много лет, и за это время было высказано множество гипотез, объясняющих появление опухолевых клеток. Но окончательного ответа на этот вопрос до сих пор нет.

В 2005 г. английский генетик Г.Харрис, который еще в 1969 г. предсказал наличие в геноме млекопитающих генов онкосупрессоров, т.е. ответственных за подавление злокачественного деления, опубликовал статью «Волны моды в исследовании рака». В ней он прослеживает, как примерно каждые 10 лет то или иное открытие, тот или иной подход объявлялись решающими в столкновении причин рака. Появлялась иллюзия, что проблема рака вот-вот будет окончательно решена. Но искушение и соблазн проходили,

* Ксения Борисовна Соколова (1946—1996) — талантливый генетик и историк биологии. Изучала действие гена *Igf*, мутации которого у дрозофилы и других животных приводят к злокачественным опухолям. Впервые установила распространение в популяциях дрозофил разных летальных аллелей этого гена и адаптивность их носителей при температурных стрессах. Автор книги «Развитие фенотипики в первой половине XX века» (М., 1998).

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



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



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

и вслед за этим возникала другая мода**.

** Заметим, элемент моды в науке сам по себе не одиозен. В конце концов, мода связана со стремлением к новизне, красоте и сопровождает человека тысячелетия. Даже в природных популяциях дрозофилы обнаружена «мода на мутации». Вот и пришествие в 2005 г. грозного штамма вируса гриппа H5N1 в определенном смысле есть повторение «моды» образца 1918 г. (H1N1).

Анализируя их смену во времени, Харрис аргументирует, что причина рака вовсе не в прямом действии онкогенов, не в мутациях клеточного цикла, не сводится полностью к повреждению генов-супрессоров опухолей, и, наконец, рак не возникает как прямой ответ на генетические повреждения генома или в ходе запуска апопто-

за — запрограммированной смерти клеток. Харрис указывает на неизбывную трудность в поиске первопричин рака: опухоль — это динамически меняющаяся популяция разнородных клонов. Именно поэтому до сих пор неясно, какие свойства раковых клеток первичные, а какие вторичные, что служит причиной, а что — следствием.

Харрис приходит к выводу, что истоки опухолевого роста связаны с мутациями, блокирующими ключевые ступени специализации клеток и тканей. Рак — следствие ошибок дифференцировки, в пользу чего получено множество данных в исследованиях на дрозофиле. Здесь, заключает он, «проведен наиболее тонкий анализ канцерогенеза по сравнению с любым другим организмом, и для меня загадка, почему эти кардинальные работы на дрозофиле не были достаточно оценены исследователями рака» [1]. Попробуем ее разгадать.

Летали, генетика развития и рак

У дрозофилы летальную злокачественную опухоль впервые детально описала Э.Гатефф в 1969 г. [2]. Она показала, что опухоль развивалась в результате появления одной рецессивной мутации гена *l[2]gl* (*lethal giant larvae* — летальные гигантские личинки), далее обозначенной как *lgl*. Сама эта мутация уже была известна. Ее впервые нашли еще в 1930 г. в лаборатории Т.Моргана (нашли, но не изучали). Объектом исследования мутация *lgl* стала лишь спустя семь лет. Тогда швейцарский эмбриогенетик Э.Хадорн (1902—1976) решил детально изучать разные летальные мутации у дрозофил в плане их биологии развития и фенотипики [3]. Он попытался проследить, на какой стадии и почему у гомозигот по леталиям останавливается развитие и можно ли мутантов как-то спасти от гибели.

Летальные мутации разных генов различались по стадии преимущественной гибели и по тому, какие ткани и органы повреждались у их носителей. Главным объектом своих экспериментов Хадорн взял ген *lgl*.

В норме цикл развития дрозофил от яйца до вылета взрослых мух занимает 10 дней. Но у гомозигот *lgl*-мутантов оно застывало на стадии личинок. Они росли, увеличиваясь в длину почти в два раза, и, наконец, будучи неспособны превратиться в куколку (метаморфоз), погибали через две недели. Хадорн установил, что мутация *lgl* приводила ко множественным повреждениям разных систем органов. Подсадка мутантам кольцевой железы из мозга обычных личинок частично нормализовала развитие, они претерпевали метаморфоз и превращались в куколок. Кольцевую железу биологи открыли давно, но не ведали ее функции. На основе

опытов Хадорна впервые стал ясен функциональный смысл этого органа в развитии насекомых — синтез экдизона, гормона метаморфоза [3]. Далее исследователи, наблюдая у мутантов политенные хромосомы слюнных желез, смогли под микроскопом проследить, как импульсные выбросы гормона вызывают каскадные всплески активности генов, приводя к метаморфозу.

Еще в 1960-е годы Хадорн разработал метод подсадки имгинальных дисков личинок (зачатков органов взрослой мухи) в брюшко дрозофил и их длительного культивирования путем пересадок. Так он открыл феномен переопределения судьбы имгинальных дисков, трансдетерминацию, — загадочный и по сию пору. Выбор Хадорном в качестве модели гена *lgl* оказался плодотворным, независимо от того, был ли он чистой удачей или даром исследо-



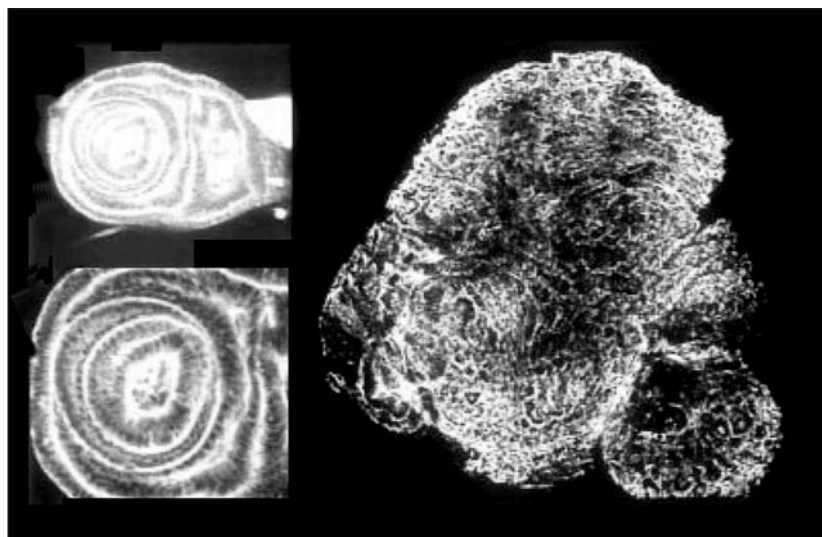
Э.Гатефф во время 3-й Международной конференции «Гены опухолевых супрессоров у дрозофилы и их гомологи у человека». Германия. 1998 г. Рядом М.Голубовский.

вателя, способного задать нужный вопрос. В аспекте феногенетики ген *lgl* среди всех известных у животных леталей, пожалуй, лидирует по важности и изученности на молекулярном, цитологическом, организменном и популяционном уровнях (с ним может сравниться лишь ген короткохвостости у мышей).

Эстафету Хадорна в изучении гена *lgl* и приняла Гатефф. Как уже говорилось, в 1969 г. она нашла новый летальный вариант *lgl* и установила, что мутанты погибли от злокачественного перерождения (неоплазии) клеток имагинальных дисков и нейробластов, предшественников нервной ткани мозга. Все виды этих клеток проявляли отличительные признаки опухолей животных и человека: автономность делений и разрастание ткани, их дезорганизацию и способность к метастазам при их трансплантациях взрослым мухам. Мутантные клетки из опухолей имагинальных дисков и мозга личинок при пересадках в брюшко взрослой мухи разрастались, давали метастазы, и дрозофила погибала спустя пять дней.

Это открытие инициировало работы по канцерогенезу на дрозофиле. К 1978 г. нашли уже 12 онкогенных мутаций, поражающих имагинальные диски личинок, нейробласты, мозг и кровоторную систему [4]. В 1985 г. ученики и последователи Хадорна — В.Гилберт и В.Мак-Гиннес — клонировали ген *lgl* [5]. Тогда же они открыли структуру гомеозисных генов, контролирующую образование сегментов тела у всех беспозвоночных и позвоночных животных. Нормальную копию гена *lgl* присоединили к мобильному элементу и вставили в геном мутантов. У таких мух опухоли не возникали, развитие шло нормально. Значит, утрата функции гена *lgl* и есть первопричина образования опухолей у мутантов.

Ген *lgl* эволюционно консервативен. Его гомологичные ко-



Имагинальный диск дрозофилы. В норме (слева) эпителиальные клетки концентрически упорядочены (увел. 25 и 50). У *lgl*-гомозигот (справа) архитектура диска нарушается, и эпителиальные клетки разрастаются в бесформенную массу (увел. 25).

пии обнаружены у дрожжей, разных животных, в том числе у человека. Недавно в изящном опыте гомолог гена *lgl* человека пересаживали мутантным мухам, и они выживали, будучи свободными от опухолей! Мутации этого гена найдены в более чем 70% карцином (опухолей эпителиальных тканей) и почти во всех исследованных случаях меланомы (рака кожи). Гены-гомологи *lgl* сохраняют сходную функцию опухолеродности у эволюционно далеких видов.

До работ Гатефф большинство исследователей разделяло представление (и до сих пор его придерживается), что рак всегда возникает в результате повреждений многих генов. Однако данные на дрозофиле свидетельствовали, что мутация одного гена способна привести к опухоли. Когда же опухолевые гены у дрозофилы были клонированы, это только добавило скепсиса. Ибо они по своему молекулярному облику не входили в уже известный «джентльменский набор» онкогенов и онкосупрессоров у млекопитающих. Правда, сходные (гомологичные) гены из этого набора были найдены

и у дрозофилы, однако их мутации не вели прямым образом к раку или летальности. Гатефф впервые сделала важное концептуальное заключение, что моногенное повреждение, приводящее к опухоли, прямо или косвенно связано с «установлением и поддержанием состояния дифференцировки» [2, 4].

Сегодня очевидно, что анализ канцерогенеза у дрозофилы облегчается рядом ее особенностей как объекта. Во-первых, опухоли у дрозофилы по преимуществу изучаются в эмбриональных и личиночных тканях, т.е. в популяциях клеток, подобных по своему статусу региональным взрослым стволовым клеткам млекопитающих и их дочерним клеткам-предшественницам (или *прогениторным*), которые дифференцируются в разные клеточные типы. Во-вторых, появление опухолей и поддержание их роста не зависит от возникновения разветвленного кровотока в опухолевой ткани (что столь важно у млекопитающих), ибо органы дрозофилы как бы купаются в питающей их гемолимфе. В-третьих, имеется большая библио-

тека клонированных генов дрозофилы и разработаны тонкие генетические методы, в том числе для получения мозаичных особей, у которых меченые опухолевые клетки существуют рядом с нормальными. Так что выбор дрозофилы для анализа канцерогенеза приближает к его истокам [6].

К настоящему времени у дрозофилы найдено более 40 генов, утрата функции которых приводит к опухолям в том или ином органе. Эти опухоли делят на доброкачественные и злокачественные. В первом случае наблюдается опухолевое разрастание клеток, которые не утрачивают полностью своей формы и не дают метастазы, однако их дифференцировка нарушается. Мутации эти, как правило, летальны. У злокачественных опухолей (*неоплазий*) резко меняются форма, адгезионные свойства и архитектура клеток, а при пересадках возникают метастазы. Удивительно, что мутации *lgl* приводили к опухолям разных типов тканей: всех форм эпителия, а также нейробластов.

Ген *lgl* (и еще два сходных гена, обнаруженные во всем гено-

ме дрозофилы) относится к совершенно новому типу онкосупрессоров, не известных ранее у млекопитающих. Его белковый продукт, найденный в цитоскелете, мембране и цитоплазме клеток, вовлечен в две разных функции: *структурную* — установление и поддержание клеточной полярности; *динамическую* — участие в сигнальных путях, контролирующих деление клеток и их специализацию.

Молекулярные биологи и биоинформатики обнаруживают большое структурное сходство многих жизненно важных генов у разных организмов. Для понимания их роли в деятельности всей клетки в целом предложен подход, названный *генетической онтологией* (онтология — учение о сущем). Согласно этому подходу, различают три ипостаси генного действия — молекулярную функцию, клеточные компоненты и биологические процессы. Онтологический спектр гена *lgl* оказался весьма широк.

Молекулярная функция: связывание с цитоскелетными белками типа миозинов; белок-белковые контакты. Локализация

и клеточные компоненты: цитоскелет; мембрана цитоплазмы; оболочка клеток; межклеточные контакты; экзоцитоз и транспорт белков через везикулы (пузырьки) или синапсы в зонах нервно-мышечных контактов. Биологические процессы: асимметричная локализация белков в цитоплазме и на мембране клеток; установление и поддержание полярности в эпителии и нейробластах; морфогенез эпителиальных тканей, их архитектура; сборка белковых комплексов в зонах межклеточных контактов; торможение (супрессия) деления клеток; сигнальные пути (генные сети), которые определяют деление стволовых клеток и их специализацию. Теперь проследим, как утрата функции гена *lgl* приводит к возникновению опухолей.

Архитектоника клеток, деления и рак

Известный исследователь динамической морфологии клеток Ю.М.Васильев определил клетку как архитектурное чудо и воспользовался удивительной метафорой — «разум цитоскелета» [7]. Кто первый употребил термин «цитоскелет»? Еще в начале века русский биолог Н.К.Кольцов на основании большой серии опытов по изучению свойств жгутиков сперматозоидов пришел к выводу, что в клетке есть скелетные структуры. Однако термин «цитоскелет» широко распространился только в последние два десятилетия. Первоначально предполагалось, что цитоскелетные нити образуют опорный каркас клетки.

Цитоскелет несомненно выполняет эту роль, но это лишь одна из многих функций этих структур в клетке. Он, в отличие от обычного опорно-двигательного аппарата организма, во-первых, непрерывно преобразуется и перестраивается в процессе движения и деятельности клетки; во-вторых, вкуче с мембраной клетки выполняет клю-

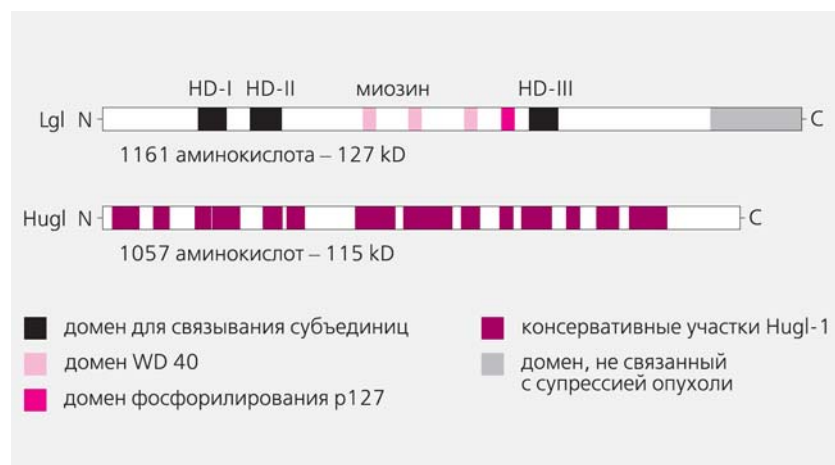
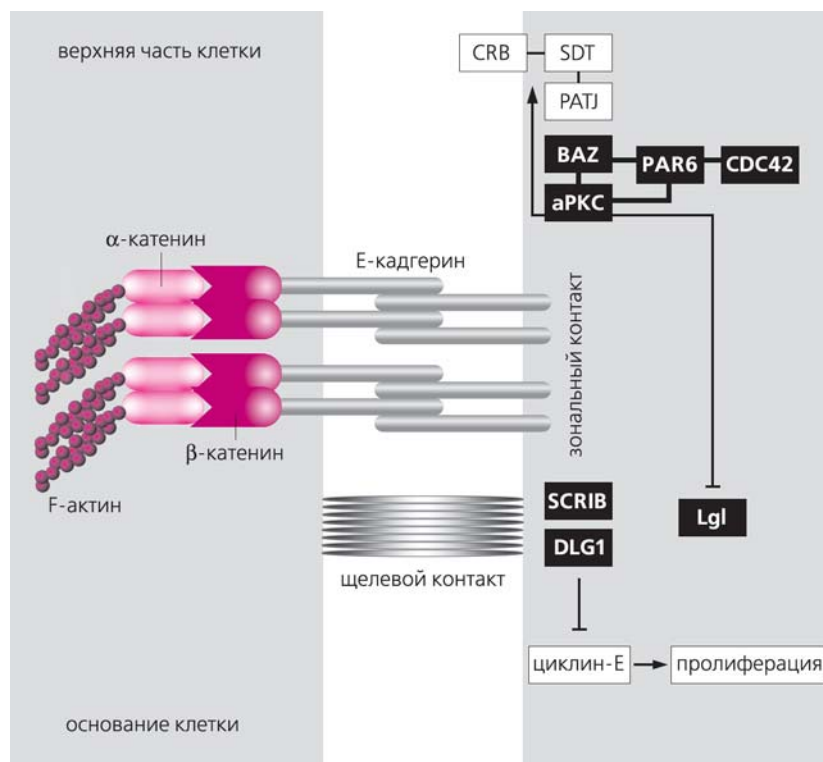


Схема организации продукта гена *lgl* (белка P127) у дрозофилы и его гомолога у человека (Hugl). Белок P127 состоит из 1161 аминокислоты, которые организованы в домены, отвечающие за различные функции (связывание с белком цитоскелета, фосфорилирование), и три участка по 40 аминокислот, по которым связываются белковые субъединицы. Белок Hugl (1057 аминокислот) имеет множество районов, сходных с онкосупрессором дрозофилы на 75%, и также связывается с цитоскелетом. (По: Lorenzo C. et al.)

чевые регуляторно-информационные функции, реагируя с помощью белков-рецепторов на внешние воздействия, запоминая их и определяя социальное поведение клеток [7]. Конструктивную основу цитоскелета составляют два компонента: микрофиламенты из нитей актина и микротрубочки из белка тубулина. Актиновые нити микрофиламентов всегда связаны с сократительными белками типа миозинов, например, продукт гена *lgl* — с миозином II. Таким образом, *lgl* вовлечен в морфодинамические преобразования цитоскелета и мембраны, наблюдаемые в самых разных биологических процессах.

Отличительная черта цитоскелетных конструкций из микрофиламентов и микротрубочек — их *полярность*. Самый известный пример — полярность центров, организующих клеточное деление (центросомы) или полярность нитей веретена, управляющих движением хромосом к разным полюсам. Полярность в еще более яркой степени свойственна архитектонике клеток, в особенности эпителиальных. Эпителий выстилает полости тела (кишечник, легкие), протоки желез (молочных, простаты) и образует защитный слой кожи. Мембрану эпителия пронизывают белки-рецепторы, образуя структурно-информационную систему клеток и тканей — сигнальные пути.

В норме клетки эпителия расположены упорядоченно, чаще всего в один слой. В них, подобно коринфским колоннам, различают верхушечный полюс и основание, в области которого клетки прикреплены к общей подстилке (матриксу). Полюс, находящийся ближе к основанию, называют базальным, а верхушечный — апикальным. Между полюсами упорядоченно расположены три комплекса белков. Часть из них, пронизывая клеточную мембрану, образует два типа поперечных связей: ближе к вершине — опоясы-



Контакты эпителиальных клеток и их ген-белковые комплексы. Примерно 12–15 белков образуют три контактных комплекса, которые сходны у дрозофилы и человека по своему составу, полярности и типу взаимодействий. Ближе к вершине клеток белки катенины и кадгерин формируют опоясывающий зональный контакт (слева); справа указаны белки, участвующие в щелевом контакте, у основания которого локализуется ген *lgl*. (По: Brumby A., Richardson H. // Nature Rev. Cancer. 2005. V.5. P.626–639.)

вающий контакт из белков катенинов и кадгеринов, а ближе к основанию — щелевой контакт. Там-то и концентрируется продукт гена *lgl*. Около 12–15 белков, образующих три контактных комплекса, не только эволюционно консервативны по структуре, но и сходны по типу плюс-минус взаимодействия между одноименными комплексами. В этом ансамбле продукт гена *lgl* действует словно дирижер [8]. Он накапливается в материнской яйцеклетке впрок и обнаруживается в цитоскелете и в мембране на самых ранних стадиях развития.

У мутантов с утратой функции гена *lgl* нарушается полярность клеток, дезорганизуется архитектура эпителия, и вместо парадного строя формиру-

ется многослойная и бесформенная клеточная масса. При этом страдают разные типы эпителия (в эмбрионах, имажинальных дисках и фолликулярных клетках), которые управляют ростом и формированием яйцеклеток. Ранее полагали, что бесформенность опухолевых клеток вторична и возникает как бы сама собой после приобретения ими способности к неконтролируемому делению. опыты по получению генетических мозаиков (этот метод хорошо разработан именно на дрозофиле) показали, что если некие клетки сделать гомозиготными по мутации *lgl*, но поместить их в окружение нормальной эпителиальной ткани, то деления клеток ограничиваются и опухоли не возникают

(подобно тому, как утрата координации одного солдата не нарушает всего их парадного строя). Нарушение же системы контактов из-за поломки «архитектурного» гена (команда «вольно») может стать пусковым механизмом к нерегулируемым делениям и асоциальному поведению клеток [8].

Нейробласты, опухолевый рост которых приводит к появлению нейробластом при мутациях *lgl*, аналогичны взрослым стволовым клеткам нервной ткани. Асимметричность делений — их особенность. Неравные деления проходят две стадии: на первой одна из дочерних клеток нейробласта остается неизменной, а другая дает клетку-предшественницу, или прогениторную, которая вступает на путь специализации. Прогениторная клетка дифференцируется либо в нейроны, либо в глиальные клетки мозга. На каждом этапе неравных делений судьба клетки зависит от структурной или архитектурной асимметрии — полярного распределения белков-морфо-

генов в сочетании со сменой полюсной ориентации нитей веретена деления. Сначала возникает «материальное» неравенство, а затем — функциональное.

У мутантов *lgl* нейробласты не могут начать дифференцировку и разрастаются в опухоль. Эта аномалия характерна не только для дрозофилы, но и для млекопитающих. Генно-инженерное выключение («нокаутирование») функции гомологичного гена *lgl* у мышей ведет к нарушению асимметрии в распределении белков-морфогенов нервной ткани, аномальной дифференциации, опухолям и в конце концов к смерти новорожденных мышат [9].

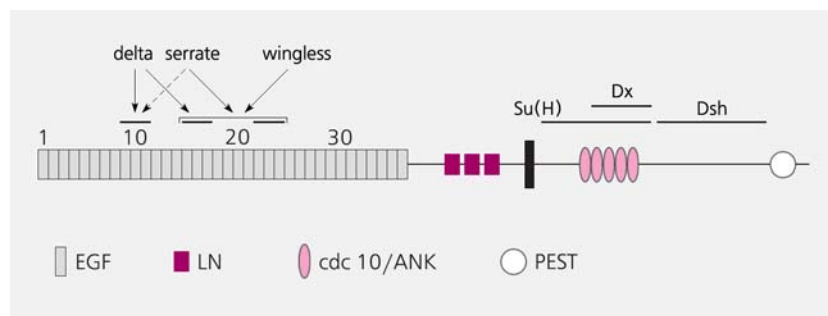
Проиллюстрируем более конкретно участие гена *lgl* в сигнальных путях или генных ансамблях, определяющих специализацию клеток при делениях. В дифференцировке нейробластов роль первой скрипки играет эволюционно-консервативный ген *Notch* [10]. Мутация *Notch* (произносится «ночь» и в переводе с английского значит «ост-

роконечная вырезка» — по этой аномалии крыла ген обнаружили у дрозофилы еще на заре генетики) сразу привлекла внимание своим необычным генетическим и хромосомным поведением. По фенотипу она доминантна в гетерозиготе по отношению к норме, а *Notch/Notch* гомозиготы погибают на самых ранних стадиях развития. Оказалось, что в хромосомах мутантов ген *Notch* напрочь отсутствует. Значит, наследуемая аномалия крыла вызвана утратой одной дозы нормального гена. У дрозофил одной дозы хватает для выживания, но не для нормального хода развития. А вот у мышей и гетерозиготы *Notch/+* не выживают. Подобные гены, нехватка которых у гетерозигот приводит к доминантным отклонениям в развитии или гибели, именуют *гапло-недостаточными* (часть «гапло» означает одну дозу гена или генома). Эти гены немногочисленны, но они необычайно ценны для изучения генетики развития.

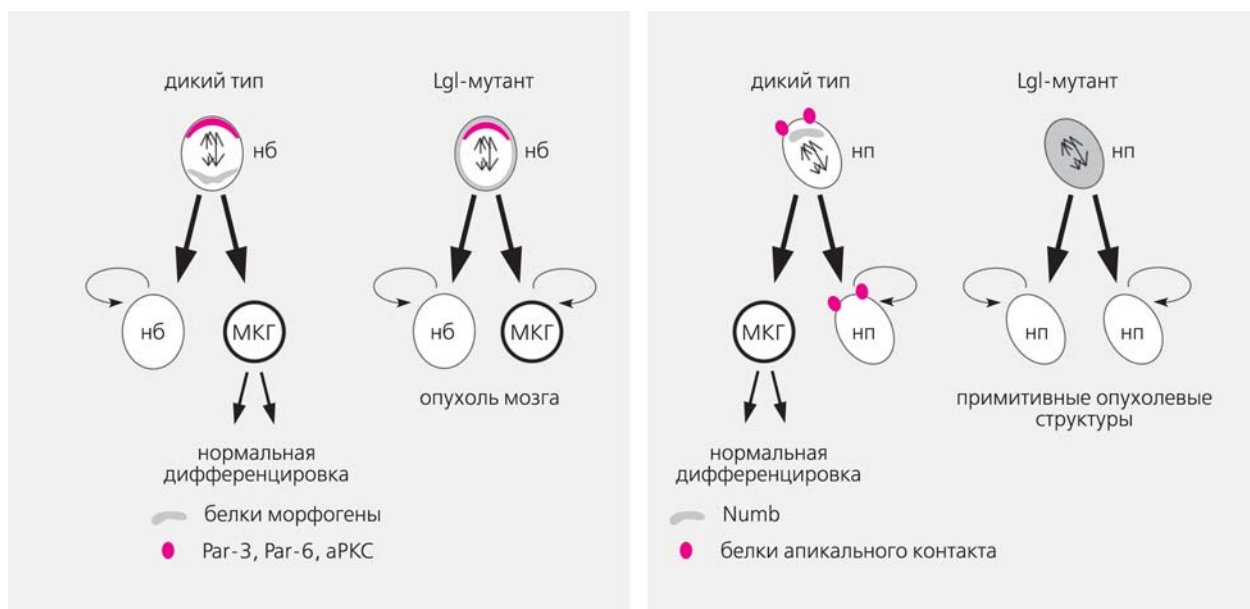
Гатефф обнаружила, что трансплантация тканей от погибающих эмбрионов, мутантов по *Notch*, ведет к опухолевому росту. Онтология гена *notch* обширна и занимает полстраницы: он кодирует белковый рецептор универсального сигнального пути, который определяет судьбу клеток самых разных тканей во всем животном мире, от нематоды до человека [10].

Белок NOTCH пронизывает мембрану и состоит из трех разных доменов. Внешний представляет собой рецептор, куда присоединяются лиганды — фактор роста и другие сигнальные белки. После присоединения сигнального белка от внутриклеточного домена NOTCH отщепляется, словно хвост ящерицы, домен-посланник, который, направляясь из цитоплазмы в ядро, передает сигнал на уровень транскрипции ДНК.

Когда NOTCH активен, клетки нейробласта превращают-



Организация трансмембранного белка NOTCH. Белок-димер (~3 тыс. аминокислот), пронизывающий клеточную мембрану, имеет два основных участка. Внешний (36 повторов по 38 аминокислот) связывается с универсальным сигналом клеточного деления — молекулой эпидермального фактора роста EGF. К этим же повторам присоединяются молекулы лигандов, контролируемых генами *delta*, *serrate*, *wingless*; за счет чего между соседними клетками происходит латеральное ингибирование, определяющее их судьбу. После присоединения сигнальной молекулы белок NOTCH подвергается действию протеаз и других белков Dx, Dsh; его внутриклеточный сегмент активизирует многофункциональный белок-посланник Su(Hw), который переходит в ядро и активирует транскрипцию генов-мишеней. Асимметричное распределение молекул в процессе делений стволовых клеток влияет на активность NOTCH в прогениторных клетках и отвечает за их судьбу. (По: Arias A.M. // TIG. 2002. V.18. P.168—170.)



Участие белка Lgl в асимметричном делении нейробластов дрозофилы (слева) и нейральных прогениторных клеток мозга млекопитающих. В нейробластах (нб) дрозофилы Lgl необходим для базальной локализации белков-морфогенов (Numb, Miranda и Prospero) и асимметрии митотического веретена и клеточного деления. Клетки, утратившие его, неспособны к правильной дифференцировке и завершению клеточного цикла и вступают на путь опухолевого роста. В нейральных прогениторных клетках (нп) мыши белок Lgl1 поддерживает стабильность белкового комплекса апикального межклеточного контакта и асимметричного расположения Numb. При недостатке Lgl1 образуются розеткоподобные структуры, напоминающие начальные стадии нейроэктодермальной опухоли человека. МКГ — материнские клетки глии. (По: Vasioukhin V. // Dev. Neurosci. 2006. V.28. P.13—24.)

ся в функционально различающиеся ткани мозга и нервной системы: нейроны и глию. Чтобы одна из дочерних стволовых клеток нейробласта вступила на путь дифференцировки, в ней должен накопиться также особый белок-морфоген (NUMB), который подавляет активность NOTCH. В этом случае вместо дифференцировки возникают неупорядоченные деления, способные в конце концов привести к опухоли. Асимметричное распределение белка-морфогена на нейробластах зависит от нормальной функции гена *lgl*. При ее утрате обычная асимметрия распределения морфогенов нарушается, дезорганизуется сигнальный путь NOTCH и нейробласты начинают неконтролируемо размножаться.

Недавно исследователи решили подобраться к первоисточникам рака с другой стороны туннеля: т.е. проверить, не будут ли

мутации, нарушающие полярность стволовых клеток, приводить к трансплантируемым опухолям. Выбрали мутации с разными аномалиями асимметричного деления нейробластов — неравным распределением белков-морфогенов или поворотом веретена митотического деления. Оказалось, что у взрослых мышей после трансплантации нейробластов таких мутантов возникла злокачественная опухоль, которая поддерживалась через последовательные передачи более двух лет. Через шесть недель после первой трансплантации в клетках перевиваемых опухолей обнаружилось хромосомные перестройки, столь типичные для опухолей млекопитающих. Очевидно, что нестабильность генома в данном случае появилась после возникновения канцерогенности в потомстве мутантных нервных стволовых клеток [11].

В начале 2006 г. в исследованиях на клонах нейробластов дрозофилы получены прямые данные о том, какое из двух загадочных свойств этих стволовых клеток нарушается при мутациях *lgl*: способность к самообновлению или свойство дифференцировки, образование дочерней прогениторной клетки. Оказалось, что *lgl*-мутация блокирует дифференцировку нейробластов: они начинают делиться только симметрично, их популяция растет, приводя в конце концов к опухоли. Другой изученный авторами ген под названием «атипичная протеинкиназа» (aPKC), находящийся с геном *lgl* в тесных плюс-минус взаимодействиях, блокировал при мутациях способность нейробластов к самообновлению [12]. Это, несомненно, очень интересный вывод.

Воспользуемся далее спортивной метафорой. Долгий путь

изучения первого опухолевого супрессора *lgl*, открытого Э.Гаттефф почти 40 лет назад, завершается в последние пять лет стремительным спуртом. Исследования этого онкосупрессора на молекулярном клеточном и организменном уровне привели к новым открытиям в канцерогенезе: главной роли генов клеточной полярности и регулируемых ими асимметричных делений стволовых клеток в воз-

никновении опухолей. Но до финиша далеко. К тому же помимо трех указанных уровней исследований (молекулы, клетки, организм) есть еще один важный аспект изучения генов, приводящих к раку, — их поведение в природных популяциях. Читая свежую работу американских авторов о роли *lgl* в делениях стволовых клеток [12], мы обратили внимание на приятную пикантную деталь. Авторы использова-

ли мутацию *lgl* с индексом *lgl334*. Эта леталь была выделена в ходе генетико-популяционных исследований из популяции Умани (Украина) в старозаветном 1965 г., а затем К.Б.Соколова изучала ее действие в ходе развития. О том, как состыковались работы по генетике популяций и генетике рака и почему эта и другие *lgl* летали оказались в лабораториях разных стран — в следующей статье. ■

Литература

1. Harris H. // BioEssay. 2005. V.27. P.833—838.
2. Gateff E. et. al. // Int. J. Dev. Biol. 1996. V.40. P.149—156.
3. Соколова К.Б. Развитие фенотипики в первой половине XX века. М., 1998.
4. Gateff E. // Science. 1978. V.200. P.1448—1449.
5. Mechler B.M., McGinnis W., Gering W. // EMBO J. 1985. V.4. P.1551—1557.
6. Brumby A.M., Richardson H.E. // Nature Cancer Rev. 2005. V.5. P.626—639.
7. Васильев Ю.М. // Соровский общеобразов. журн. 1996. №2.
8. Bilder D. // Genes Dev. 2004. V.18. P.1909—1925.
9. Klezovitch O., Fernandez T. E., Tapscott S.J., Vasioukbin V. // Genes Dev. 2004. V.18. P.559—571.
10. Вайсман Н.Я. // Журн. общ. биол. 2004. Т.65. №4. С.322—333.
11. Caussinus E, Gonzales C. // Nature Genet. 2005. V.37. P.1125—1129.
12. Lee Cheng-Yu., Robinson K.J., Doe C.Q. // Nature. 2006. V.439. P.594—598.

Два фотоснимка, по-видимому, нового вида хищного млекопитающего были сделаны в 2003 г. в тропических лесах национального парка «Кайян Ментаранг», расположенного на индонезийской части о.Калимантан (Борнео). Специалисты Всемирного фонда дикой природы, опираясь на эти снимки, полагают, что данное животное несколько больше кошки, покрыто рыжей шерстью, у него заостренные короткие уши и длинный хвост, чем-то похожий на хвост лемура. Для данной зоогеографической области это первый новый вид хищников, обнаруженный за последние 110 лет (с тех пор как был открыт хорьковый барсук Эверетта).

Terre Sauvage. 2006. №213. P.54 (Франция).

Новый метод борьбы с термитами, повреждающими древесину, разработан в Институте аграрных исследований (Франция). Соединение, получаемое при специальной обработке экстракта рапсового масла, преобразует целлюлозу, которой питаются насекомые, в неперевариваемый вредителями сложный эфир. Таким образом, найдена замена токсичным инсектицидным средствам, используемым в настоящее время (Европейский Союз окончательно запретил их применение с 2008 г.).

Science et Vie. 2006. №1064. P.40 (Франция).

Биологи, исследующие экосистемы Срединно-Атлантического хребта по программе MAR-ECO (Mid-Atlantic Ridge

Ecosystems), установили, что для икрометания абиссальные рыбы стаями приходят на подводные горы.

Science et Vie. 2006. №1064. P.38 (Франция).

Китайские геодезисты, измерившие недавно с непревзойденной точностью высоту Эвереста, получили неожиданный результат: 8844.43±0.21 м — на 5.44 м меньше, чем в 1999 г. По мнению китайских специалистов, разница объясняется применением более совершенных методов измерения. Впрочем, существует и другая гипотеза: высота «крыши мира» уменьшилась из-за таяния ее ледовой шапки.

Science et Vie. 2006. №1060. P.12 (Франция).

Эффект Ребиндера в полимерах

Член-корреспондент РАН А.Л.Волынский

Речь пойдет о явлении, очень часто наблюдающемся и хорошо изученном, — о разрушении твердых тел. В самом общем виде его можно представить как распад тела на две или более частей, когда внешняя механическая нагрузка достигает некоего критического значения. Наш повседневный опыт подсказывает, что разрушение сопровождается прорастанием трещины через сечение объекта. На молекулярном уровне подобный процесс, даже такой грандиозный, как откалывание гигантского айсберга от края ледника или возникновение тысячекилометрового разлома в земной коре, сводится к последовательному разрыву межатомных и (или) межмолекулярных связей. Растущая трещина порождает как минимум две новые поверхности, которых не было в исходном твердом теле. Атомы (молекулы), оказавшиеся на поверхности, имеют существенно другое энергетическое состояние по сравнению с объемными, поскольку образуется большое число оборванных связей.

Можно ли повлиять на энергозатраты, связанные с образованием новой поверхности, а, следовательно, и на процесс разрушения твердого тела в целом? Этот вопрос представляет



Александр Львович Волынский, доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник химического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова, член-корреспондент РАН. Область научных интересов — структура и механика полимеров.

не только фундаментальный, теоретический, но и чисто практический интерес — для таких важных отраслей, как бурение скважин, измельчение горных пород, обработка металлов резанием и т.д., и т.п.

Капля точит не только камень!

Выдающийся советский физико-химик академик Петр Александрович Ребиндер был первым, кто попытался воздействовать на работу разрушения твердого тела. Именно Ребиндеру удалось понять, каким образом это можно осуществить. Еще в 20-х годах прошлого века он использовал для этой цели так называемые поверхностно-активные, или адсорбционно-

активные, вещества, которые способны эффективно адсорбироваться на поверхности даже при низкой концентрации в окружающей среде и резко снижать поверхность натяжение твердых тел. Молекулы данных веществ атакуют межмолекулярные связи в вершине растущей трещины разрушения и, адсорбируясь на свежесформированных поверхностях, ослабляют их. Подобрав специальные жидкости и введя их на поверхность разрушаемого твердого тела, Ребиндер добился поразительного уменьшения работы разрушения при растяжении (рис.1). На рисунке представлены деформационно-прочностные кривые монокристалла цинка (пластинки толщиной порядка миллиметра) в отсутствие и в присутствии поверхностно-

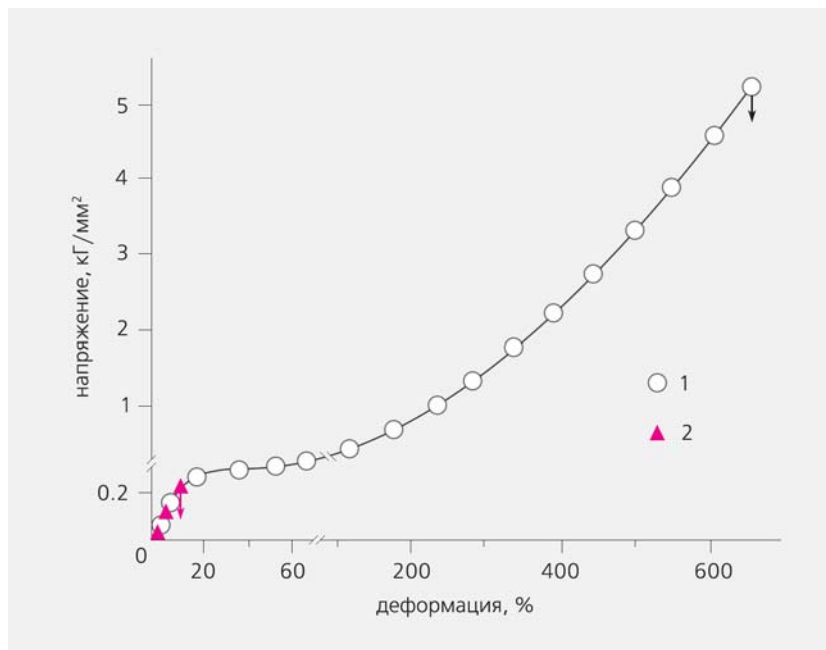


Рис. 1. Зависимость напряжения от деформации монокристаллов цинка при 400°C: 1 — на воздухе; 2 — в расплаве олова.

активной жидкости. Момент разрушения в обоих случаях отмечен стрелками. Хорошо видно, что если просто растягивать образец, он разрушается при более чем 600% удлинении. Но если ту же процедуру производить, нанеся на его поверхность жидкое олово, разрушение наступает всего при ~10% удлинении. Поскольку работа разрушения — это площадь под кривой зависимости напряжения от деформации, нетрудно заметить, что присутствие жидкости уменьшает работу даже не в разы, а на порядки. Именно этот эффект и был назван эффектом Ребиндера, или адсорбционным понижением прочности твердых тел [1].

Эффект Ребиндера — универсальное явление, оно наблюдается при разрушении любых твердых тел, в том числе и полимеров. Тем не менее природа объекта вносит свои особенности в процесс разрушения, и полимеры в этом смысле не исключение. Полимерные пленки состоят из крупных целых молекул, удерживаемых вместе силами Ван-дер-Ваальса или водо-

родными связями, которые заметно слабее, чем ковалентные связи внутри самих молекул. Поэтому молекула, даже будучи членом коллектива, сохраняет некие обособленность и индивидуальные качества. Главная особенность полимеров — цепное строение их макромолекул, которое обеспечивает их гибкость. Гибкость молекул, т.е. их способность изменять свою форму (за счет деформации валентных углов и поворотов звеньев) под действием внешнего механического напряжения и ряда других факторов, лежит в основе всех характеристических свойств полимеров. В первую очередь — способности макромолекул к взаимной ориентации. Правда, надо оговориться, что последнее относится только к тем из них, в которых мономерные звенья соединены в цепочки, — к линейным полимерам. Существует огромное количество веществ, имеющих большой молекулярный вес (например, белки и другие биологические объекты), но не обладающих специфическими качествами полимеров, поскольку

сильные внутримолекулярные взаимодействия мешают их макромолекулам сгибаться. Более того, типичный представитель полимеров — натуральный каучук, — будучи «сшитым» с помощью специальных веществ (процесс вулканизации), может превратиться в твердое вещество — эбонит, не подающий вообще никаких признаков полимерных свойств.

Ориентационные эффекты в полимерах легко наблюдать в быту. Каждый из нас растягивал руками кусок полиэтиленовой ленты или край пленки. В этом случае происходит образование так называемой шейки (материал резко суживается). Шейка, в отличие от исходной недеформированной пленки, содержит развернутые взаимно ориентированные макромолекулы. Ориентация молекул придает полимеру в целом высокие механические показатели в направлении ориентации. Это явление широко используется в промышленности (ориентационное вытягивание), например для улучшения механических свойств химических волокон.

Взаимное ориентирование макромолекул делает полимеры рекордсменами среди твердых тел по способности к обратной деформации. Действительно, полимер вроде часто используемой в быту канцелярской резинки может быть растянут на многие сотни и даже тысячи процентов как раз потому, что молекулярные клубки умеют разворачиваться и выстраиваться. Отпустив растянутую резинку, мы наблюдаем обратный процесс — немедленное ее сокращение до первоначальных размеров. Он обусловлен самопроизвольным переходом ориентированных макромолекул к исходному неориентированному состоянию под действием теплового движения (после нагревания до определенной температуры и вытянутая шейка полимера, подобно канцелярской резинке, восстановит свои размеры). Именно способность ма-

кромолекул изменять форму придает полимерам высокую стойкость к разрушению. Не случайно стеклянная бутылка, упав на кафельный пол, разбивается на множество осколков, в то время как пластиковая бутылка всего лишь отскочит от пола на значительную высоту и останется целой.

Причуды полимеров

Возвращаясь к теме нашей статьи, отметим, что в полимерах эффект Ребиндера проявляется весьма своеобразно. В адсорбционно-активной жидкости возникновение и развитие новой поверхности наблюдается не только при разрушении, а значительно раньше — еще в процессе деформации полимера, которая, как было отмечено выше, сопровождается ориентацией макромолекул. На рис.2 представлены изображения двух образцов одного и того же полимера (конкретно — лавсана, из которого изготавливают, в частности, столь хорошо всем знакомое текстильное волокно), один из которых был растянут на воздухе, а другой — в адсорбционно-активной жидкости. Хорошо видно, что в первом случае в образце возникает шейка, о которой речь шла выше. Во втором случае пленка не сужается, зато становится молочно-белой и непрозрачной. Причины наблюдающегося побеления становятся понятными при микроскопическом исследовании. Оказывается, вместо монолитной прозрачной шейки в полимере образуется уникальная фибриллярно-пористая структура (рис.3), состоящая из нитеобразных агрегатов макромолекул (фибрилл), разделенных микропустотами (порами). В этом случае взаимная ориентация макромолекул достигается не в монолитной шейке, а внутри фибрилл. Поскольку фибриллы разобщены в пространстве, такая структура содержит огромное количество микропустот, которые интенсивно

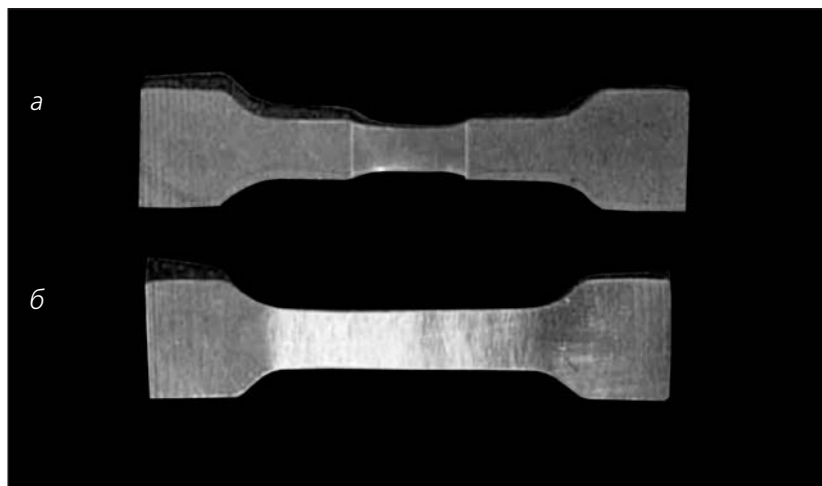


Рис.2. Внешний вид образцов полиэтилентерефталата, растянутых на воздухе (а) и в адсорбционно-активной среде (*n*-пропаноле) (б).

рассеивают свет и придают полимеру молочно-белый цвет. Поры заполняются жидкостью, поэтому гетерогенное строение сохраняется и после снятия деформирующего напряжения. Фибриллярно-пористая структура возникает в особых зонах и по мере деформирования полимера захватывает все больший объем. Возникновение и развитие этих зон оказалось столь неожиданным и удивительным, что они получили английское название crazes (крейзы), а само явление — crazing (крейзинг), что, видимо, подчеркивает его сводящие с ума особенности*.

Мы подробно изучили эволюцию структуры полимера в процессе его вытяжки в активных жидкостях [2,3]. С этой целью образцы различных полимеров растягивали в адсорбционно-активных средах, прикладывая контролируемую нагрузку, после чего их исследовали в оптическом и электронном микроскопах. Анализ микроскопических изображений позволил установить особенности структурных перестроек в полимере, подвергнутом крейзингу (рис.4). Зародившись на каком-либо дефекте

(неоднородности структуры), которые имеются в изобилии на поверхности любого реального твердого тела, крейзы растут через все сечение растягиваемого полимера в направлении, нормальном оси растягивающего напряжения, сохраняя постоянную и весьма малую (~1 мкм) ширину. В этом смысле они подобны истинным трещинам разрушения. Но когда крейз «перерезает» все поперечное сечение полимера, образец не распадается на отдельные части, а остается единым целым. Это обусловлено тем, что противоположные края

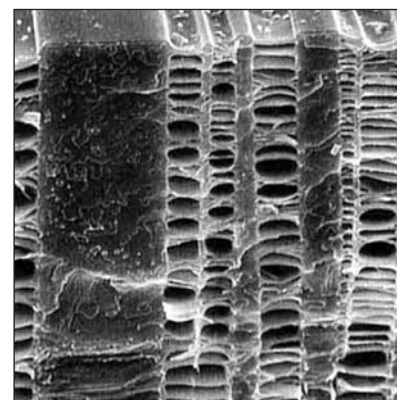


Рис.3. Электронная микрофотография образца полиэтилентерефталата, деформированного в *n*-пропаноле. (Увел. 1000.)

* Crazy (англ.) — сумасшедший, безумный.

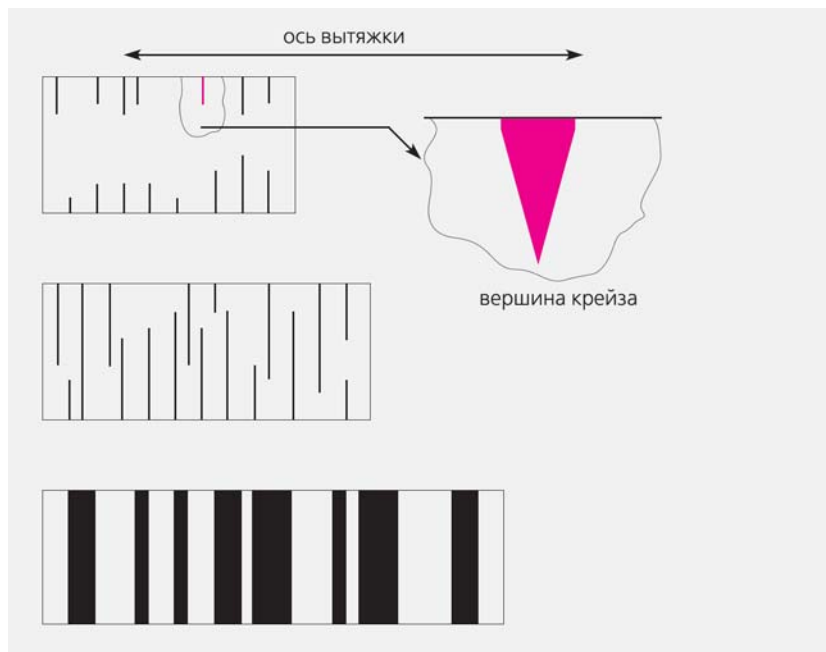


Рис.4. Схематическое изображение отдельных стадий крейзинга полимера: I — инициирование крейзов, II — рост крейзов, III — уширение крейзов.

такой своеобразной трещины соединены тончайшими ниточками ориентированного полимера (рис.3). Подчеркнем: размеры (диаметры) фибриллярных образований, так же как и разделяющих их микропустот, — 1–10 нм. А ведь измельчить любое твердое тело до столь малых агрегатов чрезвычайно трудно — свободная поверхность всегда «хочет» самопроизвольно уменьшиться, чтобы понизить свою энергию. Простой пример: чтобы взболтать в бутылке воду до образования

пузырей, нужно затратить некоторую работу. Обратный же процесс слияния межфазных поверхностей (исчезновение пузырей) произойдет самопроизвольно, без нашего участия.

По существу, с помощью эффекта Ребиндера мы элементарным путем (растяжением полимерной пленки в жидкости) придаем полимеру совершенно уникальную структуру с очень высоким уровнем межфазной поверхности. Легко подсчитать: фибриллярно-пористый материал с нанометровыми размера-

ми структурных элементов имеет удельную поверхность, достигающую нескольких сотен квадратных метров на грамм исходного вещества.

И все-таки, невыгодный в энергетическом отношении прирост межфазной поверхности полимера не может продолжаться слишком долго. Когда фибриллы, соединяющие противоположные стенки крейзов, становятся достаточно длинными, начинается процесс их слияния (при этом площадь поверхности уменьшается, рис.5). Другими словами, полимер претерпевает своеобразный структурный переход от рыхлой структуры к более компактной, состоящей из плотно упакованных агрегатов фибрилл, которые ориентированы в направлении оси растяжения.

Ловушки для молекул

Итак, простое растяжение полимера в жидкости приводит к возникновению развитой межфазной поверхности, обладающей значительной площадью. Как упоминалось в начале, атомы (молекулы), оказавшиеся на поверхности, имеют большое число оборванных связей — вакансий для образования новых связей. Эти вакансии могут быть заполнены свободными молекулами из окружающего пространства. Такое связывание молекул твердой поверхностью называется адсорбцией; она широко используется в практике для очистки газов и жидкостей, в том числе для очистки воздуха с помощью, например, противогаза.

Естественно предположить, что полимеры, подвергнутые крейзингу, тоже должны быть способны к адсорбции. Так ли это, мы проверили с помощью специального цикла экспериментов. Образец полимера растягивали в адсорбционно-активной жидкости на необходимую величину, после чего его извлекали из зажимов растягивающего устройства, помещали

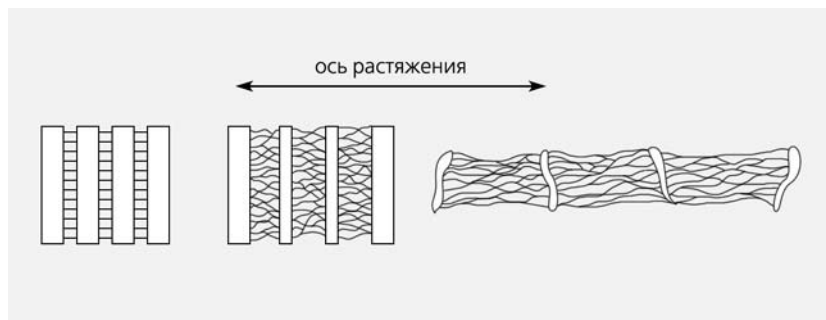


Рис.5. Схема, иллюстрирующая коллапс структуры полимера, происходящий при больших значениях деформации в адсорбционно-активной жидкости, на различных стадиях растяжения.

Рис.6. Изотермы сорбции йода (а) и родамина С (б) из их водных растворов образцами полиэтилентерефталата, растянутыми в *n*-пропаноле до различных степеней вытяжки: 1 – 20%, 2 – 50%, 3 – 100%, 4 – 150%, 5 – 200%, 6 – 300%, 7 – 400%.

в раствор адсорбата (йода или органического красителя родамина С) и оценивали степень адсорбции путем измерения концентрации адсорбата в растворе. На рис.6 представлены изотермы адсорбции двух веществ – йода (а) и родамина С (б) – из их водных растворов. Хорошо видно, что полимер, растянутый в жидкости, действительно становится эффективным адсорбентом, способным поглощать любые низкомолекулярные вещества из их растворов. Причем эффективность адсорбции зависит как от величины деформации полимера, так и от молекулярных размеров сорбируемого вещества (молекулы йода имеют размер ~0.5 нм, а молекулы родамина С – 17.5 нм), рис.7.

Из рисунка хорошо видно, что адсорбция йода при малых степенях удлинения возрастает, а затем, достигнув максимума, перестает изменяться, в то время как более объемные молекулы родамина С в области 200%-го удлинения демонстрируют резкий спад адсорбции. Очевидно, крейзы, возникающие на первых этапах растяжения, содержат пустоты больших размеров, легко доступные даже крупным молекулам родамина С. По мере вытяжки крейзы разрастаются, что увеличивает площадь межфазной поверхности полимера, и, соответственно, возрастает адсорбция. Но когда начинается описанный выше структурный переход, приводящий к сжатию структуры и уменьшению эффективного диаметра пор, сокращается число пустот, доступных молекулам сначала родамина С (начиная со

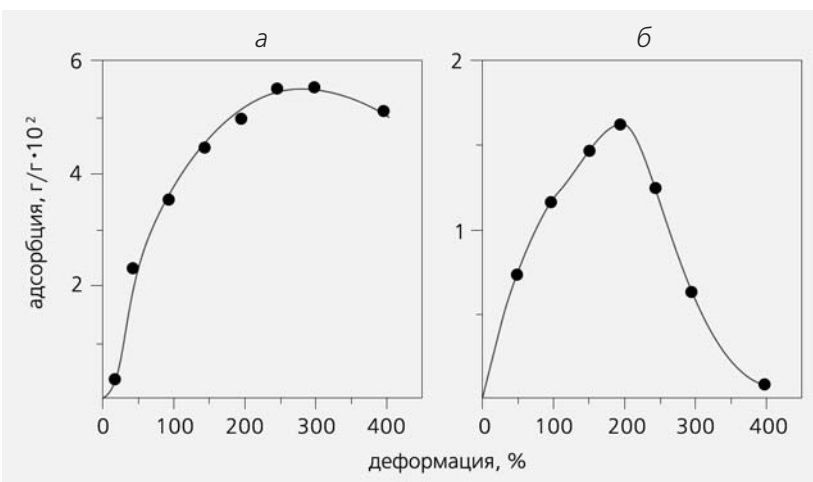
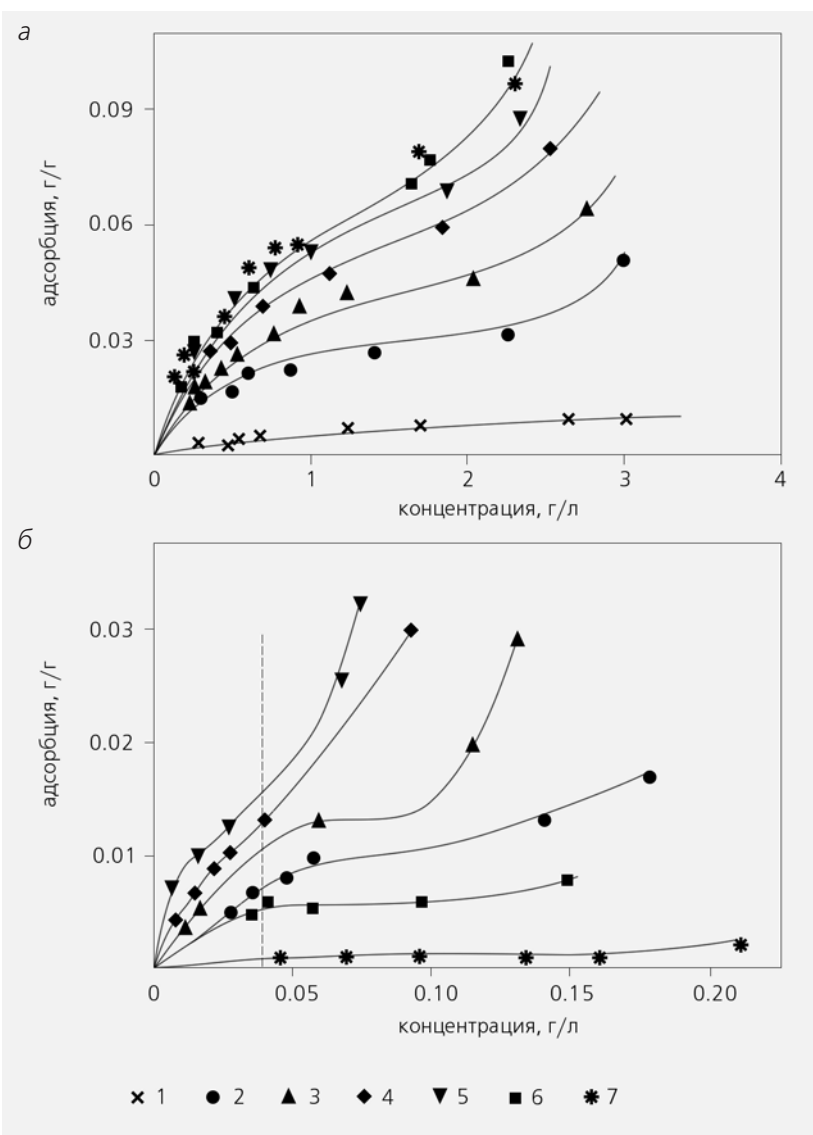


Рис.7. Зависимость величины адсорбции от степени вытяжки полиэтилентерефталата в *n*-пропаноле: а – водные растворы йода; б – водные растворы родамина С.

250%-го удлинения), а затем и йода (с 300%-го). Таким образом, существует метод разделения молекул путем адсорбции из раствора тех из них, которые способны проникать в поры данного размера (молекулярно-ситовый эффект). Поскольку размер пор можно легко регулировать, изменяя степень вытяжки полимера в адсорбционно-активной среде (используя эффект Ребиндера), легко добиться избирательной адсорбции.

Важно отметить, что используемые в практике адсорбенты обычно представляют собой некий порошок или гранулят, который заполняют разного рода емкости (например, сорбент в том же противогазе). С помощью эффекта Ребиндера легко получить пленку или волокно со сквозной нанометрической пористостью. Другими словами, открывается перспектива создать конструкционный материал, обладающий оптимальными механическими свойствами и одновременно являющийся эффективным сорбентом.

Более того, полимеры, деформированные в адсорбционно-активной среде, — это готовые разделительные мембраны. Мембраны, имеющие размер пор 1–10 нм, служат для очистки жидкостей и газов, для разделения разного рода смесей, в частности для опреснения морской воды путем обратного осмоса. Самые распространенные разделительные мембраны получают с помощью сложных и трудоемких процедур. Так, ядерные фильтры изготавливают, облучая полимерную пленку потоком тяжелых ионов, а затем протравливая места их проникновения (треки) с помощью агрессивных химических веществ [4]. В результате пленки приобретают сквозные цилиндрические отверстия. Широко используются мембраны, получаемые при фазовом разделении растворов полимеров. В этом случае в строго контролируемых условиях в раствор полимера добавляют осадитель, в резуль-

тате чего полимер выделяется в осадок. Последующая сушка осадка дает пористую полимерную пленку, которая и работает затем разделительной мембраной. Регулируя условия фазового разделения, можно получать пористые пленки с порами различных размеров [5].

С помощью эффекта Ребиндера элементарным путем (простым растяжением полимерной пленки в адсорбционно-активной среде) удастся делать пористые полимерные пленки на основе практически любых синтетических полимеров. Размеры пор в таких пленках легко регулировать, изменяя степень деформации полимера, что позволяет изготавливать разделительные мембраны для решения самых разных практических задач.

Наши полимеры могут работать не только как мембраны. Когда полимер последовательно проходит все структурные перестройки при вытяжке (рис.4, 5), рыхлая структура сменяется на более компактную и радиус пор уменьшается, объем полимера уменьшается тоже, и часть жидкости, захваченной полимером на первых этапах его деформации, выделяется в окружающее пространство (явление синере-

зиса). Как видно из адсорбционных данных, размеры пор в конце концов становятся соизмеримыми с молекулярными размерами низкомолекулярных веществ. Такого рода уменьшение межфибриллярных расстояний должно прежде всего затруднять выделение в окружающее пространство больших, громоздких молекул.

Данный эффект отчетливо заметен, если деформирование полимера проводят в жидкости, представляющей из себя смесь молекул различного размера. Наиболее удобно продемонстрировать явления, которые происходят при деформировании полимера в такой двухкомпонентной среде, с помощью растворов органических красителей в адсорбционно-активной жидкости. Схема структурных перестроек, имеющих место в деформируемом полимере в этом случае, представлена на рис.8. На первых стадиях растяжения происходит рост крейзов, вследствие чего увеличивается общий объем микропустот, заполненных раствором красителя (рис.8,а). Чем сильнее мы вытягиваем полимер, тем больше красителя оказывается в порах. По достижении той степе-

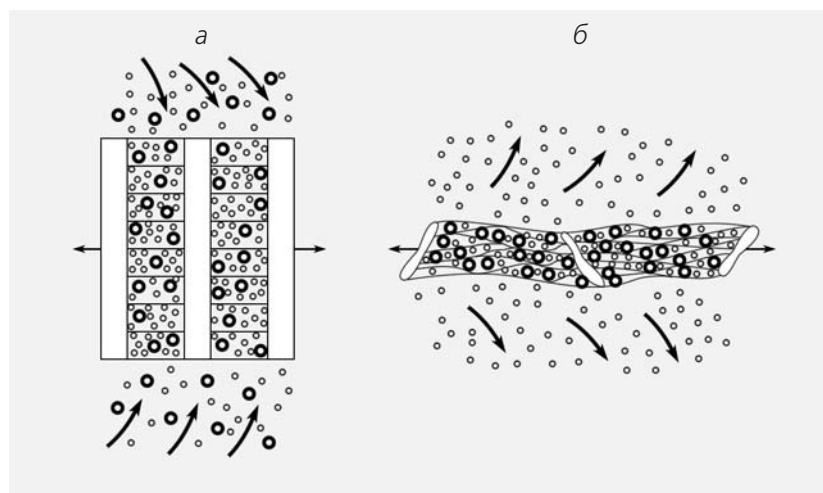


Рис.8. Схема структурных перестроек, сопровождающих крейзинг полимера в двухкомпонентной жидкости, составляющие которой имеют разный молекулярный вес. Стрелками указано направление массопереноса жидкости на различных этапах (а, б) растяжения полимера.

ни вытяжки, когда начинается коллапс фибриллизованного материала крейзов и переход от рыхлой структуры к компактной, пойдет обратный процесс — растворитель станет выдавливаться из объема крейзов в окружающее пространство через микропоры (рис.8,б). Расстояния между фибриллами из-за их слипания в процессе вытяжки непрерывно уменьшаются и в конце концов оказываются соизмеримыми с размерами молекул красителя. В итоге происходит своеобразная ультрафильтрация раствора красителя на молекулярном уровне, в результате которой молекулы красителя захватываются в объеме полимера по чисто геометрическим (стерическим) причинам, а в окружающее пространство отфильтровывается в основном чистый растворитель. Ситуация полностью аналогична ловле рыбы сетью с ячейками определенного размера: мелкая рыба свободно проходит через такую сеть, а крупная не может этого сделать и остается в ней. По сути дела, эффект Ребиндера позволяет простейшим путем внедрять и фиксировать в структуре полимера практически любые нужные добавки.

«Пустотный» транспорт

Введение разнообразных низкомолекулярных добавок в полимеры — важнейшая технологическая задача, поскольку в практике чистые, не содержащие различных целевых примесей полимеры практически не используются. Но ввести в полимер добавку весьма непросто. Проиллюстрируем это на примере такого хорошо разработанного процесса, как крашение текстильных волокон. Как известно [6], при крашении краситель самопроизвольно переходит из раствора в волокно до установления равновесия, а скорость процесса и количество красящего вещества, поглощае-

мого волокном, определяются законами активированной диффузии и сорбции. Таким образом, чтобы ввести в полимер низкомолекулярное вещество, необходимо обеспечить, по крайней мере, два условия. Во-первых, должен быть какой-то путь для диффузии красителя в объем полимера, и, во-вторых, у полимера и красителя должны иметься активные функциональные группы, способные взаимодействовать друг с другом.

Сорбция и диффузия — процессы довольно медленные, в связи с чем сформированное волокно окрашивают в специальных чанах при повышенной температуре. Активные функциональные группы нужны, чтобы удержать введенную добавку в структуре волокна. В противном случае краситель будет выделяться из текстильного изделия при стирках (линять). Если же необходимо ввести какую-либо добавку в гидрофобное волокно (полиэфир, полиолефин, поливинилхлорид), не содержащее активных функциональных групп, приходится использовать достаточно сложные и трудоемкие процедуры. Например, такую: волокно сначала пропитывают слегка загущенной дисперсной суспензией красителя, сушат, а затем прогревают при 200—210°C (термозоль-процесс) или подвергают воздействию паров трихлорэтилена (вапокол-процесс) [6]. Очевидно, что при этом краситель включается в основном в поверхностный слой волокна, в то время как его сердцевина остается неокрашенной.

Наши исследования позволяют рассматривать крейзинг как универсальный метод введения в полимеры модифицирующих добавок. Этот метод основан на принципиально других механизмах «доставки» примеси и ее удержания в структуре полимера. Доставка осуществляется не путем диффузии, а значительно более быстрым способом переноса вещества — путем вязкого течения по системе взаимосвя-

занных пор в системе крейзов. Для удержания (фиксации) добавки в структуре волокна не требуется наличия у полимера и низкомолекулярного компонента взаимодействующих функциональных групп. Фиксация происходит путем механического захвата низкомолекулярного компонента в объеме полимера из-за соизмеримости его молекулярных размеров с размерами пор. Последнее обстоятельство практически неограниченно расширяет круг вводимых добавок [7].

Напомним, что крейзинг полимера является по существу разновидностью холодной или ориентационной вытяжки полимеров. Ориентационное вытягивание полимеров — один из важнейших технологических приемов, широко используемых в производстве синтетических волокон и пленок для оптимизации их механических и прочностных свойств. Поэтому уже существует высокопроизводительное промышленное оборудование, работающее в непрерывном режиме, которое можно приспособить для крейзинга при незначительной модификации.

И, наконец, еще одна особенность: оказывается, с помощью крейзинга можно придавать полимерным пленкам и волокнам поперечный рельеф. Вообще говоря, создание рельефа не представляет серьезной проблемы в случае волокон и пленок, формируемых из расплава. Обычно изготовление синтетического волокна имеет две стадии. На первом этапе расплав синтетического полимера продавливают под давлением через пластину, имеющую маленькие отверстия (фильеру), после чего этот расплав твердеет при остывании. В результате полимер превращается в большое количество тоненьких (10—100 мкм) ниточек. Это так называемая стадия формирования волокна. Затем полученные ниточки вытягивают для улучшения их механических свойств (стадия ориентацион-

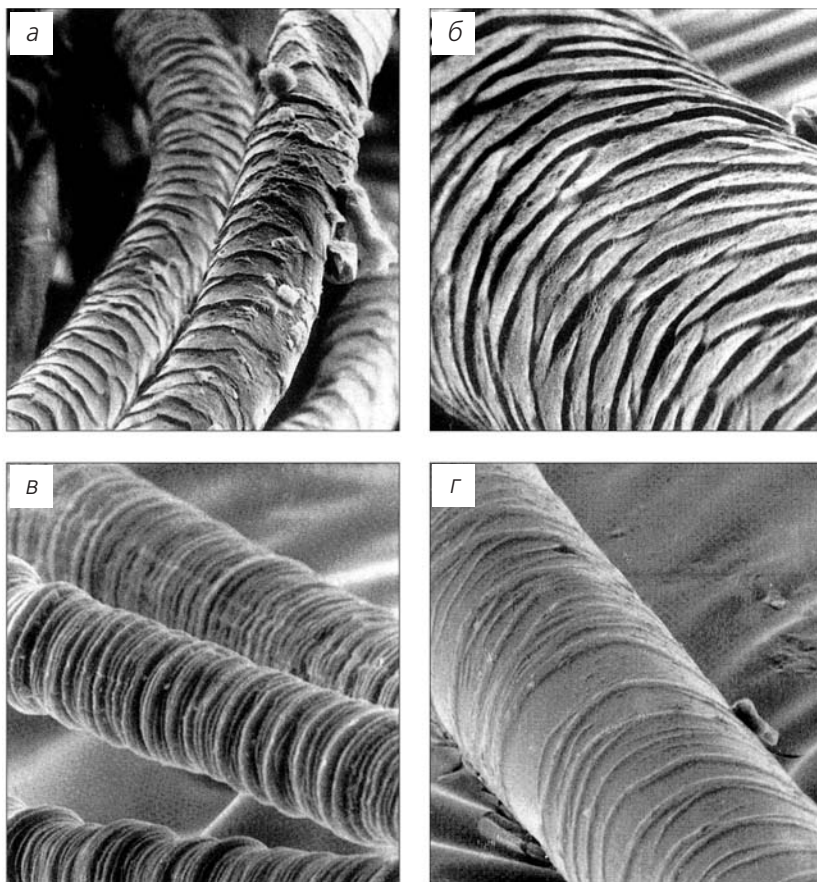


Рис.9. Микрофотографии природных шерстяных волокон овцы (а), собаки (б), синтетических волокон полиэтилентерефталата, испытавших крейзинг (в, г), полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа. (Увел. 500.)

ного вытягивания). Так вот, если на первой стадии формования расплав полимера продавливать через отверстия, имеющие сложную конфигурацию, например в виде звездочек, то образующееся волокно также бу-

дет иметь на поверхности рельеф, соответствующий этой конфигурации. Однако в этом случае волокно приобретает только продольный рельеф. Наиболее же ценные с точки зрения потребительских свойств при-

родные волокна имеют хорошо выраженный поперечный рельеф. На рис.9,а,б представлены типичные примеры рельефа природных шерстяных волокон. Хорошо видно, что Природа старательно наносит на поверхность «изготавливаемых» ею волокон регулярный поперечный рельеф. Возможно, полезные потребительские качества таких волокон обусловлены именно этим специфическим рельефом.

А крейзы как раз распространяются всегда нормально оси растягивающего напряжения (рис.3). В результате на поверхности вытянутого волокна возникает поперечный рельеф, который принципиально невозможно создать при традиционном методе изготовления синтетических волокон. С помощью крейзинга поперечный рельеф легко реализуется в непрерывном режиме.

* * *

Подытожим вышеизложенное: эффект Ребиндера в полимерах несет в себе большой прикладной потенциал. Во-первых, простой вытяжкой полимера в адсорбционно-активной жидкости можно получать разнообразные полимерные сорбенты, разделительные мембраны и полимерные изделия, имеющие поперечный рельеф, и, во-вторых, эффект Ребиндера дает химику-технологу универсальный непрерывный метод введения модифицирующих добавок в полимеры. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 04-03-08041) и Государственного контракта №02.434.11.2005.

Литература

1. Горюнов Ю.В., Перцов Н.В., Сумм Б.Д. Эффект Ребиндера. М., 1966.
2. Ал.Волынский, Н.Ф.Бакеев. Высокодисперсное ориентированное состояние полимеров. М., 1985.
3. Volynskii A.L., Bakeev N.F. Solvent Crazing of Polymers. Amsterdam, 1995.
4. Дубяга В.П., Перепечкин Л.П., Каталевский Е.Е. Полимерные мембраны. М., 1981.
5. Дытнерский Ю.И. Мембранные процессы разделения жидких смесей. М., 1975.
6. Мельников Б.Н. Крашение волокон // Энциклопедия полимеров. Т.1. М., 1972. С.1135.
7. Волынский А.Л., Микушев А.Е., Ярышева Л.М., Бакеев Н.Ф. // Рос. хим. журн. (Журн. Рос. хим. об-ва им. Д.И.Менделеева). 2005. Т.50. №6. С.118—128.

Азотный «диабет» Азовского моря

Природа — книга, которая читает сама себя.

А.П.Левич.
Человек и биосфера

Лучше всего, если бы читатель знал все, что содержится в этой книге, еще не начав читать ее!

Э.Пианка.
Эволюционная экология

В.Г.Ильичев, В.Л.Семин

Азовское море разные народы называли по-разному; древние греки, например, именовали его Мейотическим озером. Не потому ли, что оно внутриконтинентальное, или из-за небольших размеров? В самом деле, площадь зеркала моря невелика — 39 тыс. км². По глубине оно тоже не бьет рекордов: в среднем она составляет около 7 м, а максимальная лишь в два раза больше. Крупных впадающих рек всего две — Дон и Кубань, остальные мелкие. И соленость ниже, чем в других морях (за исключением Балтийского): примерно 10‰, а в приустьевых частях и того меньше — около 5‰. Зато органических веществ в Азовском море в 5–6 раз больше по сравнению с другими морскими водоемами.

Еще недавно, в первой половине XX в., рыбы здесь было много и разной. Добывали осетровых, леща, судака, тарань, шемаю, бычка, сельдь, хамсу, тюльку и др. Удельная рыбопродуктивность составляла 8 т под квадратным метром, что было в полтора раза больше, чем в Северном море, в шесть превышала этот показатель в Каспийском, в восемь — в Балтийском и почти в 25 — в Черном [1]. Столь высокая продуктивность обуславливалась несколькими



Виталий Григорьевич Ильичев, кандидат физико-математических наук, доктор технических наук, главный научный сотрудник Южного научного центра РАН. Область научных интересов — математическое моделирование, исследование устойчивости и адаптации экологических систем.



Виталий Леонидович Семин, младший научный сотрудник того же центра. Научные интересы связаны с изучением бентоса, планктона в Азовском море и его экологией.

причинами. В первую очередь — **значительным речным стоком**: примерно 41 км³/год (при объеме моря около 320 км³). По сути вся морская вода обновлялась за восемь лет. За счет поступления из Дона и Кубани азота, фосфора и других биогенных элементов ими обогащалась азовская экосистема. Благодаря **мелководности** довольно быстро включались в биоло-

гический круговорот и биогенные вещества, находящиеся в донных отложениях. **Низкая соленость** вод (примерно 10‰) благоприятствовала обитанию солоноватоводных видов рыбы почти по всей акватории.

Положение изменилось отнюдь не в лучшую сторону после сооружения Цимлянского водохранилища (1953) на Дону и Краснодарского (1975) — на

© Ильичев В.Г., Семин В.Л., 2006

Кубани. Общий объем речного стока в Азовское море сократился до 28 км³/год. Зато увеличился приток черноморских вод, поэтому соленость в нем повысилась до 12–13‰, а в маловодные годы и до 15–17. Изменилось также и содержание биогенных элементов в донском стоке: азота — выросло, а фосфора — упало. После этого в Азовском море другим стало отношение N/P. Прежде этот показатель был равен примерно 10, а в 1970–1980-х годах достиг ~20.

Соотношение запасов азота и фосфора в море — важный экологический показатель, мера стабильности экосистемы. Когда оно близко к отношению N/P в клетках водорослей — первичных продуцентов органического вещества, — то в биологическом круговороте активно работают, как минимум, две обратные связи: по азоту и по фосфору. Если же один из элементов почему-либо значительно накапливается, именно по нему ослабляется действие обратной связи, и тогда рост водорослей регулируется только содержанием в среде другого элемента. Установлено, что сокращение числа (избытка) активных обратных связей может привести к дестабилизации водной экосистемы [2].

Какой же механизм приводит к дисбалансу биогенных веществ? На этот счет есть несколько гипотез, основные из них — **химическая и биологическая**. Обе они опираются на анализ экологической подсистемы азот–фосфор–водоросли. Последние, будучи основой пищевой цепи, определяют и поведение всей экосистемы, а это позволяет игнорировать влияние более высоких трофических уровней. Попробуем пристальнее взглянуть на составляющие упомянутой подсистемы и начнем с экологических характеристик одноклеточных водорослей.

В Азовском море много разных водорослей, по массе же

преобладают диатомовые, пиропитовые и синезеленые (сохраним здесь это архаичное название вместо давно устоявшегося правильного — цианобактерии). У водорослей каждой из этих групп свои «требования» к среде обитания, к таким ее показателям, как соленость, температура. Внутриклеточное содержание азота и фосфора тоже отличается, но соотношение этих элементов ни у одних из перечисленных водорослей не превышает 10 (табл.1).

Ясно, что содержание веществ в рассматриваемой системе определяется взаимодействием внутренних и внешних факторов. К первым относятся потребление минеральных форм азота и фосфора водорослями и посмертное образование ими органических соединений (часть которых захоранивается в донных отложениях) этих же элементов. Внешние факторы — это поступление и вынос различных форм N и P с водами впадающих рек, Черного моря и с атмосферными осадками (табл.2). При нарушении объема речного стока существенно меняется только солевой режим, а температурные

вариации бывают довольно незначительными.

Одно из объяснений роста отношения N/P в Азовском море дает **химическая гипотеза**, предложенная А.М.Бронфманом с соавторами [1]. По мнению этих исследователей, в Цимлянском водохранилище из-за высокой летней температуры и медленного течения возникают оптимальные условия для развития синезеленых водорослей. Поскольку они способны усваивать атмосферный азот, то цимлянские воды дополнительно обогащаются его органическими соединениями, которые образуются при посмертном разложении этих организмов. Напротив, концентрация фосфора здесь несколько снижается, так как содержащее его вещества частично попадают в донные отложения. В итоге одновременно увеличивается количество азота и уменьшается содержание фосфора сначала в самом водохранилище, а затем последовательно в водах Нижнего Дона и Азовского моря.

По **биологической гипотезе** рост отношения N/P объясняется иначе, хотя тоже с привлечением синезеленых водо-

Таблица 1

Экологические характеристики водорослей Азовского моря [3, 4]

Группа водорослей	Оптимальная соленость, ‰	Оптимальная температура, °С	Содержание в клетках, доли	
			Азот	Фосфор
Диатомовые	9	12–14	0.00525	0.00105
Пиропитовые	14	19–22	0.00750	0.00112
Синезеленые	6	22–24	0.01050	0.00120

Примечание. Содержание азота и фосфора дано в долях от сырой массы водорослей.

Таблица 2

Концентрация биогенных веществ (мг/м³) в элементах водно-го баланса Азовского моря [1]

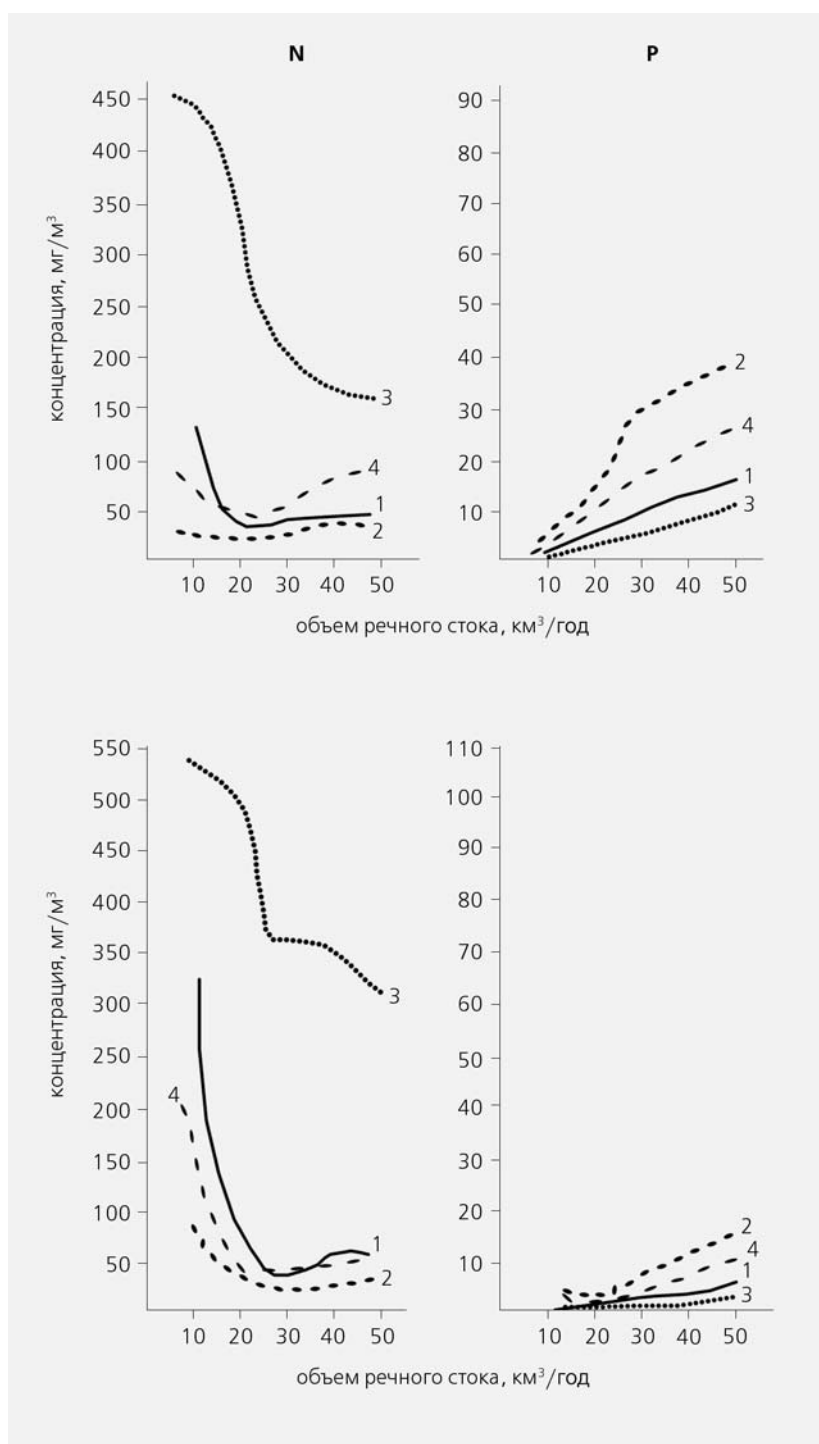
Биогенный элемент	Дон	Кубань	Атмосферные осадки	Черное море
Общий N	2000–3000	1900	1400	350
Общий P	200–300	200	45	27
N/P	6.6–15	9.5	31	13

рослей, но уже в Азовском море, а не в водохранилище. Основная она на других особенностях их питания. По этой гипотезе, рост солености, порожденный сокращением объема донского стока, приводит к уменьшению биомассы синезеленых. А так как они потребляют самое большое количество азота по сравнению с другими водорослями, то из-за снижения численности (биомассы) синезеленых азот используется в меньшем количестве, чем обычно. Отсюда и его монотонный рост в море.

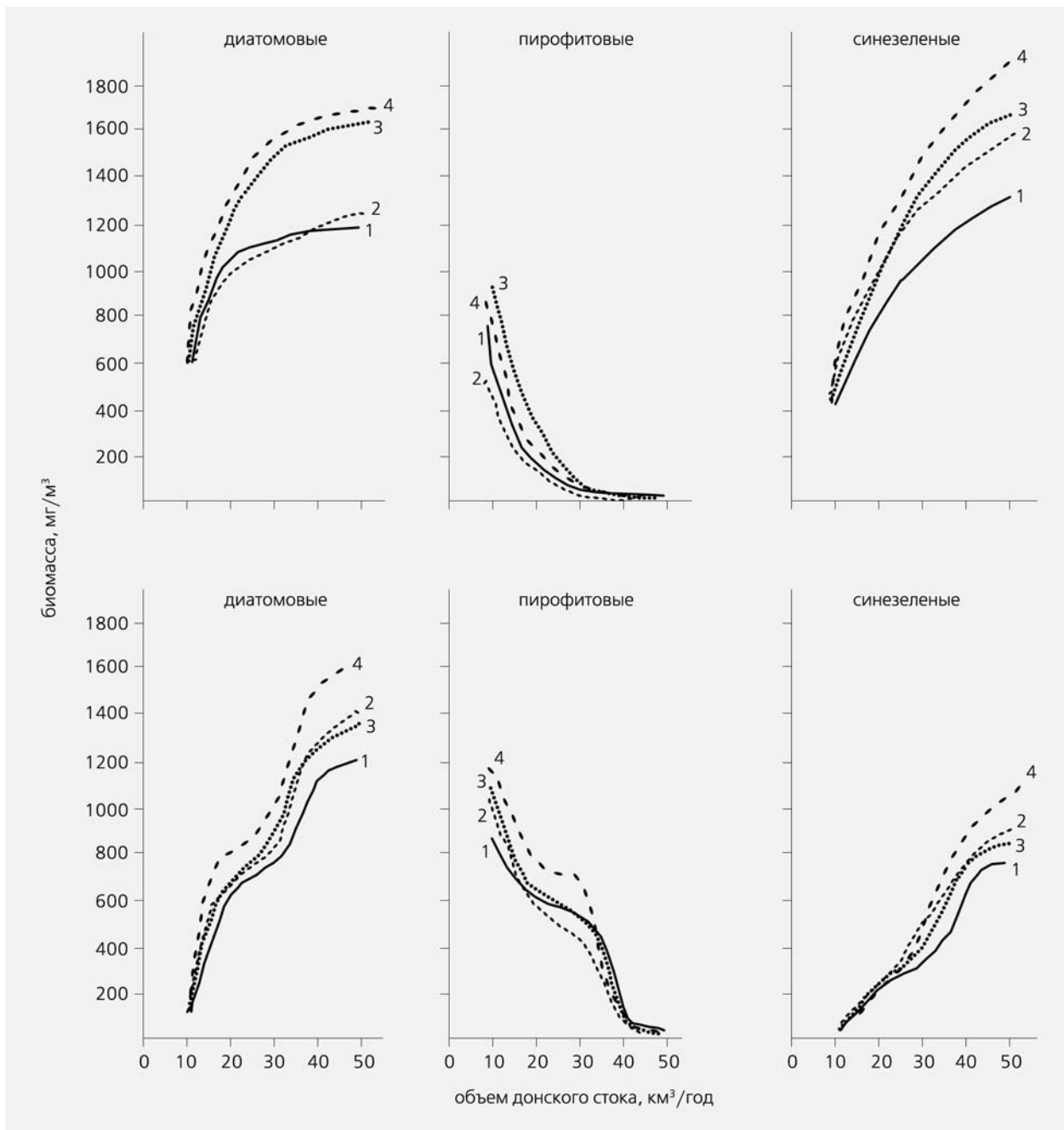
Какая-то из этих гипотез, построенных на разных основаниях, должна быть, видимо, правильной. Какая же? Чтобы разобраться в этом, можно построить компьютерную модель, описывающую основные процессы в системе азот—фосфор—водоросли, и в модельных экспериментах оценить каждую из них. Подобные модели создавались еще в конце 70-х годов и даже были опубликованы отдельной книгой [5].

Для проверки химической гипотезы в модельном анализе исследовался отклик упомянутой системы на изменения двух параметров объема донского стока и содержания в нем азота и фосфора. Рассматривались при этом четыре варианта концентраций N и P: 2000 и 200; 2000 и 300; 3000 и 200; 3000 и 300 мг/м³. Объем (*v*) донского стока варьировался от 50 до 10 км³/год. В этом случае соленость (*S*) изменялась от 5 до 17‰.

Оказалось, что при сокращении стока концентрация минерального фосфора монотонно уменьшается, а азота сначала тоже убывает, но затем неожиданно начинает расти. Минимум азота приходится на объем, равный примерно 25 км³/год. Удивительно, что этот результат оставался неизменным при всех вариантах концентраций N и P в донской воде. Следовательно, не эти изменения влияют на вариации N и P в Азовском море, решающую роль играет уменьшение объема речного стока.



Расчетное содержание (в среднем за год) минеральных форм азота и фосфора в Таганрогском заливе (вверху) и в самом Азовском море при изменении объема донского стока и четырех вариантах концентраций (отмечены цифрами) N и P в стоке. Варианты концентраций: азот 2000 мг/м³, фосфор — 200 (1); 2000 и 300 (2); 3000 и 200 (3); 3000 и 300 (4). Видно, что при сокращении речного стока содержание азота сначала несколько убывает (за исключением третьего варианта концентрации) и в заливе, и в море, а затем резко повышается. Иначе дело обстоит с фосфором: его концентрации неуклонно падают, причем в заливе сильнее, чем в море.

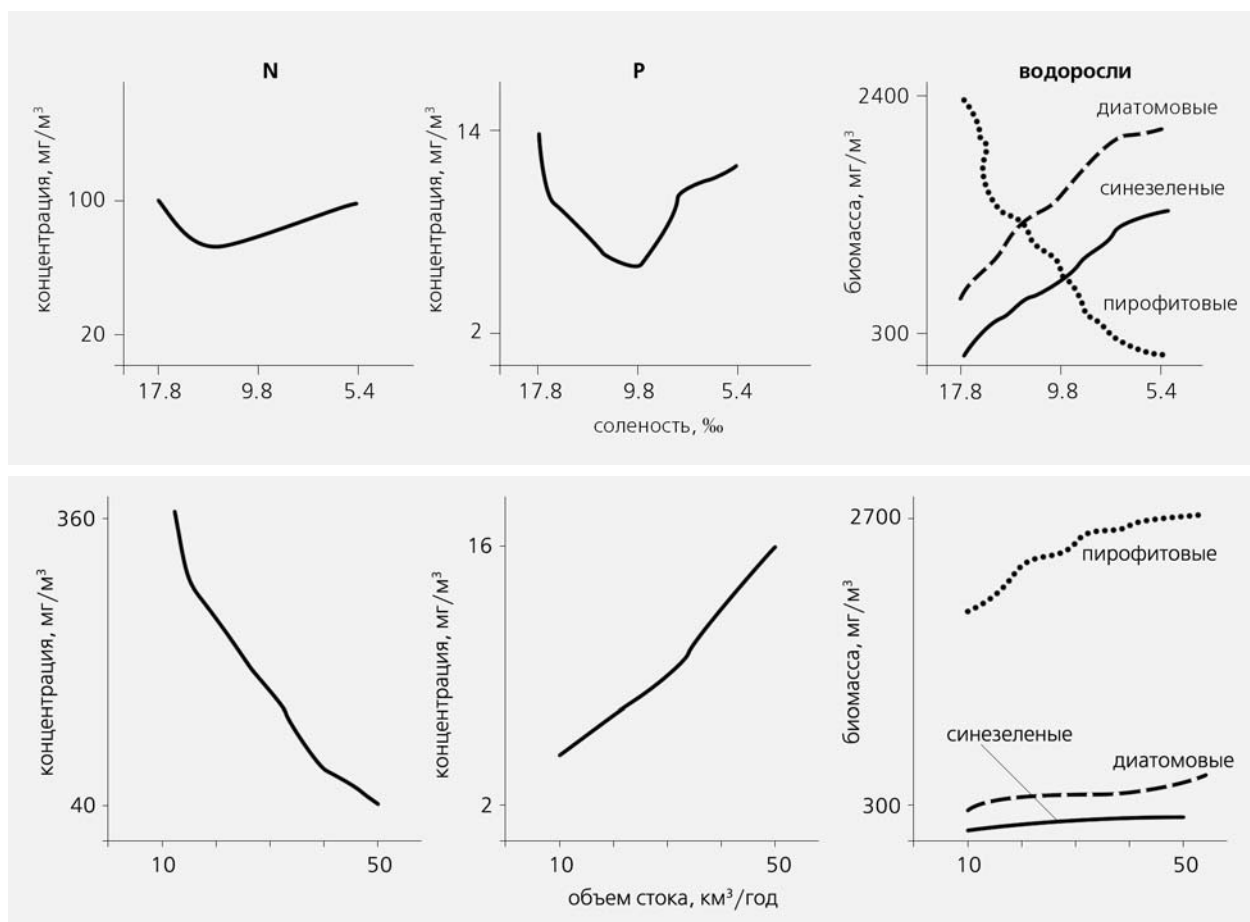


Рассчитанные биомассы (в среднем за год) диатомовых, пирофитовых и синезеленых водорослей Таганрогского залива (вверху) и самого Азовского моря при изменении объема и четырех вариантах концентраций (отмечены цифрами) N и P в донском стоке. Варианты концентраций те же, что на предыдущем графике. При уменьшении речного стока и в заливе, и в море снижается биомасса диатомовых и синезеленых водорослей, но пирофитовых возрастает.

Для проверки биологической гипотезы в модели положили одинаковыми потребности в азоте всех групп водорослей (диатомовых, пирофитовых, синезеленых). И в этом случае умень-

шение объема речного стока вызывает рост азота в азовских водах. Значит, одного падения биомассы синезеленых недостаточно, чтобы объяснить дисбаланс в содержании азота и фосфора.

По нашему мнению, возникновение дисбаланса можно объяснить одновременным действием двух факторов — биологического и гидрологического. Проще говоря, мы предлагаем



Содержание минеральных форм азота и фосфора под действием биологических (вверху) и гидрологических процессов, а также влияние каждого из них на биомассу основных групп водорослей в Азовском море. В обоих экспериментах при расчетах выбраны концентрации азота 2000 мг/м³, фосфора — 200 в донском стоке. В первом эксперименте соленость изменялась от 5.4 до 17.8‰, а объем донского стока был фиксирован на уровне 50 км³/год. На содержании азота биологические процессы в заданном интервале солености сказываются меньше, чем на концентрации фосфора. Развитие же трех основных групп водорослей сильно зависит от увеличения солености: биомасса пирофитовых растет, а синезеленых и диатомовых — уменьшается. Во втором эксперименте донской сток варьировался от 50 до 10 км³/год, а соленость была фиксирована на уровне 17.8‰. Гидрологические процессы мало влияют на водоросли, зато на концентрациях азота и фосфора сказываются сильнее.

новую, биогидрологическую гипотезу. Под биологическим фактором мы имеем в виду перестройку состава водорослей из-за увеличения солености морской воды, а под гидрологическим — изменение массообмена. Заметим, что сокращение объема речного стока влияет и на биологические, и на гидрологические процессы.

Проанализируем нашу гипотезу тоже с помощью компьютерной модели и вычислительных экспериментов [6]. Сначала

выделим влияние каждого процесса в «чистом виде». Чтобы понять действие биологического фактора, оставим уровни азота и фосфора в донском стоке фиксированными, а будем медленно уменьшать его объем от 50 до 10 км³/год. Это вызывает увеличение солености Азовского моря, а в таком случае экологические преобразования определяются только сменой групп водорослей. За счет действия чисто биологических процессов содержание мине-

ральных форм азота и фосфора в море становится наименьшим при солености ~10–12‰, а среднегодовые биомассы основных групп водорослей оказываются примерно равными. Это легко понять: сезоны их развития различны, поэтому в течение года водоросли потребляют азот и фосфор равномерно и, значит, наиболее полно. В результате их концентрации становятся самыми низкими именно при солености ~10–12‰.

За счет действия «чисто» гидрологических процессов сокращение объема речного стока — самого богатого поставщика биогенных веществ — вызывает уменьшение концентраций азота и фосфора в Азовском море. Однако степень уменьшения концентраций соединений этих элементов разная, потому что сказывается вклад других источников биогенных веществ (см. табл.2): атмосферных осадков с отношением N/P ~30 и черноморских вод с N/P ~13. При такой дотации азота он слабо убывает в море, а фосфор сильно. Следовательно, при малом речном стоке фосфор становится лимитирующим элементом и ограничивает развитие водорослей. Азота при этом они потребляют меньше, чем в условиях нормального стока, и в результате «недопотребления» азота водорослями он «избыточно» накапливается.

Итак, по нашей гипотезе и результатам модельных экспериментов дисбаланс азота и фосфора в Азовском море возникает из-за сокращения объема донского стока. Когда он составляет от 50 до 25 км³/год, решающее значение имеют биологические факторы (перестройка состава водорослей). При дальнейшем уменьшении объема стока доминируют гидрологические процессы, увеличивающие долю элементов водного баланса (осадков и черноморских вод) с аномально высоким содержанием азота.

* * *

В начале 80-х годов прошлого века строились планы по реконструкции Азовского моря, чтобы восстановить его былую рыбопродуктивность. Рассматривались три дорогостоящих проекта: дотация речного стока, сооружение Керченского гидроузла и сужение гирла Таган-

рогского залива. Каждый из этих проектов имел свои достоинства и недостатки, и чтобы один из них реализовать, необходима была научная оценка экологических последствий осуществления данных планов. Однако последовавший затем социально-экономический кризис положил конец этим исследованиям.

После 1992 г. объем донского стока вырос — в основном за счет климатических преобразований (увеличения количества осадков, смены ветров и др.). Это благоприятно отразилось на продуктивности азовской экосистемы. Отметим, что хотя содержание азота и фосфора в донских водах почти не изменилось, в Азовском море постепенно снижается (нормализуется) отношение азот/фосфор [7, 8]. Это подтверждает нашу биогидрологическую гипотезу о причинах возникновения азотного «диабета». ■

Литература

1. Бронфман А.М., Дубинина В.Г., Макарова Г.Д. Гидрологические и гидрохимические основы продуктивности Азовского моря. М., 1979.
2. Ильичев В.Г. // Гидробиол. журн. 1988. Т.24. №5. С.15—22.
3. Алдакимова А.Я. О некоторых закономерностях внутригодовой динамики фитопланктона Азовского моря // Биологические ресурсы Азовского моря. Ростов-на-Дону, 1976.
4. Сергеев Ю.Н., Колодочка Х.Д., Круммель Х.Д. и др. Моделирование процессов переноса и трансформации вещества в море. Л., 1979.
5. Ворович И.И., Горелов А.С., Горстко А.Б. и др. Рациональное использование водных ресурсов бассейна Азовского моря. Математические модели. М., 1981.
6. Ильичев В. Г. // Метеорология и гидрология. 1995. №1. С.56—64.
7. Матишов Г.Г., Гаргона Ю.М., Бердников С.В. и др. Закономерности экосистемных процессов. М., 2006.
8. Александрова З.В., Баскакова Т.Г., Ромова М.Г. Особенности гидрохимического режима и продуцирования первичного органического вещества в экосистеме в современный период // Гребневик в Азовском и Черном морях: биология и последствия вселения. Ростов-на-Дону, 2000. С.145—172.

Андрогенез у рыб, или Только из мужского семени

А.С.Грунина, А.В.Рекубратский

В природе лишь немногие виды организмов размножаются за счет андрогенеза (от греч.: *ανέρ* — мужчина, род. падеж *ανδρός*; *γενής* — происхождение, рождающий). Это — форма размножения, при которой в развитии зародыша участвуют мужское ядро (привнесённое в яйцо сперматозоидом) и цитоплазма яйцеклетки. Таким способом размножаются отдельные виды животных (например, наездники *Nabrobri-con*) и некоторые растения (кукуруза, табак) в том случае, если женское ядро погибает до оплодотворения (потому этот процесс у них в действительности ложный).

Андрогенез можно вызвать искусственно, механически удалив из яйца женское ядро или прибегнув к его инактивации физическими или химическими агентами. Зародыши, возникающие в результате «оплодотворения» * таких яйцеклеток, имеют гаплоидный (т.е. один) набор хромосом — мужских — и обычно нежизнеспособны.

Чтобы получить андрогенетическое жизнеспособное потомство, необходимо вызвать

* Здесь и далее слово берется в кавычки, чтобы отличить этот ложный процесс от истинного оплодотворения — слияния женского ядра с мужским.

© Грунина А.С., Рекубратский А.В., 2006



Анна Семеновна Грунина, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института биологии развития им.Н.К.Кольцова РАН. Область научных интересов — геномная инженерия, взаимоотношения ядра и цитоплазмы в развитии организмов.



Александр Витальевич Рекубратский, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института пресноводного рыбного хозяйства. Научные интересы связаны с генетической инженерией, селекцией и гибридизацией рыб.

удвоение (диплоидизацию) мужского хромосомного комплекса и тем самым компенсировать недостающие женские хромосомы. Диплоидизация может быть достигнута двумя способами. Один из них — блокирование первого деления дробления «оплодотворенного» яйца, за счет чего оно становится диплоидным. Второй способ — слияние ядер спермиев при полисперм-

ном оплодотворении. Если яйцеклетки принадлежат одному виду, а спермии — другому, андрогенез будет межвидовым, а потомство гибридным. И гибриды эти не обычные, а андрогенетические ядерно-цитоплазматические, т.е. произошедшие от отцовского ядра и материнской цитоплазмы.

Искусственный, или, как говорят специалисты, индуциро-

ванный, андрогенез используется для решения многих задач, таких как получение высокоинбредных линий (выведенных длительным инбридингом — близкородственным скрещиванием) и клонов, регуляция пола, изучение взаимоотношений между ядром и цитоплазмой и т.д. В последнее время индуцированный андрогенез привлекает все больше внимания в связи с проблемой сохранения редких и исчезающих видов только из генетического материала спермиев [1, 2]. Привлекательность такого подхода в существенной мере определяется тем, что технология криоконсервации спермы уже в основном разработана. Задача же длительного хранения яйцеклеток и зародышей многих животных пока не решена [3].

Здесь мы расскажем о результатах наших исследований по индуцированному андрогенезу у рыб, главным образом осетровых. Эти одни из древнейших рыб — деликатесная пища человека, ценнейший источник животного белка. Однако зарегулированием стока рек, их сильной загрязненностью, переловом и браконьерством запасы осетровых в значительной мере подорваны, а отдельные популяции и виды близки к исчезновению [4]. К сожалению, не исключение в этом и Россия,

хотя численность осетровых рыб в нашей стране была наибольшей, а генофонд — уникальным.

Два метода

Мы занялись индуцированным диплоидным андрогенезом у рыб в 1989 г. Основателем же таких исследований был А.А.Нейфах, под руководством которого они были начаты в лаборатории биохимической эмбриологии Института биологии развития им.Н.К.Кольцова. Наши работы стали логическим продолжением исследований по радиационной инаktivации ядер и изучению ядерно-цитоплазматической несовместимости у андрогенетических гаплоидных гибридов рыб.

Сначала мы разработали метод диплоидного андрогенеза: ядра яйцеклеток инаktivировали ионизирующим излучением, а чтобы удвоить мужской хромосомный набор, тепловым шоком блокировали первое деление дробления. Так удалось получить жизнеспособные андрогенетические потомства нескольких видов костистых рыб [2]. Однако с осетровыми мы не добились успеха, так как их личинки погибали еще до перехода к активному питанию. Видимо, высокий уровень гомозигот-

ности*, возникающий в результате блокирования первого деления дробления, снижает жизнеспособность зародышей этих рыб [2].

Чтобы преодолеть гомозиготность, мы начали исследование по диспермному андрогенезу. Этот метод тоже ведет к восстановлению диплоидности зародышей — за счет слияния хромосомных наборов двух спермиев. В результате возникает гетерозиготное** потомство с обычным уровнем генетической изменчивости.

Надо сказать, что благодаря своим биологическим особенностям осетры представляют собой чрезвычайно удобный объект для исследований по диспермному андрогенезу. Так, яйцеклетки осетровых рыб имеют несколько микропиле*** (обычно 6—8), что позволяет в экспериментальных условиях, варьируя концентрацию спермиев (т.е. изменяя степень разведения спермы водой), добиться одновременного проникно-

* Гомозиготность — наличие одинаковых аллелей (форм) одного гена в гомологичных хромосомах.

** У гетерозиготных особей в гомологичных хромосомах имеются разные аллели одного и того же гена.

*** Микропиле — отверстие в оболочке яйцеклетки у некоторых видов, предназначенное для проникновения в них спермия.

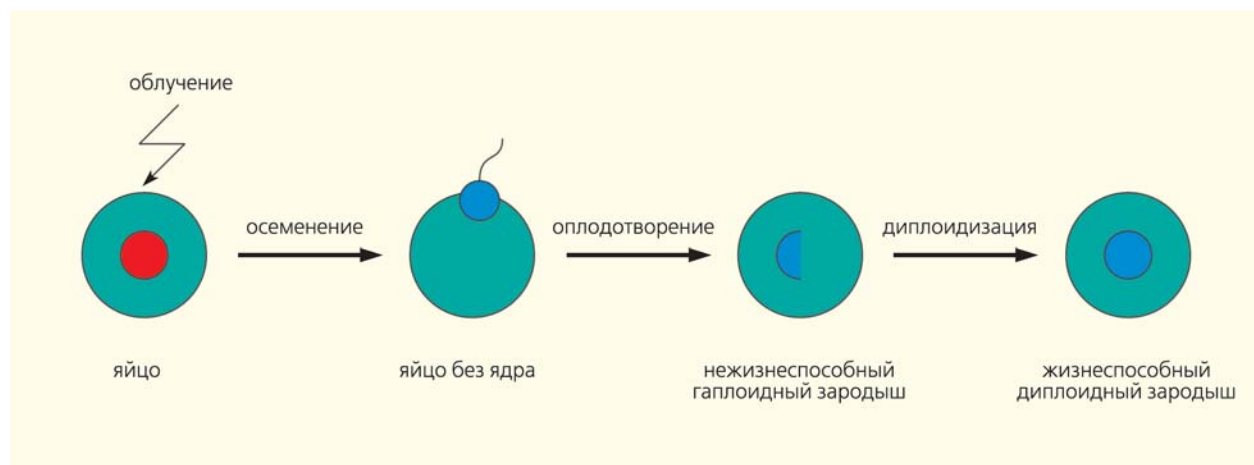


Схема индуцированного диплоидного андрогенеза. На стадии осеменения женское ядро, инаktivированное облучением, отдельно не показано.

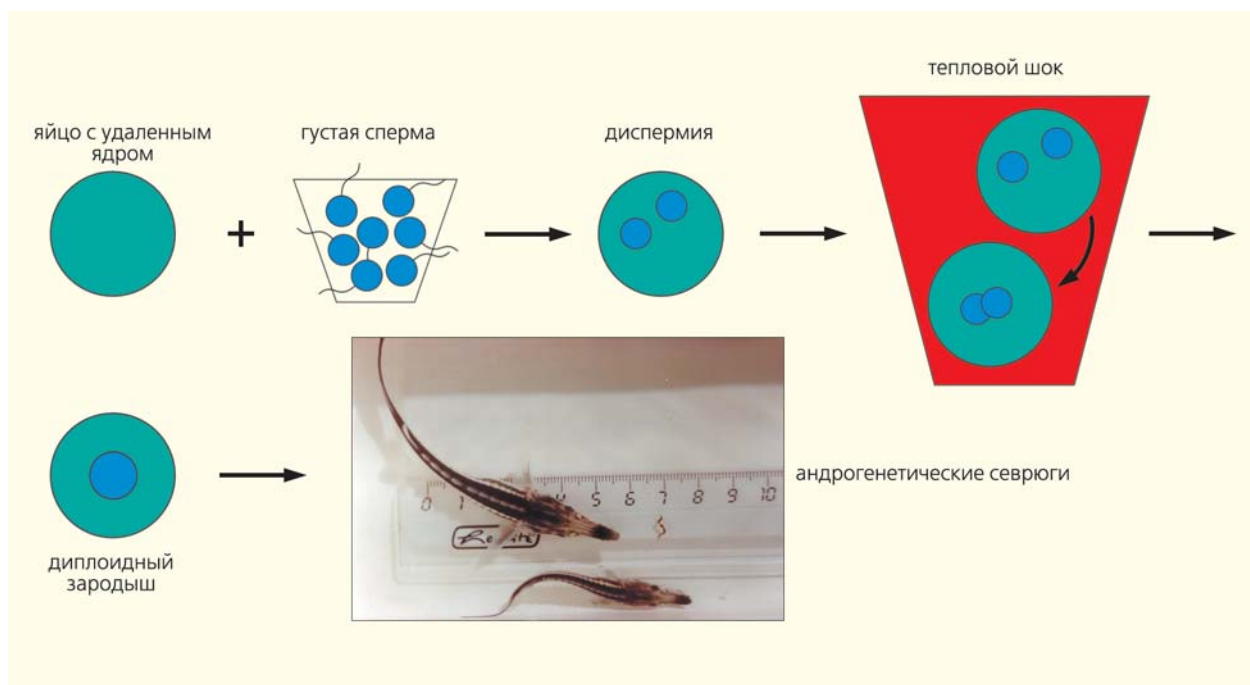


Схема диспермного андрогенеза у осетровых рыб.

вения в каждую яйцеклетку двух или более спермиев. Кроме того, в яйцеклетках осетровых рыб отсутствуют механизмы*, которые блокировали бы проникновение сверхчисленных спермиев, поэтому они могут беспрепятственно включаться в развитие [5]. Указанные особенности яйцеклеток осетровых объясняются их приспособленностью к природным условиям: оплодотворение происходит на участках рек с довольно быстрым течением, и наличие нескольких микропиле повышает вероятность проникновения спермия в яйцо.

Разработанный нами метод диспермного андрогенеза включает генетическую инактивацию яйцеклеток ионизирующим излучением; их осеменение концентрированной спермой; тепловой шок вскоре после

* Такие механизмы имеются в яйцеклетках некоторых животных (например, у морского ежа, ксенопуса), для которых полиспермное осеменение — норма. Действие этих механизмов обеспечивает участие в развитии организма только одного спермия.

осеменения для слияния ядер спермиев. Своим методом мы получили жизнеспособные андрогенетические потомства нескольких видов осетровых: сибирского и русского осетров, севрюги, белуги и др. [6]. Это первый случай успешного внутривидового андрогенеза у таких рыб.

Андрогенетические гибриды

Основная часть наших опытов была выполнена на экспериментальной базе Краснодарского НИИ рыбного хозяйства, где нам оказали содействие М.С.Чебанов и Ю.Н.Чмырь.

Мы упоминали уже, что андрогенез привлекает исследователей возможностью получать жизнеспособных особей редких и исчезающих видов. Для этой цели можно использовать межвидовой андрогенез: сохраненной (криоконсервированной) спермой, скажем, исчезающего вида «оплодотворить» яйцеклетки (с «убитыми» ядрами) близ-

кого вида, а затем удвоить набор мужских хромосом. Результатом будут андрогенетические ядерно-цитоплазматические гибриды. Их ядерная ДНК принадлежит отцовскому виду, а митохондриальная — материнскому. Необходимость использовать в андрогенезе яйцеклетки «чужого» вида служит известным ограничением данного метода. Однако нужно учитывать, что по сравнению с ядерным геномом вклад митохондриальных генов в развитие организма невелик.

На жизнеспособности андрогенетических гибридов часто отрицательно сказывается ядерно-цитоплазматическая несовместимость, поскольку нарушаются нормальные взаимодействия между чужеродными друг другу ядром и цитоплазмой [2, 7]. Поэтому, чтобы получить андрогенетических гибридов, необходимо было избежать действия этого фактора.

Мы снова применили уже рекомендовавший себя в предыдущих опытах метод диспермного андрогенеза. Но теперь родительские пары для «скрещива-

ния» составляли из двух разных видов осетровых рыб (табл.1). Были испытаны комбинации видов как диплоидных, т.е. с относительно малым числом хромосом (около 120), так и тетраплоидных, многохромосомных (240—250 хромосом).

Если родители отличались количеством хромосом, во всех вариантах «скрещиваний» погибали и гаплоидные, и диплоидные гибриды на эмбриональных или ранних постэмбриональных стадиях. Объяснение этому мы увидели в том, что степень ядерно-цитоплазматической несовместимости может зависеть от двух причин: от филогенетической удаленности видов (что очевидно) и от различия в уровне плоидности (количестве гомологичных наборов хромосом) родительских видов [8]. Следовательно, для получения жизнеспособного андрогенетического гибридного потомства больше шансов на успех будет иметь комбинация видов с одинаковым уровнем плоидности. Иначе говоря, следует «скрещивать» между собой или диплоидный вид с диплоидным, или тетраплоидный с тетраплоидным.

Этот вывод подтвердился в дальнейших исследованиях. В тех опытах, в которых исполь-

зовались яйцеклетки севрюги (*Acipenser stellatus*) и спермии белуги (*Huso buso*), мы получили жизнеспособных андрогенетических ядерно-цитоплазматических гибридов. Они живы до сих пор, сейчас им уже шесть лет. Нелишне отметить, что такие гибриды были получены впервые не только для рыб, но и вообще для позвоночных животных. Раньше, еще в 1950-х годах, Б.Л.Астауров вывел андрогенетических гибридов, но не позвоночных, а насекомых — шелкопряда [9].

Чтобы подтвердить наследование гибридами ядерной ДНК от отцовского вида, а митохондриальной от материнского, В.А.Барминцевым с сотрудниками (сектор молекулярной генетики гидробионтов, ВНИРО) был проведен молекулярно-генетический анализ. Как и должно быть, при осеменении севрюжких яйцеклеток с «убитым» ядром спермой белуги у потомства ядерная ДНК принадлежала белуге, а митохондриальная ДНК, локализуемая в цитоплазме и наследуемая по материнской линии, — севрюге. Кроме того, молекулярными методами был подтвержден и диспермный характер происхождения гибридов [6].

Мы получили жизнеспособных андрогенетических гибридов не только от родительской пары «севрюга × белуга», но и от других видов (с одинаковой плоидностью) осетровых рыб (см. табл.1). Для некоторых из этих гибридов Е.Д.Васильевой (биологический факультет МГУ) был выполнен детальный морфологический анализ. Судя по его результатам, к годовалому возрасту гибриды полностью идентичны по морфологическим признакам отцовскому виду [6].

В ходе экспериментов выяснилось, что не все пары видов с равным числом хромосом могут давать жизнеспособных гибридов. Так, на ранних стадиях останавливалось развитие зародышей от филогенетически близких севрюги и стерляди (*Arutbenus*), белуги и шипа (*Anudiventris*). Значит, помимо различий в плоидности существуют и другие, пока еще не изученные факторы несовместимости.

Преодолеть ядерно-цитоплазматическую несовместимость мы попытались обходным путем: для андрогенеза использовали яйцеклетки не чистых видов, а обычных межвидовых гибридов и сперму одного из родительских видов [10].

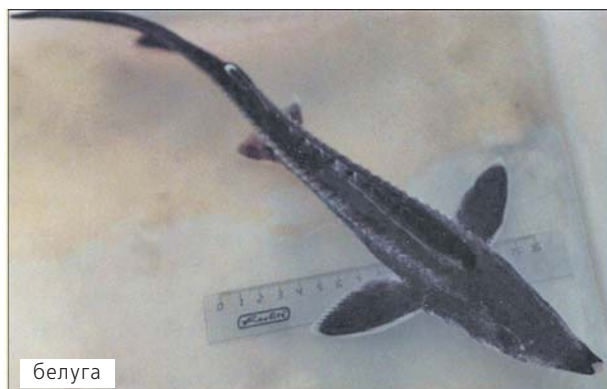
Эффективность такого способа мы проверили в экспериментах на костистых рыбах. Оплодотворив спермиями карпа генетически инaktivированные яйцеклетки гибридов от скрещивания серебряного карася с карпом и удвоив мужской хромосомный набор (блокированием первого деления дробления), получили жизнеспособных андрогенетических гибридов [10]. Возникшие из гибридных яйцеклеток, они развивались нормально, поскольку отцовское ядро попало в цитоплазму, наполовину состоящую из белков собственного вида. Кстати отметим: прямые андрогенетические гибриды от «скрещивания» облученных яйцеклеток серебряного карася и спер-

Таблица 1

Выживаемость андрогенетических ядерно-цитоплазматических гибридов, полученных в различных комбинациях видов осетровых рыб

Комбинация видов, гибриды	
Жизнеспособные	Нежизнеспособные
<i>Acipenser stellatus</i> (120) × <i>Huso buso</i> (120)	<i>Agueldenstaedti</i> × <i>Polyodon spatula</i> (120)
<i>A.persicus</i> (250) × <i>Agueldenstaedti</i> (250)	<i>P.spatula</i> × <i>Agueldenstaedti</i>
<i>Agueldenstaedti</i> × <i>A.baeri</i> (250)	<i>A.stellatus</i> × <i>P.spatula</i>
<i>Arutbenus</i> (120) × <i>Anudiventris</i> (120)	<i>A.stellatus</i> × <i>Agueldenstaedti</i>
<i>Arutbenus</i> × <i>H.buso</i>	<i>Agueldenstaedti</i> × <i>A.stellatus</i>
	<i>Agueldenstaedti</i> × <i>Arutbenus</i>
	<i>Arutbenus</i> × <i>Agueldenstaedti</i>
	<i>A.stellatus</i> × <i>Arutbenus</i>
	<i>H.buso</i> × <i>A.stellatus</i>
	<i>H.buso</i> × <i>Anudiventris</i>

Примечание. В скобках дано число хромосом. Латинским названиям рыб соответствуют русские: севрюга (*Acipenser stellatus*), белуга (*Huso buso*), персидский осетр (*A.persicus*), русский осетр (*Agueldenstaedti*), сибирский осетр (*A.baeri*), стерлядь (*Arutbenus*), шип (*Anudiventris*), веслонос (*Polyodon spatula*).



белуга



гибрид



севрюга

Белуга, севрюга и андрогенетический гибрид севрюга (♀) × белуга (♂). Для сравнения все они сфотографированы в 10-месячном возрасте.

миев карпа, были нежизнеспособны [2].

Все тот же обходной маневр проверен нами и на осетровых рыбах: белуге, стерляди и их плодовитом гибриде — бестере. Но теперь использовались не

гибридные яйцеклетки, а гибридная сперма. Надо сказать, из своих опытов мы уже знали, что от «скрещивания» стерляди с белугой выживаемость андрогенетических межвидовых гибридов на эмбриональных стади-

ях ниже, чем у эмбрионов от внутривидового андрогенеза у стерляди. Когда вместо спермиев белуги использовались спермии бестера, выживаемость андрогенетических зародышей значительно повысилась.

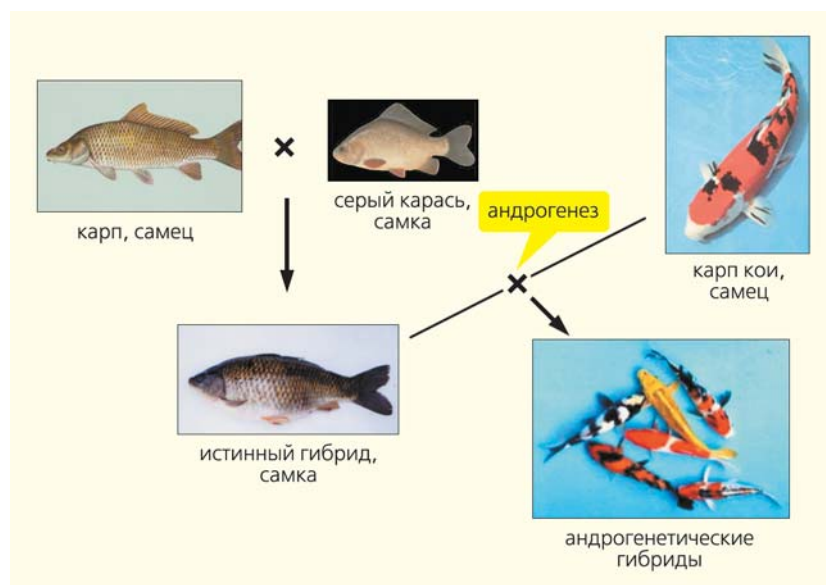


Схема получения андрогенетических межвидовых гибридов с применением гибридной цитоплазмы. В опыте использованы цветные самцы карпа кои, маркированные рецессивными генами окраски, и серые самки дикого типа, доминантные по соответствующему признаку. Проявление у потомства окрашивания по отцовскому типу надежно подтверждает инактивацию женских ядер и индукцию андрогенетического развития.

С криоконсервированной спермой

Научившись получать андрогенетических гибридов за счет слияния нативных спермиев, мы попытались использовать вместо них криоконсервированную сперму* [11]. Сложность была в том, что такая сперма обычно уже наполовину разведена растворами криозащитных сред, а наш метод дисперсного андрогенеза требует концентрированной спермы. Кроме того, спермии после замораживания и последующего оттаивания могут терять подвижность, из-за чего снижается их оплодотворяющая способность.

Тем не менее нам удалось модифицировать методику осеме-

* В этой работе участвует также группа криобиологов под руководством Л.И.Цветковой (лаборатория криобиологии Всероссийского научно-исследовательского института пресноводного рыбного хозяйства).

Таблица 2

Выживаемость диплоидного андрогенетического потомства севрюги

Вариант опыта, вид спермы	Выживаемость на стадии					
	гастролы		предличинки		личинки (2 нед. активного питания)	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%
АД, нативная	864		117	17.1	79	68.1
АД, криоконсервированная	183		12	6.6	7	58.3
КГ, нативная	91	54.1	0	0.0	—	—
КГ, криоконсервированная	19	12.3	0	0.0	—	—
КД, нативная	116	80.0	90	77.6	65	72.2
КД, криоконсервированная	68	54.0	не получали			

Примечание. АД — диплоидный андрогенез, КГ — контроль гаплоидный, КД — контроль диплоидный. Доля зародышей на стадии гастролы дана от количества «оплодотворенных» яиц; доля предличинок и личинок — от числа зародышей на предшествующих стадиях.

нения облученных яйцеклеток криоконсервированной спермой и осуществить диспермный андрогенез у севрюги (табл.2). Правда, и оплодотворяющая способность замороженной спермы, и выживаемость андрогенетических зародышей оказались ниже, чем в вариантах с использованием нативной спермы. Что касается выживаемости зародышей, то ее низкий уровень, видимо, обусловлен возникновением в спермиях доминантных и (или) рецессивных леталей вследствие заморозки. Мы проследили за развитием выживших андрогенетических севрюжек примерно до трехнедельного возраста и заметили, что их гибель снижалась по мере роста. Таким образом, из криоконсервированной спермы опытным путем был воссоздан генотип азовской севрюги, запасы которой в настоящее время подорваны.

Итак, осуществлен диспермный андрогенез у осетровых рыб с использованием глубокозамороженной спермы. Это подтверждает пригодность метода для воссоздания геномов тех видов, от которых сохранилась только такая сперма.

С помощью андрогенеза с применением криоконсервированной спермы мы также оцениваем качество технологий ее замораживания [11]. С этой целью изучаем выживаемость гаплоидных зародышей. У них вос-

производится геном спермиев и проявляются все летальные и понижающие жизнеспособность мутации, которые могут быть замаскированы у диплоидов за счет работы второго генома. Сравним выживаемость таких андрогенетических гаплоидов и тех, что развиваются при осеменении инактивированной икры нативной спермой, можно понять, насколько поврежден генетический аппарат спермиев под действием заморозки.

Половой состав потомства

Коль скоро речь идет об андрогенезе для воссоздания геномов редких и исчезающих видов осетровых рыб, естествен вопрос о половом составе потомства. Если оно состоит из самок и самцов, это обеспечит воспроизводство вида в ряду поколений обычным половым путем.

Каким же может быть половой состав потомков, получаемых с помощью диспермного андрогенеза? Ответ совсем непрост. Если пол у осетровых рыб определяется половыми хромосомами, состав андрогенетического потомства будет зависеть от того, гетеро-* или

* Гетерогаметный пол производит два или более типов гамет (половых клеток — спермиев, яйцеклеток) с разными половыми хромосомами, например X и Y или W и Z. — Примеч. ред.

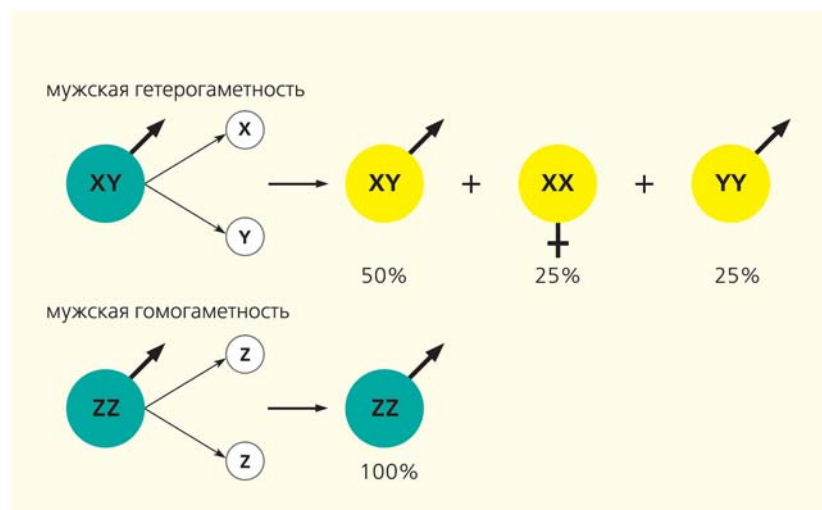
гомогаметны** самцы. При мужской гетерогаметности (генотип самцов XY, самок — XX) за счет диспермного андрогенеза (слияния ядер двух спермиев) должны появиться самки XX и самцы XY и YY в соотношении 1:2:1. При мужской гомогаметности (генотип самцов ZZ, самок — ZW) андрогенетическое потомство будет состоять только из самцов ZZ, а для получения самок требуется дополнительная процедура по гормональному переопределению пола.

Отметим: у осетровых рыб количество хромосом, причем мелких, довольно велико — у диплоидных видов 120, у тетраплоидных примерно 250 (для сравнения: у человека — 46). Поэтому прямая идентификация половых хромосом невозможна [12]. В этой ситуации изучать механизм определения пола можно косвенным путем — исследуя половой состав гиногенетического потомства, т.е. с исключительно материнской наследственностью. К настоящему времени известны всего две такие работы, выполненные на веслоносе (*Polyodon spatula*) и американском белом осетре (*A.transmontanus*) [13, 14]. В первой работе был сделан вывод о мужской гетерогаметности исследуемого вида, во второй —

** Гомогаметный пол дает только один тип гамет с одинаковыми хромосомами — X или Z. — Примеч. ред.

высказано предположение о женской гетерогаметности. Учитывая эти результаты, нельзя исключить, что пол у разных видов осетровых рыб может определяться разными системами, как, скажем, у тилапий [15]. У рыб вообще пол может меняться даже в зависимости от условий окружающей среды, например от температуры. Поэтому делать окончательные выводы о механизме определения пола у осетровых рыб, основываясь на результатах изучения только гиногенетических потомств двух видов, по крайней мере преждевременно. Надежнее было бы использовать для этого также потомков с чисто отцовской наследственностью.

Мы изучаем механизм определения пола осетровых, исследуя (впервые) оба потомства — и андрогенетическое, и гиногенетическое. С помощью мейотического гиногенеза, для индукции которого инактивируем ядра сперматозоидов УФ-облучением и тепловым шоком подавляем второе деление мейоза в икре, уже получили жизнеспособных диплоидных гиногенетических потомков русского осетра и севрюги [6]. Мы полагаем, что, независимо от того, какой пол у осетровых гетерогаметный, заключение о механиз-



Соотношение полов в андрогенетическом потомстве в зависимости от механизма определения пола.

ме определения будет достаточно надежным, если сравнить гиногенетических и андрогенетических потомков одних и тех же видов.

* * *

Итак, мы разработали два метода диплоидного андрогенеза у рыб, первыми получили жизнеспособные андрогенетические потомства нескольких видов осетровых, а также ядерно-цитоплазматических гибридов. Достигли успеха в преодолении

несовместимости ядра с цитоплазмой у таких гибридов и в использовании криоконсервированной спермы для диспермного андрогенеза. Многие направления исследования, в частности изучение механизма определения пола осетровых рыб, фактически только начаты. Но уже сегодня ясно, что метод диспермного андрогенеза может использоваться для восстановления и сохранения генофондов редких и исчезающих видов осетровых рыб. ■

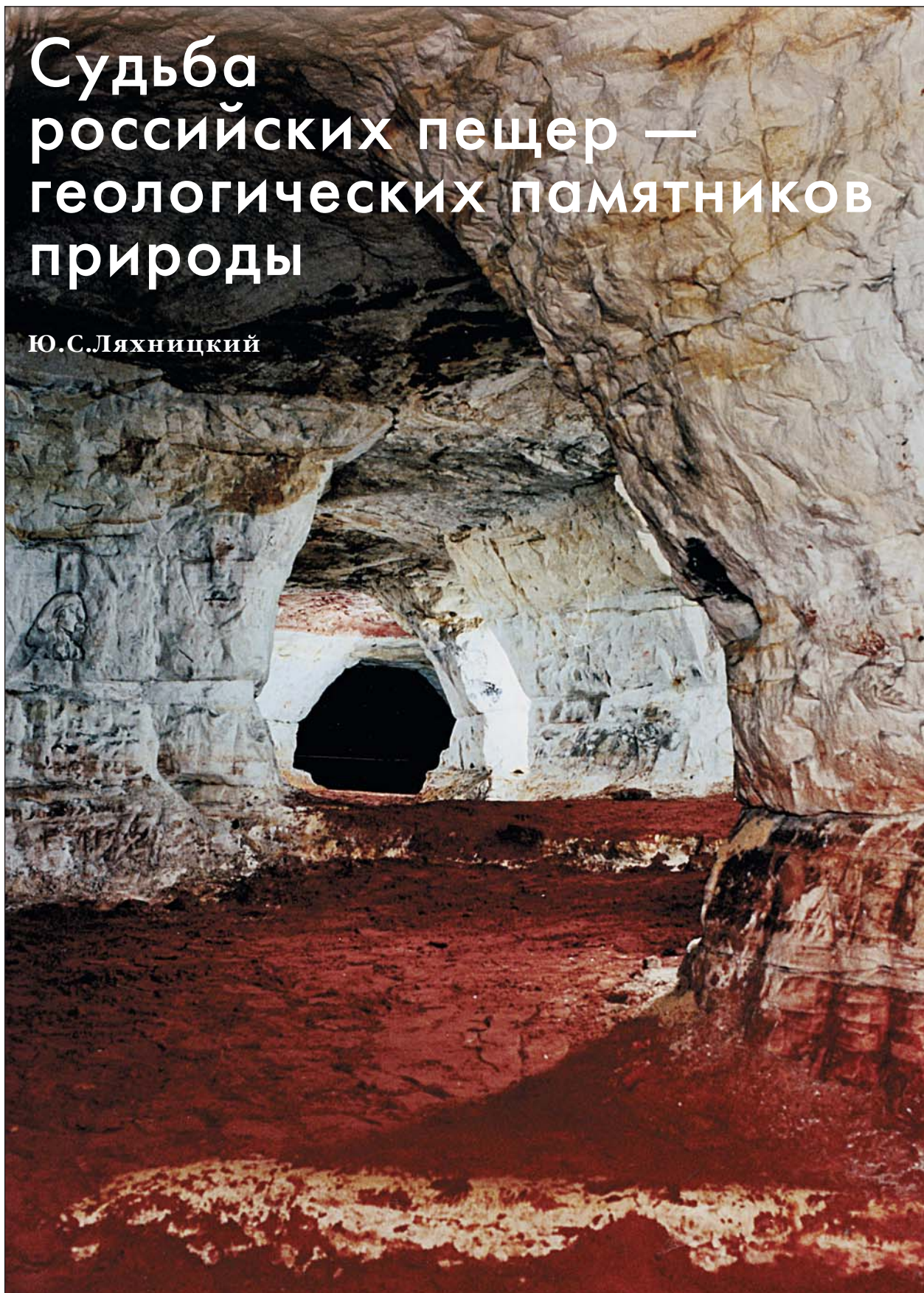
Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проект 06-04-49637) и подпрограммой «Биоразнообразие» Президиума РАН (проект № 6.1.9).

Литература

1. *Veprintsev B.N., Rott N.N.* // Nature. 1979. V.280. P.633—634.
2. *Grunina A.S., Neyfakh A.A.* // Physiol. Gen. Biol. Rev. 1997. V.12. P.73—103.
3. *Corley-Smith G.E., Brandhorst B.P.* // Mol. Reprod. Devel. 1999. V.53. P.363—367.
4. *Birstein V.J., Hammer R., Salle R.de* // Sturgeon Biodiversity and Conservation / Eds V.J.Birstein et al. Dordrecht, 1997. P.427—444.
5. *Гинзбург А.С.* Оплодотворение у рыб и проблема полиспермии. М., 1968.
6. *Грунина А.С., Рекубрятский А.В.* // Онтогенез. 2005. Т.36. №3. С.256—266.
7. *Нейфах А.А., Радзиевская В.В.* // Генетика. 1967. №12. С.80—88.
8. *Рекубрятский А.В., Грунина А.С., Мюге Н.С., Нейфах А.А.* // Онтогенез. 1998. Т.29. №4. С. 394—400.
9. *Астауров Б.Л., Острякова-Варшавер В.П.* // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1957. №2. С.154—175.
10. *Рекубрятский А.В., Грунина А.С.* // Онтогенез. 2001. Т.32. №5. С.360—366.
11. *Grunina A.S., Recoubratsky A.V., Tsvetkova L.I., Barmintsev V.A.* // Int. J. Refrigeration. 2006. V.29. №3. P.379—386.
12. *Васильев В.П.* Эволюционная кариология рыб. М., 1985.
13. *Mims S.D., Shelton W.L., Linhart O., Wang C.* // J. World Aquacult. Soc. 1997. V.28. №4. P.334—343.
14. *Eenennaam A.L.van, Eenennaam J.P.van, Medrano J.F., Doroshev S.I.* // J. Hered. 1999. V.90. P.231—233.
15. *Devlin R.H., Nagabata Y.* // Aquaculture. 2002. V.208. P.191—364.

Судьба российских пещер — геологических памятников природы

Ю.С.Ляхницкий

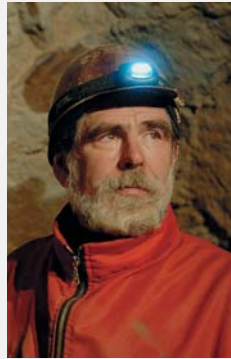


Среди природоохранных территорий России (заповедников, резерватов, национальных парков) геологические памятники природы — наименее охраняемые (или не охраняемые вовсе) объекты. Такими, например, уникальные карстовые пещеры, привлекающие спортсменов-спелеологов или просто туристов, число которых постоянно растет. В последние годы пещеры и их комплексы нередко используют в качестве коммерческих, экскурсионно-туристических объектов. Само по себе неплохо, когда у памятника природы появляется хозяин (в том случае, когда дело ведет грамотный предприниматель). Однако чаще освоение идет совершенно стихийно и бесконтрольно. Кстати сказать, режим охраны памятников нарушают не только частные лица, но и государственные организации. Это немудрено, ведь общепринятая научно-методическая и юридическая база рационального использования памятников несовершенна, а имеющиеся разработки, позволяющие минимально нарушать их природу, по существу не востребованы.

Не ждет ли большинство геологических памятников природы судьба небольшой Жихаревской пещеры в каньоне р.Лава, на территории охраняемой природной территории в Ленинградской обл.? Она в такой степени завалена мусором с ближайших огородов, что возникли сомнения — существует ли пещера вообще?

«Обустройство» пещер

Показательна история «освоения» Воронцовской пещеры в Сочинском районе, на территории Сочинского национального парка. Эта пещера — одна из крупнейших карстовых спелеосистем России, комплекс



Юрий Сергеевич Ляхницкий, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского геологического института им.А.П.Карпинского (ВСЕГЕИ). Специалист в области металлогении свинцово-цинковых месторождений, карстового и гидротермокарстового оруждения, геоэкологии и спелеологии. Научный руководитель комиссии спелеологии и карстоведения Русского географического общества (РГО). Автор нескольких проектов создания природоохранных туристических центров на базе геологических памятников природы.

ный памятник федерального значения, геологический памятник европейского значения, археологический памятник всероссийского уровня и т.д. Несмотря на все эти высокие ранги и степени формальной охраны, пещера была отдана в аренду коммерческой фирме, которая должна была осуществлять проект регламентированного туристического использования объекта, разработанный специалистами. Вообще-то организация экскурсионного маршрута в Воронцовской пещере была необходима [1]. Входные гrotы пещеры ранее были завалены мусором, стали уничтожаться прекрасные натечные образования, например, исчезли все сталагмиты в Сталагмитовом зале. Проект, направленный на нормализацию ситуации, был составлен нашей группой геологов, экологов, спелеологов из ВСЕГЕИ и РГО совместно с Сочинским отделением РГО. Однако предприниматели посчитали, что они вправе делать с пещерой все, что им заблагорассудится: например, вырубить заповедный буковый лес и тысячелетний самшитник в зоне строгой охраны памятника у входов в пещеру и построить ресторан, башню подъемника и т.д. Надо добавить, что

действие разворачивалось на интенсивно закарстованном массиве, в зоне формирования водных питьевых ресурсов Большого Сочи и бальнеологических мацестинских вод, в истоке р.Кудепсты, на участке интенсивного дробления регионального Монастырского разлома. Сантехнический вопрос предполагалось решать очень оригинально — санузел и напорный канализационный коллектор планировалось расположить в истоке реки Кудепсты и в заповедном карстовом каньоне. Уже на начальной стадии строительства прямо под санузелом вскрылся карстовый колодец... У самого входа в пещеру, у грота Прометея — в зоне строгой охраны — была выстроена уродливая каменная будка для билетерши. До сих пор непонятно, как стало возможным проведение подобного «обустройства» без согласования с природоохранными органами, без экспертизы проекта, вопреки протестам ученых.

Всякий памятник природы уникален и невозобновим. Однако все же можно со временем вырастить лес и даже восстановить популяцию по нескольким особям, но геологический памятник при разрушении исчезает навсегда.



В завалах Борнуковской пещеры. Летучая мышь без боязни пролетает около уха спелеолога.

Здесь и далее фото автора

Среди них и пещеры с их многогранной функцией. Часто они — важный элемент экосистемы, гидрологическая составляющая ландшафта (карстовый источник питьевых вод). В них аккумулируются уникальные отложения древних геологических эпох, разрушенных на поверхности. В пещерах обнаруживают культурные слои с останками и орудиями наших далеких предков, бывают случаи находок бесценной палеолитической пещерной живописи. Там сохраняются редчайшие животные, родственники которых вымерли на поверхности земли десятки миллионов лет назад. Пещеры — естественный резерват летучих мышей (рукокрылых), и при этом они — замечательные по красоте природные творения, казалось бы, специально созданные для проведения экскурсий и показа широкой публике.

Проектирование спелеологического подземного экскур-

сионного маршрута должно основываться на детальном исследовании морфологии, устойчивости естественных сводов, гидрологии, гидрохимии, минералогии, микроклиматологии, микробиологии, особенностей радиационного фона, радоновой опасности и т.д. Понятно, что коммерческой фирме или туристам-спелеологам такая задача не по плечу. Случаются трагические ошибки. В уже упомянутом Сочинском национальном парке (в 70-х годах) при попытке расширить взрывом вход в пещеру Ахунка были уничтожены ценнейшие уникальные минеральные натечные образования: геликтиты и кораллитовые коры, а в самое последнее время уничтожены палеолитические слои в пещерах Первомайская и Навалишинская. В Башкирии при попытке оборудования пещеры Победы (Киндерлинской) сильно пострадали древние ледяные натечные образования.

Вопиющий случай произошел со знаменитой Борнуковской пещерой на р.Пьяне в Нижегородской обл. Это был грандиозный грот более сотни метров в длину и до 15 м в высоту, со стенами, сложенными полупрозрачными разноцветными гипсами и ангидритами. В изобилии встречались такие эффектные разности гипса, как селенит и «марино стекло». В перекрывающих гипсы известняках часто встречалась ископаемая фауна. Восторженные описания пещеры оставили П.С.Палас и В.В.Докучаев, а также многие другие ученые, ее планы и фотографии фигурируют в монографиях, буклетах и альбомах о природе Нижегородской обл. Этот замечательный экскурсионный объект бесконечно долго мог бы кормить всю деревню Борнуково и славить красоту этой земли. В советское время рядом с пещерой был организован карьер для добычи гипса, из которого на местной фабрике изготовлялись мелкие поделки. В результате этот памятник мирового класса в конце концов был просто взорван. Затем фабрика закрылась, доживает свои дни деревня... Нынешние власти пытаются исправить положение, ищут спонсоров, специалистов. Нам довелось обследовать остатки пещеры. К сожалению, от нее остался только небольшой реликт полости между стеной и образовавшимся при взрыве грандиозным завалом. В то же время существует возможность вскрытия за завалами второго «Темного» зала Борнуковской пещеры. Есть надежда, что найдутся организации, которые возьмут на себя финансирование этих работ, и мы, хотя бы частично, сможем вернуть миру этот замечательный памятник.

Вопреки распространенному мнению, яркий негативный пример обустройства — освоение Новоафонской (Анакопийской) пещеры в Абхазии. Ее проект был составлен таким образом, что входной туннель, про-

битый в известняковом массиве, вошел в самую нижнюю точку спелеосистемы и при паводках затапливается в первый же момент, создавая опасность оказаться в западне всем посетителям. Исправляя ошибку, пришлось пробить еще один водотводной тоннель, для сброса паводковых вод. Первый же паводок завалил входные ворота в этом тоннеле селом, так что закрывать их уже стало невозможно. В результате был полностью нарушен естественный микроклимат. Для освещения гигантских залов были использованы мощные шахтные прожекторы, тепло от которых быстро нагрело пещеру и превратило ее в подобие теплицы. Теперь там не только бурно развиваются синезеленые водоросли, лишайники и мхи, но, местами, и папоротники. Многие участки, например уникальный туфовый каскад в зале «Тбилиси», приобрели грязно-зеленый цвет из-за бурного развития микроскопических водорослей и лишайников. В процессе обустройства была уничтожена значительная часть замечательного натечного кальцитового убранства пещеры. Микроклимат системы утрачен практически безвозвратно, наблюдения над ним практически не велись. Видимо, пещере уже нанесен непоправимый ущерб. В начале перестройки мы в качестве экспертов Русского географического общества осматривали пещеру и сделали ряд предложений по ее спасению, но начавшаяся вскоре война в Абхазии сделала их претворение в жизнь невозможным.

На мелком притоке р.Оредежа в Ленинградской обл., недалеко от имения В.Набокова в пос.Рождественно, находится уникальная псевдокарстовая суффозионно-эрозионная «Святая» пещера. Это крупный живописный грот с небольшим потоком. Он ничуть не уступает по своим размерам и эстетическим характеристикам некоторым карстовым пещерам Кавказа или Урала. Пока его не охраняют,



«Святая пещера» вблизи имения Набокова в Рождественно — редкий пример псевдокарстовой (эрозионно-суффозионной) полости.

и организованные экскурсии здесь не проводятся, а ведь этот уникальный объект достоин внимания.

Летом 2005 г. Академией наук Башкортостана был проведен семинар, посвященный памятникам природы [2]. Одним из экскурсионных объектов была знаменитая ледяная Аскинская пещера. Это колоссальный грот с микроклиматом «холодного мешка», в котором накапливается многолетний лед. За последние годы, когда зимы были теплыми, количество натечков уменьшилось, но еще сохранились ледяные сталагматы высотой до 15 м. Весь пол пещеры покрыт «скульптурными группами» из причудливых ледяных сталагмитов. Конечно, этот объект достоин внимания, но для туризма он не подходит. Лед начнет таять, и чуду придет конец. Охрана здесь пока отсутствует. Никто не поручится, что завтра предприимчивый делец не организует туда массовые экскурсии.

Принципы организации

Все выше сказанное свидетельствует о необходимости изменения сегодняшнего положения, когда уникальные геологические памятники природы по сути не имеют хозяина. Необходимо создание специализированного органа, контролирующей ситуацию, соответствующей юридической и научно-методической базы, регламентирующей вопросы практической охраны и экскурсионно-туристического использования. В настоящий момент наибольший объем работ в области изучения и учета геологических памятников природы выполнен в Санкт-Петербурге во ВСЕГЕИ и Центральном научно-исследовательском геологоразведочном музее им. академика Ф.Н.Чернышева. Но, к сожалению, и они были ориентированы в основном на учет памятников, выявление наиболее ценных объектов и объ-

явление их строго заповедными и недоступными для использования. Результат оказался обратным! Десятки уникальных минералогических и палеонтологических памятников хищнически разграблены.

Кроме фиксации фактического состояния памятников, организации их мониторинга, совершенствования юридических документов по охране и использованию, необходимо создать научно-методическую директивную базу проектирования природоохранных экскурсионно-туристических центров, обустройства природных объектов. Необходимо добиться, чтобы все организации и физические лица, пытающиеся использовать геологические памятники, действовали в рамках жесткого регламента, единых для всех «правил игры», не допускающих возможности причинения ущерба природным объектам. Дело за решением Министерства природных ресурсов. При этом дополнительных средств почти не требуется. Можно использовать уже существующие органы министерства, с привлечением специалистов. В дальнейшем эта деятельность даст значительный экономический эффект как в виде налогов, так и вследствие оживления экономики и оздоровления социальной и экологической ситуации.

Сейчас уже ясны основные принципы организации таких контролируемых и регламентировано используемых геологических парков — памятников природы:

1. Создание на основе комплекса исследований профессионального проекта, опирающегося на регламент объекта.

2. Функционирование природоохранной, экскурсионно-туристической организации на основании договора с субъектом РФ (контроль осуществляется общественными и государственными организациями).

3. Профессионализм исполнителей. Желательно, чтобы организацией охраны памятников

занимались ученые-профессионалы (стратотипы должны охранять статиграфы, местонахождения ископаемой фауны — палеонтологи, пещеры — ученые-спелеологи). Если использование памятника ведет коммерческая структура, она должна заключать договор со специалистами, осуществляющими научно-методические функции.

4. Самокупаемость. Работы организаций, ведущих экскурсионно-туристическое использование и охрану памятников, могут и во многих случаях должны окупать себя. По сути, основной задачей должна являться именно охрана памятников, а средства для ее осуществления можно получать при организации туризма.

5. Зонирование охраняемого объекта с выделением участков разной целевой направленности и степени охраны, в том числе: заповедные, экскурсионно-туристические, рекреационные и т.д. Рекреационные и экскурсионные зоны, как правило, должны составлять меньшую часть территории, а основная часть памятника — заповедоваться и надежно охраняться.

6. Локализация нагрузки на специально оборудованных экскурсионных, экологических, рекреационных маршрутах (экологических, экскурсионных тропах).

7. Проведение частичной, продуманной регламентированной музейфикации экскурсионных зон, что позволяет сохранять объекты и улучшать образовательный, воспитательный процесс.

8. Ограничение интенсивности экскурсионного процесса при эксплуатации памятника допустимыми нормативами антропогенного прессинга, организация постоянного мониторинга.

9. Природоохранная, геоэкологическая, воспитательная, образовательная концепция деятельности. Разработка комплексных программ охраны и использования различных вариантов экскурсионных маршрутов (ко-

нечно же, без пещеры «ужасов» и подземных ресторанов).

10. Проведение общего экологического оздоровления территории памятника, его буферных зон и сопредельных районов.

11. Сфера услуг выносится при этом на сопредельные территории или размещается в ранее урбанизированных зонах памятников. Здесь организуется сопутствующая рекламная, агитационная, просветительская деятельность, продаются сувениры, буклеты, альбомы.

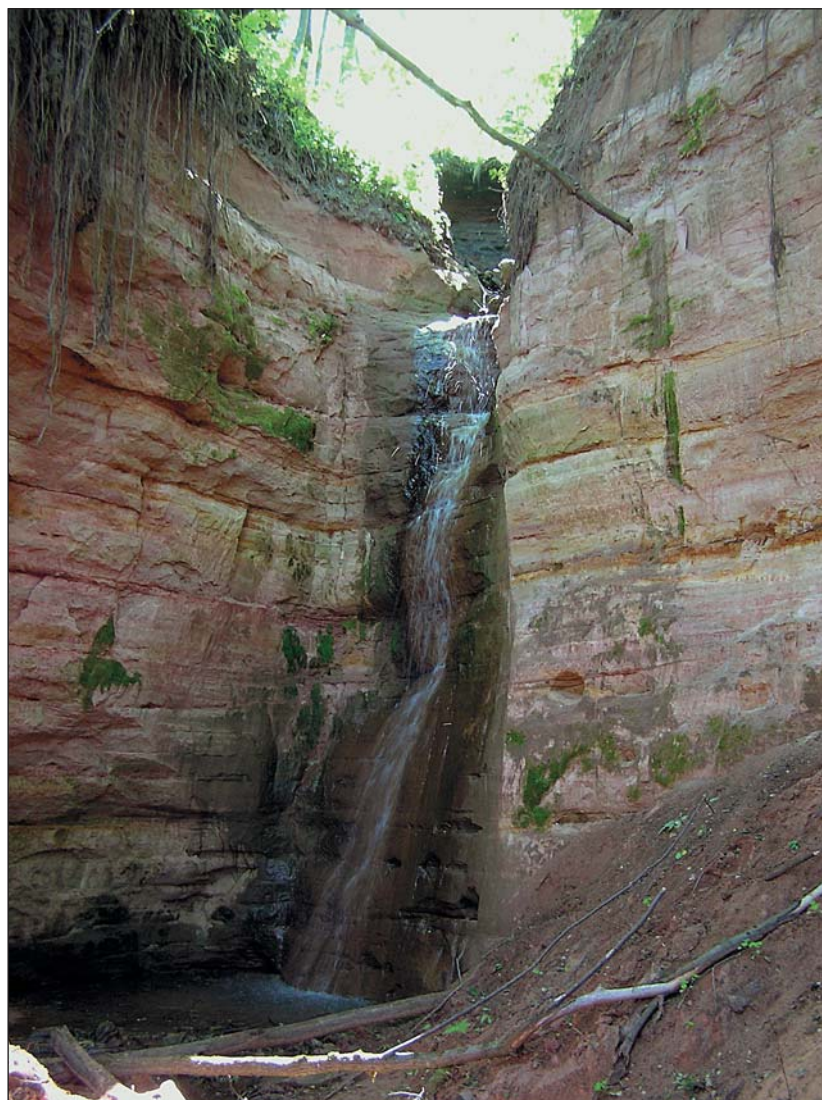
Конечно, в этом списке задач нет ничего сложного, беда, что это почти нигде не соблюдается!

Нельзя сказать, что необходимость перемен никто не понимает. Увы, как обычно, ищут благих примеров за рубежом и все чаще пишут о них [3, 4]. Конечно, система охраны и использования природного потенциала на Западе для нас пока трудно достижимый идеал (только не надо забывать, какие ошибки совершались и там, например при демонстрации палеолитической живописи толпам туристов в испанской пещере Альтамира, и сколько сил и средств потом пришлось затратить на исправление ситуации). Но в России даже большинство ученых, не говоря уже о чиновниках, не представляет себе, как надо строить систему охраны и использования природного наследия, как в существующих условиях организовывать на базе охраняемых территорий регламентированно используемые экскурсионно-туристические центры на основании существующего законодательства. Возьму на себя смелость утверждать, что это вполне возможно. Наглядным примером охраны и использования геологического памятника может служить организация Саблинского природоохранного экскурсионно-туристического центра. Этот эксперимент был начат нами в 1990 г. и убедительно показал возможность успешного широкого применения концепции

регламентированного использования и охраны памятников в масштабах всей России.

Саблинский памятник природы

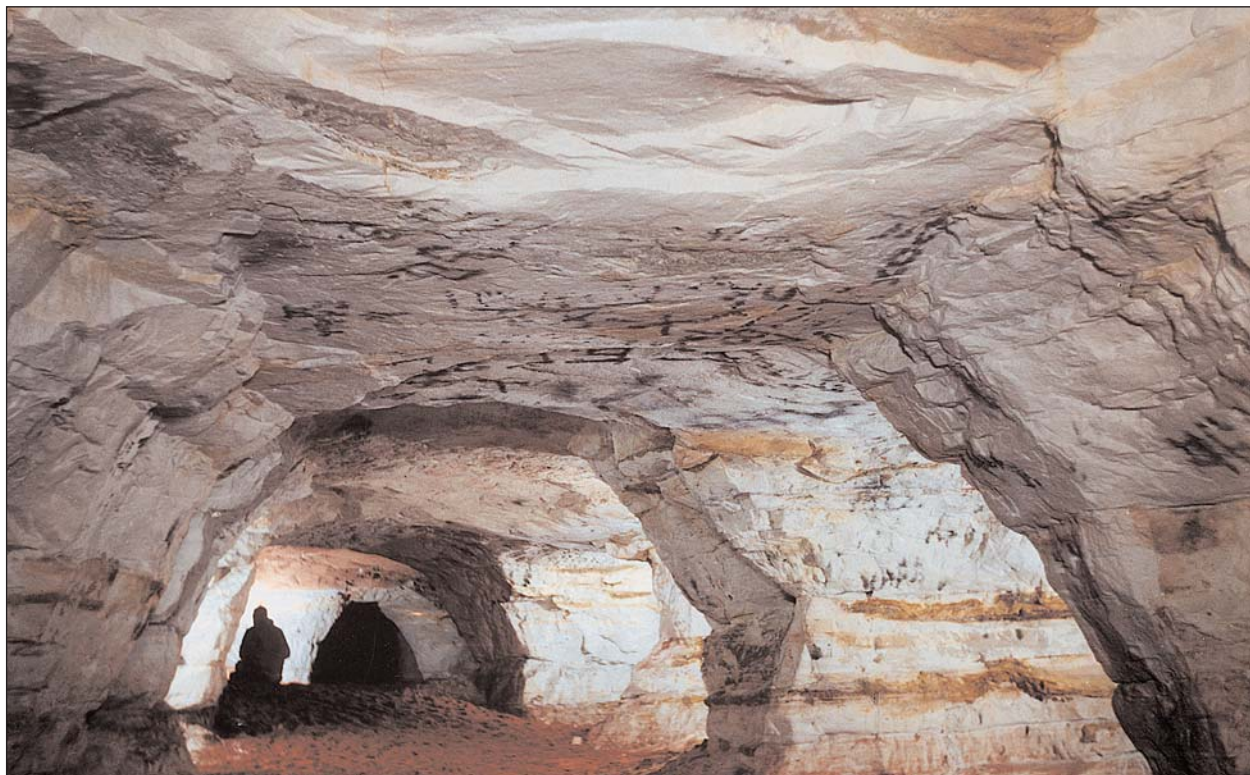
Саблинский комплексный памятник природы, расположенный в 40 км от Санкт-Петербурга, был объявлен охраняемым еще в 1976 г., но охрана его практически не велась [5]. В начале 90-х памятник сильно деградировал, территория застраивалась, была завалена множеством свалок, пещеры обрушались, в них хозяйничали маргиналы, часто пропадали люди, проводить там экскурсии было просто опасно. Между тем памятник уникальный: 12 искусственных пещер (бывших горных выработок, существенно переработанных природными процессами), два водопада, каньоны рек Саблинка и Тосны, многочисленные скальные обнажения горных пород кембрия и ордовика — опорные разрезы отложений северо-запада Русской плиты, палеонтологические и минералогические объекты, минеральные источники, а также достопримечательности, связанные с историей и культурой России. В 1992 г. по инициативе группы спелеологов, геологов, экологов руководство Ленинградской обл. приняло решение о создании здесь природоохранного экскурсионно-туристического центра (геоэкологического заказника). Его основная концепция — организация действенного контроля состояния территории и ее охраны на средства, получаемые от регламентированной экскурсионно-туристической деятельности. Специалисты выполнили исследовательские и проектные работы. Они велись на средства природоохранных фондов Ленинградской обл. и Тосненского р-на. Были проведены геоэкологические, топографические, биологические, спелеологические, микроклиматические, ра-



Каньон с водопадом в Саблинском памятнике природы.

диационные, радоновые, гидрологические, гидрохимические, горнотехнические и др. исследования. Проектные разработки осуществлялись при помощи ряда проектных институтов. Специально разрабатывались мероприятия для обеспечения безопасной зимовки рукокрылых. Далее начался процесс регламентированного обустройства памятника. В пещере Левобережная был оборудован подземный экскурсионный маршрут, включающий крепление неустойчивых участков, бетонирование оголовков входов, регулирование гидрологического и

микроклиматического режимов, прокладку экскурсионной тропы и т.д. Было проведено первоочередное обустройство на поверхности (каменные лестницы на крутых склонах на маршруте), начато ограждение наиболее ценных участков памятника. Установленный режим способствует сохранению экосистемы при локализации потока посетителей на экскурсионных, экологических тропах, в рекреационных зонах. В то же время эти мероприятия позволяют успешно проводить летние практики студентов-геологов Санкт-Петербургского университета.



Саблинский памятник природы. Анфилада залов в пещере «Левобережной».

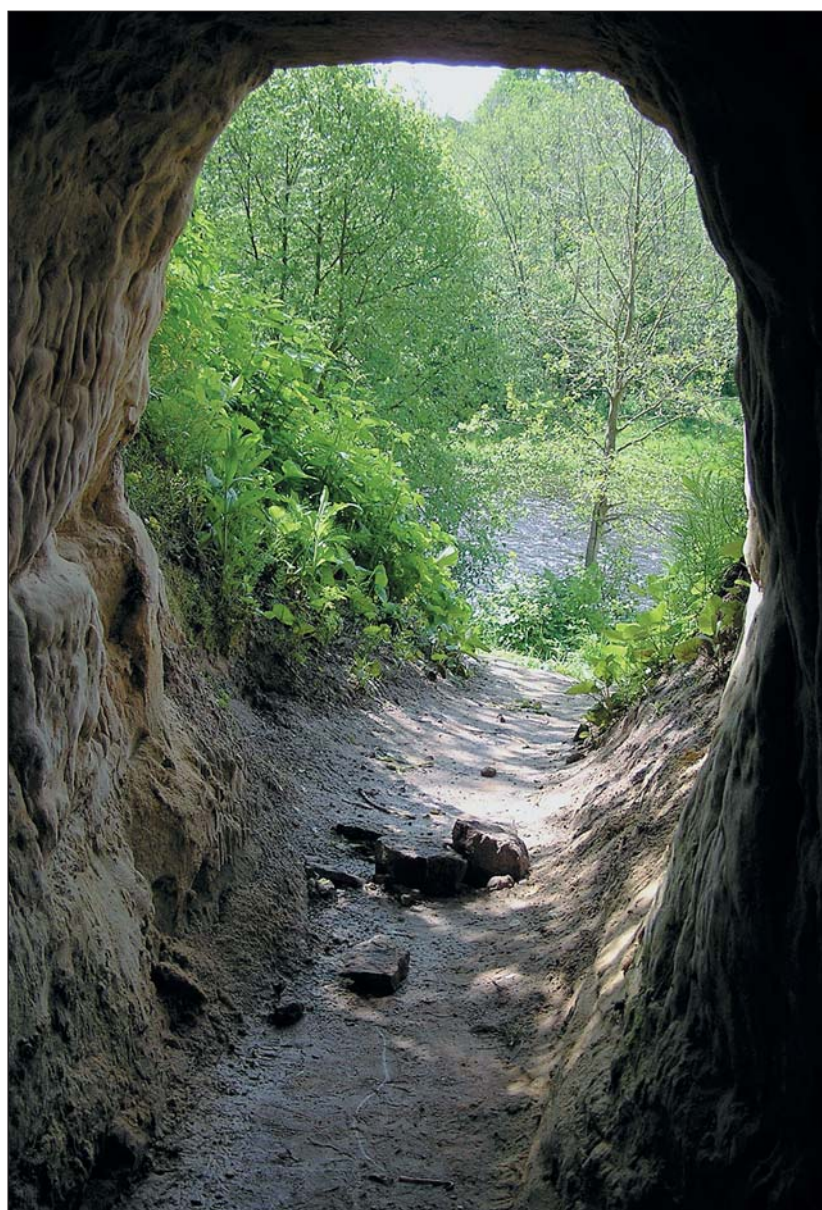




Брахиопода (слева) и трилобиты из органогенных известняков опорных ордовикских разрезов.



Глиняные сталактиты в пещере «Левобережной» и летучая мышь-ушан во время спячки.



Выход из пещеры Пляжной.



Капова пещера. Зал «Перекресток».



Сложные абстрактные знаки времен палеолита.

Сезонные ледяные сталагмиты в главной галерее, достигающие четырех метров.

Для контроля и охраны памятника была создана общественная некоммерческая организация, в которую вошли специалисты, успешно ведется круглосуточная охрана пещеры Левобережной, патрулируется территория памятника, круглогодично проводятся экскурсии. Разработано несколько вариантов маршрутов. Осуществляются автобусные и пешеходные экскурсии, «спелеологический поход» с водным (лодочным) участком подземных озер и т.д. Экскурсанты осматривают, кроме пещеры, две каньонообразные долины рек, водопады, живописные скалы, минеральные железистые сероводородные источники. Им показывают синие кембрийские глины с кристаллами пирита, ордовикские органогенные известняки с окаменелостями ортоцератитов, брахиопод, трилобитов и т.д. Там же находятся интереснейшие исторические достопримечательности: стоянка князя Александра Невского перед битвой со шведами; место, где находился имение графа А.К.Толстого «Пустынька»; знаменитый валун «В.С.Соловьев», рядом с которым знаменитый философ любил отдыхать, писать стихи и т.д. Охрана территории ведется так, чтобы не допустить усиления уровня антропогенной нагрузки. Зоны строгой охраны удается оберегать от чрезмерного посещения туристами.

По сути, это первый в России «геологический парк», о которых так много говорят, но для создания которых практически ничего не делают. Создавался Саблинский парк в рамках существующего законодательства и функционирует уже шесть лет, несмотря на все трудности нашего времени. За эти годы его посетили десятки тысяч людей самых разных возрастов и профессий. Особенно важно, что Саблино посещают школьники.

Другой пример позитивного преобразования геологического памятника природы связан

с работами по спасению уникальной для Восточной Европы пещерной палеолитической живописи в Каповой пещере (Шульган-Таш) в Башкортостане [6, 7]. Она находится на р. Белой в ее широтном течении, в горах Южного Урала на территории государственного заповедника Шульган-Таш. Этот объект — не только природный памятник, но и памятник культуры мирового значения. Это единственная пещера в России, где имеется разнообразная, сравнительно хорошо сохранившаяся палеолитическая живопись, возраст которой около 17 тыс. лет. В недавнем прошлом туристы прямо по воде и грязи пробирались в пещере до палеолитических рисунков. Благодаря работам под эгидой Министерства культуры и национальной политики Башкортостана с привлечением наших специалистов из ВСЕГЕИ и РГО ныне удалось разработать здесь локальный экскурсионный маршрут в небольшом привходовом районе пещеры и прекратить доступ к оригиналам рисунков в глубь пещеры. Туристы осматривают многочисленные копии древних рисунков, гигантскую Главную галерею, величественный входной грот Портал. Обустраивается второй участок маршрута, экскурсанты смогут подниматься на промежуточную террасу галереи и осматривать входную часть пещеры сверху. Концепция создания регламентированного маршрута в привходовом участке пещеры была одобрена французским экспертами, посетившими пещеру в 2004 г. К сожалению, часть рисунков гибнет из-за избыточных притоков в пещеру воды. Но уже разработан комплекс мероприятий, которые позволят отвести воду и закрепить живопись, скорректировать гидрологический режим и микроклимат пещеры. Планируется проведение реставрации живописи. Кроме того, разрабатывается проект создания на базе этого уникального памятника современного Исто-

рико-археологического, ландшафтно-спелеологического культурного центра в ранге музея-заповедника, инфраструктура которого будет вынесена с охраняемой территории так, чтобы экскурсанты не наносили вреда природе заповедника.

Другой проект, разработанный нашей группой, связан с обустройством геологического памятника природы на территории Староладожского музея-заповедника. В пределах охраняемой территории находится две пещеры. Одна из них — «Таничкина» — крупный резерват рукокрылых, где они проводят спячку. (К сожалению, ее охрана до сих пор не организована.) Планируется создать экскурсионный маршрут в другую небольшую пещеру — Староладожскую, а на средства, получаемые от ее туристического использования, организовать охрану Таничкиной пещеры. К сожалению, бюджет Ленинградской обл. пока не позволяет осуществить этот проект на практике, на сегодняшний день Староладожская пещера находится в антисанитарном состоянии, завалена мусором, затоплена, а Таничкина подвергается несанкционированному посещению «диких» туристов, даже в зимние сезоны, что очень пагубно влияет на сохранность популяции рукокрылых.

Работа с пещерами, как и со всякими природными объектами, требует профессионализма. Но, увы, в наших институтах спелеологов не готовят (прошу не путать уважаемых мною спелеологов-туристов с учеными). Только пройдя сложный путь самообучения, основываясь на знаниях геологии, микроклиматологии, гидрогеологии, результатах работы многих десятков экспедиций, опираясь на труды и опыт спелеологов и карстоведов старшего поколения, таких как Г.А.Максимович [8] и В.Н.Дублянский [9], можно подходить к решению проблемы безопасного использования и обустройства пещер.

Сейчас нами сформирована группа исследователей из сотрудников ВСЕГЕИ и Комиссии спелеологии и карстоведения Русского географического общества, которая имеет богатый опыт работ по комплексному исследованию крупных сложных спелеосистем и проектированию на их базе экологически безвредных экскурсионных маршрутов. Это в принципе позволяет разработать необходимые научно-методические нормативы безопасного использования объектов геологического наследия в экскурсионных, воспитательных и образовательных це-

лях [10]. Пещеры являются наиболее сложными и уязвимыми объектами. При решении судьбы ценных пещер наши знания и наработки могут оказаться очень полезными.

К сожалению, позитивные тенденции в охране геологических памятников России еще очень слабы. Большое негативное влияние на эти процессы имело сворачивание и постоянное реформирование системы экологических природоохранных органов, несовершенство правовой базы регламентированного использования и отсутствие специализированного

государственного контролирующего органа, отвечающего за охрану геологических памятников.

Необходимо в кратчайшие сроки решить эти пробелы в организации практической охраны нашего геологического наследия.

Без геологических памятников природы, этих «жемчужин» ландшафта, народ постепенно превращается в «народонаселение», теряя культуру, свои национальные особенности, любовь к природе, к родной стране. Спасти российские пещеры — наша обязанность! ■

Литература

1. Ляхницкий Ю.С. Комплексное исследование Воронцовской системы пещер и ее состояние // Проблемы экологии и охраны пещер. Красноярск, 2002. С.98—101.
2. Гареев Э.З. Геологические памятники природы Республики Башкортостан. Уфа, 2004.
3. Лапо А.В. // Региональная геология и металлогения. 2005. №23. С.51—59.
4. Трофимова Е.В. Путешествие по карстовым пещерам Франции // Природа. 2006. №1. С.25—33.
5. Ляхницкий Ю.С. Охрана и использование Саблинского памятника природы // Проблемы экологии и охраны пещер. Красноярск, 2002. С.162—163.
6. Ляхницкий Ю.С., Чуйко М.А. // Пещеры. 1999. Вып.25/26. С.21—37.
7. Ляхницкий Ю.С. «Шульганташ» (иллюстрированный альбом по Каповой пещере). Уфа, 2002.
8. Максимович Г.А. Основы карстоведения. Т.1. Пермь, 1963.
9. Дублянский В.Н. Проблема рационального использования и охраны геологической среды Крыма и прилежащих районов. Киев, 1990.
10. Ляхницкий Ю.С. Научно-методические основы охраны и использования пещер как памятников природы // Проблемы экологии и охраны пещер. Красноярск, 2002. С.127—130.

Коротко

Исследования А.Янака (А.Янака; Университет Цукубы, Япония) подтвердили, что употребление в пищу капусты брокколи снижает риск заболевания раком желудка благодаря сильному антиоксидантному действию содержащегося в ней сульфорафана. Это соединение подавляет рост бактерии *Helicobacter pylori*, провоцирующей появление язв и злокачественных опухолей желудка.

Science et Vie. 2006. №1060. P.36 (Франция).

Дикие животные из частного зоопарка в Колумбии после убийства в 1993 г. его владельца оказались на воле; 11 гип-

попотамов стали «пионерами» свободной жизни. Отыскав загрязненные озера, они барахтались в них, а местом для купаний выбрали р.Магдалену. С.Томпсон (S.Thompson; Зоопарк Чикаго, США), специалист по этому виду млекопитающих, не может привести из своего опыта примера столь успешной адаптации к новой среде обитания. Он полагает, что эти животные могли бы акклиматизироваться в условиях Южной Америки.

Terre Sauvage. 2006. №213. P.54 (Франция).

В какой временной период люди начали получать соль?

Недавно археологи, исследовав различные уровни почвы кургана Поиана Слатиней (Румыния), расположенного на краю соляного источника, определили радиоуглеродным методом время извлечения из него соли. В пластах обнаружены древние очаги с остатками древесного угля и пепла: вероятно, люди поливали раскаленную золу соленой водой источника, а затем извлекали из нее кристаллы соли. По мнению археологов, начало использования человеком соли относится к периоду между 6050 и 5500 гг. до н.э.

La Recherche. 2006. №394. P.16 (Франция).

Очередная попытка пробурить океанскую кору

206-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»

И.А.Басов,

доктор геолого-минералогических наук

Н.К.Рубаник

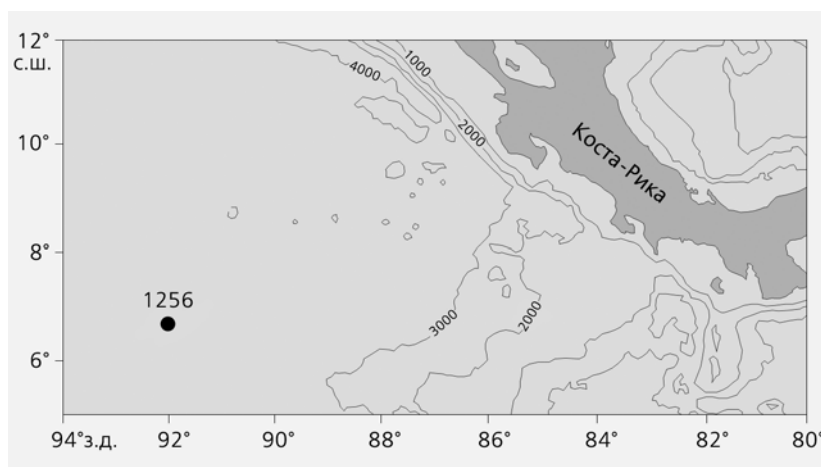
Геологический институт РАН

Москва

Несмотря на почти сорокалетнюю историю глубоководного бурения в океане, данные о составе и строении океанской коры остаются скудными и базируются в основном на геофизических и фрагментарных геологических материалах из самых верхних слоев. На сегодняшний день скважина 504В, бурившаяся в нескольких рейсах на южном фланге Коста-риканского поднятия и достигшая глубины 2111 м, — единственная, которая прошла базальтовый слой и большую часть лежащего ниже дайкового комплекса [1]. Однако границы между последним и габбро она не достигла.

Известно, что мощность второго (базальтового) слоя океанской коры зависит от скорости его формирования в зоне спрединга: чем выше скорость, тем тоньше слой [2]. Минимальных значений мощность достигает под участками срединно-океанских хребтов, формировавшихся со сверхвысокими скоростями спрединга в их осевых частях.

В последние годы установлено, что приблизительно между 20 и 11 млн лет назад океанская кора Восточно-Тихоокеанского поднятия вблизи точки тройного сочленения литосферных плит Тихоокеанская, Наска и Ко-



Точка бурения в 206-м рейсе «ДЖОИДЕС Резолюшн» в восточной экваториальной части Тихого океана.

кос формировалась с очень высокой (около 200—220 мм/год) скоростью [3].

Именно по этой причине для бурения в очередном 206-м рейсе «ДЖОИДЕС Резолюшн» был выбран район на плите Кокос к северу от ее границы с плитой Наска. Согласно расчетам, тело габброидов здесь может находиться на глубине около 1300 м ниже дна океана с учетом перекрывающих базальты осадков. Достичь их предполагается бурением в двух рейсах.

206-й рейс был первым, предусмотренным этой программой. Он проводился в ноябре 2002 — январе 2003 г. под руко-

водством Д.С.Уилсона (Отдел геологических наук и Институт морских наук Калифорнийского университета, Санта-Барбара, США) и Д.А.Х.Тигла (Отдел наук об океане и Земле, Саутхемптонский университет, Великобритания). Представителем Программы океанского бурения в рейсе был Г.Д.Эктон [4].

В точке 1256 на глубине 3634.7 м было пробурено четыре скважины. Первая из них проникла в осадки всего на глубину 2.3 м с целью определить положение так называемой иловой границы, необходимой для оценки мощности верхнего жидкого слоя осадков и условий

бурения. Две других были пробурены на глубину 251.7 и 340.3 м для опробования осадочного слоя, мощность которого в данной точке составила 250.7 м. Последняя скважина должна была пройти базальты второго слоя на максимально возможную глубину.

Сначала в пройденном в осадочном чехле стволе были установлены обсадная труба и конус для повторного вхождения в устье скважины. Однако когда буровой снаряд был вновь опущен в скважину, обнаружилось, что в забое находятся отломавшиеся фрагменты конуса повторного вхождения. Пришлось извлечь их из забоя с помощью магнита в сочетании с двумя специальными корзинами. Эта известная на суше технология была использована в глубоководном бурении впервые. После этого бурение было продолжено до глубины 752 м ниже дна с проникновением в базальты на 502 м.

В рейсе получен практически непрерывный осадочный разрез с детальными палеонтологическими характеристиками. В верхней части (около 40 м) он представлен верхнемиоценовыми-четвертичными алевритистыми глинами с прослоями, обогащенными карбонатным нанопланктоном и многочисленными следами илое-

дов. Нижняя часть (средний-верхний миоцен) имеет мощность около 210 м и сложена преимущественно известковистыми нанопланктонными илами с примесью диатомей и кремневых желваков. Такой состав осадков свидетельствует об их накоплении в палеоэкваториальной зоне с высокой продуктивностью поверхностных вод. Об этом же говорят и высокие скорости осадконакопления, достигавшие максимальной величины 36 см/год в среднем миоцене. Резкое падение темпов осадконакопления и уменьшение содержания карбоната кальция в данном районе наблюдается в позднем миоцене приблизительно 9.6 млн лет назад. Подобный процесс в это время происходит и в Карибском бассейне, где его связывают с началом формирования молодой Северо-Атлантической глубинной водной массы, агрессивной по отношению к карбонату кальция, или же с частичным закрытием Панамского пролива. Не исключено, что эти события оказали влияние и на осадконакопление в районе бурения.

Второй важный результат рейса — вскрытие мощного разреза второго (базальтового) слоя океанской коры, в строении которого выделено 22 пет-

рологических единицы, различающиеся своими структурными, текстурными и химическими характеристиками, которые указывают на вариации в составе исходной магмы. Их детальное исследование в лабораторных условиях позволит реконструировать специфические условия излияния и застывания магм на дне океана.

В рейсе была сделана интересная находка. В базальтах, на глубине около 280 м, в одном из прожилков, заполненных халцедоном, гидроокислами железа, сапонитом и арагонитом, обнаружены нитевидные структуры, по размеру и морфологии напоминающие фоссилизированные остатки бактерий. Поскольку микробиологические сообщества в осадочном чехле и базальтах фундамента в последние годы привлекают особое внимание исследователей, они будут подвергнуты тщательному анализу в береговых лабораториях.

Скважина, оборудованная для повторного вхождения, пригодна для дальнейшего бурения. В одном из последующих рейсов «ДЖОИДЕС Резолюшн» или любое другое буровое судно смогут пройти базальтовый слой и впервые в истории бурения достичь габбрового комплекса. ■

Литература

1. Международный геолого-геофизический атлас Тихого океана. М., 2003.
2. Purdy G.M., Kong L.S.L., Christeson G.L., Solomon S.C. // Nature. 1992. V.355. P.815—822.
3. Wilson D.S. // Geophys. Res. Lett. 1996. V.23. P.3993—4006.
4. Wilson D.S., Teagle D.A.H., Acton G.D. et al. // PODP. Init. Repts. 2003. Leg.206.

О головном мозге и биологии тираннозаврид

С.В.Савельев,
доктор биологических наук
Институт морфологии человека РАН
В.Р.Алифанов,
кандидат биологических наук
Палеонтологический институт РАН
Москва

В конце мелового периода на территориях Центральной Азии и Северной Америки представители семейства тираннозаврид (Tyrannosauridae) занимали нишу самых крупных наземных хищников. Нередко их изображают активными существами, способными преследовать добычу. Однако высказывалось также мнение, что наиболее крупные тираннозавриды были довольно медлительны и питались падалью. И та, и другая гипотеза не подкреплены какими-либо надежными данными.

Авторы данного сообщения попытались найти аргументы в пользу одной из двух точек зрения, используя информа-

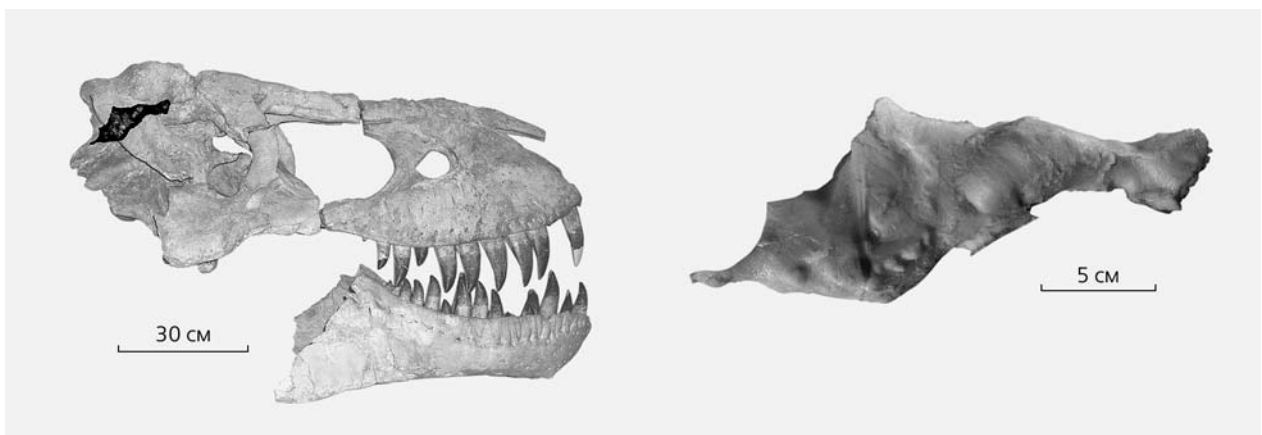
цию о строении головного мозга тираннозаврид. Для этого был изготовлен отлив (внутренний слепок) эндокраниальной полости мозговой коробки тарбозавра (*Tarbosaurus bataar*), которая отличалась хорошей сохранностью; образец для изготовления слепка был найден на юге Монголии (Нэмэгэтинская котловина, местонахождение Алтан-Ула II) в 1948 г. экспедицией Палеонтологического института АН СССР.

Объем эндокраниального отлива составил 184 см³. Его поверхностная структура позволяет морфологически различить и охарактеризовать передний мозг тарбозавра, обонятельные луковицы, эпифиз, воронку гипофиза, задний и продолгова-

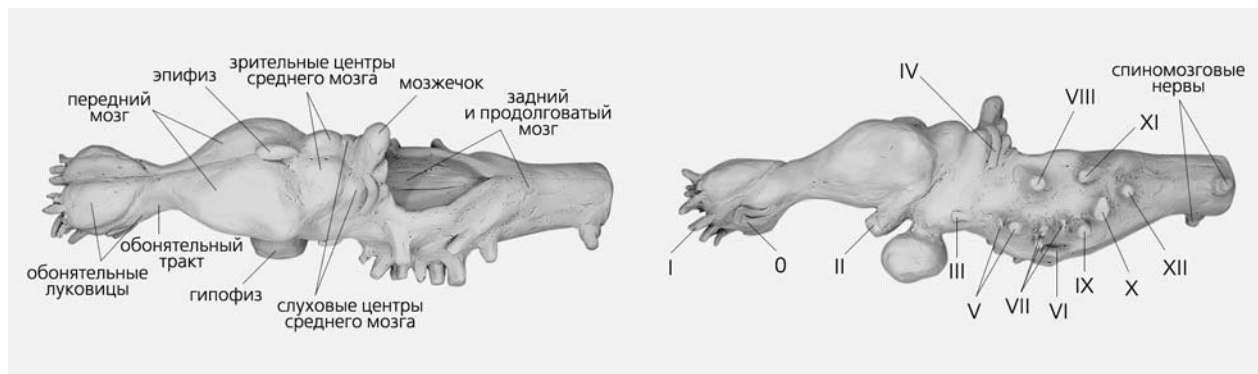
тый мозг, локализацию среднего мозга и мозжечка. Кроме того, на отливке отчетливо представлены корешки головных и первых спинномозговых нервов. Сложно было выявить выход добавочного нерва (n.accessorius), который у рептилий обычно не отделен от блуждающего нерва, но у тарбозавра выражен самостоятельно (см. на рисунке под номером XI), а также определить лицевой нерв (VII), который у тетрапод включает множество сочетаний чувствительных и двигательных волокон.

Судя по бороздам на поверхности относительно крупных полушарий переднего мозга, можно сказать, что тарбозавр обладал всеми основными структурами коркового типа,

© Савельев С.В., Алифанов В.Р., 2006



Череп и слепок полости мозговой коробки тарбозавра.



Реконструкция головного мозга тарбозавра в положениях сверху (слева) и сбоку (справа).

Научные сообщения

характерными для современных рептилий. Ротрально передний мозг переходил в обонятельный тракт и далее — в крупные обонятельные луковицы и корешки обонятельного нерва (I). Под обонятельной луковицей удалось обнаружить концевой, или терминальный, нерв (0), который у современных животных иннервирует эпителий носовых полостей и контролирует движение воздуха при дыхании и распознавании запахов. Крупные размеры этого нерва говорят о том, что его окончания обслуживали сложную систему носовых полостей и перегородок. Этих данных достаточно, чтобы подтвердить уже высказанное предположение о хорошем обонянии у тираннозаврида.

Промежуточный мозг на слепке представлен только основанием эпифиза и фрагментом воронки гипофиза. Развитие эпифизарного комплекса свидетельствует о большой роли циркадианных ритмов в поведении животного и архаичности организации его промежуточного мозга. Характерный для рептилий гипофизарный комплекс играет ведущую роль в системах регуляции роста, половой дифференциации и контроля за гормонально обусловленными формами поведения.

Средний мозг скрыт под слоем мозговых оболочек, так как

на слепке он явным образом не выделяется. Вместе с тем на отливке видно, что зрительный нерв (II) входит в средний мозг в виде тракта, поднимается вверх и исчезает под мозговой оболочкой. У рептилий размер этого нерва обычно пропорционален линейному диаметру глаза. Это значит, что размеры глазного яблока у тарбозавра не превышают 10–12 см.

Корешок глазодвигательного нерва (III), который иннервирует четыре из шести наружных мышц глаза, а также содержит автономные волокна, прикрепленные к мускулатуре ресничного тела и радужине глаза, что обеспечивает зрачковые рефлексы, у тарбозавра небольшой. Следовательно, глазные яблоки у этого ящера, скорее всего, хорошей подвижностью не отличались, а способность следить за объектом при неподвижной голове была ограничена. Скромные размеры имел и корешок блокового нерва (IV), иннервирующего только верхнюю косую мышцу глаза. Можно с уверенностью заключить, что зрение у тарбозавра не могло быть ведущим анализатором среди сенсорных систем.

Слуховой аппарат мог быть оценен только по слуховому нерву (VIII), корешок которого расположен в дорсальной части заднего мозга, впереди тяжелой

мозговых оболочек. Размеры нерва позволяют поставить слух тарбозавра на второе место после обоняния. Развитый слуховой анализатор мог использоваться не только для лучшей ориентации в пространстве, но и для реализации программ социального поведения.

Упоминания заслуживают также крупные размеры корешков языкоглоточного (IX) и подъязычного (XII) нервов, указывающих, что тарбозавр имел по меньшей мере совершенное осязание в ротовой полости и мускулистый язык.

Итоги исследования приводят к заключению о соответствии головного мозга тарбозавра и тираннозаврида в целом «рептилийному» архетипу. Как и большинство рептилий, они обладали способностью к дифференцированному восприятию запахов разной природы и интенсивности. О возможности охоты тираннозаврида на крупных позвоночных способом преследования говорить затруднительно, учитывая их посредственное зрение и слабо развитые ассоциативные центры. Скорее всего, основу их рациона составляли случайно обнаруженные при обходе охотничьей территории позвоночные животные, а также их трупы. Подобная стратегия добывания пищи характерна для крупных варанов. ■

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

Трансгенные растения и почвенная биота

А.Г.Викторов,

кандидат биологических наук

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

Первые устойчивые к вредителям растения, созданные с помощью методов генной инженерии, были введены в культуру в 90-х годах прошлого столетия. Эти генетически модифицированные растения (Vt-культуры) несут гены грамположительной аэробной спорообразующей бактерии *Bacillus thuringiensis*, которая синтезирует параспоральные (локализованные рядом со спорой) кристаллические образования, содержащие δ-эндотоксины — Cry-белки, убивающие личинок насекомых разных отрядов. Замечу, препараты из смеси клеток, спор и параспоральных кристаллов применяются уже более полувека (первый промышленный инсектицид «Спорейн» был создан во Франции в 1938 г.). С тех пор они считаются одними из наиболее экологически безопасных средств защиты растений, так как этот класс пестицидов токсичен для теплокровных животных лишь в концентрациях, в несколько тысяч раз превышающих дозы, используемые при однократной обработке полей.

В настоящее время в сельском хозяйстве используется уже около тридцати Vt-культур. Самые популярные из них — кукуруза, хлопок, картофель, гиб-

рид рапса «канола» (от англ. **canada oil low acid** — канадское слабокислое масло), рис, брокколи, арахис, баклажан, табак. Большинство сортов трансгенной кукурузы несут ген белка Cry1Ab, защищающий от опасного вредителя — личинок кукурузного, или стеблевого, мотылька (*Ostrinia nubilalis*).

В 2001 г. генетически модифицированные растения занимали уже более 12 млн га в мире, причем около половины из них приходилось на долю трансгенной кукурузы. 99% всех Vt-культур выращивают в четырех странах: США, Аргентине, Канаде и Чили [1]. В США площадь полей Vt-кукурузы в 2000 г. составляла более 8 млн га (около четверти плантации), а Vt-хлопка — 2.4 млн га (около половины посевов). Экономическая польза таких растений очевидна: по оценке Агентства по защите окружающей среды США (U.S. Environmental Protection Agency), использование в этой стране только Vt-зерновых культур приводит к ежегодному сокращению применения синтетических инсектицидов на площади примерно 3 млн га и позволяет сэкономить 2.7 млрд долл. США [1].

О возможном негативном влиянии трансгенных сельскохозяйственных культур на окружающую среду до недавнего вре-

мени лишь робко предупреждали экологи. Сторонники же генетической модификации растений, напротив, убеждали в их полной экологической безопасности, опираясь на результаты лабораторных тестов и опыт выращивания этих культур в естественных условиях. (Как впоследствии оказалось, применявшиеся в некоторых лабораторных экспериментах методики и объекты тестирования были не адекватны поставленным задачам, но об этом чуть позже.) Лишь сейчас, спустя десятилетие после начала промышленного выращивания трансгенных культур, становится более или менее очевидно, какого рода ущерб они могут наносить окружающей среде.

Появляется все больше свидетельств того, что использование Vt-растений может иметь долгосрочный негативный эффект, экономический ущерб которого пока даже трудно оценить. В-первых, Vt-кукуруза производит в 1.5–2 тыс. раз больше эндотоксина, нежели вносится при однократной обработке полей химикатами, содержащими Vt-токсин. Во-вторых, культивирование Vt-кукурузы приводит к накоплению Vt-токсинов в почве в результате действия многих факторов: выделений корней, отложения пыльцы, разложения растительных остатков. В-третьих,

разложение трансгенных растений происходит значительно медленнее, нежели обычных культур, а биологическая активность почв, занятых генетически модифицированными растениями, заметно ниже, чем на контрольных участках.

Вt-токсины в почве

После сбора урожая трансгенной кукурузы около десяти процентов Вt-токсинов остается на полях в растительных остатках. И только с их разложением происходит и деградация Сгу-белков в естественных условиях. По данным швейцарских исследователей, концентрация токсина Сгу1Ав в растительных остатках резко сокращается (до 20–38% от количества в живых растениях) через два месяца после уборки урожая и остается примерно на том же уровне в течение зимы [2]. Лишь с наступлением весны начинается дальнейшая деградация Вt-токсина, однако и по истечении 200 дней 0.3% от исходного его количества остается на полях. Максимальный же срок, в течение которого сохраняются Сгу-белки, оказавшиеся в почве в результате выделений корней и разложения растительных остатков, достигает 350 дней [3]. Вt-токсины остаются биологически активными в течение столь длительного времени (фактически до года) благодаря тому, что находятся в связанном состоянии с поверхностно активными почвенными частицами (глины, гумуса и т.д.); это-то и защищает их от разложения микроорганизмами.

Эти результаты получены сравнительно недавно и принципиально отличаются от более ранних, проведенных в лабораторных условиях, когда было установлено, что 50% Вt-токсинов разлагаются через полтора дня после попадания в почву и 90% — в течение 15 дней. В случае если растительные остатки не контактировали с поч-

вой, то 50%-й распад Сгу-белков наблюдался в течение 25.6 дней, а 90% — 40.7 дней [4]. Столь сильные различия в скорости разложения Вt-токсинов, очевидно, связаны с тем, что в лабораторных условиях эксперименты проводились при постоянной комнатной температуре, в то время как в природе кроме холодного зимнего периода, характерного для средней полосы, где и произрастает в основном трансгенная кукуруза, наблюдаются и суточные колебания температур. Кроме того, в лабораторных экспериментах листья кукурузы перемалывались, просеивались и лиофилизировались, что обеспечивало существенно большую площадь для колонизации микроорганизмами. Естественно, ничего подобного в природе не происходит, и понятно, что экстраполировать результаты лабораторных опытов с Вt-токсинами на естественные условия необходимо крайне осторожно.

Хотя поступление в почву Сгу-белков с выделениями корневой трансгенных растений не столь велико, как после разложения растительных остатков, оставшихся на полях после сбора урожая, но и этот фактор нельзя сбрасывать со счетов. Интересно отметить, что если корневые отростки канолы, табака и хлопка вообще не выделяют Вt-токсинов [1], то все 12 исследованных трансгенных сортов кукурузы, полученных с помощью трех независимых генно-инженерных операций (Вt11, MON810 и Вt176), продуцируют Сгу-белки практически в одинаковых количествах [3]. Кроме того, инсектицидная активность выделений кукурузы была самой большой — достоверно более высокой, нежели у риса и картофеля. Хотя некоторое количество Сгу-белков может попасть в почву и в результате шелушения или механического повреждения корней, но именно с их выделениями поступает в почву основная часть Вt-токсинов. В подтвержде-

ние тому достаточно сказать, что у кукурузы, риса и картофеля, выращиваемых на гидропонике, никаких нарушений корневой поверхности не отмечалось, тем не менее Сгу-белки в питательном растворе все же регистрировались.

Лигнин

Замечено, что растения с высоким содержанием Вt-токсинов не привлекательны даже для тех фитофагов, для которых эти токсины не ядовиты. Так, в эксперименте с погребной, или шероховатой, мокрицей (*Porcellio scaber*), которой предлагались в пищу восемь сортов кукурузы (две трансгенных и шесть изогенных им контрольных линий), выяснилось, что это животное явно предпочитает нетрансгенные растения [5]. Кроме того известно, что растительные остатки трансгенных растений разлагаются значительно медленнее по сравнению с генетически немодифицированными изогенными линиями. Причины тому в настоящее время изучаются. Предполагается, что связано это с повышенным содержанием лигнина в трансгенных растениях. Возможно, этим же объясняется и их пищевая непривлекательность, однако, к сожалению, авторы не исследовали связь между этими сортами кукурузы и содержанием в них лигнина.

Лигнин — высокомолекулярное соединение ароматической природы — основной структурный компонент растений, заполняющий пространство между клетками и «склеивающий» их первичные оболочки. Именно лигнин обеспечивает прочность и жесткость растительных конструкций, а также их водонепроницаемость. С одной стороны, повышенное содержание лигнина затрудняет «работу» фитофагов, с другой стороны, замедляет процессы разложения растительных остатков в почве. При разложении лигни-

на в среду выделяются токсичные низкомолекулярные продукты распада (фенолы, метанол, карбоновые кислоты).

Содержание лигнина в стеблях Vt-сортов кукурузы на 33–97% выше, чем в изогенных им нетрансгенных линиях [6]. Большой разброс данных связан с различным содержанием лигнина в трех основных линиях трансгенной кукурузы. Избыток лигнина проявлялся и на морфологическом уровне. Сосудистые пучки и окружающие их клетки склеренхимы, в состав которых входит лигнин, были у Vt-растений почти в два раза толще, нежели у изогенных нетрансгенных линий (21.5 ± 0.84 мм и 12.4 ± 1.14 мм соответственно). Повышенное накопление лигнина характерно лишь для стеблей Vt-кукурузы, в листьях же его количество примерно то же, что и у обычных растений [7].

Кроме того, выяснилось еще одно любопытное обстоятельство: лигнин оказался больше в кукурузе, выращенной в естественных условиях, чем в лабораторных. Это лишний раз подтверждает, что в искусственной среде трансгенное растение развивается иначе, чем в природе.

В результате дальнейших исследований выяснилось, что избыток лигнина характерен не только для Vt-кукурузы, это общее свойство всех трансгенных растений. В различных генетически модифицированных культурах (рисе, табаке, хлопке и картофеле) лигнина на 10–66% больше, чем в соответствующих им генетически не модифицированных изогенных линиях [8].

Дождевые черви

Одни из главных утилизаторов растительного опада в средней полосе — дождевые черви, в основном из семейства люмбрицид (*Lumbricidae*). Встречаются они практически во всех естественных и антропогенных экосистемах умерен-

ного пояса и доминируют в них по биомассе (особенно высока их численность в лесостепи, смешанных и широколиственных лесах — более 300 особей на 1 м^2). Пронизывая почву ходами, дождевые черви рыхлят ее, способствуя аэрации и увлажнению на глубине, перемешивают почвенные слои, ускоряя разложение растительных остатков и повышая тем самым плодородие почвы. Объем переносимой этими животными почвы колеблется от 2 до 250 т/га в год. Вертикальное распределение дождевых червей вдоль почвенного профиля определяется, с одной стороны, их экологией, а с другой — комплексом абиотических факторов, таких как температура, влажность почвы, вертикальный градиент распределения органических веществ.

Токсины могут действовать на дождевых червей по-разному, в зависимости от вида люмбрицид и стадии их развития. Ювенильные особи, не способные уходить глубоко в почву, страдают от поллютантов сильнее, чем половозрелые. Но и один из самых крупных видов люмбрицид средней полосы — большой выползок (*Lumbricus terrestris*) — как ни странно, также находится в «группе риска». Дело в том, что особи этого вида, днем скрываясь в глубоких (до 3 м) норах, ночью выходят на поверхность почвы за пропитанием — растительным опадом (в России за такой образ жизни этот космополит получил народное название «большого выползка»). Справедливости ради отметим, что небольшую часть их диеты составляют и корни растений. Во время таких ночных путешествий некоторые особи могут преодолевать до 19 м. Примерно каждая третья трасса оканчивается норой, а у каждой четырнадцатой — норы есть и в начале пути. В разных экосистемах за несколько осенних месяцев эти дождевые черви способны унести в норы практически весь растительный

опад. Это вовсе не означает, что люмбрициды сразу же все съедают, существенную часть пищи они запасают в норах и потребляют по мере частичного разложения растительных остатков. Именно эти особенности экологии большого выползка и определяют высокий уровень его контакта как с поллютантами, оседающими на полях, так и с трансгенными растениями.

Люмбрициды развиваются в толще почвы и, естественно, реагируют на изменения ее химического состава, в частности попадание загрязняющих веществ, которые способны проникать в их организм через кровью. Учитывая особенности питания, дождевые черви могут заглатывать с частицами почвы и содержащиеся в них токсины, а значит, могут подвергаться их воздействию как снаружи, так и изнутри.

Как ни странно, обстоятельных исследований токсичности Cту-белков для дождевых червей до сих пор не проводилось. Правда, около полувека назад при проверке токсичности для люмбрицид препарата *Thuricide*, содержащего *B.thuringiensis* var. *kurstaki*, установлено, что только очень высокие его концентрации (в 10 тыс. раз превышающие рекомендованные для обработки полей) в течение двух месяцев вызвали 100%-ю смертность лабораторных популяций *L.terrestris* [9]. Казалось бы, эти данные имеют только косвенное отношение, но ведь оказавшиеся смертельными дозы лишь в пять–десять раз превышали концентрацию Vt-токсинов в живых трансгенных растениях. Гистологические исследования погибших люмбрицид показали, что бактерии проникли практически во все ткани червей, где произошла их споруляция и формирование кристаллов. Позднее столь необычная патология была объяснена тем, что в опытах использовалась диатомовая земля, которая, повреждая эпителий кишечника, способствовала про-



Выползающий из норы большой
выползок и поймавший его
скворец.

Фото автора

никновению бактерий в целом (пространство между стенкой тела и внутренними органами) дождевых червей.

В другой серии экспериментов изучалось действие пестицидов, содержащих Bt-токсин, на дождевого червя *Dendrobaena octaedra*: десятидневное воздействие токсина в дозах, в тысячу раз превышавших полевые и примерно равные концентрации токсинов в живых растениях, приводило к существенному угнетению роста и размножения, а также более высокой смертности червей [10]. К сожалению, в этих опытах использовался вид, который не имеет никакого отношения к полям (обычно он обитает в лесной подстилке) и в естественных условиях не может сталкиваться с трансгенными культурами.

Одним из первых экотоксикологических опытов по изучению влияния трансгенных растений на дождевых червей стал стандартный лабораторный тест с использованием искусственной почвы и навозного червя (*Eisenia fetida*). Оказалось, что экстракты листьев трансгенной кукурузы, содержащих Bt-токсин, никак не влияют на выживание и развитие этих

любрицид — все они дожили до конца 14-дневного эксперимента и по массе тела не отличались от контрольных животных. По расчетам авторов, использованная в опыте концентрация Bt-токсина (0.35 мг CryIA(b)-белков на 1 кг почвы) была примерно в 785 выше той, которая могла бы сложиться в почве после уборки урожая [11]. Эти результаты имели бы смысл, если бы выбор вида дождевого червя был адекватен поставленным целям. Авторы не учли, что *E.fetida*, как и *D.octaedra*, в естественных условиях не сталкивается с трансгенными культурами. Не говоря уж о том, что навозный червь в отличие от собственно почвенных видов не заглатывает почвенных частиц, а питается разлагающейся органикой, поэтому неясно, какое количество Bt-токсинов попало в его пищеварительную систему и попало ли вообще.

40-дневные наблюдения за лабораторными популяциями *L.terrestris*, живших в почве, в которой проращивались семена трансгенной кукурузы или добавлялись ее листья, не выявили значимых изменений ни в массе тела, ни в смертности больших выползков, хотя Bt-токсины и были обнаружены в их кишеч-

никах и кастах (экскрементах). Когда черви переносились в чистую почву, в течение одного-двух дней их кишечники освобождались от токсина [12]. К сожалению, авторы этой работы не оценивали влияние Bt-токсинов на размножение любрицид, а также на ювенильные, более чувствительные к токсинам, особи. Кроме этого, для такого крупного и живущего не один год дождевого червя-норника, как большой выползок, 40-дневный срок явно недостаточен для выявления сублетальных эффектов. В другом, проведенном несколько позднее, аналогичном эксперименте, но длившемся уже 200 дней, выяснилось, что масса тела *L.terrestris*, питавшихся трансгенными растительными остатками, снижалась в среднем на 18%, в то время как у контрольной группы она на 4% повышалась [13].

К сожалению, пока еще не исследовалась миграция Bt-токсинов в трофических цепях, в которых дождевые черви служат кормовой базой для многих хищных беспозвоночных, птиц и млекопитающих. К примеру, в Англии в рационе рыжих лис (*Vulpes vulpes*) большой выползок составляет в среднем 10–15%, а на участках, где этих дож-

девых червей особенно много, — до 60%. Не брезгает большими выползками и обыкновенная неясить (*Strix aluco*), которая за час может поймать более 20 червей. Отмечена и особая любовь к *L. terrestris* и у европейского барсука (*Meles meles*); более 20 лет назад их даже сочли специализированными хищниками дождевых червей. Впоследствии гипотеза была отвергнута, но справедливости ради отметим, что в некотором роде специализация у этого хищника все же есть, — проявляется она в технике захвата пищи.

Для почвенных микроорганизмов (как чистых, так и смешанных культур) токсичность Сгу-белков не выявлена; количество бактерий и грибов в почвах, содержащих биомассу генетически модифицированной и нетрансгенной кукурузы, статистически не различалось. Однако в экспериментах с почвенными микрочлениками, в которых отсутствовали почвенные беспозвоночные, показано, что и в этом случае биодеградация

Vt-культур (кукурузы, риса, табака, хлопка и томатов) происходит значительно медленнее по сравнению с контролем. Об этом свидетельствовало значительно меньшее количество углерода, уходящего из экспериментальных почвенных микрочлеников в виде CO₂, по сравнению с контролем [8].

* * *

Пониженная скорость разложения трансгенных растительных остатков требует дальнейшего и всестороннего исследования, поскольку потенциальный ущерб от этого имманентного свойства Vt-культур может иметь отдаленные экологические последствия. Еще более пристального внимания требуют особенности миграции Сгу-белков по пищевым цепям. И, наконец, появляется все больше данных о том, что популяции вредителей сельского хозяйства начинают вырабатывать устойчивость к Vt-токсинам и начинают питаться трансгенными растениями.

Обнаружение Vt-токсинов в корневых выделениях кукурузы, риса и хлопка и их длительное сохранение в почве говорит и о том, что особые меры предосторожности должны быть приняты перед тем, как растения и животные, генетически модифицированные с целью производства лекарственных (антибиотиков, вакцин, гормонов, ферментов) и прочих биологически активных веществ, будут покидать стены лабораторий и оказываться в менее контролируемых условиях промышленного производства. В отличие от Vt-растений, мишени этих соединений — не насекомые, а млекопитающие, в том числе и люди. Практически все эти вещества — ксенбиотики, но их способность сохраняться в окружающей среде исследована недостаточно. Ясно поэтому, что потенциальный ущерб выращивания в окружающей среде синтезирующих их трансгенных растений даже приблизительно оценить невозможно. ■

Литература

1. Saxena D., Stotzky G. Release of Larvicidal Cry Proteins in Root Exudates of Transgenic Bt Plants. ISB News Report. 2005. February. P.1—3.
2. Zwahlen C., Hilbeck A., Gugerli P. et al. // Mol. Ecology. 2003. V.12. №3. P.765—775.
3. Saxena D., Flores S., Stotzky G. // Soil Biol. and Biochemistry. 2002. V.34. P.133—137.
4. Sims S.R., Holden L.R. // Environmental Entomology. 1996. V.25. P.659—664.
5. Wandeler H., Babylova J., Nentwig W. // Basic and Applied Ecology. 2002. V.3. №4. P.357—365.
6. Saxena D., Stotzky G. // Amer. J. of Botany. 2001, V.88. №9. P.1704—1706.
7. Poerschmann J., Gathmann A., Augustin J. et al. // J. Environ. Qual. 2005. V.34. №5. P.1508—1518.
8. Flores S., Saxena D., Stotzky G. // Soil Biol. and Biochem. 2005. V.37. №6. P.1073—1082.
9. Smirnov W.A., Heimpele A.M. // J. of Insect Pathology. 1961. V.3. №403—408.
10. Addison J.A., Holmes S.B. // Canad. J. of Forest Res. 1996. V.26. P.1594—1601.
11. Abl Goy P., Warren G., White J. et al. Interaction of an insect tolerant maize with organisms in the ecosystem // Proceedings of the Key Biosafety Aspects of Genetically Modified Organisms. 10—11 April 1995. V.309. P.50—53. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin—Dahlem, Blackwell, Berlin, 1995.
12. Saxena D., Stotzky G. // Soil Biol. and Biochem. 2001b. V.33. P.1225—1230.
13. Zwahlen C., Hilbeck A., Howald R. et al. // Mol. Ecology. 2003b. V.12. №4. P.1077—1086.

Нанкинские камни

Г.Ф.Уфимцев,
доктор геолого-минералогических наук
Институт земной коры СО РАН
Иркутск

Самый юг Китая, о.Хайнань. За окном отеля бушует последний (и первый здесь) тайфун: бутылочного цвета воздух и кокосовые пальмы набекрень. А в моей памяти иное видение: медовые согревающие тона, причудливая полосатость, неяркое внутреннее мерцание — воспоминание о встрече с нанкинскими камнями, которое останется навсегда, тем более что багаж мой отягощен ими.

Что такое нанкинские камни? Называются они по имени Нанкина — древней южной столицы Китая, продолжающей оставаться ею в сфере науки, искусства, интеллектуальной жизни страны вообще. Впервые я познакомился с ними лет десять тому назад, получив в подарок от китайского коллеги — профессора-геоморфолога Чена — небольшую пластиковую коробочку с «камнями Янцзы». Внутри коробочки лежали шесть полированных (голтированных) небольших камушков — медовые халцедоны и агаты. Я сразу оценил значение этого подарка. Вторым, кто оценил его, был мой внук. Он сразу же сказал:

— Отдай мне!

Впрочем, он у меня вообще рачительный...

С тех пор в памяти отложилось, что где-то в Китае прямо из отложений Янцзы, из ее аллювия, добывают (либо собирают) прекрасные камни. В действительности все оказалось и так, и не так.

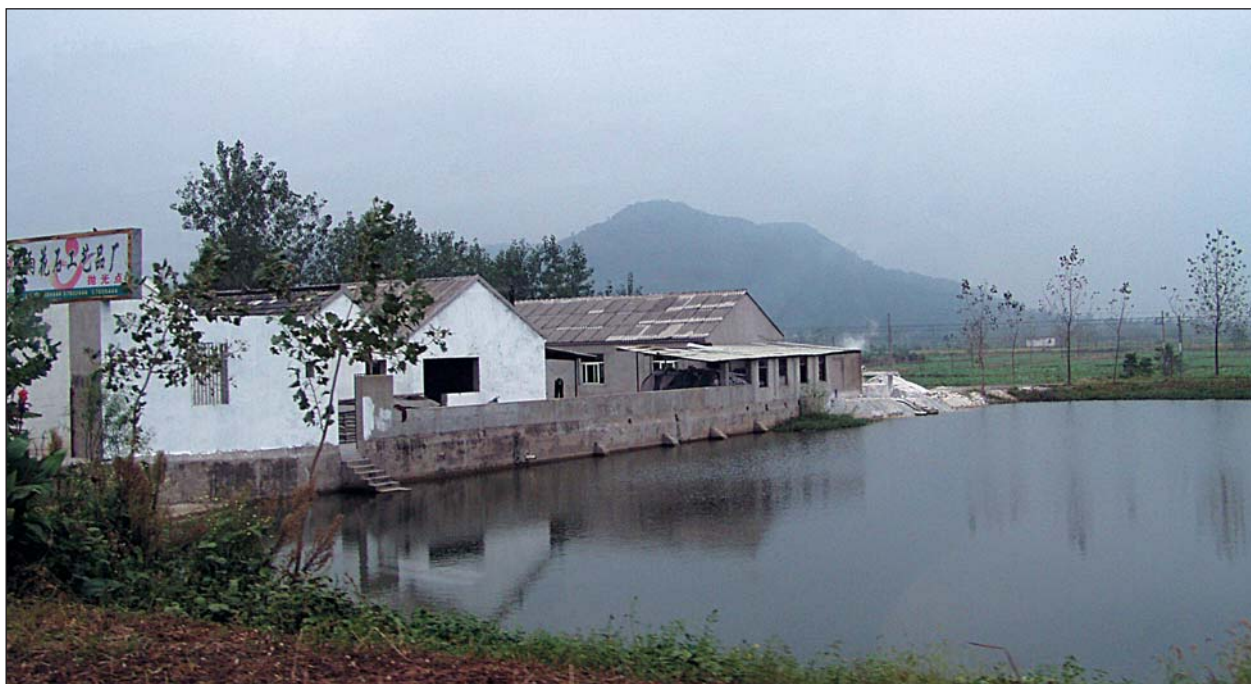


И вот я в Китае, в составе небольшой группы геологов. Обычная деятельность: доклады и лекции, дискуссии, посещение лабораторий, вечерние (а иногда и с утра) приемы. Пекин (или Бейжин — северная столица), Ухань и, наконец, Нанкин. Здесь мы совершаем первую полую экскурсию. На мосту через Янцзы нам сообщают, что сначала мы едем «смотреть нанкинские камни».

Вот уже левобережная часть долины. Вернее, это Восточно-Китайская равнина, где местами река, обрамленная прирусловыми валами и дамбами, оказывается выше окружающей. Мы пересекаем небольшие городки, и везде вдоль дороги висят объявления, что здесь можно приобрести нанкинские камни.

Общее однообразие равнины нарушается изолированными

ми коническими горами (неогеновыми вулканами) или плосковерхими возвышенностями: мезами (бронированными базальтами) или высокими террасами. Поднимаемся на одну из них, высотой 50–60 м, и попадаем на комплексное месторождение нанкинских камней, строительных материалов (песчано-гравийной смеси, галечников и валунников), кварцевого сырья для стекольного производства. Все вокруг перекопано — действующие или заброшенные карьеры в толще пестроцветного аллювия, отвалы. Добываемое сырье проходит промывку и деление на фракции на простом приборе, а валуны и галечники отвозятся к покатым откосам старых карьеров, вываливаются и рассыпаются тонким плащом. И начинается финальный этап добычи нанкинского камня. Це-



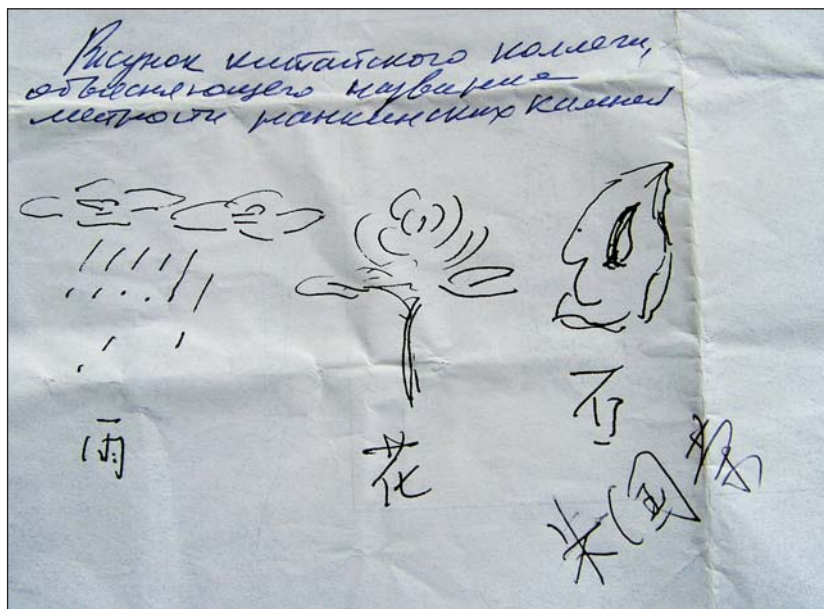
Нанкин — южная столица Китая.
Здесь и далее фото автора



Камни Янцзы.



Добыча нанкинских камней.



Капли дождя превращаются в цветы, которые, падая на землю, превращаются в прекрасные нанкинские камни.

Заметки и наблюдения

пи людей с корзинами и ведрами снуют по откосу и с чисто китайским прилежанием и рабочей въедливостью вручную сортируют галечный материал и буквально вылавливают из него эти самые нанкинские камни. Соревноваться с ними не приходится. Да и многое другое надо увидеть и запомнить. Берется несколько галек. Один небольшой валун, представляющий собой агрегат из нескольких спаянных обломков, — тоже в карман. А уже в гостинице приходит долгое томление — брать или не брать. Ограничился фотографиями.

Конечно, на месте нанкинские камни еще невзрачны, покрыты трудно отмывающейся красноватой глинистой пленкой. Вся их красота и совершенство приходят уже после полировки.

Древний аллювий, содержащий агаты и халцедоны, слагает аккумулятивную поверхность высотой 50—60 м, которая в виде изолированного массива возвышается над окружающей низкой

равниной. Радиологическая датировка аллювия определила его абсолютный возраст 5 млн лет.

Карьеры вскрывают толщурыхлых образований на глубину 20—25 м. Верхняя часть разреза представлена покровными красноцветами мощностью до 5 м. Ниже залегают горизонтально- и косослойчатые валунные галечники с большим содержанием песчано-гравийного и глинистого материала, который и придает породе преобладающий светло-серый цвет. Эти отложения очень похожи на древний манзурский аллювий Прибайкалья, плиоцен-четвертичный аллювий Восточного Забайкалья и на породы сазанковской и белогорской свиты неогена Амура-Зейской равнины. А природная полированность и хорошая окатанность галек древнего аллювия Янцзы сразу же вызывают аналогию с халцедоновой и яшмоидной полированной галькой бухты Буян на о.Беринга. Кроме того, в составе «нанкинской» гальки преобладают кварц и кварциты

при подчиненном количестве порфиров и тонкополосчатых риолитовых туфов — она прошла долгий путь и во времени, и в расстоянии.

Несколько западнее месторождения нанкинских камней возвышается 180-метровый вулканический конус. Его нект (подводящий канал) и кольцевая дайка сложены светлыми диабазами, а сам конус — оливковыми базальтами, темными диабазами и пирокластическими породами, абсолютный возраст которых 3.5 млн лет. Вулканы перекрывают древний неогеновый аллювий.

О коренном источнике нанкинских камней левобережья Янцзы судить трудно. Возможно, они из вулканических толщ провинции Аньхой. Более того, по мнению китайских геологов, в раннем кайнозое Янцзы имела западное направление стока.

Зато с легендой относительно их происхождения — все в порядке. Китайское название нанкинских камней звучит примерно как «ую... и хуа» и обозначается тремя иероглифами: камень, дождь, цветы. Содержание легенды следующее: капли дождя превращались в цветы, которые, падая на землю, превращались в прекрасные нанкинские камни. Мой китайский коллега проиллюстрировал это простым и все поясняющим рисунком.

В Нанкине такие камушки продаются везде, даже на ступенях храма Конфуция. На сувенирной упаковке написано английское название: «Rain Flower Pebbles» (Дождевые цветочные камушки). Обед в придорожном ресторане состоял из супа с клецками, имитирующими нанкинские камни. На прощальном ужине в традиционном китайском ресторане в центре Нанкина были поданы 22 блюда в маленьких тарелочках и каждому отдельно. А последнее, 23-е, блюдо — небольшой камушек в изящной коробочке. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 05-05-64173.

К 100-ЛЕТИЮ ЭТТОРЕ МАЙОРАНЫ

Работы выдающегося итальянского физика-теоретика Этторе Майораны (1906–1938[?]) относятся к атомной, молекулярной и ядерной физике. В 1932 г., опираясь на опыты И. и Ф.Жолио-Кюри, он выдвинул предположение о существовании новой нейтральной частицы – нейтрона. Годом позже разработал теорию обменных сил (силы Майораны) и тогда же обнаружил, что ядерные силы испытывают насыщение. Майорана указал на то, что антинейтрино может тождественно совпадать со своим нейтрино. Нейтрино с такими свойствами называют майорановским, и вопрос о том, не являются ли известные нейтрино майорановскими и не существует ли тяжелого майорановского нейтрино (майорано), – одна из наиболее интригующих и важных проблем современной физики частиц.

Есть интригующие моменты и в истории жизни Майораны. Б.М.Понтекорво, знавший его по совместному участию в семинаре Э.Ферми, оставил такую впечатляющую зарисовку:

«Среди участников семинара я хотел бы отметить Этторе Майорану, личность которого могла бы заинтересовать не только физиков, но и литераторов. По происхождению Майорана принадлежал к знатной сицилианской семье; он учился на инженерном факультете Римского университета. В 1927 г. Майорана, тогда еще студент, стал членом неофициальной группы Ферми; впрочем, он продолжал работать в институте, не получая жалования, и после получения диплома (он был богатым, а Институт – бедным; по-моему, не исключено, что судьба Майораны сложилась бы не так трагично, если бы ему приходилось зарабатывать себе на хлеб). Спустя некоторое время после вступления в группу Ферми Майорана уже обладал такой эрудицией и находился на таком уровне понимания физики, что разговаривал с Ферми на научные темы на равных. Сам Ферми считал его крупнейшим физиком-теоретиком нашего времени, часто им восхищался, а иногда даже и тушевался перед ним. Я точно помню слова Ферми: “Если задача уже поставлена, никто в мире не может решить ее лучше Майораны”. Майорана был пессимистом по натуре, вечно был недоумен собой (и не только собой!). На семинарах он обычно молчал, но иногда нарушал молчание ради саркастического комментария или для того, чтобы сделать парадоксальное, хотя и очень существенное замечание. Я помню, как не раз на семинарах он терроризировал известных зарубежных физиков. Когда-то он был вундеркиндом. Это был математик большого масштаба и в то же время, как ни странно, живая “счетная машина”. В “религиозной иерархии” института он имел звание “великого инквизитора”. Трудно представить более различные характеры, чем у Ферми и у Майораны. Если Ферми был совершенно простым человеком (с маленькой оговоркой: он был гений), то характер Майораны был сложным и совсем не тривиальным. К великому сожалению Ферми, Майорана почти никогда не публиковал своих работ; его след в науке бесконечно менее значителен, чем мог бы быть. Начиная с 1932 г. Майорана все реже и реже встречался с другими физиками и в 1937 г. буквально исчез. По-видимому, он покончил с собой, но абсолютной уверенности в этом нет».

В статье О.Б.Заславского рассматривается, я бы сказал, фантастическое предположение: не могли Майорана намеренно подготовить свое исчезновение так, чтобы возникла ситуация, напоминающая квантомеханические закономерности.

Академик С.С.Герштейн

Квантовая механика судьбы

О.Б.Заславский,

доктор физико-математических наук

Харьковский национальный университет им.В.Н.Каразина (Украина)

В истории науки Этторе Майорана известен не только своими выдающимися работами по квантовой теории, но и тем, что был весьма необычным человеком*. Неудивительно, что личность Майораны привлекает внимание людей из мира литературы и театра [2]. В ситуациях, где ничего не может сказать историк, эстафета переходит к художнику, а место анализа занимает фантазия. Между тем, несмотря на всю необычность поведения Майораны, все же удается хотя бы частично продвинуться в понимании логики, которая двигала его экстравагантными поступками. Это связано с тем, что, как мы увидим ниже, в целом ряде этих поступков обнаруживаются общие закономерности, выявляющие совершенно необычный характер того, что традиционно обозначается как единство жизни и трудов ученого. Анализ этого единства приводит к довольно неожиданному выводу и дает основания говорить о (пользуясь терминологией семиотики) «тексте поведения». Выявление соответствующего «текста» и служит предметом данной работы (научная же деятельность Майораны затрагивается лишь

в той степени, в которой она касается интересующего нас аспекта).

Рассмотрим же ряд событий и фактов, связанных с жизнью Майораны.

Путешествие из Палермо в Неаполь

В этом ряду наибольшую известность приобрело загадочное исчезновение Майораны. Известные нам обсуждения этого события строятся на сопоставлении разных версий — какую из них следует считать более вероятной (покончил с собой, ушел в монастырь, уехал в Аргентину...). Вместе с тем уже беглое знакомство с известными обстоятельствами этого исчезновения заставляют предположить, что сама множественность версий входила в задачу Майораны. Вряд ли, особенно по прошествии стольких лет, можно дать определенный ответ на вопрос, что именно произошло с Майораной — в полном соответствии с замечанием Ферми: «With his intelligence, once as he decided to disappear, or to make his body to disappear, Majorana would certainly have succeeded»** [3]. Кое-что можно, по-видимому, понять в том механизме, который выбрал Майорана.

Напомним основные моменты этой истории, как они описа-

** Если бы Майорана, при его интеллекте, решил исчезнуть или сделать так, чтобы исчезло его тело, он бы наверняка этого добился.



Этторе Майорана. Одно из последних фото.

ны в книге Шаши [4] (в дальнейшем для краткости мы будем ссылаться на русский перевод этой книги, приводя в скобках номера страниц). 27 марта 1938 г. из Палермо в Неаполь пришел корабль, на котором должен был находиться Майорана. Билеты, сданные пассажирами, свидетельствовали, что «в каюте путешествовали англичанин Чарльз Прайс, Витторио Страццери и Этторе Майорана. Разыскать Прайса было невозможно, а вот связаться с доцентом Палермского университета Страццери оказалось легко.

Получив от брата Этторе письмо с расспросами (и, должно быть, с фотографией), профессор Страццери выразил сомнение в двух обстоятельствах:

* К сожалению, специальных работ, посвященных Майоране, сравнительно немного, и в основном они изданы по-итальянски — см. например, библиографию в относительно недавней работе [1. P.435—458].

что он действительно ехал вместе с Этторе Майораной и что “третий человек” был англичанин. Тем не менее он “абсолютно убежден: если ехавший со мною человек был ваш брат, он оставался жив по крайней мере до прибытия в Неаполь”. Англичанин, утверждает Страццери, носил фамилию Прайс, но по-итальянски говорил, “как мы, южане”, и манеры имел грубоватые, как у лавочника, или еще проще. Итак, “третий человек”. Разгадку найти нетрудно. Поскольку профессор Страццери с предполагаемым Чарльзом Прайсом перекинулись несколькими словами, а предполагаемый Этторе Майорана не сказал ни слова, можно допустить, что молчавший человек, которого Страццери позже отреккомендовали как Этторе Майорану, наоборот, был англичанин, а того, кого назвали Прайсом, — сицилиец, южанин, лавочник, поехавший вместо Майораны. Ничего невероятного здесь нет: Майорана вполне мог подойти в соответствующее время к кассе “Тиррени” и подарить свой билет человеку, который собирался его покупать и, не исключено, был примерно того же возраста и роста, походил цветом волос (нет ничего проще, чем найти “сарацина” даже среди немногих сицилийцев)» (С.280).

Основная идея Шаши о подмене представляется правдоподобной, однако он не додумал свою мысль до конца и не сделал напрашивающихся здесь выводов. Кроме того, в его версии есть логические неувязки. Рассмотрим ситуацию с пассажирами подробнее. В каюте, помимо Страццери, было еще два пассажира — обозначим их *A* (тот, с кем Страццери перекинулся несколькими словами — «сицилиец») и *B* (молчун). Предположим, что действительно (как предполагает Шаша), *A* не был англичанином, а подлинный Прайс — это *B*. Но тогда объяснение не может ограничиться ссылкой на то, что Майорана подарил свой билет кому-то, по-

хожему на него (согласно мнению Шаши, это был *A*). Коль скоро пассажир *A* назвал себя именем соседа по каюте, причем в его присутствии, а тот промолчал, речь должна идти о мистификации, задуманной и реализованной Майораной по договоренности с обоими пассажирами — *A* и *B* (а не только с *A*, о чем пишет Шаша). Однако предположение Шаши нельзя считать единственно возможным. Попробуем свести в таблицу основные допустимые варианты мистификации.

Прямолинейный вариант мистификации состоял бы в том, чтобы под именем Майораны ехал кто-то другой. Однако это всего лишь частный случай (1) из набора вариантов. В целом же сама по себе мистификация, на наш взгляд, безусловно подтверждает приведенное выше замечание Ферми.

Сделаем теперь некоторые разъяснения. Если манеры и акцент пассажира *A* были намеренными (варианты 2 и 4), то в этом случае непосредственная цель — увести расследователя на ложный путь, чтобы он пришел к выводу, будто на самом деле Майораны на корабле не было, а пассажир *B* — это не Майорана, а Прайс. Именно эту версию и выдвинул Шаша, полагавший, что «разгадку найти нетрудно». Мы не включили в таблицу более искусственные варианты типа того, что пассажир



Энрико Ферми.

A был настоящим Прайсом, а *B* — не настоящим Майораной. Варианты 6 и 7 предполагают какой-то минимум актерских способностей в самом Майоране. Не располагая такими сведениями, мы тем не менее оставили эти варианты для полноты. Но главное, по нашему мнению, это не свойства тех или иных конкретных версий, а принципиальная установка на их множественность. (По этой причине мы включили и вариант 8: хотя в нем нет прямых подмен, в общем контексте он отнюдь не очевиден и поэтому воспринимается всего лишь как одна из

Таблица

Некоторые варианты мистификации

	Кто такой <i>A</i> ?	Кто такой <i>B</i> ?
1	Прайс	Похожий на Майорану пассажир под его именем
2	Настоящий Прайс, разыгрывающий из себя фиктивного Прайса	Майорана
3	Фиктивный Прайс (не Майорана)	Настоящий Прайс под именем Майораны
4	Фиктивный Прайс, акцентирующий свою фиктивность	Майорана как фиктивный Прайс 2-го порядка
5	Фиктивный Прайс (не Майорана)	Фиктивный Майорана (не Прайс)
6	Майорана под именем Прайса	Прайс под именем Майораны
7	Майорана под именем Прайса	Фиктивный Майорана (не Прайс)
8	Подлинный Прайс	Подлинный Майорана

возможностей.) Мы имеем дело с таким «спектаклем», интрига которого сводится не столько к невозможности найти однозначную «разгадку» прагматической задачи, сколько к попытке понять глубинный смысл всего действия.

Обратим внимание, что заместителями Майораны потенциально оказываются оба пассажира — и *A*, и *B*. Соответственно, оба они (а не только *A*, как полагал Шаша*) должны были быть на него похожи (примем во внимание, что фотографии предьявлялись спустя какое-то время, и достаточно было самого общего сходства). Пассажир *A*, вероятно, сочетал в себе потенциальные признаки Майораны (сицилийская внешность, акцент), нанятого Майораной сицилийца и англичанина (фамилия Прайс). Аналогичным образом обстояло дело для *B*, с той лишь разницей, что его молчаливость могла быть истолкована как дополнительный фактор в пользу отождествления как с Майораной, так и с англичанином.

Таким образом, потенциальные подмены затрагивали все возможные отношения среди тройки *M—A*, *M—B*, *A—B* (здесь для краткости мы обозначали через *M* самого Майорану). Причем подмена совершалась не целиком (т.е. так, чтобы на месте одного персонажа просто оказался другой — с присущим ему набором признаков), а с перепутыванием самих признаков. В результате вместо детерминистской (пусть неполной, не до конца известной) картины происходящего получается картина сугубо вероятностная. И возникает она в результате своего рода **обменного эффекта** и своеобразной **неразличимости** составных частей (в варианте *b* такой обмен совершается непосредственно). Аналогия с кван-

* Хотя из его рассуждений, казалось бы, следует, что на Майорану должен был быть похож *B*, чтобы создать обманчивое впечатление, будто Майорана — это он.

товой механикой очевидна. Далее мы еще обсудим указанную выше аналогию, а пока перейдем к другим известным обстоятельствам исчезновения.

Письма

Приведем сначала ряд цитат из книги Шаши. «Вечером 25 марта в 22 часа 30 минут (1938 г. — О.З.) Этторе Майорана отбыл почтовым пароходом, следовавшим из Неаполя в Палермо. Предварительно он отправил письмо директору Института физики Каррелли, а другое, адресованное родным, оставил в гостинице. Письмо Каррелли: “Дорогой Каррелли, я принял решение, ставшее отныне неизбежным. В нем нет ни капли эгоизма, но я отдаю себе отчет в том, какие неприятности может доставить мое неожиданное исчезновение тебе и студентам. Прошу, прости меня и за это, но прежде всего за то, что я не оправдал доверия, искренней дружбы и симпатии, которые ты проявлял ко мне в эти месяцы. Еще прошу, передай привет от меня тем, кого в твоём институте я научился понимать и ценить, особенно Шути. Я сохраню обо всех вас теплую память по крайней мере до одиннадцати часов сегодняшнего вечера, а возможно, и после этого срока”» (С.278).

Письмо домашним: «У меня только одно желание: чтобы вы не одевались в черное. Если хотите соблюсти обычаи, носите какой-нибудь знак траура, но не дольше, чем три дня. Потом, если сможете, храните память обо мне в своих сердцах и простите меня» (С.279).

«Письмо еще не дошло до Каррелли, когда ему доставили срочную телеграмму от Майораны из Палермо с просьбой не принимать его письмо в расчет. <...> Затем последовало еще одно, из Палермо, на бланке гостиницы “Соле”: “Дорогой Каррелли, надеюсь, что телеграмма и письмо пришли к тебе одно-

временно. Море меня не приняло, и завтра я вернусь в гостиницу “Болонья”, а этот листок бумаги, возможно, придет со мной. Не думай, я не ибсеновская девица, тут случай совсем иной. Если захочешь узнать подробности, я в твоём распоряжении”» (С.279—280).

Отметим целый ряд противоречий в действиях Майораны. Сначала он посылает письмо с намеком на готовящееся самоубийство, затем его отменяет. Казалось бы, отправитель должен был надеяться, что сначала придет второе послание, чтобы успеть отменить первое с более чем тревожным содержанием, однако вместо этого он выражает надежду, что оба послания пришли одновременно — как бы удостоверяя равноправность их и указанных там версий, друг другу противоречащих. Письмо на имя Каррелли, как правильно отметил Шаша, содержит важную двусмысленность в словах «сохраню обо всех вас теплую память по крайней мере до одиннадцати часов сегодняшнего вечера, а возможно, и после этого срока». С одной стороны, это может быть понято как возможность отказа от самоубийства, с другой — возможность (неуверенную) сохранить память уже «там».

«23-го января он попросил мать поручить брату Лючано снять с банковского счета принадлежащую Этторе сумму и выслать ему “свою”. А незадолго до 25 марта, когда он отправился в Палермо, объявив о самоубийстве, Этторе забрал свое жалованье с октября по февраль, которое до тех пор получить не потрудился» (С.282—283). Перед исчезновением Майорана взял с собой паспорт и деньги. Шаша отмечает: «...нелепость такой ситуации, когда самоубийца захватывает с собой сколько может денег и паспорт, должна была поддерживать у матери иллюзию, что он еще жив, надежду, что он не покончил с собой. Однако такому объяснению противоречит просьба не надевать

траур или носить лишь какой-нибудь его знак, но не более чем три дня — три дня сицилийского «обязательного траура». Ясно: он хотел, чтобы поверили в его смерть» (С.283).

На наш взгляд, из столь настойчиво создаваемых Майораной противоречий следует вывод: Майорана хотел добиться, чтобы **на равных существовали версии, которые иначе следовало бы считать взаимоисключающими, — то ли он покончил с собой, то ли остался жив.**

Ссылка на Ибсена

Специально обратим внимание на одну литературную ссылку. В письме, отправленном Каррелли, Майорана упоминает Ибсена: «...я не ибсеновская девица, тут случай совсем иной» (вот как передает это Амальди: «I am not young girl from one of Ibsen's plays, you understand, the problem is much more great than that» [3. С.63]). Среди пьес Ибсена есть две, в которых героиня (девушка или молодая женщина) кончает с собой. Это — «Дикая утка» и «Гедда Габлер». Сюжеты обеих пьес настолько далеки от ситуации Майораны, что может показаться странным, почему Майорана вообще упоминает здесь Ибсена. Однако тот факт, что Майорана (в чем можно не сомневаться) тщательнейшим образом продумал свое исчезновение, заставляет полагать, что и в соответствующих письмах не было ничего случайного.

Можно предложить следующее объяснение. В данном контексте на первый план выходит то обстоятельство, что у Ибсена пьес с сюжетом самоубийства больше, чем одна, а потому **идентифицировать субъект самоубийства оказывается невозможным.** Тем самым во едино переплетаются два мотива — самоубийство и неоднозначность (деидентификация) личности.

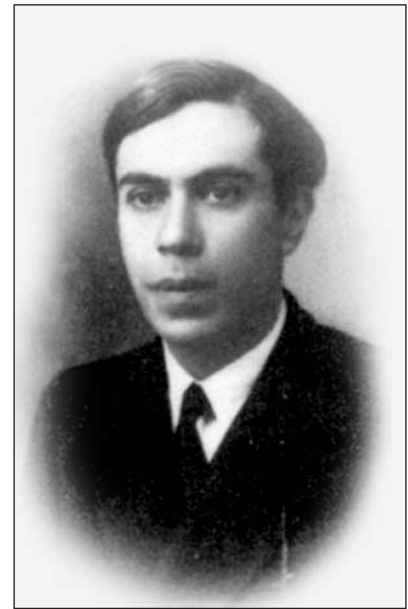
Последнее обстоятельство, как мы сейчас увидим, тем или иным образом проявило себя и в других поступках Майораны.

Доклад на конференции

Известна еще одна экстравагантная выходка Майораны [5. С.457]. Когда Ферми попросил у Майораны разрешения сообщить о его теории ядерных сил на Парижской конференции, тот согласился при условии, что его идеи будут приписаны старому профессору электротехники, который должен был присутствовать на этой конференции. В этой экстравагантности обнаруживается, однако, свой внутренний смысл, если учесть, что речь должна была идти о теории **обменных** сил, в которой между составляющими ядро частицами существует своеобразный «обмен сущностями» — пример такого «обменного эффекта» (хотя и одностороннего) и должен был произойти в случае, если бы автором идеи Майораны (т.е. в определенном смысле им самим) оказался кто-то другой.

Как Майорана получил место профессора

«Четыре года — с лета 1933-го по лето 1937-го — он редко выходит из дому и еще реже появляется в Институте физики, — пишет Шаша. — Потом перестает бывать там вообще» (С.273). Но затем Майорана неожиданно подает заявку на участие в конкурсе на место профессора. Такая «социализация» статуса выглядит для Майораны довольно необычно, тем более на фоне периода предшествовавшего затворничества. Между тем здесь стоит вспомнить обстоятельства конкурса. «Тройка победителей была, как обычно, преспокойно определена еще до окончания конкурса; они



Майорана в 1933 г.

шли в следующем порядке: Джанкарло Вик — первый, Джулио Рака — второй, Джованни Джентиле младший — третий» (С.275—276). Результат казался predetermined заранее не только в силу научных заслуг Вика и Рака, но и из-за того, что отец Джентиле пользовался определенным влиянием в правящих кругах фашистского режима. Однако в случае, если бы Майорана принял участие в конкурсе, не было сомнений, что первым прошел бы именно он, соответственно Джентиле не прошел бы вообще. Чтобы предотвратить такое развитие событий, Майорану утвердили профессором кафедры теоретической физики Неаполитанского университета за «общепризнанные заслуги», что дало возможность провести конкурс как было задумано.

По мнению Шаша, Майорана участвовал в конкурсе «только затем, чтобы язвительно подшутить над коллегами». Мы полагаем, что дело здесь в ином. В случае успеха своего замысла Майорана **занял бы чужое место** в уже зафиксированной иерархии. Кроме того, неизбежно произошел бы аналогичный сдвиг и с остальными участни-

ками конкурса — 1-й стал бы 2-м, 2-й — 3-м. То есть произошел бы своего рода эффект деидентификации, аналогичный тому, который рассматривался выше при обсуждении несостоявшегося доклада Майораны о ядерных силах.

Способ потенциального самоубийства

Вернемся к проблеме исчезновения Майораны. Выше мы постарались обосновать предположение, что мистификация как в целом, так и в деталях должна была по своей природе оказаться сугубо «вероятностной», причем она должна была имитировать вероятностные законы квантовой механики. Но тогда представляется правомерным распространить это обстоятельство и на сам способ самоубийства (реального или мнимого) — гибель в морских **волнах**, причем так, чтобы оставались альтернативные **версии** происшедшего — то ли было самоубийство, то ли нет. Напрашивается мысль связать это с принципиальной ролью **волновой** функции в квантовой механике, с которой и связана особая **вероятностная** природа квантовой механики, отличающая ее от классической. Такая интерпретация объединяет оба мотива — и вероятностность, и волновой характер соответствующего объекта. По сути получается имитация в реальности «волн вероятности».

Жизнь, смерть и квантовая механика

В очерке «Роль статистических законов в физике и общественных науках», написанном во время почти полного затворничества 1934—1937 гг., Майорана писал: «Регистрация распада радиоактивного атома автоматическим счетчиком может сопровождаться при соответствующем

усилении механическим действием. Это позволяет в лабораторных условиях подготовить доступную наблюдению сложную цепь явлений, порождаемую случайным распадом одного радиоактивного атома. Со строго научной точки зрения не исключена возможность того, что столь же простой, незаметный и непредсказуемый жизненный факт повлечет за собой существенные процессы в человеческом обществе» (С.274). На наш взгляд, этот отрывок следует сопоставить с проблемой, затронутой в знаменитой статье Шредингера о парадоксе, названном впоследствии парадоксом шредингеровского кота [6]. (Эта статья появилась в 1935 г., не беремся судить, прочитал ли ее Майорана.) Шредингер писал о том, что состоявшийся или не состоявшийся в замкнутом пространстве распад радиоактивного атома (подчиняющийся вероятностным законам квантовой механики) может запустить цепь следствий, которые приводят к гибели находящегося там кота. Тем самым законы квантовой механики прилаживаются к макроскопическим объектам, причем жизнь и смерть образуют в определенном смысле суперпозицию разных состояний. Если наше предположение правильно, то **Майорана постарался смоделировать «суперпозицию» состояний собственной жизни и смерти.** (В определенном смысле это можно назвать квантовой версией гамлетовского вопроса.)

От квантовой механики к тексту поведения

Таким образом, очерченная выше картина, по-видимому, позволяет из осколков того многого, что осталось известным о Майоране и обстоятельствах его исчезновения, сложить тем не менее вполне ясный фрагмент. Майорана, согласно

предложенным выше объяснениям, настойчиво имитировал как в окружающем мире, так и собственном поведении и судьбе законы квантовой теории — объект исследования слился с субъектом. В этом, заметим, в свою очередь проявилась специфика квантовой механики, где, вообще говоря, нельзя пренебречь присутствием прибора, с которым взаимодействует квантовый объект в измерительном процессе. Можно сказать, что Майорана с предельной честностью и последовательностью довел до логического предела столь важное для квантовой теории соотношение между природой и изучающим ее наблюдателем, включая сюда собственные жизнь и смерть. Подчеркнем еще раз, что расхожие представления и фразы вроде «единства жизни и деятельности ученого» получают в данном случае совсем нетривиальный смысл.

Следует сделать оговорку. Между описанной выше имитацией квантового состояния и подлинно квантовым состоянием есть принципиальная разница. Объект «эксперимента» (совпавший в данной случае с «экспериментатором»), т.е. сам Майорана, разумеется, был однозначно жив или однозначно мертв в каждый момент времени — другое дело, что это было (и осталось) неизвестным. В этом смысле оппозиция «жизнь—смерть» имела здесь чисто классическую природу. Тогда как для квантового объекта вероятностность и существование альтернатив (жизни и смерти в случае парадокса шредингеровского кота) принципиально неустранимы вплоть до совершения измерения, которое и отбирает одну из возможностей. (Например, в случае шредингеровского кота срабатывает или не срабатывает счетчик, который в результате распада атома приводит к разрушению ампулы с ядом.) Таким образом, возможности имитации квантовых свойств (как, собственно, любой имитации) были

ограничены, однако Майорана реализовал их в полной мере.

При всей необычности приведенных выше особенностей следует заметить, что существование закономерностей в поведении человека, заставляющих говорить о параллелях между жизнью и текстом, неоднократно отмечалось в гуманитарных науках (хотя, разумеется, в совершенно другом ракурсе). Так, Лотман писал о том, что Пушкину было свойственно «твердо и уверенно строить свою личность, создавая ее постоянно как оригинальное и законченное художественное произведение» [7]. В случае Майораны следует говорить о выстраивании не жизни, а (в той или иной форме) ухода из нее или из внешнего мира. Однако совершенно это было на уровне, заставляющем вспомнить его научные работы и придающем цельность его трагической судьбе.

Майорана и Пиранделло

Складывание закономерностей поведения человека в единый текст может быть связано, в том числе, и с ориентацией на уже существующие тексты. В частности, это касается и ситуации ухода из жизни. Достаточно напомнить здесь о роли романа Гёте «Страдания молодого Вертера», публикация которого вызвала в Германии эпидемию самоубийств, или о роли образа Катона и трагедии Аддисона «Катон Утический» в самоубийстве Радищева [8. С.264–268]. Что касается Майораны, то здесь можно указать на возможную аналогию между его исчезновением и сюжетом романа Л.Пиранделло «Покойный Маттиа Паскаль» [9]. Напомним: герой этого романа исчезает из своего мира, где уверены в его самоубийстве. Под новым именем он начинает новую жизнь. Однако через некоторое время он имитирует самоубийство уже в новом качестве и возвращается.

Указанная аналогия хорошо известна и стала общим местом в литературе о Майоране. Тем не менее мы хотим здесь, в рассматриваемом нами контексте, обратить внимание на некоторые важные нюансы, вероятно, ускользнувшие из предыдущих обсуждений этой темы. Непосредственным основанием для упомянутой гипотетической аналогии служит исчезновение с имитацией самоубийства. Существенно, однако, что здесь есть и нечто большее. В романе Пиранделло переход между жизнью и смертью, «этим» миром и «тем», оказывается двойным — туда и обратно, в связи с чем для Майораны (в обсуждаемом нами аспекте) это могло выглядеть как «равноправие» обоих состояний, литературный вариант той суперпозиции, о которой мы говорили выше. Кроме того, на такие «квантовые переходы» туда и обратно наложилась деидентификация личности, так как герой Пиранделло дважды менял свое имя. Имеет смысл также вспомнить, что одним из обстоятельств, которые способствовали решению Маттиа Паскаля уйти из «этого» мира, был его крупный выигрыш в рулетку, т.е. сугубо вероятностный фактор.

Обратим еще внимание на мотив удвоения. В некрологе, посвященном Паскалю, его самоубийство представлено как повтор 1-й неудачной попытки, от которой Паскаля якобы спас сторож Филиппо Брина. При этом в некрологе говорится, что «в этот раз другого Филиппо Брины, который вторично воспрепятствовал бы страшному замыслу, не нашлось» [9. Т.1. С.220]. Иначе говоря, обсуждается «виртуальная история» с двойником, отсутствие которого оказалось фатальным в судьбе героя. Тем самым не только «реальная», но и ошибочно приписываемая герою судьба оказалась связана с таким фактором, как множественность воплощений одного и того же персонажа (в том числе и «второстепенного»). Соответственно, можно го-

ворить о множественности вариантов индивидуальной истории человека.

Таким образом, выявляется целый комплекс актуальных для Майораны мотивов — *«переходы» между жизнью и смертью, «переходы» между разными личностями, роль вероятностности мира в судьбе человека, актуальность альтернативных вариантов*. По указанным причинам мы полагаем, что роман Пиранделло сыграл даже большую роль в исчезновении Майораны, чем это можно было думать. Здесь следует говорить не только и даже не столько о сюжетном заимствовании, сколько об идейной близости — Майорана обнаружил у Пиранделло художественное обсуждение волновавших его проблем.

Сказанное заставляет всерьез отнестись к роли в судьбе Майораны еще одного романа Пиранделло. Обсуждая аналогию между Маттиа Паскалем и Майораной, Шаша замечает, что «на самом деле вернее было бы соотносить его устремления с главным героем романа “Кто-то, никто, сто тысяч” (С.283). К сожалению, Шаша никак не поясняет свою мысль. Между тем, учитывая обсуждавшиеся нами выше темы и мотивы, можно обнаружить поразительную близость между духовным миром Майораны и проблематикой романа, связанной с *множественностью личности*. Достаточно привести лишь несколько цитат: «...я обнаружил, что не был для других чем-то одним, как не был я одним и для себя, что было сто тысяч разных Москард, и все сто тысяч носили одно имя Москарда»; «...множество голов, которые, в сущности, все — одна ваша голова»; «...я не облекал себя ни в какой реальный образ и жил в состоянии как бы постоянной расплавленности — льющийся и ковкий»; «Но как бы ни было глупо и неприятно оказаться вот так вот навеки заклеянным одним именем и быть не в силах переменить его на другое или, еще



В кругу семьи.

того лучше, на множество других имен, которые согласовывались бы с разнообразием моих чувств и поступков»; «я поставил эксперимент по уничтожению одного из множества Москард» [9. Т.2. С.350, 360, 376, 382, 390].

В романе множественность личности связана с множественностью точек зрения, т.е. субъективным свойством. Что же касается мировосприятия Майораны, то есть основания полагать, что он здесь пошел гораздо дальше, постаравшись превратить для себя указанное свойство в фактор объективной реальности. К обсуждению этого мы и переходим.

О движущих мотивах Майораны

До сих пор мы в основном обсуждали формальные особенности поступков Майораны. Естественно, возникает вопрос о «сверхзадаче» и психологических мотивах. Степень гипотетичности здесь будет неизбежно выше, тем не менее мы полагаем саму постановку вопроса не только правомерной, но и необходимой.

Поскольку в обсуждаемой коллизии были затронуты фундаментальные вопросы жизни и смерти, причем весьма необычным образом, можно думать, что и соответствующий движущий мотив был столь же экзистенциально серьезен. Вспомним, что Майорана «был пессимистом по натуре, вечно был недоволен собой (и не только собой!)» [5. С.27]. С учетом этого обстоятельства и обобщая сделанные выше наблюдения, представляется уместным сделать следующий вывод. **Майорану глубоко не устраивала жизнь как таковая — не только собственные в ней место и судьба, но и сами законы бытия как таковые.** Притом главное острие экзистенциального недовольства оказалось направлено **против однозначности и отсутствия выбора.** На индивидуальном уровне это выразилось в стремлении разрушить однозначную сущность личности — отсюда и предложение приписать свои намерения другому, самому занять место другого, сделать объектом расследования не одного себя, а целый пучок личностей вместо себя (история с пассажи-

рами на корабле) и т.п. На более общем уровне это выразилось в стремлении упразднить однозначную границу между жизнью и смертью. Речь шла не о том, чтобы просто изменить психологическое отношение к таким фундаментальным категориям, как жизнь и смерть, а чтобы изменить их природу (хотя бы на уровне имитации, чисто субъективно). При этом, задумывая и реализуя свое столь необычное исчезновение, Майорана вовсе не стремился устроить спектакль для зрителей. Точнее, зрителем, единственным понимающим (сознательно или интуитивно), что и зачем делается, был он сам.

Если предложенная психологическая реконструкция правильна, то из нее следуют и важные выводы в том, что касается реальной судьбы Майораны. Всего существует три основных версии исчезновения: 1) ушел в монастырь, 2) покончил с собой, 3) скрылся в другой стране. Мы полагаем, что версию 1) следует теперь решительно исключить. Те представления о бытии и небытии, которые мы описали выше, совершенно несовместимы с христианскими представлениями. И в той мере, в какой у Майораны могли сохраняться религиозные представления, его намерения и действия были безусловно богоборческими, отрицающими в экзистенциальном бунте основные законы, установленные Творцом. Скорее же всего, это просто не имело отношения к религии — Майорана стремился «возвести» для себя свой собственный, индивидуальный мир, не похожий на ранее известные.

Остаются, таким образом, две версии. «Множественность личности», столь важная для Майораны, дает основания для осторожного оптимизма в пользу версии 3) — по существу, жизнь в другой стране под другим именем оказалась бы для него аналогом другой жизни.

Вместе с тем Майорана не мог не понять, что на самом деле каждый раз перед ним оказы-

вадается одна реальность, а не две (или больше), взаимно альтернативные. С учетом его постоянного пессимизма, такое неизбежное экзистенциальное разочарование могло оказаться трагическим, так что версию 2) исключить нельзя.

Какова бы ни была реальная история Майораны после исчезновения, в любом случае можно конкретизировать одну важную деталь. Мы полагаем, что Майорана обзавелся альтернативным удостоверением личности — не только потому, что это было прагматически нужно для организации исчезновения, но и по указанным выше причинам. И даже если его жизнь закончилась трагически, у него было какое-то время, чтобы «почувствовать себя другим».

Альтернативные миры

Если обобщить сделанные наблюдения, то важнейшим свойством мира Майораны оказывается принципиальная **множественность**, альтернативность реальности. В результате в таком мире появляются возможности, которые сами по себе в классическом мире исключают друг друга. Представляя реакцию других на свое исчезновение и те варианты, которые они были вынуждены учитывать (т.е. как бы становясь на их точку зрения), Майорана мог сам превращаться

в условного зрителя, мысленно наблюдающего за разными вариантами собственной судьбы.

Но тогда такая множественность означает даже нечто большее, чем аналог или имитацию законов квантовой механики. Даже в квантовой механике с ее неустранимой вероятностью мира в конечном счете в каждом эксперименте происходит выбор одной из альтернатив. Однако предыдущий анализ заставляет считать, что для Майораны оказалось важным охватить и ощутить различные альтернативы именно как **реальные** события — хотя бы через посредство восприятия других людей. Иначе говоря, прожить или ощутить разные варианты своей судьбы, включая собственную гибель. Это усиливает аргументы против версии 2) — по крайней мере, Майорана не мог покончить с собой сразу, так как ему было нужно какое-то время побыть в качестве наблюдателя за альтернативными вариантами своей судьбы. Таким образом, согласно нашим предположениям, ключевую роль в движущих мотивах Майораны сыграла идея о множественности миров, причем, по-видимому, понимаемых не как набор абстрактных возможностей, из которых реализуется только одна, а как **реальные** варианты.

Поразительно, что в самое последнее время такая идея действительно появилась в науке,

а именно в современной космологии на стыке теории инфляции и квантовой теории. Согласно соображениям, выдвинутому рядом авторов, существует бесконечное число вселенных, но лишь конечное число возможных историй [10—12]. Одним из следствий служит то обстоятельство, что если в данной пространственно-временной области реализуется та или иная история, то ее другие варианты непременно реализуются где-то в других областях. Можно предположить, что эти идеи оказались бы близки Майоране*.

В применении к рассматриваемому нами случаю данная парадигма означает, что существуют миры, в которых Майорана действительно покончил с собой. Но также существуют миры, где Майорана сумел побороть свой пессимизм и остался жив. Хотелось бы надеяться, что второй вариант встречается во Вселенной чаще. ■

Автор выражает благодарность Г.Е.Горелику за стимулирующее обсуждение рукописи.

* В последние годы аналогичные идеи стали приобретать популярность в литературе и искусстве. Прежде всего это касается техники «нелинейного повествования», благодаря которой один и тот же роман может иметь совершенно разные финалы в зависимости от способа чтения. (Один из наиболее ярких представителей этого направления — писатель Милорад Павич.)

Литература

1. *Stepanovsky Yu.P.* Ettore Majorana and Matvei Bronstein (1906—1938): men and scientists. *Advances in the Interplay Between Quantum and Gravity Physics*. Dordrecht, 2002.
2. *Scarpa Francesco.* Characters in search of Majorana // http://jekyll.comm.sissa.it/articoli/art06_02_eng.htm
3. *Amaldi E.* Ettore Majorana: Man and Scientist. Strong and Weak interactions. N.Y., 1966.
4. *Sciascia L.* La scomparsa di Majorana. Torino, 1975; *Шашиа Л.* Исчезновение Майораны // Детектив и политика. Вып.4. М., 1989.
5. *Понтекорво Б.* Энрико Ферми // *Ферми Э.* Научные труды. Т.1. М., 1971.
6. *Schrödinger E.* Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik // *Naturwissenschaften*. 1935. V.23.
7. *Лотман Ю.М.* Александр Сергеевич Пушкин. Биография писателя. Л., 1981.
8. *Лотман Ю.М.* Поэтика бытового поведения в русской культуре XVIII века // *Лотман Ю.М.* Избранные статьи. Т.1. Таллинн, 1992.
9. *Пиранделло Л.* Избранная проза. Т.1—2. М., 1983.
10. *Vilenkin A.* Unambiguous probabilities in an eternally inflating universe // *Physical Review Letters*. 1998. V.81.
11. *Garriga J., Vilenkin A.* // *Physical Review*. 2001. V.64.
12. *Knobe J., Olum K.D., Vilenkin A.* // *British Journal for the Philosophy of Science*. 2006. V.57.

Биология

«Рай для биологов»

Этот затерянный мир, где еще не ступала нога человека, открыла в декабре 2005 г. в горном районе, расположенном на востоке провинции Западный Ириан (о.Новая Гвинея, Индонезия), группа индонезийских, американских и австралийских ученых во главе со специалистом по райским птицам Б.Билером (B.Beehler). На площади 300 тыс. га всего лишь за месяц были обнаружены десятки новых видов растений и животных, среди которых лягушки, бабочки и даже птица (она принадлежит семейству медососовых, Meliphagidae). Найдены редкие виды, считавшиеся утраченными, например райская птица Берлепша (*Parotia berlepschi*), золотогрудый шалашник (*Amblyornis flavifrons*), золотой древесный кенгуру (*Dendrolagus pulcherrimus*).

По мнению Билера, «раю для биологов» благодаря его труднодоступности ничто не угрожает, ведь там не бывают даже жители близлежащих деревень. Исследователи собираются вскоре вернуться в этот район, чтобы тщательнее изучить его.

Science et Vie. 2006. №1063. P.18 (Франция).

Вулканология

Везувий угрожает Неаполю

Группа итальянских и американских археологов и геологов во главе с вулканологом Дж.Мастролоренцо (G.Mastrolorenzo), проводившая раскопки в Италии, обнаружила свидетельства мощнейшего извержения Везувия. Об этом событии, которое произошло 3780 лет назад, говорят следы бегства домашних животных и тысяч людей, бросивших свои жилища. Пирокластические потоки дос-

тигли тогда районов, отстоящих от вулкана на 25 км. Извержение было гораздо разрушительнее всем известного, погубившего Помпеи в 79 г. н.э., когда лава изливалась на расстояние не свыше 12 км.

По мнению Мастролоренцо, Везувий, мощь которого ныне недооценивается, угрожает не только Неаполю, но и всей административной области Кампании.

Science et Vie. 2006. №1064. P.40 (Франция).

Экология

Удручающее состояние Великих озер

В США объявлен план работ стоимостью 20 млрд долл., направленный на улучшение экологического состояния Великих озер. Этот огромный резервуар пресной воды, расположенный на границе США и Канады, обеспечивает водоснабжение 35 млн человек. Загрязнение Великих озер считается национальным бедствием. Планом предусматривается очистка озер путем модернизации старых или строительства новых очистных сооружений. Вместе с тем правительство предупредило, что не располагает необходимыми средствами, хотя сам план восстановления озер рассматривается как беспрецедентный. Вождь племени местных индейцев Ли Спрагью так комментирует его: «Мы расходуем миллиарды долларов на поиски воды на Марсе, но не можем даже отслеживать содержание ртути в тканях наших озерных рыб».

Terre Sauvage. 2006. №213. P.53 (Франция).

Геофизика

Сейсмический толчок от айсберга

В 2000 г. на антарктической станции Неймайер (Германия)

были зарегистрированы сейсмические толчки продолжительностью в несколько часов, подобные тем, что отмечают при извержениях вулканов. Анализируя форму этих сигналов, немецкие геофизики установили, что источник колебаний — айсберги, откальывающиеся от ледникового щита Антарктиды.

Процесс разрушения края Антарктического ледника идет постоянно, сопровождаясь высвобождением энергии напряжений ледового щита. Когда один из айсбергов, дрейфуя, сел на океанское дно, возник локальный сейсмический толчок магнитудой 3.6 балла.

La Recherche. 2006. №394. P.12 (Франция).

География

Путешествие к истоку Нила

Н.Мак-Грайгор (N.McGrigor; Великобритания) и его новозеландские коллеги К.Мак-Лей и Г.Мак-Интайр (C.McLeay, G.McIntyre), поднявшиеся в марте 2006 г. вверх по течению Нила, утверждают, что нашли его истинный исток. Он находится на высоте 2400 м, в самой гуще экваториальных лесов Руанды, в удалении от оз.Виктория (до сих пор считавшегося одним из главных истоков великой реки). Если открытие подтвердится, Нил «станет» длиннее более чем на 100 км (сейчас его протяженность оценивается почти в 6700 км).

Экспедиция продолжалась 80 сут, ее участники передвигались на моторных лодках, но последние несколько десятков километров из-за мелководья пришлось идти пешком через джунгли. К сожалению, радость успеха омрачила смерть одного из путешественников (вначале их было четверо) — его убили руандийские повстанцы.

Science et Vie. 2006. №1064. P.19 (Франция).

Человек, отдавший жизнь Камчатке

К 100-летию со дня рождения Б.И.Пийпа



Борис Иванович Пийп (1906—1966).

Борис Иванович Пийп — член-корреспондент АН СССР, геолог и вулканолог с мировой известностью, организатор и первый директор Института вулканологии АН СССР на Камчатке. Имя ученого присвоено бульвару, на котором находится институт.

В.Б.Пийп,

доктор геолого-минералогических наук

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

Борис Иванович родился в Петербурге 6 ноября 1906 г. Его отец происходил из эстонских крестьян, мать умерла, когда мальчику было два года. Отец до революции работал столяром-краснодеревщиком, а после революции — слесарем на разных заводах Петербурга.

В 1924 г. Борис Пийп поступил в Ленинградский механический техникум. В 1926 г., с открытием свободного приема в высшие учебные заведения, поступил по конкурсу в Ленинградский горный институт, который окончил в 1931 г. со званием горного инженера-петрографа. Был оставлен на кафедре петрографии в аспирантуре

и окончил ее в 1934 г. В 1932 г. параллельно с аспирантурой работал в Институте прикладной минералогии, где занимался изучением кернов месторождения горы Магнитной. В результате были открыты ранее неизвестные здесь минералы (корунд и маргарит) во вмещающих контактовых породах. В Горном институте вел педаго-

© Пийп В.Б., 2006



Фотография А.Н.Заварицкого с дарственной надписью. Конец 40-х годов.

гическую работу, но в 1936 г. в связи с экспедициями на Камчатку, требовавшими длительного отсутствия, вынужден ее прекратить.

Событие, которое определило ход всей дальнейшей жизни Бориса Ивановича, произошло в 1931 г.: его пригласил академик А.Н.Заварицкий в Камчатскую экспедицию. Уже самое первое впечатление от Камчатки оказалось необыкновенно сильным: «Вечером вошли в Авачинскую бухту (они плыли на пароходе из Владивостока в Петропавловск. — В.П.). На фоне синих моря и неба выступают черные силуэты гор, увенчанных снегом. Громады Коряки и Авачи потрясающе величественны». Эта цитата и все следующие выдержки — из полевых дневников, которые Борис Иванович вел всю жизнь. Это не только научные заметки. В дневниках яркие и точные описания природы, обстоятельств жизни и характеристики людей.

Во время экспедиции, продолжавшейся с 26 июня по 29 сентября, изучались вулканы Авачинской группы — первое детальное исследование дейст-

вующих вулканов Советского Союза. Команда, состоявшая из пяти ученых и нескольких рабочих, выполнила морфологическое и геологическое описание вулканов, составила карту кратера вулкана Авача, сделала множество зарисовок и фотографий. В кратере проводились измерения температуры фумарол, отбор газов, возгонов и образцов горных пород. Работа была безумно тяжелой: «дьявольски замерзли... порывистый ветер сшибал с ног... смертельная усталость...», но Борис Иванович пишет о работе с юмором: «Я принялся за свои засечки (работа с картой. — В.П.). Засек все вершинки краев кратера, выступы скал и границы осыпей. Испещрил всю бумагу длинными линиями и точками. Засечки получились хорошо. У меня безумная любовь к таким графическим работам, даже от волнения дрожат ноги. Правда, ноги дрожат отчасти еще и от холода». А еще с чувством благодарности к судьбе: «обдумывая все виденное, радуешься, что попал на такое благодатное для петрографа место, да еще под руководством такого мастера, как Александр Николаевич». Заварицкого отец считал своим учителем и подчеркивал это всю свою жизнь.

Один из лагерей находился в атрио Авачинского вулкана (атрио — кольцевая долина, расположенная между центральным конусом и окаймляющим его кольцеобразным гребнем древнего вулкана. — В.П.), отсюда в течение 25 дней Борис Иванович совершил 17 восхождений в кратер: «Не думал, что придется так много поднимать себя на 725 м вверх».

Тогда же летом 1931 г. по просьбе Заварицкого Пийп самостоятельно изучил близлежащие Налычевские термы. Камчатка оказалась настолько интересной, что он решил посвятить ей все свое время, силы и способности. «Взобрался на Никольскую гору (сопка в центре Петропавловска-Камчатского. — В.П.) и оттуда, любуясь па-

норамай, лесами и горами, долго шептал себе слова клятвы, что этой стране я посвящаю себя. Я ее раб до последних дней своей жизни».

В начале 30-х годов было очень трудно получить деньги на чисто научные вулканологические исследования. Работы должны обязательно иметь практическое приложение. В 1933 г. отец возглавил вулканологическую экспедицию в кальдере Узон, расположенную в труднодоступном районе центральной Камчатки: «На Узоне нужно максимум внимания уделить фумаролам и горячим водам. По геологии достаточно сделать два разреза кальдеры. Топографу надлежит, разбив геометрическую сеть, нанести на карту все выходы фумарол и горячих источников, что позволит выяснить закономерности в их расположении. При исследовании фумарол нужно будет применить закопашки и, может быть, воспользоваться небольшим буровом, чтобы исследовать материал, главным образом, грязевых вулканов. При сборе газов можно будет производить некоторые качественные и, может быть, грубые количественные измерения, но главное внимание нужно обратить на бор, в котором промышленность СССР испытывает острую необходимость».

К сложностям работы на Камчатке прибавлялась еще и тяжелая экономическая и политическая обстановка в СССР: «В этом году (1933 г. — В.П.) отъезд зловеще затягивается. Положение сейчас несравнимо худшее, чем это было в 1931 г. Денег нет, оборудования получили процентов на 20—30, и впереди, во Владивостоке и на Камчатке, тревожная неопределенность. Казалось, не стоило бы и ехать, но непреодолимая любовь к далеким вулканам и страстное желание опробировать себя на этом благодатном научном поприще понуждает все же ехать. <...> Случайно встретил знакомого. Разговорились, и тут я уз-

нал об одной ошеломляющей новости. Оказывается, все те, которых я знал лично или по фамилиям в Петропавловске в 1931 г., уже давно арестованы. Среди них Новограбленов, Огородников, Комаров, Дягилев и другие. Какое обвинение, никто не знает. Дальнейшей их судьбы никто не знает».

Но, несмотря ни на что, 7 июня экспедиция выехала из Ленинграда, 17-го прибыла во Владивосток, 13 июля они отплыли в Петропавловск, 21-го были в Петропавловске, 7 августа начали двигаться на лошадях на Узон, 5 сентября были на Узоне, 22-го начали двигаться назад и 21 октября прибыли в деревню Налычево. На Камчатке в октябре уже зима: «Снегом засыпало нашу палатку и наш костер». Итак, почти четыре месяца дороги и две недели работы.

Экспедиция была очень трудной: «Вечером хоть и смертельно уставший, стал наносить на карту проделанный маршрут. Набросал контур, но доделать не смог. Страшно тянуло спать. Сплю страшно мало. Поздно ложусь и рано встаю — надо торопиться».

Приходилось испытывать лишения в еде, уже по дороге на Узон закончились крупа, сухари и соль. «Есть нечего — и мясо кончилось. Ребята наварили целое ведро грибов. Каждому пришлось по полной миске. С удовольствием глотали опять эту грибную слизь». Через три дня: «Вечером опять грибы, которых я уже не могу есть, так они опротивели». Но несмотря на отсутствие соли и любой иной пищи, кроме мяса время от времени, все были веселы. Борис Иванович пишет в дневнике: «Под вечер небо стало изумительно чистым. Этот контраст синего неба и зеленых лесистых увалов так сильно меня волнует, что ради этого я готов отдать все радости свои. <...> И тут стал ощущаться соленый запах моря. Вернее, даже не моря, а океана, величественного Тихого океана. Через несколько минут мы были



Б.И.Пий в Ленинградском Горном Институте. 1928 г.

Здесь и далее фотографии из личного архива

на берегу лимана. При вечернем заходящем солнце в этом ландшафте было столько красоты, что мы были вознаграждены за все мучения перехода через сотни болот».

Теперь каждое лето он выезжал из Ленинграда в поле на Камчатку. По результатам работ в 1935 г. был написан очерк о термальных ключах Камчатки, который послужил основой для кандидатской диссертации.

В 1940 г. Борис Иванович снова приехал на Камчатку, на этот раз на длительный срок в качестве начальника Камчатской вулканологической станции в поселке Ключи. Здесь его застала война. Он не имел связи с семьей в течение шести лет и думал, что все погибли. В сентябре 1946 г. мы встретились с отцом в Таллине. Это был ху-

дощавый молодой человек. Ему было 40 лет.

За трудное военное время с различной степенью детальности были исследованы вулканы Жупановский, Кизимен, Кинчоклок, Шивелуч, вулканы Ключевской группы и 18 групп термальных источников, расположенных по всей Камчатке. Полевые работы проводили не только летом на лошадях, но и зимой на собаках.

Ранней весной 1943 г. состоялась экспедиция на север Камчатки на собаках. Записи полны описаний бедности местных жителей: «Остановился у Дмитриевны. Распрягли собак, втащили вещи в дом и стали чаевать. Опять обычная пища: хлеб, соленая рыба, чай и сахар в прикуску. <...> Сходил к Ивашеву. Он живет со своей новой женой — учи-



В лагере, расположенном в атрио Авачинского вулкана. Слева направо: М.Г.Платунов, В.Кулаков(?), Л.Добрецов(?), Б.Пийп. 1931 г.



Работа на термальных площадях. Конец 30-х — начало 40-х годов.



Схематическая зарисовка вулкана Большой Семячик.

Здесь и далее зарисовки из дневников Б.И.Пийпа

тельницей. Квартира в школе, а школа в церкви. Живут в алтаре». Для собак нужна была сухая копченая рыба — юкола: «В Ивашке весь день пытались найти юколу. Все начальники горячо меня уверяют, что юколы у них нет. Таким образом, все мои надежды на дальнейшее продвижение сразу же отпадают». На следующий день: «Встретил местных начальников, которые, узнав, что я выезжаю обратно в Ключи, сильно заволновались, что им влетит от района за то, что они не помогли экспедиции. После долгих переговоров решили, что 50 юкол дает рыбкооп, 30 юкол и 30 кг наваги дает Дальрыбпром». Деньги в то время были не нужны, валютой была махорка: «В Уке ходил к здешнему завсклада, чтобы достать у него нерпичьих шкур и патронов. Он сначала “жался”, но потом, когда я пообещал ему пачку махорки, обещал дать все, что я просил».

В начале 1945 г. произошло сильнейшее извержение Ключевского вулкана, детально описанное и зарисованное Борисом Ивановичем.

А в июне 1945 г. на восточном склоне Ключевского вулкана образовался побочный прорыв, названный «Юбилейным» в честь 220-летия Академии наук.

Сразу же после начала извержения Борис Иванович выехал туда и работал до окончания извержения. «Вышли наверх к эксплозивным кратерам. Когда мы были уже близко от одного из кратеров, внезапно из него поднялся косо́й черный столб. Все это понеслось на страшную высоту над нами. Чувствуя, что сейчас на нас обрушатся раскаленные бомбы, мы бросились бежать. Конечно, никуда бы мы не убежали, но бегство успокаивало нас. Только мы стали бежать, как увидели, что впереди и вокруг нас стали тяжело шлепаться раскаленные куски шлака. Бомбежка длилась 1—2 с. Пробежав метров 200, мы остановились. Везде вокруг дымились упавшие куски лавы разме-

ром до 0.5 м. Сверху они темные, а внутри раскаленные. Только слепой рок спас нас от смерти. Конечно, можно было бы стоять и смотреть, как падают бомбы и, когда надо, отклоняться от них. Но это было страшнее».

Летом 1946 г. Пийп участвовал в академической аэровулканонологической экспедиции. Он организовал академикам А.Н.Заварицкому и С.С.Смирнову посещение Камчатской вулканологической станции и поездку на Юбилейный прорыв: «Оба академика в восторге от здешнего ландшафта. Сергей Сергеевич говорит, что ничего подобного в жизни еще не видел».

Возвратившись в Москву в 1946 г., Борис Иванович приступил к обработке своих обширных материалов, собранных за пять лет, и к написанию докторской диссертации «Ключевская сопка и ее извержения в 1944—1945 гг. и в прошлом», которую защитил в 1950 г. Ко всем этапам работы он подходил с величайшей тщательностью. Его наблюдения очень точны и выразительны, иллюстрированы не только фотографиями, но и собственными зарисовками, обобщения отличаются полнотой — «изучать вулканы нужно не так, как изучают их некоторые исследователи, в работах которых нет полной картины изучаемого объекта, нет геологии и единой идеи, а есть только не связанные между собой фрагменты обзора литературы, петрографического изучения шлифов и геохимического обзора отдельных элементов».

В 1950—1954 гг. Борис Иванович опять работал в Ключах в качестве начальника Камчатской вулканологической станции. Он любил это место: «Меня тянет в Ключи, где так уютно и спокойно, и где у меня столько милых сердцу воспоминаний». Теперь он приехал туда с семьей. Весной 1950 г. мама, папа, бабушка и мы с сестрой выехали из Ленинграда на Камчатку. Отец для переезда полу-

чил «подъемные» — 20 тыс. руб. Мне тогда было 10 лет, сестре Нине на год меньше. Мы ехали на поезде до Москвы, потом до Владивостока. Поезд шел 10 дней. Помню, как поезд нырял из туннеля в туннель на берегах Байкала. Отец много курил и вез с собой на Камчатку большой (около 1 м³) ящик папирос «Беломор». Во Владивостоке мы жили в гостинице неделю. Затем на большом немецком трофейном пароходе, высотой с многоэтажный дом, с шикарным рестораном и кинотеатром, отплыли на Камчатку. Плыли семь дней.

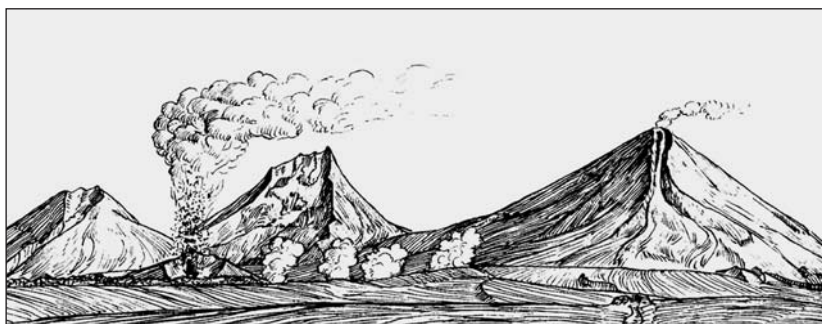
Через несколько дней после прибытия в Петропавловск на небольшом пароходе отплыли в Усть-Камчатск — поселок в устье р.Камчатки. Пароход вез «вербованных». На Украине тог-



Борис Иванович с женой Анной Петровной. Конец 30-х годов.



На Камчатской вулканостанции во время войны.



Вид кратеров Юбилейного прорыва на фоне Ключевской группы вулканов. Июнь 1945 г.



В полной готовности к выезду в маршрут. 1950-е годы.



Основной продукт питания — медведи.

да стоял голод, и многие люди, спасаясь от него, ехали на Камчатку работать. Вербованные размещались в трюме и на палубе. Единственную очень маленькую каюту на пароходе занимала наша семья. Пароход остановился на рейде Усть-Камчатска, и людей в большой «корзине» спускали на плоскую, без каких-либо перил баржу и везли на берег. На поверхности моря плавали небольшие круглые снежно-ледяные лепешки, которые назывались «сало». Из Усть-Камчатска в Ключи ехали два дня по замерзшей реке на двух собачьих упряжках. Это было в апреле, а река была подо льдом. Помню, как шутили местные каюры: «Усть-Камчатск — это Ленинград, а Ключи — Москва». В Ключах мы с сестрой сразу пошли в школу, где проучились 4,5 года.

Отец любил нас, дочерей, и занимался нашим воспитанием. Живя в Ключах, мы с Ниной ежедневно писали дневники, и он проверял их. На летних каникулах по его заданию мы переписывали от руки рассказы Л.Н.Толстого. Отец помогал нам в приготовлении уроков по математике. Вместе с ним мы изучали созвездия по карте, которую он сам начертил. В то время я собиралась стать астрономом.

В 1950—1954 гг. Камчатская вулканологическая станция активно работала и обладала всеми средствами для проведения исследований вулканов. Эта была огороженная территория площадью 15 га, на которой находились два служебных здания (лаборатория и сейсмостанция), а также два жилых дома для сотрудников и «коттедж» начальника станции.

В здании лаборатории располагалась библиотека — отдельная большая прекрасно обставленная комната с множеством книг. На стене висели портреты известных геологов, в том числе большой карандашный портрет академика Левинсона-Лессинга (имя которого носит Камчатская вулканостанция), нарисованный отцом. Здесь на-



Полевые работы в зимнее время на вулканах Ключевской группы (слева направо: Безымянный, Камень, Ключевской).



Типичный камчатский ландшафт в конце октября. 1950 г.

ходила также большая подзорная труба для наблюдений за Ключевской группой вулканов и химическая лаборатория. На территории станции помещались конюшня для семи лошадей, баня, склад. Всегда держали две упряжки собак, которые зимой и летом находились на улице на привязи. На реке стояло несколько рыбалок — небольших построек, где рабочие ловили и коптили рыбу для сотрудников и собак.

Я принимала участие в экспедиции летом 1954 г., будучи ученицей девятого класса. Мы выехали на лошадях, груженых большими вьючными ящиками. Сверху на них сидели люди.

Кроме отца — начальника станции и меня, в экспедиции были два рабочих и зубной врач поселка, которому хотелось ознакомиться с работой вулканологов. Экспедиция направлялась к новому побочному кратеру на подножии Ключевского вулкана — к кратеру академика Белянкина, прорыв которого произошел зимой 1954 г. Мы выехали утром. Среди жителей Ключей наша экспедиция вызвала большой интерес: «Смотри — и тетка едет». Это обо мне.

Ночевали в сухом русле реки. Вода, которую мы использовали для чая, была мутной, цвета кофе с молоком. На следующий день приехали к прорыву Белян-

кина. На альпийском лугу, покрытом яркой зеленой травой и крупными нежно-желтыми рододендронами, поставили палатки. Каждый день на лошадях выезжали к кратеру и лавовому потоку, представлявшему собой высокую гряду больших острых черных обломков засохшей корки лавы. Внутри красным цветом светилась еще неостывшая лавы. Отец теодолитом снимал на карту расположение кратера и лавового потока, собирал образцы лавы, измерял ее температуру, собирал в пробирки газы из fumarol (горячих выходов газа) и образцы возгонов (твердых отложений). Экспедиция продлилась девять дней.



Здание лаборатории на фоне Ключевской группы вулканов.



Зимние развлечения детей вулканостанции.

Обратно в Москву мы вернулись в октябре 1954 г. Летели на самолете примерно неделю с посадками и ночевками в Петропавловске-Камчатском, Магадане, Хабаровске, Иркутске и Свердловске.

В 1955 г. Пийп был одним из организаторов и руководителей совещания, состоявшегося на Камчатской вулканологической станции.

В 1956 г. участвовал в экспедиции АН СССР, которая зани-

малась выбором места бурения на подземный пар на Камчатке и Курильских о-вах. Впоследствии Борис Иванович назначили начальником Паужетской станции АН СССР, созданной для изучения полученных результатов.

1957 г. объявили Международным геофизическим годом, что стало началом международного сотрудничества в геологии и геофизике. Пийп участвовал во многих международных со-

вещаниях и конференциях. С целью изучения хозяйственного использования энергии горячего пара гейзеров он совершил поездки в Исландию и Новую Зеландию. В таких поездках завязывались многочисленные личные научные связи.

В 1958 г. за работы в области вулканологии и геологии Камчатки Борис Иванович избрали членом-корреспондентом АН СССР по Сибирскому отделению.

В 1959 г. Президиум АН СССР постановил создать Камчатскую комплексную экспедицию Совета по изучению производительных сил АН СССР и Камчатскую геолого-геофизическую обсерваторию СО АН СССР. Пийпа назначили начальником первой и директором второй. Оба учреждения пришлось создавать в Петропавловске-Камчатском в отсутствие какой бы то ни было заранее подготовленной базы. В 1962 г. эти два учреждения значительными усилиями Пийпа были преобразованы в Институт вулканологии АН СССР. Борис Иванович обеспечил приезд на Камчатку большого «десанта» (50–60 человек) научной молодежи — выпускников лучших, в основном московских и ленинградских, вузов. Приглашая на работу, он лично проводил собеседование, умел передать свою влюбленность в профессию вулканолога и в Камчатку. На молодых специалистов сильное впечатление произвели внимательность, открытость, доброта и обаяние директора. В результате многие молодые ученые, заключавшие договор на три года, оставались на десятилетия. Пийп гордился своим Институтом, гордился, что у них есть докторский ученый совет по защите диссертаций, что в Петропавловске-Камчатском проводятся крупные научные всесоюзные и международные конференции.

В последние годы он занялся изучением истории Камчатки, составил хронику исследований Камчатки русскими и иностранными путешественниками и со-



Участники Вулканологического совещания на вулканостанции в Ключах. 1955 г.

бирал исторические книги на эту тему.

Борис Иванович умер 10 марта 1966 г. в Петропавловске-Камчатском во время своего доклада о поездке в Новую Зеландию. Деля доклад, он внезапно потерял сознание и упал. Когда к нему подбежали, сердце уже не билось.

Борис Иванович Пийп, мой отец, был увлеченным и целеустремленным исследователем вулканов, геологии и природы Камчатки. Он ставил себе кон-

кретную цель и сам ее осуществлял, организовывая экспедиции. Собственноручно собирал образцы, измерял температуру лавы, снимал на карту лавовые потоки, в полевых условиях проводил химические анализы, зарисовывал и фотографировал. Он владел всей техникой полевых исследований, включая теодолитную и геологическую съемку. Человек, способный организовывать экспедиции в такое сложное время и в таких сложных условиях, должен об-

ладать множеством замечательных качеств, сочетание которых отличает настоящего исследователя-путешественника. Это и целеустремленность в научном познании, и организаторские способности, и доброжелательность и любовь к людям, и разнообразные познания и умения, которых требует жизнь в безлюдных диких местах, и, наконец, это смелость и даже героизм, но вместе с тем мой отец был очень скромным и мягким человеком. ■

Новости науки

Космические исследования

Продлен проект SOHO

На совещании научного программного комитета Европейского космического агентства, состоявшемся в мае 2006 г., одобрено продление до декабря 2009 г. работы космической солнечной и гелиосферной обсерватории SOHO (Solar and Heliospheric Observatory). Ранее предполагалось, что проект будет завершен в апреле 2007 г.

С момента запуска, состоявшегося 2 декабря 1995 г., SOHO ежедневно передает на Землю беспрецедентно подробную информацию о Солнце, причем не только о стороне, обращенной к нам, но и об обратной, невидимой в данный момент (получаемую по сейсмологическим данным). Несмотря на более чем десятилетнее пребывание в космосе, SOHO работает практически безупречно, следя за активностью дневного светила и поставляя подробные данные о событиях, происходящих на поверхности Солнца и в его недрах. За это время результатами наблюдений космической солнечной обсерватории воспользовались в своих исследованиях более 2300 ученых, опубликовавших около 2400 научных статей; за последние два года ежедневно в печать принималась по крайней мере одна статья, основанная на данных этой космической обсерватории.

В течение ближайших двух лет к SOHO на орбите присоединятся пять новых солнечных космических аппаратов. Японское аэрокосмическое агентство (ISAS/JAXA) разработало зонд «Solar B», который должен быть запущен в конце 2006 г. В 2007 г. ESA (Европейское космическое агентство) запустит

аппарат «Proba-2», предназначенный для проверки некоторых технологических новшеств; на нем будут установлены инструменты для исследований Солнца, в частности прибор для наблюдений за движением солнечных выбросов в космическом пространстве. В NASA на конец 2006 г. запланирован запуск пары космических аппаратов STEREO, а на 2008 г. — зонда «Solar Dynamics Orbiter». Однако эта значительная эскадра не сведет SOHO со сцены: ни на одном из этих аппаратов не будет ничего подобного уникальному коронографу SOHO, позволяющему изучать разреженную внешнюю атмосферу Солнца.

Запуск перечисленных космических аппаратов знаменует собой начало выполнения международной программы ILWS (International Living With a Star), направленной на долговременное изучение Солнца, а также его влияния на Землю и другие планеты Солнечной системы. Пиком программы ILWS станет запуск в 2015 г. зонда «Solar Orbiter» (ESA), который предстоит разместить на близкой к Солнцу орбите, позволяющей получать крупномасштабные снимки мощных процессов на нашей звезде.

http://www.spacedaily.com/reports/ESA_Extends_SOHO_Mission.html

Астрофизика

Странности в распределении галактик

Вскоре после открытия квазаров ученые осознали, что по спектрам этих объектов можно изучать не только их собственные свойства, но и свойства газа, оказавшегося на линии между квазаром и на-

блюдателем. Квазар насквозь просвечивает попавшие на луч зрения галактики, подобно лучу рентгена, и доносит до нас информацию об их химическом составе и внутренних движениях. Около 10 лет назад в распоряжение астрономов попал еще один вид «маяков» — послесвечение гамма-всплесков. По удаленности всплески соперничают с самыми далекими квазарами, и потому спектры их послесвечений по объему информации о встреченных галактиках не должны уступать спектрам квазаров.

Этот вывод решили проверить Г.Прохтер (G.Prochter; Калифорнийский университет Санта-Круз, США) и его коллеги. Они провели обзор линий поглощения ионизованного магния в спектрах 50 тыс. квазаров и сравнили результаты с частотой встречаемости этих линий в спектрах послесвечений 14 гамма-всплесков, обнаруженных с помощью космической обсерватории «Swift» (NASA).

Результат оказался совершенно неожиданным¹. Данные наблюдений свидетельствуют, что линии MgII рождаются в межзвездной среде довольно крупных галактик. Подсчеты Прохтера и его соавторов показали, что таких галактик на луче зрения перед гамма-всплесками встречается примерно в четыре раза больше, чем перед квазарами. Точнее, в среднем перед каждым гамма-всплеском оказывается по одной галактике, а среди квазаров признаки существования галактики проявляются лишь у каждого четвертого. Конечно, выборка гамма-всплесков очень мала, но даже в этом случае предположение, что мы имеем дело со статистическим выбросом, отвергается на 99.9%.

¹ <http://arxiv.org/abs/astro-ph/0605075>

Свойства распределения галактик не должны зависеть от того, какой именно «маяк» мы используем для просвечивания Вселенной. Гамма-всплески — «разовые» явления, связанные, по-видимому, со вспышками сверхновых (по крайней мере, та их конкретная разновидность, которая исследована в работе Прохтера). Квазары, напротив, светятся постоянно и представляют собой, вероятно, аккреционные диски вокруг сверхмассивных черных дыр в ядрах молодых галактик. Совершенно неясно, почему галактики на луче зрения должны иметь какую-либо связь с природой фонового источника. Авторы признают, что их выводы основаны на допущениях, которые могут оказаться неверными, и сами предлагают несколько объяснений своего результата. Во-первых, галактики, просвечиваемые квазарами и гамма-всплесками, содержат не только газ, но и пыль. Для менее ярких квазаров поглощение их света пылью может оказаться «чрезмерным» — мы их просто не увидим. Во-вторых, не исключено, что линии магния в спектрах гамма-всплесков рождаются в их собственных оболочках, а не во встречных галактиках. В-третьих, не исключено, что встречные галактики гравитационно линзируют излучение квазаров и гамма-всплесков, но по каким-то причинам этот эффект по-разному сказывается на них. Ни одно из этих объяснений пока не находит наблюдательного подтверждения, но и отвергнуть их в настоящее время тоже нельзя. Авторы возлагают большие надежды на новые наблюдения гамма-всплесков, которые будут проведены во время продленной миссии «Swift».

© **Вибс Д.З.**,
доктор физико-математических наук
Москва

Планетология

Озера на Титане

Исследования Титана — спутника Сатурна и крупнейшей луны в Солнечной системе, — проведен-

ные с использованием космического зонда «Cassini» (NASA/ESA), выявили целый ряд интересных особенностей его поверхности, в том числе расщелины, похожие на речные русла. Наличие «рек» предполагает существование и значительных резервуаров некой жидкости, однако прежние гипотезы о гигантском углеводородном океане на Титане наблюдательного подтверждения не нашли. По всей видимости, жидкость на поверхности спутника сосредоточена в нескольких довольно больших «озерах», свидетельства существования которых были получены во время сближения «Cassini» с Титаном 22 июля 2006 г.

В этот день аппарат провел локацию северного полюса Титана. Там сейчас зима, и углеводороды (скорее всего, метан) имеют больше шансов оказаться в сжиженном состоянии. На изображениях, полученных с расстояния в 950 км, видны, конечно, всего лишь темные пятна и полосы, однако выглядят они в точности так, как выглядели бы озера: почти черный цвет и резко очерченные края, говорящие о том, что эти участки поверхности заполнены именно жидкостью. Измерения теплового излучения этих пятен показали, что они немного теплее «береговой линии», чего, вероятно, не было бы, будь эти пятна сформированы метановым льдом. На краях «озер» видны следы эрозии, как если бы их береговая линия постоянно изменялась.

Титан больше других тел Солнечной системы заслуживает сравнения с Землей: не только в его рельефе, но и в климате обнаружено много явлений, которые встречаются и на Земле — облака, дожди, туманы. Когда 14 января 2005 г. на поверхность Титана спустился зонд «Huygens», там, вероятно, моросил легкий метановый дождик. На это указывает вертикальный профиль температуры, давления и концентрации метана, построенный Т.Токано (T.Tokano; Институт геофизики и метеорологии Кёльнского университета, Германия). Зонд пробил два слоя облачности — облака с метановыми

льдинками, а ниже — облака с капельками метана и жидкого азота. Численные модели облачного покрова Титана предсказывают, что иногда там могут идти и мощные метановые ливни. По-видимому, ливни и озера — ключевые элементы круговорота метана в природе Титана.

<http://saturn.jpl.nasa.gov/news/press-release-details.cfm?newsID=679>

Планетология

Двойной вихрь на южном полюсе Венеры

В апреле 2006 г. приступил к работе космический аппарат «Venus Express», созданный Европейским космическим агентством. На окончательную рабочую орбиту аппарат перешел 7 мая 2006 г. Орбита довольно вытянутая: за 24-часовой период «Venus Express» то приближается к поверхности планеты на 250 км, то удаляется от нее на 66 тыс. км. Однако первые несколько дней аппарат провел возле Венеры на еще более экстремальной траектории: на переходной орбите его удаление от поверхности планеты менялось от 350 км до 400 тыс. км. Такое расположение предоставило ученым уникальную возможность понаблюдать планету издалека и составить первое представление о глобальных движениях венерианской атмосферы еще до того, как аппарат приблизился к ней и начал более детальное обследование.

Уже первые снимки венерианских облаков в инфракрасном, видимом и ультрафиолетовом диапазонах выявили некоторые интересные атмосферные образования. Самое поразительное из них — двойной атмосферный вихрь над южным полюсом (северный полюс Венеры по отношению к ее орбите расположен так же, как и Северный полюс Земли). Нечто подобное раньше удалось зафиксировать и на северном полюсе Венеры, теперь же ясно, что парные циклоны существуют на обоих полюсах планеты.

Как известно, высокоскоростные ветры несутся вокруг Венеры

с востока на запад, совершая полный оборот за четыре дня. Такое «сверхвращение» наряду с естественным круговоротом горячего воздуха в атмосфере действительно может привести к образованию вихревой структуры над каждым полюсом. Но почему вихри двойные? «Мы пока не можем объяснить, почему глобальная атмосферная циркуляция на Венере приводит к образованию не одиночных, а двойных циклонов на полюсах, — говорит Х.Сведхем (H.Svedhem; проект «Venus Express»). — Но миссия только началась, и мы вправе ожидать от нее решения не только этой, но и многих других загадок Венеры».

http://www.esa.int/esaSC/SEMYGQEFWEO_index_0.html

Организация науки.
Физика

Как выявить «горячие» темы в физике?

Ответить на этот вопрос и помочь молодым ученым в выборе области исследований может новая методика, предложенная М.Банксом (M.Banks; Институт физики твердого тела им.Макса Планка в Штутгарте, Германия)¹. В ее основу положен *b*-индекс, введенный в 2005 г. Й.Хиршем в качестве способа количественной оценки вклада в науку каждого ученого по числу цитирований его статей². Например, *b*-индекс равен 10, если у исследователя 10 публикаций, и на каждую из них ссылались по крайней мере 10 раз. Метод Банка заключается в применении подобного подхода не к автору статей, а к отдельным темам или химическим соединениям, упомянутым в резюме публикации. Так, *b-b*-индекс равен 10, если по данной теме имеется 10 статей, каждая из которых цитируется хотя бы 10 раз. Новый показатель вычисляется при просмо-

тре базы данных ISI Web of Science, что занимает всего несколько минут — это время уходит на поиск по теме и сортировку результатов по срокам цитирования.

Так как некоторые темы и соединения оказываются более «долгоживущими», Банк делит *b-b*-индекс на число лет, в течение которых публиковались статьи по теме или соединению. В результате получается *m*-индекс, который показывает, как много исследователей активно работают в этой области сейчас.

Согласно новой методике, самое «популярное» ныне химическое соединение — C_{60} ($m = 5.2$), на втором месте — нитрид галлия (2.12). В списке «ходовых» тем главенствуют углеродные нанотрубки (12.85), за ними следуют нанопроволоки (8.75), квантовые точки (7.84), фуллерены (7.78), гигантское магнитосопротивление (6.82), М-теория (6.58) и квантовые вычисления (5.21).

Банкс считает, что область исследований можно назвать «горячей», если $m > 3$. Если при большом значении m велика и величина *b-b* (более 100), значит, популярная в прошлом тема не «остыла» и сейчас (примеры — пористый кремний и спиновые стекла). Малое значение m при большом *b-b* свидетельствует, что научная область, актуальная ранее, перестала быть таковой (например, перовскиты и аморфный кремний).

Такая классификация дает полезный критерий для сравнения различных областей при распределении грантов, однако Банк предостерегает, что он не должен быть единственным в оценке важности той или иной темы.

http://perst.isssp.kiae.ru/Inform/perst/6_11/index.htm

Физика

Повышенная пластичность углеродных нанотрубок

Расчеты показывают, что максимальная величина растяжения на разрыв для однослойных углеродных нанотрубок равна 20%, од-

нако на практике их разрыв наблюдают уже при растяжении ~6%. В недавних экспериментах, выполненных группой американских исследователей, показано, что при повышенных температурах (~2000°C) величина растяжения на разрыв может достигать сотен процентов, при этом диаметр образцов значительно уменьшается.

Нанотрубки с начальной длиной 24 нм и диаметром 12 нм испытывали на разрыв, наблюдая за их деформацией с помощью просвечивающего электронного микроскопа, оснащенного пьезоманипулятором, который служил для приложения к образцу продольного усилия. В момент разрыва длина нанотрубки достигла 91 нм (т.е. растяжение составило 280%), а диаметр — 0.8 нм.

Данный эффект может быть использован при создании новых композитных материалов.

Nature. 2006. V.439. №7074. P.281 (Великобритания); http://perst.isssp.kiae.ru/Inform/perst/6_03/n.asp?file=perst.htm&label=D_06_3_4

Физика

Светодиоды живут долго и «умирают» медленно

Хотя светодиоды известны с начала 1960-х годов, долгое время их использовали в основном лишь для подсветки экранов калькуляторов, информационных мониторов в аэропортах, дисплеев мобильных телефонов. Большой спрос на последние подстегнул десятки компаний вложить деньги в совершенствование технологических разработок светодиодов, в частности на нитриде галлия. И вот теперь эти приборы выходят из своей узкой ниши. Уже в ближайшее десятилетие на них может перейти вся осветительная техника³ (как в фотографии пленочные камеры за очень короткое время сменились цифровыми), экраны на светодиодах могут составить конкуренцию плазменным и жидкокристаллическим. Чем большие области применения будут отвоевывать свето-

³ Светодиодному освещению — зеленая улица // Природа. 2006. №7. С.82.

диоды, тем больше компаний будет включаться в финансирование их разработок. Правда, рост выпуска этих приборов, составлявший в 2001—2004 гг. около 40% в год, снизился в 2005 г. до 6%, составив 3.9 млрд долл., однако скорее всего это вызвано насыщением рынка мобильных устройств, который потреблял 52% всех светодиодов. Зато ожидается новый скачок роста в связи с новыми сферами применения: в автомобильных фарах, теле- и компьютерных мониторах, домашних и уличных источниках освещения.

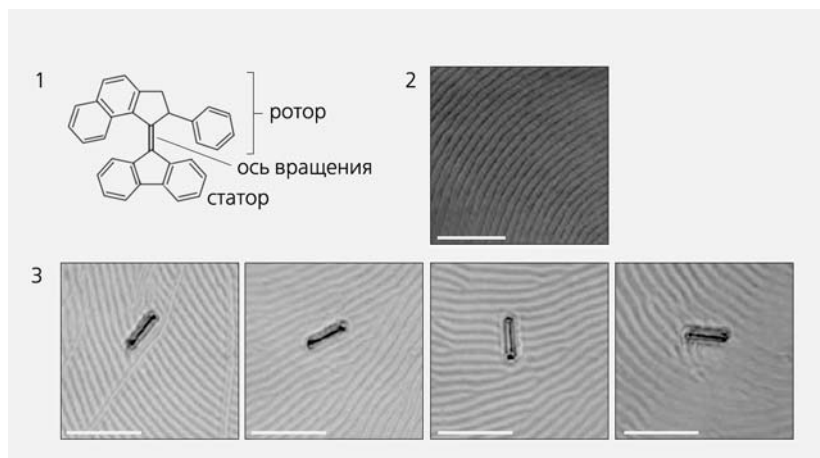
Светодиоды имеют несколько преимуществ перед лампами накаливания: их спектр излучения близок к солнечному; они долговечны (срок службы более 10 лет) и «умирают» медленно, снижая яркость постепенно, а потому не оставят вас в темноте внезапно, как лампы накаливания. Потенциально светодиоды могут иметь лучшее соотношение стоимость/эффективность в сравнении с обычными лампами, причем существенное совершенствование новых источников света происходит в последние два года. Согласно данным Министерства энергетики США, лампы накаливания «выдают» 15 лм на потребляемый ватт электроэнергии, лампы дневного света — 60, а современные светодиоды — 35. Однако в 2006 г. компания «Cree» (США) начала выпускать приборы, вырабатывающие 86 лм/Вт, и уже создала опытные образцы, показавшие 131 лм/Вт! Это означает, что светодиоды будут создавать требуемое освещение при энергетических затратах, в восемь раз меньших, чем лампы накаливания, и вдвое меньших, чем лампы дневного света.

http://www.thestreet.com/_tscs/markets/energy/10293331.html;
http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/6_12/index.htm

Физика. Техника

Молекула-мотор

Машины нанометровых размеров, над созданием которых сейчас плодотворно трудятся специалисты, нуждаются в двигателях.



Молекулярный наномотор: 1 — структура молекулы-мотора; 2 — текстура поверхности жидкокристаллической пленки, содержащей большое количество таких молекул; 3 — вращение стеклянной палочки (промежутки времени между снимками 15 с). Длина масштабной линейки 50 мкм.

Недавно группа голландских ученых продемонстрировала работу молекулярных наномоторов, правда, пока лишь для коллективного вращения объектов микрометровых размеров — стеклянных палочек длиной 28 мкм, плавающих на поверхности жидкокристаллической пленки¹. Роль двигателей сыграли специально сконструированные органические молекулы со спиральной правовинтовой структурой — одна часть молекулы работала ротором, другая — статором, а функцию оси вращения выполняла двойная связь C=C.

Молекулы поместили в жидкокристаллическую пленку полигональной текстуры (с концентрацией 1 вес.%) при комнатной температуре и облучили ультрафиолетом ($\lambda = 365$ нм). Благодаря фотохимической изомеризации спиральность молекул поменялась на левостороннюю, и в пленке возникли вращательные движения — мотор начал работать. Вместе с веществом жидкокристаллической пленки вращались и расположенные на ее поверхности стеклянные палочки. (Исследование рельефа поверхности методом бесконтактной силовой микроскопии показало, что высота

¹ Vicario J. et al. // Nature. 2006. V.440. P.163.

«волн» достигала 20 нм.) Постепенно затухая, вращение прекратилось примерно через 10 мин; однако после выключения источника света оно возобновилось — теперь уже в другом направлении.

Теперь задача состоит в том, чтобы заставить молекулярные моторы вращать объекты не микро-, а нанометровых размеров, причем не коллективно, а индивидуально.

http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/6_08/index.htm

Физика

В подражание геккону

Людей всегда удивляло умение древесных ящериц гекконов легко бегать по стенам и потолкам. Каким только ни предлагались объяснения — и научные, и просто фантастические (наличие на лапах присосок или крючочков, выделение клея, разрежение воздуха под пальцами благодаря действию особых пластинок на них и др.)². Несколько лет назад выяснилось, что механизм такого прочного сцепления обусловлен силами межмолекулярного взаимодействия. Щетинки на лапах гекконов расщеплены на лопатообразные

² См., напр.: Как поймать геккона // Природа. 2005. №12. С.68.

Знаете ли вы?

волоски из β -кератина размером 100–200 нм, и возникающие между ними и поверхностью силы Ван-дер-Ваальса создают прочность сцепления около 10 Н/см².

Группа американских исследователей¹ показала, что если бы удалось вырастить искусственные щетинки с диаметром волосков менее 100 нм, то адгезия была бы даже лучше, чем у гекконов. Однако, используя полимеры и некоторые другие материалы, ученые хотя и добились определенных успехов, рекорда гекконов все же не достигли. Тогда они обратились к углеродным наноматериалам. Теоретически массивы многостенных нанотрубок диаметром 20–30 нм и плотностью $\sim 10^{11}$ – 10^{12} штук/см² могли бы обеспечить адгезию более 500 Н/см². Подтверждали это и некоторые микроскопические исследования, но сила сцепления для макрообъектов оказалась существенно слабее, чем у гекконов, видимо, из-за неидеального контакта с неровной поверхностью.

И вот недавно упорная работа научного коллектива увенчалась успехом. Каталитическим методом осаждения из паровой фазы выращены вертикально ориентированные трубки высотой 5–10 мкм, массивы которых обеспечили высокую адгезию на макроуровне. Полученные на подложках из кремния (толщиной 500 мкм) образцы прижимали с усилием в 2 кг к различным поверхностям (стеклу, Au, GaAs, Si) площадью 4–8 мм². Затем измеряли прочность сцепления в нормальном направлении и при сдвиге. Максимальной величиной адгезии оказалась у стеклянной поверхности — 11.7 Н/см² в нормальном направлении (площадь контакта 4 мм²) и 7.8 Н/см² при сдвиге (площадь контакта 8 мм²). Выяснилось, что сила сцепления находится в обратной зависимости от площади контакта (скорее всего, из-за того, что грубая поверхность довольно толстой и жесткой Si-подложки не обеспечивает прилипания по всему участку соприкосновения с коротки-

ми нанотрубками) и от высоты нанотрубок (для хорошей адгезии они должны быть не длиннее 30 мкм, оптимально — 5–10 мкм, в противном случае их концы переплетаются между собой).

Важно, что «сухие клеи» из многостенных трубок, в отличие от полимерных, хорошо проводят тепло и электричество. Однако до легкости, с которой геккон «приклеивает» и «отклеивает» лапы, новым материалам пока еще далеко. Добиться лучших результатов позволит, возможно, использование одностенных нанотрубок и гибких подложек.

http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/6_06/index.htm

Электроника

Спиновый транзистор против обычного

В отличие от большинства видов транзисторов, спиновый не имеет принципиальных ограничений на энергию переключения. Дело в том, что его действие базируется на управляемой потенциалом затвора прецессии спина, а на нее энергия не тратится. (Для сравнения: у полевого кремниевого транзистора, основанного на заряде, ее предел равен приблизительно kT на один электрон.)

Идея спинового транзистора выглядит так. Спиновые фильтры (в качестве которых могут служить ферромагнитные материалы) на контактах истока и стока пропускают спины только одной ориентации — для остальных существует высокий потенциальный барьер. Исток и сток намагничены противоположным образом. Если напряжение к затвору не приложено, то за время прохождения электронном канала транзистора спин не успевает изменить свою ориентацию (время его релаксации велико), и электрон из истока в сток не попадает — транзистор закрыт. При подаче напряжения время релаксации мало, спин переворачивается, и электрон поступает в сток — транзистор открыт.

Главным препятствием на пути создания такого прибора было от-

сутствие структур, в которых с помощью небольшого напряжения на затворе можно быстро менять ориентацию спина. Недавно канадские и американские специалисты² показали, что для этих целей можно использовать (100) InAs: в квантовых ямах на его основе переворот спина происходит на порядок быстрее, чем в квантовых ямах на основе GaAs. Чтобы довести время прецессии до 10 пс, достаточно напряжения на затворе ~ 0.1 В. В этом случае длина канала, необходимая для пролета со скоростью 10^7 см/с, составляет 1 мкм. Конечно, такой транзистор нельзя назвать миниатюрным. Впрочем, идеальных инжекторов со степенью поляризации, близкой к 100%, тоже пока не существует. Тем не менее, по расчетам исследователей, энергия переключения спинового транзистора (с учетом потерь в цепи) все равно меньше, чем кремниевого полевого.

http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/6_10/index.htm

Биология

Эволюция растительности у ящериц

Лавинообразное накопление современных данных о филогении пресмыкающихся позволяет не только кардинально пересмотреть таксономическую структуру класса Reptilia, но и по-новому взглянуть на эволюцию различных аспектов биологии этих животных. В частности, сопоставление сведений о родственных связях различных таксонов ящериц изменяет классические представления об эволюции их растительности.

Вообще растительных видов пресмыкающихся совсем немного. Среди змей и крокодилов вегетарианцев нет совсем. Из ящериц лишь отдельные виды игуан, варанов, теид полностью перешли на питание травами и плодами. Несколько в большей степени растительность распростра-

² Hall C.K., Flatté M.E. // Appl. Phys. Lett. 2006. V.88. P.162503–162505.

нена среди сухопутных черепах. Вот и весь список. Правда, были еще многочисленные растительноядные динозавры...

Считается, что столь слабое использование растительных кормов пресмыкающимися прямо связано с низкой энергетической ценностью такой пищи. Ведь из-за своей холоднокровности рептилии особенно зависят от внешних источников энергии. Поэтому до последнего времени принималось за правило, что растительноядность у пресмыкающихся могла возникнуть лишь в условиях благоприятного теплого климата и одновременно с увеличением размеров животных (чем крупнее организм, тем относительно меньше энергии требуется для поддержания его жизнедеятельности). Этому правилу вполне соответствовали динозавры, да и самые известные современные растительноядные виды относятся к числу наиболее крупных и распространены в тропиках.

Однако изучение малоизвестных южноамериканских лиолоемовых ящериц, недавно выделенных в самостоятельное семейство Liolaemidae, полностью опровергает такие представления. Это семейство насчитывает около 170 видов, и 34 из них считаются растительноядными — это больше, чем среди всех остальных ящериц, вместе взятых!

Герпетологи Р.Эспиноза с коллегами и Л.Витт сопоставили новейшие данные о филогенетике лиолоемов с материалами об их экологии и пришли к интересным выводам¹. Проведенные ими расчеты показывают, что растительноядность независимо возникла в ходе эволюции лиолоем восемь или девять раз, а скорость этого процесса была в 66 раз выше, чем у других ящериц. И при этом лиолоемы — совсем мелкие пресмыкающиеся (длина тела не превышает 10 см). Кроме того, травоядные представители семейства встречаются даже в более холодных местах обитания, чем их насекомояд-

ные сородичи, — высоко в горах и на высокоширотных островах. Переход к растительной пище в таких местах мог быть связан с тем, что здесь слишком мало насекомых, и ящерицы просто были вынуждены приспосабливаться к другим кормам.

Еще одно объяснение необычной эволюции растительноядности у лиолоем предлагает Витт. Он обращает внимание на тот факт, что лиолоемы относятся к эволюционной группе игуановых ящериц, у которых преобладает визуальная ориентации и при охоте, и при социальных контактах. В другой эволюционной ветви — склероглоссовых ящериц (к ним относятся гекконы, сцинки, настоящие ящерицы и многие другие) — ориентация в значительной степени основана на химических сигналах, т.е. эволюционно более продвинутые склероглоссовые ящерицы используют при охоте не только зрение, но и обоняние. А это делает охоту более эффективной, особенно там, где корма мало.

Так вот, в местах обитания лиолоем нет склероглоссовых ящериц! Значит, нет более эффективных конкурентов. Именно это, по мнению Витта, способствует развитию растительноядности ящериц на юге Южной Америки — этого менее результативного способа выживания в условиях нехватки корма. Им же отмечена и еще одна особенность лиолоем: у растительноядных представителей группы более продолжительный период активности, т.е. они компенсируют низкую калорийность пищи более длительным периодом ее потребления.

Основной вывод — эволюционное возникновение травоядности у пресмыкающихся не может быть объяснено единой простой схемой. Разные группы рептилий в различных условиях среды приходили к вегетарианству своими путями, используя разные физиологические и поведенческие адаптации.

© Семенов Д.В.,

кандидат биологических наук
Москва

Зоология

Каннибализм у ложной кобры

Каннибализм — явление, мало распространенное среди змей. По крайней мере в природных условиях. Редкие его проявления обычно отмечаются в неволе, когда змеи живут в стесненных, скученных условиях и, случается, заглатывают сородича по ошибке (например, когда вдвоем набрасываются на одну и ту же добычу). Тем ценнее наблюдения австралийских натуралистов из штата Западная Австралия Б.Мэрьяна и Г.Гэйхорста (B.Maryan, G.Gaikhorst).

В обоих случаях они наблюдали ложную кобру *Pseudonaja a.affinis*. Эта аспидовая змея, достигающая двухметровой длины, прекрасно освоилась в местах, преобразованных человеком. Довольно обычна она и вблизи домов. Несмотря на ядовитость, приносит даже определенную пользу, сдерживая численность разнообразных грызунов. Однако псевдонайи совсем не специализируются на мышах и крысах. Напротив, они — яркий пример пищевого генерализма. Фактически, эти змеи нападают на любой подвижный объект подходящих размеров — самых разнообразных млекопитающих, птиц, пресмыкающихся. Авторы описывают удивительный случай, когда самец ложной кобры пытался пообедать... черепахой! Змея уже успела заглотнуть голову и шею, а 30-сантиметровый панцирь оказался, видимо, серьезным препятствием для продолжения трапезы.

Впрочем, разнообразие пищевых пристрастий этой псевдонайи было известно давно. А вот о каннибализме сообщается впервые.

В первом случае владелец сада заметил борющихся змей. Это были самцы сходных размеров тела — около 110 см. Борьба завершилась тем, что один из самцов захватил голову другого и стал заглатывать. Процесс поедания длился 40 мин.

В другой раз наблюдали полутораметрового самца, ползущего

¹ Espinosa R. et al.; Vitt L. // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 2004. V.101. №48. P.16713—16714, 16819—16824.

вдоль забора. Внезапно он сделал резкий рывок и бросился на оказавшуюся поблизости псевдонаюно несколько меньших размеров (ее пол определить не удалось). Аспиды начали ожесточенную схватку, причем оба противника наносили друг другу жестокие укусы. Через 10 мин более крупный самец оттащил сородича в укромное место и там начал его заглатывать.

Интересно сопоставить эти описания с широко известными «танцами» змей — ритуальной схваткой самцов в брачный сезон. Такие танцы известны у самых разных представителей змеиного царства, и общее у них то, что противники не пускают в ход зубы и не наносят друг другу физических увечий. В ситуациях же, описанных австралийскими натуралистами, речь идет, конечно, не о рыцарских поединках, но о жестокой охоте на соплеменников.

The Western Australian Naturalist. 2005. V.25. №1. P.37–40 (Австралия).

Зоология

Необычная камбала из прикурильских вод

Межвидовые гибриды рыб давно выращивают в рыбоводных хозяйствах, в природе же они встречаются нечасто, особенно те, что относятся к семейству камбаловых. Известны случаи скрещивания морской камбалы (*Pleuronectes platessa*) с камбалой-ершом (*Hippoglossoides platessoides*), с атлантическим палтусом (*Hippoglossus hippoglossus*), с западноевропейской камбалой (*Platyichthys flesus*), а также последнего вида с североатлантической лимандой (*Limanda limanda*) и др. Более распространены гибриды звездчатой (*Platicthys stellatus*) и двухцветной (*Kareius bicoloratus*) камбал — они обитают в прибрежных водах Японии. А гибриды звездчатой камбалы и парюфриса (*Parophrys vetulus*) встречаются в северо-восточной части Тихого океана столь часто, что даже «заслужили» бинаминальные латинское (*Parophrys ichyrus*) и английское (hybrid sole — гибридная камбала) названия. В российских

же дальневосточных бассейнах сведения о находках межвидовых гибридов камбаловых долгое время отсутствовали.

В 1998 г. в акватории Курильских о-вов, к юго-востоку от о.Онекотан, в улове с глубины 400—572 м обнаружена необычная камбала длиной 62 см и массой 2.7 кг, которая по своим признакам не соответствовала ни одному из 20 видов семейства, встречающихся в этом районе. Предположив, что пойманная особь имеет гибридную природу, специалисты стали искать родительские виды.

Форма и размер рта выловленной рыбы свидетельствовали, что по крайней мере один из родителей должен принадлежать к группе «малоротых» камбал. В районе исследований постоянно обитают три их вида: глубинная камбала (*Embassichthys bathybius*), малорот Стеллера (*Glyptocephalus stelleri*) и дальневосточный малорот (*Microstomus achne*). Однако у глубинной камбалы и малорота Стеллера тело очень тонкое, а у гибрида довольно толстое. К тому же у глубинной камбалы слепая сторона и грудные плавники светлые, а у гибрида — темные; зрячая сторона у глубинной камбалы пестрая, а у гибрида — однотонная. Кроме того, хорошо заметная выпуклая боковая линия на обеих сторонах тела изучаемой особи — признак, которым из данных трех видов обладает только дальневосточный малорот. Так был определен первый родитель гибрида. Толстое массивное тело пойманного экземпляра, его однотонная окраска и наличие мелких «бородавок» на зрячей стороне тела однозначно указывали, что второй родитель — бородавчатая камбала (*Clidoderma asperrimum*).

Данные выводы подтверждаются также сведениями о предельных размерах родительских видов: максимальная известная длина дальневосточного малорота составляет 60 см, бородавчатая камбала несколько крупнее — 62 см.

Таким образом, обнаруженный экземпляр стал первым зарегистрированным случаем естествен-

ной гибридизации между глубоко-водными видами камбал в дальневосточных водах России.

© Орлов А.М.,
доктор биологических наук
Москва

Охрана природы

Мониторинг китовых акул

Китовая акула (*Rhincodon tybus*) — этот миролюбивый гигант, достигающий 18 м при массе ~10 т, — обитает в теплых водах Мирового океана, за исключением Средиземного моря. Будучи совершенно не опасным для людей, это планктоноядное животное, фильтруя воду, поглощает около 1 т планктона в сутки. Однако китовая акула рискует исчезнуть еще до того, как удастся изучить ее биологию и роль в Мировом океане.

Этот вид акул чрезвычайно мобилен и проводит основную часть жизни в открытом океане, совершая погружения на 1000 м. В определенные сезоны, когда воды становятся особенно богаты планктоном, акулы собираются группами из нескольких особей вблизи побережий. Крупные их скопления зафиксированы между октябрём и январём в Джибути, у берегов залива Таджура (Индийский океан). Почему они здесь собираются? Держатся ли они там круглый год или мигрируют в иные места (китовых акул уже встречали у Мальдивских, Сейшельских о-вов, у о.Мадагаскар)? На подобные вопросы с 2003 г. ищет ответы ассоциация «Мегаптера» в партнерстве с Обществом сохранения морской среды и местным туроператором. Накопив большой опыт в акциях по защите китов, эта ассоциация, созданная в 1998 г., приступила с конца 2005 г. к реализации своей амбициозной программы «Китовые акулы: послы океанов». Участники программы в сотрудничестве с властями Джибути и Мадагаскара, местным населением и волонтерами-экологами при поддержке Фонда природы и открытий помогут углубить знания по общей биологии и жизненному циклу вида.

Эта задача решается с использованием фотосъемок, а также информации, получаемой с бுவ-маяков, размещенных в местах скопления китовых акул. Поскольку программа носит долговременный характер, рыбопромысловиков призывают не загрязнять среду обитания этих гигантов, не подрывать их кормовую базу. Среди местного населения и туристов распространяются информационные материалы и «устав», определяющий порядок наблюдений за китовыми акулами, подходящими к берегам.

Первая международная конференция по китовым акулам состоялась в Австралии в мае 2005 г., а в январе 2006 г. в Джибути уже был доставлен буй-маяк «Аргос».

Terre Sauvage. 2006. №214. P.54 (Франция); www.megaptera-oi.org

Геофизика

Ветер порождает акустические волны

Завихрение в циркуляции ветров над горным рельефом способно вызывать локальный разогрев атмосферы до 1000°C, простирающийся на высоту в несколько сотен километров! Столь впечатляющий результат, полученный американскими геофизиками Р.Уолтершейдом и М.Хайки (R.Walterscheid, M.Hickey), основан на численной модели, описывающей воздействие рельефа на ветры различной силы. Согласно их выводам, завихрения воздушных потоков, обусловленные топографией рельефа, могут при определенных условиях приводить к возникновению высокочастотных акустических волн. Вертикально уходя в атмосферу, эти волны диссипируют на уровне от 200 до 350 км, высвобождая тепло. Такой механизм способен объяснить аномально высокие температуры над вершинами Перуанских Анд или Скалистых гор (штат Колорадо, США). Атмосфера над ними может оказаться разогретой на 100—400°C сильнее, чем над соседними районами, на протяжении нескольких десятков суток!

Объяснение возникновения акустических волн в результате

действия ветров предложено впервые. До настоящего времени этот тип волн связывали с землетрясениями или отдельными сейсмическими толчками.

Science et Vie. 2005. №1059. P.38 (Франция).

Геофизика

Уроки цунами

Трагические последствия цунами, произошедшего 26 декабря 2004 г. в Индийском океане, отрезвляюще подействовали на страны, ставшие его жертвами. Предпринимаются энергичные меры по монтажу систем раннего оповещения, которые позволят минимизировать ущерб от ударов стихии. Малайзия уже начала развертывать систему слежения за цунами, в которую включены три буйа и несколько автоматических приливных постов. Помещенный на дно на расстоянии около 200 км от берега датчик давления столба воды будет по акустическому каналу связи передавать эту информацию на плавающий на поверхности буй, удерживаемый на месте якорями. Как только опасность зарегистрирована, в Оперативный центр предупреждения о цунами поступят через спутник сигналы тревоги, и центр оповестит население прежде, чем цунами обрушится на побережья. Кроме того, вдоль побережья Малайзии дополнительно к смонтированной системе бுவ-регистраторов давления воды будет развернута сеть автоматических приливных постов. В этой работе правительство Малайзии сотрудничает с норвежской фирмой «Fugro OCEANOR».

Hydro International. 2006. V.10. №2. P.18 (Нидерланды).

Сейсмология

Механизм Калининградского землетрясения

Калининградское землетрясение 21 сентября 2004 г. оказалось неожиданным по месту и силе, не

говоря уже о времени¹. В этой части Восточно-Европейской платформы сейсмические события прежде не фиксировались, их не предусматривала и Карта сейсмического районирования России ОСР-97. Событие оказалось примечательным во многих отношениях.

Землетрясение состояло из семи толчков; интенсивность максимального достигла 6—6.5 баллов по 12-балльной макросейсмической шкале, а ощутимые сотрясения от него распространились на сотни километров к востоку, северу и особенно к западу, достигнув центра Белоруссии, северо-западных территорий Эстонии и Дании. Землетрясение изучалось как в национальных рамках, так и в интернациональном масштабе. Наиболее сложно оказалось выяснить механизм очага, тем более, что ни в эпицентральной, ни в ближней зонах сейсмических станций не существовало.

Для реконструкции параметров и механизма очага использовались независимо записи удаленных сейсмических станций и собранные на территории Калининградской области макросейсмические данные по первым трем толчкам. Выяснилось, что очаги каждого из них оказались не на суше, а в акватории на глубине 14—17 км, вблизи западного и северного берегов Самбийского п-ова, и были вытянуты взаимно перпендикулярно. Именно благодаря значительной глубине залегания очагов внутри земной коры колебания от основных, первого и второго, толчков распространились на очень большие расстояния. При первом толчке «сработал» субмеридиональный разрыв, а при втором — субширотный. Механизм очага первого толчка определяется как преимущественно левосторонний сдвиг, а второго — как правосторонний. Соответственно, в первом случае колебания распро-

¹ См. также: Никонов АА. Землетрясение в Калининграде — неожиданность? // Природа. 2004. №11. С.81—82; Он же. По следам Калининградского землетрясения // Там же. 2005. №3. С.47—53.

странялись в основном к северу, а во втором — к западу.

В сущности, землетрясение возникло в узле сочленения подводных разломов, которые ранее не распознавались как активные. Значимость Калининградского землетрясения 2004 г. важна не только с точки зрения оценок региональной сейсмической ситуации, но и как пример возможности реализации землетрясений умеренной силы при определенных сеймотектонических ситуациях в других частях Восточно-Европейской платформы.

Доклады РАН. 2006. Т.407. №1. С.102–105 (Россия).

Климатология

Снова о колебаниях климата

Данные о температуре воздуха и осадках на 150 метеостанциях России за 1950–2001 гг. рассмотрели А.Б.Шмакин и В.В.Попов¹. Одну часть этого периода (1950–1980) можно принять за базовую, поскольку и температура, и осадки были близки к норме XX в. Другая часть относится к периоду потепления, когда средняя годовая температура повысилась более чем на один градус. 1990-е годы — самое теплое десятилетие за время инструментальных наблюдений во всем регионе: по сравнению с предыдущим столетием средняя годовая температура воздуха возросла почти на полградуса. Повысились экстремально низкие температуры; уменьшилось число морозных дней (повторяемость сильных морозов сократилась на 25%, а в отдельных районах — почти в два раза); увеличилась продолжительность вегетационного периода; сократилась годовая амплитуда температуры; увеличилось число дней с суточной суммой осадков более 30 мм (т.е. возросла частота сильных осадков); участились резкие скачки температуры воздуха; возросла повторяемость шквалистых ветров.

¹ Шмакин А.Б., Попова В.В. // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2006. Т.42. №2. С.157–166.

Все эти показатели свидетельствуют о «сдвиге» климата в сторону более теплых и влажных условий. Самые значительные изменения относятся к зимнему и весеннему сезонам. Вместе с тем обнаружена неоднородность потепления: на севере Урала и Дальнего Востока, на Чукотке, на Черноморском побережье Кавказа несколько похолодало. На Алтае и в Хабаровском крае участились засушливые периоды. Наиболее вероятной причиной наблюдающихся перемен следует считать крупномасштабную изменчивость атмосферной циркуляции.

Механизм колебаний крупного масштаба исследовал Г.П.Курбаткин²: было установлено, что зимой в средних широтах образуются холодные приземные антициклоны, а в верхних слоях атмосферы — циклоны и высотные ложбины. Весной активизируются Азорский и Тихоокеанский антициклоны, летом над континентами устанавливаются теплые депрессии, а осенью теплый океан усиливает Исландский и Алеутский минимумы. Обнаружена существующая в отдельные годы связь зимних температурных аномалий в тропосфере с положительными аномалиями в последующий летний сезон. При усилении планетарных волн происходит выравнивание температурных аномалий над континентами и океанами. При низкочастотном росте амплитуд этих волн возникают экстремальные явления в масштабе полушария.

Анализ средних за месяц аномалий приземных температур воздуха за 1856–2002 гг. и средних их многолетних значений за 1961–1990 гг. над континентами и океанами в узлах 5-градусной сетки провели В.И.Бышев, В.Г.Нейман и Ю.А.Романов³. Оказалось, что во второй половине XX в. температура воздуха над сушей возросла, тогда как над океанами оставалась неизменной. Эти результаты указывают на существенное перераспределение тепла, возможную смену климатических

² Курбаткин Г.П. // Там же. С.147–156.

³ Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А. // Океанология. 2006. Т.46. №2. С.165–177.

сценариев и фаз климата в ближайшем будущем в масштабах Северного полушария.

Антропогенное влияние на климат исследуется путем численных экспериментов на моделях углеродного цикла за длительный период⁴. Выделены наиболее оптимальные и безопасные сценарии. Из-за антропогенного поступления углерода его концентрация может увеличиться в два-три раза, но основная его масса будет поглощена океаном, уровень которого повысится на 20–30 см. Соответствующее увеличение температуры воздуха не превысит 2°C. Эти изменения достигнут указанных максимальных значений в XXII в.

Опубликованы фактические материалы о гидрометеорологических условиях в конкретных географических районах. Так, специальная международная арктическая экспедиция проходила в сентябре 2005 г. в аномально легкой ледовой обстановке. В наиболее сложном для навигации проливе Вилькицкого лед появился только во второй декаде сентября, да и то в небольшом количестве. Сопоставление с другими годами говорит о неуклонном снижении площадей, занятых льдом. Измерения течений в подводных котловинах Нансена и Амундсена в море Лаптевых показали усиление потока теплых атлантических вод⁵.

По данным Росгидромета, во второй половине зимы 2005/06 г. отмечалось значительное похолодание в большинстве областей Центральной России и Европы. Резкое понижение температуры воздуха почти на 20° за 12 ч наступило 16 января 2006 г.: в Москве и области — до –36°C, в Костромской обл. — до –42°C. В центральных областях аномальной была продолжительность сильных морозов: около 10 сут вместо четырех по норме. Холод распространился по югу России и Закавказью: в Анапе до –25°C, в Батуми до –2°C. В Вос-

⁴ Борисенков Е.П., Пичугин Ю.А. // Известия РАН. Серия географическая. 2006. №2. С.7–17.

⁵ Мохов И.И. // Земля и Вселенная. 2006. №2. С.34–39.

точной Грузии наблюдались штормовые ветры до 30 м/с. В Прибалтике и Польше в третьей декаде января было до -30°C , в Восточной Германии, Румынии и Болгарии до -25°C . На юге Италии выпал снег, в Турции на Средиземноморском побережье отмечены обильные дожди — до 90 мм/сут, что в полтора раза превышает среднюю январскую норму. Погодные аномалии вызваны блокировкой западного переноса в тропосфере и соответственно резким и активным усилением воздушных потоков с Карского моря¹.

Таковы новые результаты климатических исследований.

© Померанец К.С.,

кандидат географических наук
Санкт-Петербург

Археология

Останки первых африканских рабов найдены в Мексике

Исследуя руины церкви колониального времени в мексиканском городе Кампече, расположенном на п-ове Юкатан, археологи обнаружили кладбище, которое использовалось с середины XVI в. Среди 180 погребений найдены останки белых переселенцев, индейцев, а также, возможно, африканцев, привезенных в Америку с первыми партиями невольников (таких захоронений обнаружено четыре).

¹ Паришина ЛН. // Земля и Вселенная. 2006. №2. С.54.

К этим скелетам внимание исследователей привлекли повреждения на зубах, характерные для некоторых народов Западной Африки. Чтобы подтвердить происхождение людей, проанализировали соотношение изотопов стронция в эмали их зубов. (Этот элемент, содержащийся в почве и воде, попадая по пищевой цепи в организм, откладывается в формирующейся зубной эмали, что дает возможность установить место, где прошло детство человека.) Исследование показало, что останки принадлежат уроженцам местности, ныне относящейся к Гане.

Захоронение в Кампече стало самым ранним свидетельством присутствия африканцев в Новом Свете, подтверждая исторические сведения о начале вывоза рабов с Черного континента еще в XVI в. Sciences et Avenir. 2006. №709. P.18 (Франция).

История науки

200 лет кругосветки Крузенштерна

Международная научно-историческая конференция, посвященная 200-летию со дня окончания первой русской кругосветной экспедиции под руководством И.Ф.Крузенштерна, была организована Мемориальным обществом Крузенштерна (Эстония) и проходила с 11 по 13 августа 2006 г., сначала в Таллине, а затем — в имении Килтси (мыза Асс), принадлежавшем Крузенштерну.

Началу конференции предшествовала церемония возложения венков на могилу Крузенштерна — великий мореплаватель покойся под Андреевским флагом в таллинском Домском соборе. От России цветы возложил чрезвычайный и полномочный посол в Эстонии К.К.Провалов. Сюда же был доставлен и специально изготовленный Андреевский флаг с барка «Крузенштерн», совершившего в этом году кругосветное плавание, посвященное славной дате.

На церемонии присутствовали потомки Крузенштерна из Германии, Швеции, России и Украины, руководители флота Эстонии, моряки-курсанты.

В своем имени Килтси Крузенштерн работал над главным научным трудом своей жизни — «Атласом Южного моря», здесь он и скончался 24 августа 1846 г.

После заслушивания научных докладов, в том числе и членов Русского географического общества, взяли слово представители рода Крузенштернов. Выступавшие отмечали, что Крузенштерн — житель Эстонии, немец по национальности и русский адмирал — это «человек мира» и память о нем служит объединению народов. Участники конференции с интересом осмотрели мемориальную комнату-музей Крузенштерна в имении, созданную в 1995 г.

© Кеерус Л.,

руководитель Мемориального общества Крузенштерна
Эстония

Одержимые глубиной

А.М.Гиляров,

доктор биологических наук

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

Человек — существо сугубо сухопутное. У него нет даже врожденной способности плавать, свойственной подавляющему большинству млекопитающих. Морская стихия изначально чужда человеку. И тем не менее с древнейших времен людей тянуло к океану: они изобрели лодку и парус, потом — якорь, еще позже поставили на корабль паровую машину, придумали акваланг, а затем и глубоководные обитаемые аппараты. Что двигало мореплавателями и учеными, посвятившими свою жизнь изучению океана? Можно ли все свести к сугубо практическим целям и меркантильным интересам? Конечно, нет! «Романтика моря» — выражение затасканное до неприличия. Употреблять его без иронии просто невозможно, и тем не менее оно обозначает нечто существующее реально. В этом не раз убеждаешься, читая замечательную книжку Льва Ивановича Москалева, сотрудника Института океанологии, опытного морского биолога, человека, от природы награжденного писательским даром.

В книге как бы три фокуса, три центра притяжения, вокруг которых разворачивается повествование и между которыми все время возникают связи.

Во-первых, это ее основные герои — исследователи морских глубин — от Дж.К.Росса, британского контр-адмирала, которому впервые удалось измерить глубину впадины океана, равную 4420 м, до А.М.Сагалевича, нынешнего заведующего одной из лабораторий Института океанологии, инициатора и непосредственного участника многих погружений глубоководных обитаемых аппаратов. Между ними — множество других одержимых морем людей, живших и работавших на протяжении более 150 лет. Список упоминаемых в книге лиц весьма внушительный, и остается только удивляться способности автора почти всем им дать хотя бы краткие, но очень живые характеристики. Среди них и именитые особы (самый известный, конечно же, принц Альберт I Монакский), и капитаны судов, и простые механики, электрики, боцманы (в телефонном разговоре с рецензентом автор книги сказал, что даже хотел написать отдельную главу, которую бы назвал «Боцмана»). О всех о них (подчеркиваю, именно о ВСЕХ) написано по меньшей мере — с почтением, чаще — с восхищением и любовью. В книге нет отрицательных персонажей. Похоже, что автор просто не пишет о тех, о ком писать не хочется.



Л.И.Москалев. МЭТРЫ ГЛУБИН: Человек познает глубины Океана. От парусно-парового корвета «Челленджер» до глубоководных обитаемых аппаратов. Рис. Ю.В.Смирин и В.А.Чернышева.

М.: Т-во науч. изд. КМК, 2005. 249 с.

Во-вторых, это корабли и различные спускаемые под воду аппараты — и батисфера Биба, и батискаф «Триест», и целый ряд современных ГОА (глубоководных обитаемых аппаратов) — фактически небольших подводных лодок, без которых немислимы исследования гидротермальных оазисов. Корабли не даром носят имена. Они как люди, не похожи друг на друга, как люди живут, стареют и умирают. У каждого свои особенности и своя судьба, которая может складываться очень по-разному. Поэтому нельзя без волнения читать страницы о британском «Челленджере», немецкой «Вальдивии», о первенцах российского научного флота — «Андрее Первозванном» и «Персее», и конечно, о четырех «Витязях», из которых самый известный, «Витязь III», все же не был отправлен на металлолом, а превратился в Музей Мирового океана и встал на вечную стоянку на реке Преголя в Калининграде.

В-третьих, это сам автор — биолог, специалист по донной фауне, работавший во всех океанах, ходивший на разных кораблях, погружавшийся на большую глубину в подводных аппаратах и имевший счастье общаться со многими замечательными исследователями. К тому же это человек, обладающий особым вкусом к истории, преломленной в лицах и судьбах. О людях, живших совсем в другую эпоху, он пишет так, как будто видел их собственными глазами. Он делится с читателем воспоминаниями о тех, кого знал действительно. Автор чрезвычайно внимателен к деталям. Именно через детали он находит в настоящем удивительные соприкосновения с прошлым. И неважно, что это — случайно заложенный в библиотечную книгу листок письма его любимого героя — Вильяма Биба, или «великолепный блок-счетчик зарубежного производства» со «старой» станции в Екатерининской гавани Кольского залива.

Книга начинается с проблемы измерения больших глубин. Сейчас эта задача легко решается с помощью эхолота, но в середине XIX в. приходилось опускать груз на размеченном канате. Когда груз ложился на дно, вытравливаемый (спускаемый в воду) канат обвисал, однако изменения в натяжении каната, легко улавливаемые на небольшой глубине, трудно заметить при большой глубине, когда к весу груза прибавлялся вес каната. Поэтому придумывались всякие ухищрения. Например, в приспособлении, которое называется «лотом Брука» (в честь мичмана Джона Брука), пушечное ядро, служившее грузом, крепилось на специальном штоке, с которого оно соскакивало при ударе о грунт.

Сразу вслед за тем, как большие глубины были измерены, исследователи стали спускаться на дно драгу (металлическую раму, снабженную мешком из сетки) в надежде поймать обитающих там животных. Эти попытки предпринимались неоднократно, несмотря на то, что в 1843 г. известный зоолог Эдвард Форбс выдвинул так называемую «азойную теорию», согласно которой дно глубже 550 м должно быть полностью лишено жизни. Гипотеза Форбса основывалась на одном, действительно твердо установленном тогда факте: число животных (и видов и особей) быстро падает с увеличением глубины. Но как только «азойная теория» была предложена, сразу стали появляться данные, ее опровергающие. В 1860 г., как пишет автор, с глубины 2000—2800 м в Средиземном море подняли для ремонта кабель, соединявший Сардинию с северной Африкой, и обнаружили на нем моллюсков и кораллы. После этого британскими исследователями были предприняты специальные экспедиции на пароходах «Лайтнинг» и «Покьюпайн». На последнем судне удалось достать пробы бентоса с огромной глубины — 3823

и 4283 м! В этих рейсах принимал активное участие Чарльз Вайвил Томсон (1830—1882), который позднее возглавил научную работу на «Челленджере» — трехмачтовом парусно-паровом военном корвете, специально переоборудованном для исследовательских целей.

Для становления всей морской биологии и для изучения донной фауны особенно трудно переоценить значение того, что было сделано продолжавшейся более трех лет (1872—1876) экспедицией на «Челленджере». За это время пройдено 68890 морских миль (примерно 125 400 км), выполнено 362 станции (остановки судна, во время которых проводятся научные исследования; на «Челленджере» они всегда были комплексными и включали оценку многих параметров), проведено 370 измерений глубины, из которых наибольшая — около 8200 м. С глубины 7220 м с помощью лотовой трубки подняты самые глубоководные (из известных в то время) животные — донные фораминиферы, простейшие, имеющие раковинку. На организацию и проведение экспедиции «Челленджера» правительство Англии потратило 92 тыс. фунтов стерлингов — весьма крупную по тем временам сумму. Но эти расходы не ограничились — публикация отчетов экспедиции (а их к 1895 г. было издано 50 томов) обошлась еще в 80 тыс. фунтов.

От «Челленджера» автор переходит к «Принцессе Алисе» — трехмачтовой шхуне, построенной по заказу принца Альберта I Монакского, и, конечно, рассказывает о самом принце, который был не только финансовым спонсором экспедиции и не только блестящим организатором науки — основателем Океанографического института, музея и аквариума, но и неутомимым исследователем, придумавшим, например, ловушки (верши) для глубоководных животных. Здесь также масса интереснейших подробностей и живая

переключка с современностью. Так, на странице 12 изображена медаль «Памяти принца Альберта I» — наивысшая награда в области океанографии, присужденная в 1959 г. заведующему кафедрой зоологии беспозвоночных Московского государственного университета профессору Л.А.Зенкевичу. Об этом гласит надпись на медали: «A MONSIEUR LE PROFESSEUR L.A.ZENKEVITCH».

Автор вспоминает, что в 1956 г. был среди студентов кафедры зоологии беспозвоночных, слушавших курс лекций Зенкевича, который назывался «Избранные главы». На эти лекции Лев Александрович принесил отдельные тома трудов «Челленджера» и Монакского океанографического института. Показ книг сопровождался следующим комментарием: «Необычная судьба, говорил лектор, у этих книг... Возможно, ваши предки проигрывали деньги в монакском казино, а принц Монакский на них организовывал морские экспедиции и издал эти книги». Через восемь лет автор данной рецензии, также учившийся на кафедре зоологии беспозвоночных, слушал тот же курс лекций Зенкевича. Не берусь утверждать, что в них снова упоминалось казино, но вот солидные тома трудов «Челленджера» и пиетет, с которым говорилось о трудах ученых уже прошедшей эпохи, в память врезались.

Последняя треть XIX века — период стремительного развития морской биологии. Только специальных экспедиций с 1868 по 1900 г. состоялось 71! Автор с явным сожалением замечает, что не может о всех рассказать в небольшой книжке, но все же приводит подробное описание первого используемого в научных целях «стометровика» — т.е. корабля, имеющего в длину около 100 м. Это была «Вальдивия» — немецкое судно, примечательное среди прочего и тем, что уже полностью рассталось с парусами. И «Челленджер»,

и «Принцесса Алиса», хотя и полагались в основном на паровые двигатели, паруса еще сохраняли. Нарочито сухое перечисление имеющегося на «Вальдивии» оборудования, казалось бы, не должно особо привлекать читателя. В конце концов — какая разница, сколько рабочих мест было в лабораториях, сколько троса и какого диаметра было уложено на барабан паровой лебедки и сколько ядер и какого веса было заготовлено для глубоководного лота. Но удивительное дело — чтение списков имеющегося снаряжения (не только на «Вальдивии»), перечисление всех этих тросов, канатов, стальной струны и прочего — нисколько не утомляет читателя, а завораживает и воспринимается как нечто очень важное. Может быть, это происходит потому, что с первых страниц становится ясно: освоение морских глубин — непростая техническая задача и голыми руками ничего здесь не сделаешь. Но за описанием лабораторий и лебедок вовсе не теряются люди, в том числе и научный руководитель экспедиции на «Вальдивии» — Карл Чун, специалист по глубоководному планктону, исследователь, впервые применивший замыкающиеся планктонные сетки, что позволило облавливать глубинную часть водной толщи, но не забывая при этом пробы огромным количеством планктона из верхних слоев.

Большая глава, посвященная становлению глубоководных биологических исследований в России, имеет очень точный подзаголовок: «От биостанций с их малыми судами — к океаническим экспедициям». Хотя изучение фауны больших глубин — специфическая задача, отличная от того, чем обычно занимаются биостанции, трудно переоценить значение последних для развития всей морской биологии, и прежде всего для формирования определенной культуры научного исследования. Путь к освоению океанических

просторов и огромных глубин начинался с биологических станций и тех крошечных «плавсредств», которые имелись в их распоряжении. Во всяком случае так получилось в России.

Самое первое российское научно-промысловое судно, «Андрей Первозванный», было построено по специальному заказу в Германии в 1899 г., а первые экспедиции на нем по Баренцевому морю связаны с деятельностью Н.М.Книповича, замечательного ученого (зоолога и гидролога) и не менее талантливого организатора науки. Именно от Книповича берет начало тот стиль исследований, который постепенно сложился в отечественной морской биологии. Хотя проводимые тогда на Баренцевом море работы имели прикладную направленность (налаживание рыбного промысла), они подразумевали выяснение всей цепи причинно-следственных связей, определяющих продуктивность водоема. Слова Книповича о том, что «всегда и при всех условиях рыбное дело должно быть рациональным рыбным хозяйством, а не примитивным промыслом первобытного человека...», сегодня ничуть не менее актуальны, чем сто лет тому назад.

Дальнейшая история самого «Андрея Первозванного» довольно грустная. В 1910 г. он был переименован в «Мурман» и стал использоваться в основном для гидрографических работ. В 1932 г. его снова переименовали, на этот раз — в «Мглу» (тоже симптоматично!), в 1954-м он стал «отопителем ОТ-12», а в 59-м — сдан на металлолом. Не без горечи автор пишет о том, что ведь с середины 1950-х годов ему приходилось не раз бывать в Мурманском порту, и в принципе он мог бы еще увидеть «Андрея Первозванного» и даже потрогать руками его корпус, но и в голову не приходило, что первенец российского научного флота еще жив и пришвартован где-то рядом.

По-настоящему захватывающее чтение — это рассказ об И.И.Месяцеве (1885—1940) — человеке, которого современники называли «самым большим энтузиастом и мечтателем», но при этом сразу же добавляли восторженные слова о его огромном организаторском таланте, неукротимой энергии и непреклонной воле. Месяцев был родом из терских казаков. Самое начало его жизни было отмечено событиями трагическими и героическими одновременно. Его отца и мать убили в собственном доме, а девятилетний Ваня отстреливался из карабина и остался жив. Находясь под государственной опекой, он оканчивает Владикавказскую гимназию и поступает в Санкт-Петербургский технологический институт. Там он участвует в работе социал-демократических кружков, возвращается на Кавказ, где занимается пропагандистской деятельностью по линии РСДРП, на три года попадает в тюрьму, нелегально возвращается в Петербург, пытается восстановиться в Технологическом институте, но потом переезжает в Москву и поступает в Московский университет на естественное отделение физико-математического факультета. Здесь он становится зоологом и начинает активно работать в лаборатории профессора Г.А.Кожевникова. Роль последнего в развитии отечественной зоологии беспозвоночных и экологии трудно переоценить. Достаточно сказать, что среди его учеников Л.А.Зенкевич — основатель отечественной биоокеанологии, Л.Л.Россолимо — крупнейший лимнолог, автор «балансового» (теперь бы сказали — «экосистемного») подхода к изучению водоема (подхода, в рамках которого Г.Г.Винберг впервые в мире измерил «первичную продукцию»), В.В.Алпатов — блестящий исследователь и чуткий преподаватель, горячо поддержавший совсем юного Г.Ф.Гаузе, ставшего вскоре самым цитируемым

в мире российским экологом. Список можно продолжить... Удивительно, что все эти выдающиеся исследователи вышли из одного круга, к которому принадлежал и Месяцев.

В 1920-х годах, в условиях царившей в стране полной хозяйственной разрухи, Месяцев создает то, что казалось совершенно невозможным, — «Плавучий морской научный институт», базирующийся на небольшом деревянном судне (зверобойной шхуне) «Персей». Не буду здесь пересказывать замечательный рассказ о «Персее». Упомяну только об одной детали, связывающей повествование с современностью. Ссылаясь на свидетельства очевидцев, автор красочно описывает комнату №7 в здании Зоологического музея (дом №6 по ул.Герцена, ныне снова Б.Никитской), где и помещался штаб экспедиции на «Персее». Кажется, собственными глазами видишь не только рабочий стол Месяцева и его микроскоп, но и тянущиеся вдоль стен грубо сколоченные стеллажи, на которых свалены ватники, сапоги, кожаные куртки, канадские плетеные лыжи вперемежку с запасами чая и перца и многое другое, без чего нельзя обойтись в экспедиции в высоких широтах. Эта комната №7 вплоть до переезда факультета в новое здание на Ленинских (Воробьевых) горах принадлежала кафедре зоологии беспозвоночных. Автор вспоминает, что еще школьником пришел туда на день открытых дверей и впервые увидел Зенкевича — своего будущего учителя, а теперь и одного из героев его книги. А рецензент, пишущий эти строки, не мог не вспомнить свои школьные годы (да простят мне читатели сугубо личные ассоциации), когда ходил в кружок юных натуралистов при Московском обществе испытателей природы. Обычно занятия проходили в комнате №11, но иногда она была занята и тогда нас просили расположиться в той самой комнате №7,



Экслибрис В.Биба из книги Р.Киплинга (подарок Л.И.Москалеву от хозяйки дома, в котором жил Биб).

которой столько внимания уделил автор.

Повествование о Месяцеве завершает примерно треть книги. Дальше пойдет речь о Зенкевиче, о Вильяме Бибе и его батисфере, об Огюсте и Жаке Пиккарах и батискафах, о Г.С.Трегубове — директоре русской станции в Виль-Франш-Сюр-Мер (Франция, побережье Средиземного моря), об изобретателе акваланга Жаке-Иве Кусто и многих других замечательных исследователях, а заодно и об удивительных аппаратах, построенных для освоения глубин.

Охватить в журнальной рецензии все, о чем идет речь в книге, просто невозможно. Но все же нельзя обойти вниманием в высшей степени эмоциональный рассказ о Вильяме Бибе (1877—1962), натуралисте, писателе, человеке огромных творческих возможностей и к тому же — неисправимом романтике. Автору еще в детстве, пришедшемся на военные годы, попала в руки книга «В глубинах океана» (с послесловием Зенкевича! ОГИЗ, 1931 г.), и с той поры Биб становится его героем на всю жизнь. Интересно, что начинал Биб как орнитолог (первая

Росси

книга «Два любителя птиц в Мексике» вышла, когда ему было 28 лет, а за ней последовало еще несколько), но в 40 лет он переключается на морскую биологию. Интерес к подводным исследованиям проявился у Биба во время поездки на Галапагосские о-ва (красочно описанные им в книге «Галапагосы — край света»), а чуть позже, уже на Гаити, он регулярно погружается на небольшую глубину в вентилируемом шлеме. Затем Биб перебазировался на Бермудские о-ва, где продолжает использовать вентилируемый шлем для работы на мелководье, а кроме того, проводит с корабля многочисленные обловы специальными сетями глубоководных рыб и других животных. В это время он уже одержим идеей погружения в специальном аппарате на большие глубины и понимает, что должен узнавать «в лицо» тех животных, которых, возможно, удастся при этом увидеть.

История постройки батисферы, ее испытаний, а затем и погружения в ней двух исследователей на глубину 923 м полна драматических коллизий. Читая о том, как это все происхо-

дило, понимаешь заодно, сколь важна была деятельность Биба как писателя-натуралиста и популяризатора науки. Только так и можно было собрать необходимые средства на экспедицию и заинтересовать тех, кто мог сконструировать и построить аппарат. Мы привыкли к совершенно другой системе финансирования научных начинаний, но не исключено, что в новых экономических условиях опыт Биба может оказаться полезным и для нас.

Взволнованный, глубоко искренний, рассказ автора о соприкосновениях с Бибом (опосредованных, конечно, через других людей и вещи) — безусловно лучшие страницы книги. Очень хочется хотя бы вкратце их здесь пересказать, но намеренно себя от этого удерживаю: не надо лишать будущего читателя удовольствия собственного погружения в этот замечательный текст.

В заключение хочу подчеркнуть, что вся книга сделана со скрупулезной тщательностью (хотя несколько опечаток я все же нашел). Аккуратность и точность автора в изложении всего

материала, внимание, уделяемое деталям и казалось бы внешним атрибутам издания, достойны особой похвалы. Завершают книгу три постраничных указателя: всех упомянутых лиц, всех надводных кораблей и судов, и отдельно — всех подводных аппаратов. Книга напечатана на хорошей бумаге и снабжена множеством качественных черно-белых рисунков. Особенно удались портреты героев, сделанные явно по фотографиям, но выдержанные в одном вполне благородном стиле. Рисункам кораблей, на мой взгляд, несколько не хватает живости, но это уже придирки.

В предисловии автор пишет, что адресует эту книжку широкому кругу лиц, но особенно хотел бы, чтобы ее прочитали подростки 12–14 лет. Рецензент давно вышел из этого возраста и хотел бы заметить, что книга доставляет огромную радость и тем, кому уже за 60! Остается только выразить благодарность автору и пожелать, чтобы его книга дошла до массового читателя, появилась в книжных магазинах и в школьных и университетских библиотеках. ■

Астрофизика

М.И.Панасюк. СТРАННИКИ ВСЕЛЕННОЙ, ИЛИ ЭХО БОЛЬШОГО ВЗРЫВА. Фрязино: Век 2, 2005. 272 с. (Из сер. «Наука для всех».)

Космические лучи — одно из немногих природных явлений, которые не удалось до конца разгадать в течение всего XX в. Это даже не лучи, т.е. не электромагнитные кванты, а быстрые частицы — протоны и сложные ядра атомов. Часть из них приходит от Солнца, но самые энергичные прилетают из глубин Вселенной.

У российских физиков в этой области большой опыт,

накопленный как на Земле, так и в космосе, особенно в первые годы развития космонавтики. Именно тогда, при запусках экспериментальных стратегических ракет, вместо габаритно-весовых макетов ядерных боеголовок и боевых станций физики «протолкнули» в космос свои тяжелые детекторы космических частиц — знаменитые спутники «Протон» с массой научной аппаратуры до 13 т! А сегодня эти загадочные частицы ловят и изучают не только в космосе, но и на земле, под землей, и даже под водой.

Об истории открытия и изучения космических лучей, о не-

давних находках и новых проблемах в этой малознакомой большинству из нас области исследований написал директор Института ядерной физики МГУ, заведующий кафедрой космических лучей и физики космоса М.И.Панасюк. Книга хорошо иллюстрирована, богата материалом и очень широка по тематике. В ней изложены не только вопросы исследования самих космических частиц, но и гипотезы об их астрономических источниках — «пушках Вселенной», вопросы радиационной безопасности в космосе и даже влияние космических лучей на погоду и климат Земли. Как принято в этой се-

рии, книга содержит толковый словарь терминов и список дополнительной литературы. Текст рассчитан на неспециалистов, что особенно ценно, поскольку о космических лучах написано очень мало популярных книг, а в последние годы не вышло ни одной.

Ботаника

К.В.Киселев, В.С.Новиков, Н.Б.Октябрева, А.Е.Черенков. ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ СОЛОВЕЦКОГО АРХИПЕЛАГА. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2005. 175 с.

В основу определителя легли материалы, собранные сотрудниками Московского университета в течение двух последних десятилетий. Острая потребность в нем диктуется несколькими причинами, главная из которых — необходимость всестороннего изучения уникального природного комплекса.

Это первое пособие по определению споровых и цветковых сосудистых растений, встречающихся на Соловецких островах. В книге описано более 560 видов растений из почти 370 родов и 75 семейств. Даны ключи и характеристики около 60 видов древесных и более 500 травянистых растений; указываются сроки их цветения и плодоншения, условия произрастания, встречаемость и распространение на архипелаге. Определять растения можно с помощью черно-белых рисунков растений (общего вида и отдельных частей) и цветных фотографий. Всего проиллюстрировано более 200 видов.

Число видов древесных растений, естественно произрастающих на Соловках и привнесенных сюда человеком, по сравнению с видовым разнообразием травянистых растений невелико. Но роль их в растительном покрове архипелага на

крупных островах ведущая, во многом определяющая распределение и обилие всех травянистых растений.

Биология

С.Л.Кузьмин, И.В.Маслова. ЗЕМНОВОДНЫЕ РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2005, 434 с.

Уникальная природа Дальнего Востока издавна привлекает исследователей. Хотя земноводные здесь изучены в целом неплохо, все сведения о них до сих пор были довольно разрозненны.

В книге впервые обобщены все имеющиеся данные о земноводных, обитающих в Приморском и Хабаровском крае, Амурской, Читинской, Магаданской, Камчатской и Сахалинской областях, Еврейской автономной области, Бурятского, Чукотского и Корякского автономных округов. Описываются физическая география региона, история изучения земноводных, состав фауны, проблемы сокращения популяций и охраны видов, в частности, роль заповедников. Для каждого из 11 видов приводятся сведения о таксономии, систематическом статусе, морфологии взрослых, личинок и икры, распространении, экологии, влиянии антропогенных факторов. Приведены цветные фотографии всех видов в разных фазах жизненного цикла с учетом индивидуальной изменчивости.

Первоначально эта книга была написана на английском языке и опубликована в 2003 г. издательством «Пенсофт», но пожелания читателей иметь русский вариант встретили понимание издателя, согласившегося на публикацию.

На обложке — дальневосточная квакша на фоне своего биотопа в Уссурийском заповеднике.

История науки

Е.А.Зайцева, Г.И.Любина. ГРИГОРИЙ НИКОЛАЕВИЧ ВЫРУБОВ. Отв. ред. М.С.Бастракова. М.: Наука, 2006. 336 с.

XX в. оказался несправедливым к памяти Г.Н.Вырубова (1843—1913), драматическими, подчас кровавыми событиями, великими научными и культурными достижениями заслонив образ кристаллографа, минералога, химика, философа-позитивиста и публициста, человека, почти 50 лет прожившего за границей. Прошло уже 90 лет после смерти Вырубова, но до сих пор не написана его биография. Между тем многообразная деятельность Вырубова стала неотъемлемой частью истории конца XIX — начала XX в.

В советской литературе он известен в основном как философ и деятель культуры, поскольку его научные работы были изданы за границей и на французском языке. Последний раз после энциклопедического словаря Брокгауза и Ефрона имя Вырубова мелькнуло в Биографическом справочнике химиков, подготовленном М.А.Блохом в 1931 г. Далее имя Вырубова-химика исчезло, нет его в биографических словарях минералогов и деятелей естествознания и техники.

Сегодня издана первая научная биография Вырубова — ученого-естествоиспытателя и философа, профессора Коллеж де Франс, жившего с 1863 г. во Франции. В книге описаны взаимоотношения Григория Николаевича с представителями русской революционной эмиграции в Париже: А.И.Герценом, М.А.Бакуниным, П.Л.Лавровым. Представлена научная деятельность Вырубова, его труды в области кристаллографии, минералогии и химии, методологии науки, рассказано о его участии в работе французских научных обществ и конгрессов.

Недрузи и покровители гомеопатии

М.Ю.Сорокина,

кандидат исторических наук
Архив РАН
Москва

История распространения гомеопатии в России до сих пор остается малоизвестной страницей отечественной медицины [1]. Традиционная историографическая схема гласит, что учение Самуила Ганемана (1755—1843) довольно быстро проникает в Россию в 20-е годы XIX в. благодаря немецким семейным врачам и постепенно завоевывает прочные позиции в отечественном медицинском сообществе: появляется русскоязычная литература, возникают журналы, открываются аптеки, начинается строительство гомеопатических больниц, создается система подготовки кадров и профессиональных организаций врачей-гомеопатов.

В рамках этой историографической традиции утверждается также, что с приходом к власти в России в 1917 г. большевистской партии плодотворная деятельность врачей-гомеопатов была волюнтаристски нарушена. Называется имя первого советского наркома просвещения А.В.Луначарского (1875—1933), после знакомства с трудами Ганемана объявившего гомеопатию идеалистическим и реакционным учением. И хотя официально гомеопатия не была запрещена, ее дальнейшее

развитие было приостановлено, а против известных врачей-гомеопатов предприняты репрессивные меры. Только в конце 1980-х годов, с началом политической «перестройки» в СССР, гомеопатия начала восстанавливать утраченные позиции в системе российского здравоохранения.

Описанная схема преобладает в современной российской научной литературе, однако она слабо документирована, а высказываемые суждения и оценки почти не подкреплены архивными материалами. Лишь в последние годы благодаря работам профессора Лейпцигского университета И.Кёстнер и ее коллег, а также исследованиям А.Котока целые пласты истории гомеопатии в России получили документальное обоснование [2].

Действительно, в архивах сохранилось ограниченное число первоисточников. Как правило, и для дореволюционного, и для советского периодов отсутствуют документы самих гомеопатических учреждений. В то же время существует значительный массив материалов, отражающих взаимодействие гомеопатов с властями: документы об открытии аптек, больниц (или госпиталей), обществ как на региональном уровне, так и в центре. Результаты изучения новых архивных источников способ-



Доктор С.Ганеман.

ны значительно поколебать существующие представления.

Мы постараемся на основе впервые вводимых в научный оборот архивных документов показать возможности описания истории российской гомеопатии как интереснейшего примера одновременно социального и внутрикорпоративного конфликта, безостановочно продолжавшегося и продолжающегося (!) уже два столетия.

Как известно, учение Ганемана о лечении «подобного подобным» быстро распространяется в России в 20-е годы XIX в. Носителями нового медицинского знания стали прежде всего домашние врачи столичных ари-

тократов, приглашавшие преимущественно из Германии и хорошо осведомленные обо всех новейших течениях в медицине, а также лейб-медики. Так, приехавший в 1826 г. в Петербург гомеопат из Лейпцига доктор Герман стал семейным врачом тесно связанных между собой родственными узами Голицыных, Остерман-Толстых, Мордвиновых и открыл в столице практику. В то же время при покровительстве великого князя Михаила Павловича ему удалось в течение апреля—июля 1829 г. поработать в Тульчинском военном госпитале. Другой характерный пример распространения гомеопатического знания дает деятельность академика Петербургской академии наук, ботаника Карла Бернгарда Триниуса (1778—1844). Племянник жены Ганемана и убежденный гомеопат, он преподавал естественную историю наследнику престола будущему императору Александру II и открыто ратовал за гомеопатию, добиваясь благожелательного отношения к ней в царской семье.

Разумеется, продвижение любого нового знания невозможно без обратной связи. Здесь особую роль сыграл адмирал, граф Н.С.Мордвинов (1754—1845) — один из самых глубоких российских реформаторов первой трети XIX в. Он не только лично убедился в успехах гомеопатического лечения и стал его ревностным поклонником, но собрал и обобщил множество достоверных данных об успехах гомеопатического лечения холеры в России во время эпидемии 1830—1831 гг. Кроме того, в 1831 г. Мордвинов издал на французском языке небольшую брошюру «О гомеопатии», в которой предложил проект внедрения гомеопатии в общее государственную систему гражданской медицины [3. С.88]. Благодаря усилиям графа, а также при поддержке императора Николая I и его брата великого князя Михаила Павловича Государственный совет Российской

Империи 26 сентября 1833 г. принял историческое для судеб гомеопатии в России решение о легальной деятельности врачей-гомеопатов, открытии гомеопатических аптек, лечебниц и больниц.

Под влиянием адмирала Мордвинова попытки использования гомеопатии предпринимаются в нескольких военных госпиталях в Москве, Житомире, Санкт-Петербурге. Однако в целом до конца 1830-х годов гомеопатия и гомеопаты оставались в пределах аристократических салонов. Представители официальной медицины категорически отрицали научную обоснованность нового метода лечения, и в гражданские учреждения гомеопатия не допускалась, развиваясь лишь как домашняя медицина.

Ситуация изменилась в самом начале 1840-х годов, когда высшие государственные посты в России заняли сторонники гомеопатии: в 1841 г. министром внутренних дел стал Л.А.Перовский, а бывший главный врач Голицынской больницы в Москве, лейб-медик М.А.Маркус возглавил Медицинский Совет МВД*.

Пользуясь благоприятной конъюнктурой, сторонники гомеопатии старались закрепить официальный статус гомеопатии. 22 января 1844 г. московский генерал-губернатор известил Московскую медицинскую контору о желании князя Л.М.Голицына создать первую в России и Москве гомеопатическую больницу (госпиталь) для «самобеднейшего класса людей, которые безденежно будут пользоваться гомеопатическими средствами» [4. Д.5557. Л.1—1об.], при содействии медика Воспитательного дома и Земледельческой школы Ю.Ю.Швейкарта**.

* Еще будучи в 1825—1837 гг. главным врачом Голицынской больницы в Москве, Маркус издавал «Врачебные записки», в которых в 1827 г. поместил свою статью о Ганемане (Т.3).

** Сын известного бреславльского доктора, приехал в Москву в 1832 г. в качестве домашнего врача князя Бориса Куракина.



Граф Н.С.Мордвинов.

Несколько слов о личности инициатора проекта создания первой гомеопатической больницы в России. Князь Леонид Михайлович Голицын (1806—1860), однополчанин поэта М.Ю.Лермонтова, родился в имении Карабиха под Ярославлем***, воспитывался в аристократическом Пажеском корпусе, но государственной карьеры не сделал, целиком отдавшись жизни «частного» человека. В 1838 г. женился на А.М.Толстой (1809—1897), с которой имел трех дочерей. Он скончался в Москве и похоронен в Донском монастыре [5. С.197—198].

Получив письмо губернатора, 26 января 1844 г. Московская медицинская контора постановила запросить у князя Голицына конкретный проект учреждения гомеопатической больницы [4. Д.5557. Л.2]. Проект сохранился и позволяет точно установить, на каких финансовых и лечебно-организационных основах он базировался. По мысли Голицына, учреждение и содержание гомеопатической больницы должно было обеспечиваться добровольными пожертвованиями «спонсоров». Предполагалось арендовать дом с не-
*** С 1861 г. оно стало принадлежать поэту Н.А.Некрасову.

В каталоге номера

обходимыми службами и открыть две палаты (женскую и мужскую) по пять кроватей в каждой. Снабжение больных медикаментами, одеждой, посудой, мебелью и бельем должно было производиться за счет больницы. Приглашался специальный фельдшер, а прием больных бесплатно велся Швейкартом, причем хронические больные должны были получать лекарства также безвозмездно. В первое время на содержание больницы отводилось 1500 рублей серебром в год. При нехватке «спонсорских средств» князь Голицын брался добавлять недостающее из собственных денег. В последнем пункте проекта особо подчеркивалось, что при наличии средств руководители больницы могут не только увеличить число кроватей, но и продлить срок существования больницы, которой первоначально отводилось три года жизни.

Процедура принятия решения об открытии первой гомеопатической больницы в Москве завершилась быстро: уже 14 марта 1844 г. министр Перовский уведомил московского генерал-губернатора о своем согласии. Летом этого же года князь Голицын, находившийся за границей на водах, сделал распоряжения о покупке необходимого оборудования. Но только через год, 23 ноября 1845-го, он сообщил, что больница устроена в Мещанской части 1-го квартала (при церкви Святой Троицы) в доме при богадельне генерал-адъютанта, генерала от инфантерии графа А.И.Остерман-Толстого (родного дяди Голицына)*.

1 декабря 1845 г. первая московская гомеопатическая больница была освидетельствована медицинскими чиновниками города. 5 декабря действительный статский советник А.П.Острогожский докладывал Московской медицинской конторе:

больница устроена на 20 человек (12 мужчин и восемь женщин); комнаты удобные, обширные и высокие, размещение кроватей просторное; белье, посуды и т.п. — «в весьма достаточном количестве и все отличного качества»; служителей и сидельниц также хватает. При больнице, отмечал Острогожский, работают два врача: штаб-лекарь Швейкарт и его помощник лекарь Гамбурцев (тоже из Воспитательного дома) [4. Д.5557. Л.24-24об.].

Учреждение и открытие первой гомеопатической больницы стало заметным событием для города. О нем в неофициальном отделе первого номера в 1846 г. сообщили «Московские губернские ведомости».

К сожалению, «скорбных листов» (т.е. историй болезней) пациентов Голицынской гомеопатической больницы не сохранилось, и сегодня трудно судить, в какой мере лечение в ней было действительно успешным. Краткие итоги деятельности больницы подвел сам Швейкарт, в 1859 г. писавший в тех же «Московских губернских ведомостях», что за все годы существования на излечении в больнице находилось до тысячи человек всех сословий. Основными болезнями были тиф, горячка, перемежающаяся лихорадка, кожные сыпи, подагра [6].

Под руководством Швейкарта гомеопатическая больница в Москве просуществовала почти 15 лет (до 1860 г.), когда после смерти князя Голицына из-за отсутствия средств была закрыта. Срок ее жизни оказался впятеро дольше, чем предполагали инициаторы этого необычного и в каком-то смысле преждевременного для того времени проекта. Однако он лишней раз продемонстрировал, что симбиоз российской инициативы и новаторской западной научной мысли дает неплохие плоды на русской почве и при соответствующей поддержке способен трансформировать российский медицинский ландшафт.

* * *

Другим важным каналом популяризации и распространения гомеопатии в московском обществе были вольные частные аптеки. Московское аптекарское сообщество, подавляющую часть которого в первой половине XIX в. составляли фармацевты немецкого происхождения, тщательно охраняло свой высокодоходный бизнес, регулируя условия открытия новых вольных аптек. Без положительного письменного отзыва владельцев других аптек Медицинский совет МВД не давал разрешения на открытие новых заведений.

Московские городские власти пытались доступными им средствами влиять на аптекарскую корпорацию. Так, в 1825 г. московский генерал-губернатор Д.В.Голицын предложил знаменитому лейб-медику, профессору Московского университета Христиану Лодеру (1753—1832) как независимому эксперту проверить работу городских вольных аптек [4. Д.2518. Л.3]. После знакомства с ними Лодер составил «Замечания об упущениях по аптекарской части в Москве», в которых, отметив многочисленные случаи фальсификации лекарств и завышения цен на них, причиной беспорядка назвал слабый контроль за аптеками со стороны Московской медицинской конторы. Предложение эксперта по исправлению ситуации оказались весьма радикальными — переподчинить вольные аптеки непосредственно московскому генерал-губернатору и проводить в них неожиданные ревизии, а за ошибки и завышение цен налагать значительные штрафы.

Однако Медицинский совет, рассмотрев заключение Лодера, отверг его советы и оставил все, как было. Единственным следствием этой истории стало то, что Медицинская контора ознакомилась под расписку всех владельцев аптек с замечаниями профессора-эксперта и потребовала от них письменных объяснений.

* Сам Л.М.Голицын жил в собственном доме в Пашковом переулке 2-го квартала Тверской части.

Центральная гомеопатическая аптека была учреждена в Москве в 1832 г. Вторая появилась в городе только через 40 лет — в 1877 г. Как же создавалась первая гомеопатическая аптека в Москве и почему понадобилось более четырех десятилетий для открытия второй?

Открытие первой гомеопатической аптеки в Москве стало ответом на спрос, возникший в дворянской среде после холеры 1830—1831 гг., когда гомеопаты продемонстрировали эффективность их методов лечения. Тринадцать владельцев вольных аллопатических аптек решили завести отдельную гомеопатическую аптеку. Доходы и расходы должны были поровну делиться между ними. Они же избирали собственного управляющего. Таким образом, создание первой московской гомеопатической аптеки стало результатом своего рода соглашения «о разделе рынка и продукции» между владельцами московских вольных аптек. В то же время 10 фармацевтов отказались участвовать в этом предприятии, считая, что «метод лечения гомеопатического весьма еще не употребителен в столице сей».

По-видимому, разногласия в московском аптекарском сообществе стали причиной того, что процедура регистрации первой московской гомеопатической аптеки началась только 21 декабря 1833 г. и закончилась 5 февраля 1834 г., когда Указ Московской медицинской конторы дозволил устроить аптеку в доме купца Королева по Арбатской улице. Реально она начала функционировать с февраля 1835 г. под руководством первого управляющего провизора Штейнберга, который, однако, вскоре уехал в Калугу, а сама аптека в июле того же года была переведена в новое помещение, расположенное в Мясницкой части квартала.

13 сентября 1835 г. новым управляющим аптекой был избран провизор Д.М.Бок, которо-

му она передавалась в арендное содержание сроком на четыре года. За каждый год аренды он должен был платить по 700 рублей ассигнациями всем совладельцам аптеки.

Дело пошло успешно, и Дмитрий Бок оставался управляющим московской гомеопатической аптекой почти 10 лет — до 1843 г. В марте 1839 г. московские гомеопаты представили в Московскую медицинскую контору специальное свидетельство о правильности ведения дел в аптеке Бока и о даровании ему привилегии на учреждение собственной гомеопатической аптеки в Москве. Они отмечали, что Бок устроил «отличнейший порядок», цены «весьма доступны для класса неимущих больных» и, кроме того, для наиболее бедных слоев населения он отпускал гомеопатические средства «безденежно».

Однако дела аптеки значительно ухудшились после утверждения 20 марта 1841 г. новой аптекарской таксы, повысившей цены и на гомеопатические препараты, и 13 января 1842 г. аптека была передана в арендное содержание провизору-аллопату Андрею Форбрихеру.

Вскоре газета «Московские ведомости» сообщила горожанам: «Ныне, как и прежде, находятся в означенной аптеке самые действительные заграничные гомеопатические лекарства. Желающие могут адресоваться к содержателю, который и отвечает за исправную и верную доставку. Она находится на Большой Дмитровке в доме полковника Раевского. Содержатель центральной в Москве гомеопатической аптеки провизор Андрей Федоров Форбрихер» [4. Д.5255. Л.33].

Однако гомеопатия явно не очень интересовала провизора Форбрихера, и осенью 1843 г. он переместил аптеку с нижнего, самого заметного для покупателей, этажа на верхний. В 1848 г. аптека и вовсе перееха-

ла на Петровку — во флигель при доме аптекаря Ауэрбаха.

Возможно, судьба первой гомеопатической аптеки сложилась бы более благополучно, если бы ею, как прежде, управлял специалист-гомеопат. Такая возможность была. Еще 29 декабря 1841 г. провизор И.А.Мейер, который «занимался в Москве лечением по гомеопатической системе», обратился в Московскую медицинскую контору с предложением своего участия в содержании аптеки [4. Д.5255. Л.19].

Однако аптекари-аллопаты не захотели принять в свою среду нового человека. Так, известный провизор Карл Зенгер прямо заявил, что кандидатура Мейера неприемлема, так как он «сторонний» человек [Там же. Л.35].

Тем не менее сторонники гомеопатии не сдавались. Летом 1842 г. провизор Мейер и московские врачи-гомеопаты подали Перовскому очередное прошение о разрешении Мейеру учредить в Москве новую гомеопатическую аптеку. Этот проект собрал более тридцати подписей поддержки.

Однако 8 июля 1842 г. содержатели вольных аптек снова выступили против, назвав открытие новой аптеки «совершенно ненужным и излишним» [Там же. Л.5—6].

Но давление сторонников гомеопатии продолжилось. 4 сентября 1842 г. Медицинский департамент МВД напомнил московским властям о ходатайстве Мейера, а также запросил, почему московские врачи-гомеопаты считают существующую гомеопатическую аптеку «неблагонадежной» [Там же. Л.19]. Объяснение гомеопатов было вполне предсказуемым: они хотели иметь независимого содержателя. Однако это совершенно не входило в планы аллопатического «большинства». Так и не сумев пробить стену их корпоративной обороны, Мейер и его сторонники были вынуждены отказаться от идеи от-

крытия новой гомеопатической аптеки в Москве.

* * *

В рамках небольшой статьи невозможно детально описать

даже малую часть неопубликованных архивных источников, раскрывающих сложную и противоречивую историю становления гомеопатии в Российской Империи. Но, как кажется, при-

веденных примеров вполне достаточно, чтобы показать их важность для создания подлинной и реалистичной картины развития гомеопатического знания в России. ■

Литература

1. Сокращенный вариант статьи: Sorokina Marina Yu. Gegner und Mazene: Aus der Geschichte der Moskauer Homöopathie im 19. und 20. Jahrhundert // Hgg. I.Kaestner, R.Pfrepper. Deutsche im Zarenreich und Russen in Deutschland: Naturforscher. Gelehrte. Ärzte und Wissenschaftler im 18. und 19. Jahrhundert — Vorträge des Symposiums vom 26. und 27. August 2004 am Karl-Südhoff-Institut für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaftchen. Aachen, 2005. S.185—200.
2. Wer vieles bringt, wird manchem etwas bringen — ein medizin und wissenschaftshistorisches Florilegium. Festgabe für I.Kastner zum 60. Geburtstag / Hgg. R.Pfrepper, S.Fahrenbach, N.Decker. Aachen, 2002; Kotok A. The History of Homeopathy in the Russian Empire until World War I, as compared with other European Countries and the USA: Similarities and Discrepancies. Diss. phil. Jerusalem, 1999; <http://www.homeoint.org/kotok/index.htm>
3. *Kästner I.* Homöopathie in Russland // Kästner I. (Hg.): Deutsch-russische Beziehungen in der Medizin des 18. und 19. Jahrhunderts. Aachen, 2000.
3. *Мордвинова Н.Н.* Воспоминания об адмирале графе Н.С.Мордвинове и о семье его. СПб., 1873.
4. Центральный исторический архив Москвы (ЦИАМ). Ф.1 (Московская медицинская контора). Оп.1.
5. Род князей Голицыных / Сост. Н.Н.Голицын. СПб., 1892.
6. Московские губернские ведомости. 1859. №267; См. также: *Смирнов С.* Гомеопатическая больница в Москве // Московская медицинская газета. 1859. №50. С.411—412.

Гомеопатия сегодня

Вместо комментария

Часто задают вопрос: а вы верите в гомеопатию? Верить можно в Бога, а в методы лечения нельзя верить или не верить — нужно доверять врачам, которые используют доказанные методы лечения тех или иных заболеваний и прошли полный курс обучения в официальных медицинских учреждениях.

В арсенале современной официальной медицины множество методов и препаратов, которые подверглись всесторонней проверке; изучены механизмы их действия, эффективность и безвредность для больного. В XVIII в. медицинская наука находилась еще в зачаточном состоянии, и в основе врачевания лежали преимущественно эмпирические методы.

Именно это и нужно учитывать, обсуждая сегодня гомеопатию и деятельность врачей-гомеопатов, использующих те же эмпирические методы и подходы, которые были предложены на рубеже XVIII—XIX вв. С.Ганеманом для лечения различных заболеваний.

Напомним два основных принципа гомеопатии:

— лечение подобного подобным, т.е. веществом, подобным тому, которое может вызвать данную патологию (для сравнения — аллопаты для лечения используют вещества, действующие на причины и механизм развития болезни);

— лечебное воздействие сверхмалыми дозами веществ при постепенном увеличении их концентрации, но она всегда ниже доз,

вызывающих патологию (аллопаты используют, напротив, высокие дозы препаратов, достаточные для эффективного подавления агентов или воздействий, вызывающих и поддерживающих патологию).

Несомненно, эти принципы наряду с принципами аллопатии и сегодня широко используются в официальной медицине. Приведем лишь пару примеров эффективных методов лечения заболеваний из области иммунологии и аллергологии, наиболее близких по теме автору этих строк.

С большинством хронических аллергических заболеваний (таких как бронхиальная астма, хроническая крапивница и др.) удается справиться с помощью специфической иммунотерапии, т.е. вы-

зывающим патологию аллергеном. Если же аллерген не выяснен, то лечение проводят гистамином — веществом, которое лежит в основе механизма развития аллергических реакций (после воздействия на клетки аллергена запускается цепь иммунологических реакций, ведущих к высвобождению из тучных клеток помимо других биологически активных веществ большого количества гистамина, который повреждает ткани и вызывает воспалительную аллергическую реакцию). И специфическая иммунотерапия, и гистаминотерапия предполагают использование малых доз препарата — они всегда ниже той дозы, которая вызывает обострение заболевания [1].

Однако использование этого метода наталкивается на существенные сложности. Дело в том, что состояние организма пациента день ото дня меняется. Поэтому одна и та же доза аллергена или гистамина может просто не оказывать никакого воздействия на организм или, напротив, вызвать обострение. Аллергологи долго бились над разработкой методов, позволяющих контролировать действие на пациента каждой дозы вводимого препарата. Сегодня такие методы контроля разработаны, что позволило полностью исключить нежелательные осложнения, которые ранее возникали при подобной терапии. И хотя данный метод лечения длителен и довольно дорогостоящ, он дает возможность не только достигнуть длительной ремиссии процесса, но и в большинстве случаев полностью вылечить больного [2]. Постепенно накапливаются и научные данные, позволяющие понять механизмы, лежащие в основе такой терапии хронических аллергических заболеваний. Становится ясно, что главенствующая роль в этих процессах восстановления нормальной иммунной реакции играют так называемые образраспознающие рецепторы [3, 4].

Все сказанное можно отнести и к методам лечения хронических воспалительных заболеваний с помощью препаратов (иммуно-

модуляторов), содержащих лизаты* микроорганизмов — возбудителей этих патологий [3].

Важно отметить, что во всех перечисленных случаях эффективность лечения была подтверждена на большом количестве пациентов методом двойного слепого контроля [1], чего нельзя сказать о лечебной деятельности классических гомеопатов, использующих принципы гомеопатии Ганемана и по-прежнему эмпирически выбирающих препараты для назначения пациенту. К сожалению, среди многочисленных проверочных исследований, сделанных в различных странах мира, нет ни одного, который доказал бы эффективность гомеопатических методов при лечении хотя бы одной патологии и включал бы проверку, выполненную на основе двойного слепого контроля.

Во времена советской власти в нашей стране дважды (в 1936—1937 гг. в Ленинграде и в 1974—1975 гг. в Москве) проводились проверочные исследования эффективности лечения гомеопатами разных заболеваний (каждый раз проверялось более тысячи пациентов). В комиссии входили как виднейшие представители официальной медицины (В.И.Вотчил, С.В.Аничков и др.), так и известные гомеопаты (например, С.С.Мухин). Положительного клинического эффекта, непосредственно связанного с применением гомеопатических препаратов, выявлено не было, однако был отмечен явный психотерапевтический эффект, особенно если лечение проводил талантливый гомеопат. В этом я не раз убеждался, присутствуя еще в студенческие годы на приемах больных у председателя Московского общества гомеопатов С.С.Мухина; к его услугам прибегал, к примеру, даже Н.А.Семаш-

*Лизаты — полученные в результате лизиса (разложения) бактерий непатогенные антигены, способные вызывать защитные иммунные реакции: стимуляцию иммунокомпетентных антителообразующих клеток, улучшение фагоцитоза, повышение уровня интерферона и т.д. — *Примеч. ред.*

ко, занимавший в то время пост министра здравоохранения СССР и исповедовавший принципы официальной медицины. И это несмотря на то, что в 50-е годы прошлого столетия уже было установлено (после обширных исследований на основе двойного слепого контроля, выполненных комплексно в ряде европейских стран) и широко известно, что различные фармакологические препараты не менее чем на 30% действуют как плацебо (лекарственная форма, содержащая нейтральные вещества) [5]. В 2002 г. некий Дж.Рэнди основал фонд (James Randi Educational Foundation), пообещав 1 млн долл. любому, кто способен убедительно доказать эффективность гомеопатических средств. До сих пор приз никто не получил, однако в прошлом году журнале «The Lancet» вышла статья швейцарских и британских ученых, которые провели 110 лабораторных тестов и не нашли никаких свидетельств того, что гомеопатия чем-то лучше плацебо.

Гомеопаты-«психотерапевты» с завидным искусством пользовались и пользуются доверием пациентов, — чего стоит, например, назначение шариков с препаратом, которые необходимо принимать, глядя на Луну?! Иные же, еще более талантливые врачи-гомеопаты, подключают к лечению фитотерапию и зачастую назначают растительные препараты вовсе не в гомеопатических, а в аллопатических концентрациях. Так, Мухин, часто говаривавший, что каждый человек должен найти «свою травку», нередко назначал настойку корня дикого женьшеня (690-граммовый корень ему подарил Далай Лама). Не чураются гомеопаты применять при необходимости и антибиотики, как в свое время делал тот же Мухин. Однако таких талантливых врачей, считающих себя врачами-гомеопатами, единицы. К сожалению, неофициальность эмпирических методов, используемых в гомеопатии, предоставляет широкое поле деятельности для шарлатанов и людей, не имеющих ме-

дицинского образования. Таких врачей было вдоволь, как на заре развития гомеопатии, в XIX в., что фактически подтверждается в обзоре архивных материалов, подготовленном М.Ю.Сорокиной, так и в наши дни. Тем не менее даже во времена советской власти врачи-гомеопаты значительно меньше пострадали от репрессий, нежели врачи-аллопаты. Гонения на многих выдающихся медиков (Д.Д.Плетнева, В.М.Бехтерева и др.), «дело врачей» и другие подобные события не затронули гомеопатов, а если и были репрессированы некоторые из них, то вовсе не за свою профессиональную деятельность.

В прошлые века гомеопатия была распространена лишь среди публики «салонов» и не затрагивала широких слоев населения. Сей-

час же это приобретает, особенно в нашей стране, более угрожающие очертания. Когда большинству врачей не хватает денег для элементарных жизненных потребностей, даже честные врачи могут идти на сделку с совестью. Сегодня на платных двухнедельных курсах врач может получить сертификат врача-гомеопата. За такой срок несомненно нельзя овладеть даже на минимально допустимом уровне ни одной практической специальностью.

В начале статьи мы пытались обосновать реальное действие разных препаратов в сверхмалых дозах. Однако раствор любого вещества даже в самой малой концентрации — это не водица. Зачастую недостаточно образованные врачи-гомеопаты, внутренне не веря в реальное действие гомео-

патических препаратов, назначают одновременно большое (до 10 и более) их число с огромной, на наш взгляд, вероятностью принести существенный вред организму пациента. А ведь Ганеман считал возможным назначение одного и лишь иногда двух веществ одновременно. При мне Мухин обычно назначал один-два препарата, но ни разу более трех.

В заключение хочу еще раз подчеркнуть, что идеи Ганемана сегодня прочно вошли в официальную медицину, опирающуюся на новейшие достижения науки. Этого нельзя сказать о врачах-гомеопатах, которые как были, так и остаются в альтернативной, эмпирической медицине.

© Лебедев К.А.,

доктор медицинских наук
Москва

Литература

1. Аллергические болезни. Диагностика и лечение / Ред. А.И.Чучалин. М., 2000.
2. Лебедев К.А., Понякина И.Д., Козаченко Н.В. и др. // Аллергология и иммунология. 2004. Т.5. №4. С.555—563.
3. Лебедев К.А., Понякина И.Д., Козаченко Н.В. // Физиология человека. 2005. Т.31. №1. С.100—113.
4. Лебедев К.А., Понякина И.Д. Новый этап развития иммунологии // Природа. 2006. №4. С.3—10.
5. Manual of medical therapeutics. 27-th edition. Boston; Toronto; L., 1992.
6. Shang A., Huwiler-Munterer K., Nartey L. et al. // The Lancet. 2005. V.366. №9487. P.726—732.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

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

Литературный редактор
С.В.ЧУДОВ

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

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

Графика, верстка:
А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

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

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

Подписано в печать 13.10.2006
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 1824
Набрано и сверстано в редакции

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