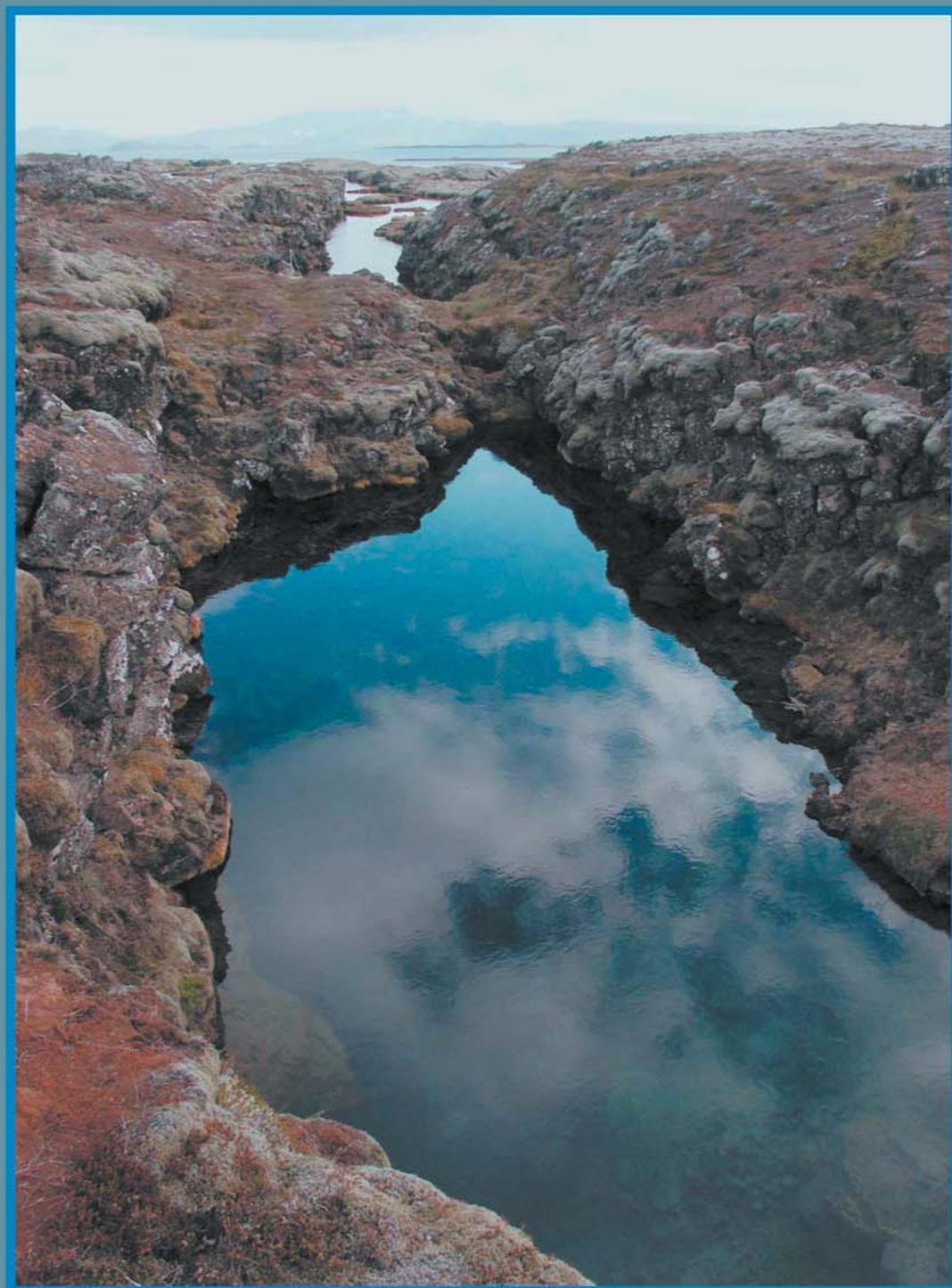


ПРИРОДА

4 06



В НОМЕРЕ:**Лекторий****3 Лебедев К.А., Понякина И.Д.****Новый этап развития иммунологии**

Открытие нового класса белков — образраспознающих рецепторов — не только меняет представление о работе иммунной системы, но и позволит, как полагают ученые, добиться успехов в профилактике и лечении тяжелых заболеваний человека.

11 Зотов А.В., Саранин А.А.**Магические кластеры и другие атомные конструкции**

Самоорганизация упорядоченных наноструктур на поверхности кремния

В нанoeлектронике традиционные полупроводниковые технологии неприменимы, нужны новые подходы. Вот если бы удалось создать такие условия, чтобы необходимая наноструктура вырастала сама!

19 Никонов А.А.**Земные проделки скандинавских божеств**

Скандинавские легенды с их великанами и божествами позволяют «удлинить» ряд наблюдений за крупными сейсмическими событиями в Северной Европе.

27 Расцветаева Р.К.**Вид и разновидность Минералогическая сказка****31 Калейдоскоп**

Три «Снеллиуса» голландского флота (31). Операция против инбридинга пум (54). Морским птицам угрожают мыши (54).

32 Павлинов И.Я.**На пути к филогенезу**

Вся история филогенетики — науки, изучающей историческое развитие организмов, — есть поиск способов его познания. Однако далеко не все филогенетические схемы, предлагаемые сегодня, могут дать полное представление об истории жизни на Земле.

41 Негодаев М.А.**Ветер по заказу**

Новые возможности ветровой энергетики

Апрельский факультатив**43****Медведь опустился**

Из научных трактатов

Иванова-Казас О.М.

Страна Мифляндия

Индивидуальное развитие мифозоев (44)

Бурштейн Е.Ф.

Следы в палеозойских гранитах — курьезы в истории геологии (49)

Уфимцев Г.Ф.

Открытие в консервной банке (55)

Левицкий М.М.

Заменим псевдонауку истинной! (56)**61 ПУТЬ ПО ЛЕСТНИЦЕ, ВЕДУЩЕЙ ВВЕРХ**

К 100-летию со дня рождения

А.Н.Белозерского

Белозерская Т.А.

Ступени

Абелев Г.И.

Ученый — настоящий во всех отношениях (65)

Скулачев В.П.

Рождение**«университетского чуда» (71)****79****Новости науки**

Квazar без галактики (79). Сверхбыстрая камера для телескопа. Сурдин В.Г. (79). У Фомальгаута есть планета (80). Пояс астероидов или остатки кометы? (81). Русские «левши» в новых зарубежных технологиях (81). Гигабиты из нанотрубок (82). Вредны ли углеродные нанотрубки? (82). Дофамин и жизнеспособность мух. Ченцова Н.А., Груntenко Н.Е. (83). Новые зимовки птиц — путь к видообразованию? Гиляров А.М. (83). Вот это зуб! (85). Из моря — в холодильник (85). Пиратское оплодотворение. Семенов Д.В. (85). Зачем поют птицы? Опасев А.С. (86). Производство яда и кормление гадюк (87). Почему пальцы на ногах стали короче? (87).
Коротко (10)

Рецензии**88 Рабкина А.Ю.****Химия — наука и искусство****90****Новые книги****В конце номера****91 Сорокина М.С.****Жизнь, похожая на коробку спичек**

CONTENTS:

Lectures

3 **Lebedev K.A., Ponyakina I.D.** **New Stage of Immunology Development**

Discovery of a new class of proteins — pattern recognizing receptors — not only changes present views on immune system mode of operation, but also, as scientists believe, will make possible further successes in prevention and treatment of severe human diseases.

11 **Zotov A.V., Saranin A.A.** **Magic Clusters and Other Atomic Configurations** Self-assembly of the Ordered Nanostructures on Silicon Surface

Traditional semiconductor technologies are inapplicable in nanoelectronics, and need in new approaches is urgent. If only it was possible to create such conditions that result in spontaneous growth of the desired nanostructure!

19 **Nikonov A.A.** **Earthly Pranks of Scandinavian Deities**

Scandinavian legends with their giants and deities allow to «extend» the observational series of major seismic events in Northern Europe.

27 **Raszvetaeva R.K.** **A Species and a Variety** Mineralogical Tale

31 **Kaleidoscope**

The Three «Snelliuses» of Dutch Navy (31). Operation Against Puma Inbreeding (54). Sea Birds are Endangered by Mice (54).

32 **Pavlinov I.Ya.** **On the Way to Phylogeny**

The whole history of phylogenetics — a discipline that studies historic development of living beings — is search for methods of its cognition. But, of course, not every phylogenetic scheme suggested to date can give comprehensive presentation of history of life on the Earth.

41 **Negodaev M.A.** **Wind on Demand** New Opportunities of Wind Energy

April Lectures

43 **Bear Lowered Oneself** From scientific treatises

Ivanova-Kazas O.M.

Mythland Country Ontogeny of Mythozoa (43)

Burshtain E.F.

Footprints on Paleozoic Granites — Curious Amusing Incidents in History of Geology (49)

Ufimtzev G.F.

Discovery in a Tin (55)

Levitsky M.M.

Let's Replace Pseudo-Science by a True One! (56)

61 **UP THE UPWARD STAIRCASE** To Centennial of A.N.Belozersky

Belozerskaya T.A.

Steps

Abelev G.I.

Scientist — True in Every Respect (65)

Skulachev V.P.

The Birth of «University Wonder» (71)

79 **Scientific News**

Quasar without a Galaxy (79). Super-High-Speed Camera for Telescope. **Surdin V.G.** (79). Fomalhaut Has a Planet. (80). Asteroid Belt or Comet Residuals? (81). Russian «Left-handers» in New Foreign Technologies (81). Gigabits from Nanotubes (82). Are Carbon Nanotubes Health Hazard? (82). Dopamine and Flies Viability. **Chentsova N.A., Gruntenko N.E.** (83). New Wintering Sites of Birds — a Way to Speciation? **Ghilyarov A.M.** (83). What a Wonderful Tooth! (85). From Sea — to Refrigerator (85). Piratic Insemination. **Semenov D.V.** (85). Wherefore Birds Are Singing? **Opaev A.S.** (86). Venom Production and Vipers Feeding (87). Why Human Toes Became Shorter? (87). In Brief (10)

Book Reviews

88 **Rabkina A.Yu.** **Chemistry is Science and Art**

90 **New Books**

In the End of the Issue

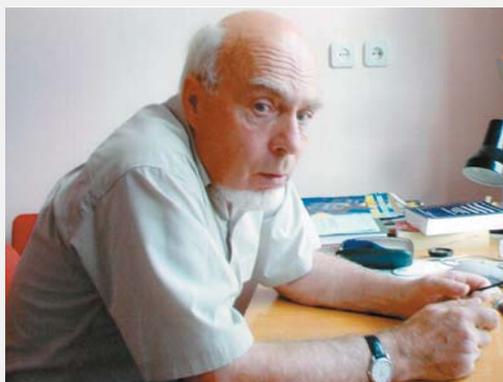
91 **Sorokina M.S.** **Life Like a Matchbox**

Новый этап развития иммунологии

К.А.Лебедев, И.Д.Понякина

Ежегодно, когда возникает угроза эпидемии гриппа, все средства массовой информации настоятельно рекомендуют применять препараты, повышающие активность иммунной системы. Сообщение же о новой инфекции — будь то ВИЧ или птичий грипп — вызывает ажиотаж и еще больший интерес к иммунитету, причем даже у людей, далеких от медицины. Однако их представления об этом весьма поверхностны и обычно ограничиваются лишь способностью организма защищаться от микробов, вирусов, грибов и др. Вместе с тем медики знают, что недостаточная активность иммунной системы чревата развитием не только инфекционных болезней, но и разнообразных хронических воспалительных процессов и даже канцерогенезом, а излишняя может привести к аллергическим или аутоиммунным заболеваниям. Да и большинство других недугов человека так или иначе связаны с нарушениями работы иммунной системы. Кроме того, ее активность необходимо подавлять после трансплантации, чтобы органы и ткани прижились у нового хозяина.

Изучением иммунной системы — сложной, многокомпонентной (имеющей свои органы,



Константин Алексеевич Лебедев, доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией клинической иммунологии Московского государственного медико-стоматологического университета.



Инна Дмитриевна Понякина, кандидат биологических наук, заместитель заведующего той же лабораторией.

Область научных интересов — клиническая иммунология.

© Лебедев К.А., Понякина И.Д., 2006

клетки и молекулы) системы защиты организма от всего чужеродного — занимают уже около полутора столетий. И надо сказать, история развития иммунологии — это не только постепенное накопление знаний — порой случались события, поистине переворачивающие уже устоявшиеся представления. Одно из них — открытие в середине прошлого века Т- и В-лимфоцитов, которые специфически реагируют на вторгшиеся в организм клетки и молекулы. Это стало фундаментом для создания нового подхода в клинической иммунологии, и казалось, что об иммунной системе, наконец, стало известно все, осталось лишь углублять знания. Однако на рубеже столетий было обнаружено семейство белков — образраспознающих рецепторов, что вновь принципиально изменило понимание работы иммунной системы. Несомненно, что вскоре оно принесет важные плоды и для практической медицины — поможет правильно подбирать лекарственные препараты, повышающие сопротивляемость организма, и добиться успеха в лечении тяжелых и опасных заболеваний.

Прежде чем подробнее рассказать о роли этих рецепторов в работе защитной системы организма, напомним, как развивались события и менялись представления об иммунной системе.

Немного истории

Во второй половине XIX в., когда Л.Пастер впервые разработал научные принципы метода профилактической вакцинации против куриной холеры, сибирской язвы и бешенства, под иммунной системой понимали лишь защиту организма от инфекций. В дальнейшем выяснилось, что эта система выполняет более сложные функции. Важные шаги в познании ее механизмов связаны в первую очередь с открытиями двух выдаю-

щихся ученых, лауреатов Нобелевской премии 1908 г. — И.И.Мечникова, сформулировавшего клеточную теорию иммунитета и открывшего защитную роль фагоцитоза, и П.Эрлиха, создавшего теорию образования антител. Это послужило основанием для подразделения иммунитета на естественный (врожденный) и специфический (адаптивный). Считалось, что естественный иммунитет неспецифичен, обеспечивается он прежде всего фагоцитозом, который осуществляется макрофагами и нейтрофилами, и запускается быстро — сразу же после попадания микроба в организм. В противоположность тому, специфический иммунитет сопровождается образованием в организме антител и клеток со столь же специфическими рецепторами. Он более эффективен, но развивается позднее, ибо каждый раз в организме в ответ на попадание антигена заново образуются клетки, продуцирующие к нему антитела.

Второе рождение иммунологии относится к середине прошлого века и связано с трудами еще одного нобелевского лауреата (1960) — Ф.Бернета, создавшего клонально-селекционную теорию и давшего определение иммунологии как науки о контроле за постоянством молекулярного (антигенного) состава организма. Иными словами, все чужеродные для организма клетки и молекулы, так же как и поврежденные собственные, должны быть уничтожены иммунной системой. Однако для этого необходим целый арсенал из миллионов разнообразных антител фактически к любому антигену. Накапливаются специфические антитела, как установил Бернет, в период эмбрионального развития и продуцируются клетками, которые образуются из предшественников лимфоцитов. Но на том этапе исследований оставалось так и невыясненным, как же иммунная система отличает «чужого» от «своего»? Ясно было только,

что, согласно теории толерантности, сформулированной Бернетом, в норме все клетки, специфичные для сложных молекул собственного организма, медленно отбираются и уничтожаются. Если же этого не происходит, начинается разрушение тканей своими же антителами. Эти патологии Бернет назвал аутоиммунными. Действительно, мы теперь знаем много таких заболеваний и понимаем, как с ними бороться. Из этой теории стало также понятно, почему отторгаются органы и ткани донора при пересадке. Так родилась новая область иммунологии — трансплантационная, которая сегодня довольно успешно решает проблемы отторжения донорских тканей.

Вскоре после появления клонально-селекционной теории иммунитета с помощью новых технологий обнаружено, что популяция лимфоцитов — носителей специфичности иммунных реакций — неоднородна и включает две основные субпопуляции. Одна из них состоит из В-лимфоцитов, отвечающих за образование молекул антител, которые связывают чужеродные антигены с целью их удаления из организма. Другая — из Т-лимфоцитов, которые уничтожают чужеродные клетки (цитотоксические Т-лимфоциты, или Т-киллеры), а также участвуют в регуляции специфического иммунного ответа (Т-хелперы).

Изучение молекулярных механизмов распознавания антигенов и индукции образования антител и специфических Т-лимфоцитов позволило выяснить, что система образования специфического ответа на чужеродный антиген сложна и многоступенчата. Оказалось, что в этом процессе участвуют макрофаги и дендритные клетки, которые перерабатывают антиген и представляют его лимфоцитам в комплексе с определенными молекулами. И конечно, на всех этапах развития иммунного процесса все клетки

постоянно «переговариваются» при помощи особых информационных молекул — цитокинов, которые взаимодействуют с рецепторами на поверхности клеток. Сейчас известны сотни разнообразных цитокинов и рецепторов, и ученые постоянно открывают новые.

Специфический иммунитет стали называть адаптивным, поскольку при поступлении в организм нового антигена иммунная система приспосабливается к нему, налаживая продукцию антител или специфических эффекторных клеток. Заметим, что специфичность к каждому антигену в геноме не записана, а ее носители — соответствующие специфические клетки — есть в организме фактически к любому возможному антигену и получают в результате мутаций. Успехи в изучении этого типа иммунитета привели к прорыву в прикладной иммунологии. В частности, разработаны технологии, в основе которых лежит использование моноклональных антител (антител одной специфичности): иммуноферментный анализ, фенотипирование клеток. Они принципиально повысили возможности диагностики инфекционных, аутоиммунных, онкологических и других заболеваний, связанных с подавлением или излишней активностью работы иммунной системы.

Иммунодефициты, как известно, могут быть врожденными (болезни, связанные с врожденными поломками в иммунной системе) и приобретенными (патологии, вызванные повреждением компонентов иммунной системы радиацией, химическими веществами, а чаще всего инфекцией — например, ВИЧ). Показано, что недостаточность функционирования иммунной системы сопутствует самым разнообразным хроническим заболеваниям и препятствует ликвидации очага воспаления. Для лечения таких болезней разработано и выпускается большое количество иммуномодулирующих

препаратов на основе активных веществ из тимуса и костного мозга, где происходит образование соответственно Т- и В-лимфоцитов, либо из микроорганизмов; созданы даже синтетические аналоги этих веществ. Фактически те же иммуномодуляторы, но в постепенно увеличивающихся дозах, могут использоваться и для кардинального лечения аллергических болезней, которые, как стало ясно, связаны с гиперреактивностью иммунной системы.

Очевидные успехи в изучении адаптивного иммунитета отодвинули исследования врожденной и неспецифической резистентности организма на периферию интересов иммунологии. Долгое время считалось, что лимфоцит с его ярко выраженной специфичностью — чуть ли не единственная иммунокомпетентная клетка в организме, остальным же отводили в лучшем случае вспомогательную роль. Новые поколения иммунологов не знают или не помнят работы, сделанные на млекопитающих животных, выращенных в стерильных условиях и погибающих от микробного шока при переводе их в обычную среду. Забыли, видимо, и о наблюдениях, касающихся длительного пребывания людей в замкнутых пространствах (например, поллярников), также доказывающих важную роль естественного иммунитета в защите организма от инфекции. К слову, у более 98% многоклеточных организмов нет адаптивного иммунитета с Т- и В-лимфоцитами, есть лишь факторы естественной резистентности. Тем не менее они не только успешно справляются с инфекцией, но и не страдают от онкологических и аллергических болезней.

Между тем в иммунологии в последнее десятилетие явно стали накапливаться теоретические и практические вопросы, решение которых важно для клиники. Их крайне сложно объяснить или решить с точки

зрения определяющей роли адаптивного иммунитета. Перечислим лишь некоторые из них.

В последние десятилетия растет заболеваемость людей различными аллергическими заболеваниями, причем зачастую это полиаллергии к различным аллергенам. Четкие причины этого роста пока неясны, хотя гипотез много.

Резко возросло и количество так называемых псевдоаллергических заболеваний, клиническая картина которых не отличается от истинной аллергии, но развиваются они без участия специфических антител. Механизмы развития псевдоаллергии неясны, а от этого зависят подходы к ее лечению.

Существенно увеличилось число людей, страдающих хроническими инфекциями, причем вызывают их отнюдь не высокопатогенные микроорганизмы (как, например, вирусы гепатитов), а те, которые длительное время могут бессимптомно находиться в составе микрофлоры организма (на слизистых оболочках, коже, в различных тканях организма). Причины этих процессов также долго оставались невыясненными.

Среди нормальной микрофлоры организма имеются многочисленные микроорганизмы, к которым он не проявляет иммунных реакций (толерантен). То же отмечается и к продуктам питания, многие из которых обладают высокой антигенностью и частично поступают в организм через эпителиальный слой в неперевааренном виде (так называемая ротовая толерантность). В норме у человека к таким антигенам не образуется антител. Механизмы образования такой толерантности трудно объяснить на основании теории Т-, В-иммунитета.

Мы привели лишь часть из множества вопросов, ответы на которые необходимы для дальнейшего развития иммунологии и на которые невозможно ответить с точки зрения сформировавшегося подхода.

Лекторский Образраспознающие рецепторы

В 1989 г. Карл Джановой предположил, что на поверхности клеток человека расположены генетически запрограммированные образраспознающие рецепторы, которые узнают молекулярные структуры, наиболее часто повторяющиеся на поверхности микроорганизмов [1]. Видимо, эти рецепторы (поначалу названные молекулярными формами, ассоциированными с патогеном) должны определять специфичность реакции врожденного иммунитета на внедрение в организм патогенной микрофлоры. В то время Джановой мог привести в доказательство своей гипотезы лишь маннозолектиновые рецепторы — белки, связывающиеся с бактериальным моносахаридом (маннозой) и вызывающие активацию комплемента и макрофагов. Логика подсказывала, что для идентификации всех микроорганизмов на клетках макроорганизма должно быть всего несколько сотен подобных рецепторов. И действительно, вскоре они были найдены, и сейчас чуть ли не каждый месяц открывают новые.

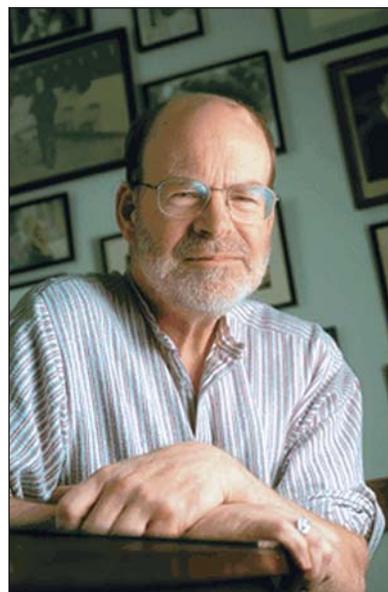
Наиболее изучено семейство сигнальных белков — Toll-подобные рецепторы (TLR, Toll-like receptors), названные так по аналогии с Toll-рецепторами, которые впервые были обнаружены в 1992 г. у плодовой мушки (*Drosophila melanogaster*). Toll-белок участвует в эмбриональном развитии дрозофилы, а именно регулирует дорзовентральную (спина—брюшко) полярность насекомого. Спустя четыре года было замечено, что дрозофилы, мутантные по этому рецептору, гибнут от грибковой инфекции, но устойчивы к другим инфекциям. Это было первым указанием на то, что Toll-белки первыми оповещают (Toll в переводе с английского — звонить) иммунную систему о появлении патогена. Вскоре

у дрозофилы были обнаружены Toll-рецепторы, отвечающие за резистентность к другим микроорганизмам [2]. Стало ясно, что эти рецепторы принимают участие в защите организма от инфекций.

Впоследствии TLR были найдены также у растений, амфибий, рыб и других животных. У человека к настоящему времени уже идентифицировано 13 генов, кодирующих синтез TLR, и это скорее всего только начало [3, 4]. Судя по всему, TLR — наиболее древнее семейство белков среди образраспознающих рецепторов.

По химическому составу TLR представляют собой трансмембранные гликопротеиды, характеризующиеся повторами, обогащенными лейцином. Подобные структуры пространственно образуют форму подковы, которая, как полагают, формируется с учетом молекулярных форм, ассоциированных с патогеном. Это обеспечивает специфическое соединение каждого вида TLR с определенным типом молекул, присутствующих у большой группы микроорганизмов, но отсутствующих в организме хозяина. Специфичность присоединения, видимо, определяется третичной структурой этих молекул [5].

Большинство TLR располагаются на поверхности клеток, реже — в цитоплазме, в области аппарата Гольджи. На мембране клеток обычно находятся те TLR, которые связываются с микроорганизмами, развивающимися вне клеток (бактериями, простейшими, грибами). На вирусы же и другие внутриклеточные микробы нацелены TLR, сидящие на внутренних структурах клеток. Работают TLR, как оказалось, парами, что помогает распознавать значительно больше типов веществ. И если сначала казалось, что TLR узнают лишь молекулярные структуры, характерные для различных микроорганизмов, то в последнее время накапливаются данные о том, что они



Карл Джановой.

могут реагировать на разнообразные аллергены [3].

TLR обнаружены на многих клетках организма и в первую очередь на тех, которые отвечают за врожденный иммунитет: макрофагах, дендритных клетках, эозинофилах, тучных клетках, нормальных киллерах. Найдены они также на Т- и В-лимфоцитах [6].

Наружная часть TLR, которая имеет вид подковы, специфически соединяется с молекулярной структурой, характерной для определенного типа микроорганизмов. Другая часть молекулы при этом претерпевает изменения, ведущие к активации одного из путей передачи сигнала с периферии клетки к ядру. Далее в результате активации ядерных факторов начинается транскрипция РНК с последующим синтезом белков. Клетка активируется — в ней происходит активный синтез разнообразных цитокинов [7, 8].

Итак, спустя сто лет после открытия в организме факторов естественного иммунитета оказалось, что все их реакции, которые развиваются в ответ на внедрение в организм патогенного микроорганизма, являются

высоко специфичными. Но в отличие от адаптивного иммунитета, где специфичность проявляется к каждому из миллионов возможных антигенов, в арсенале врожденного иммунитета ограниченное число рецепторов, специфичных для консервативных микробных структур, присутствующих всему классу патогенов. Например, липополисахарид, который связывается с TLR4, есть у всех грамотрицательных бактерий. Еще одно важное отличие реакций врожденного иммунитета в том, что они развиваются быстро — в течение одного-двух часов, а для адаптивных реакций требуется свыше двух суток. Это легко объясняется: зрелые клетки естественного иммунитета уже присутствуют в организме, а для размножения и созревания специфических лимфоидных клеток адаптивного иммунитета требуется время.

Но самым неожиданным было обнаружение TLR на делящихся клетках эпителия (в основном кожного) и эндотелия [9]. Ведь ранее считалось, что эпителиальные покровы тела представляют собой не более чем механический барьер на пути инфекции — в этом смысле их сравнивали даже с панцирем черепахи. Из этого следует, что, проникая через слизистую оболочку или кожу, инфекционный агент сразу же сталкивается с мощным специфическим ответом врожденной иммунной системы, которая, мгновенно распознав тип внедрившегося агрессора, быстро развертывает действия по его уничтожению либо самостоятельно, либо привлекая адаптивный иммунитет. Получается, что образ распознающие рецепторы дирижируют оркестром не только врожденного иммунитета, но и адаптивного.

В свете новых открытий

Первым на внедрение патогенного микроорганизма в организм реагирует именно врожденный иммунитет. Происходит это следующим образом. Патогенный микроорганизм входит в слизистую оболочку. Ее эпителиальные клетки с помощью TLR узнают и идентифицируют его — определяют, к какому классу патогенов он относится (граммотрицательным или грамположительным бактериям, грибам, вирусам и т.п.). В результате эпителиальные клетки соответствующим образом активируются и начинают синтезировать множество молекул, в том числе сигнальные молекулы — хемокины (цитокины, которые стимулируют движение других клеток к месту, где они образуются). Они обеспечивают привлечение к этому месту различ-

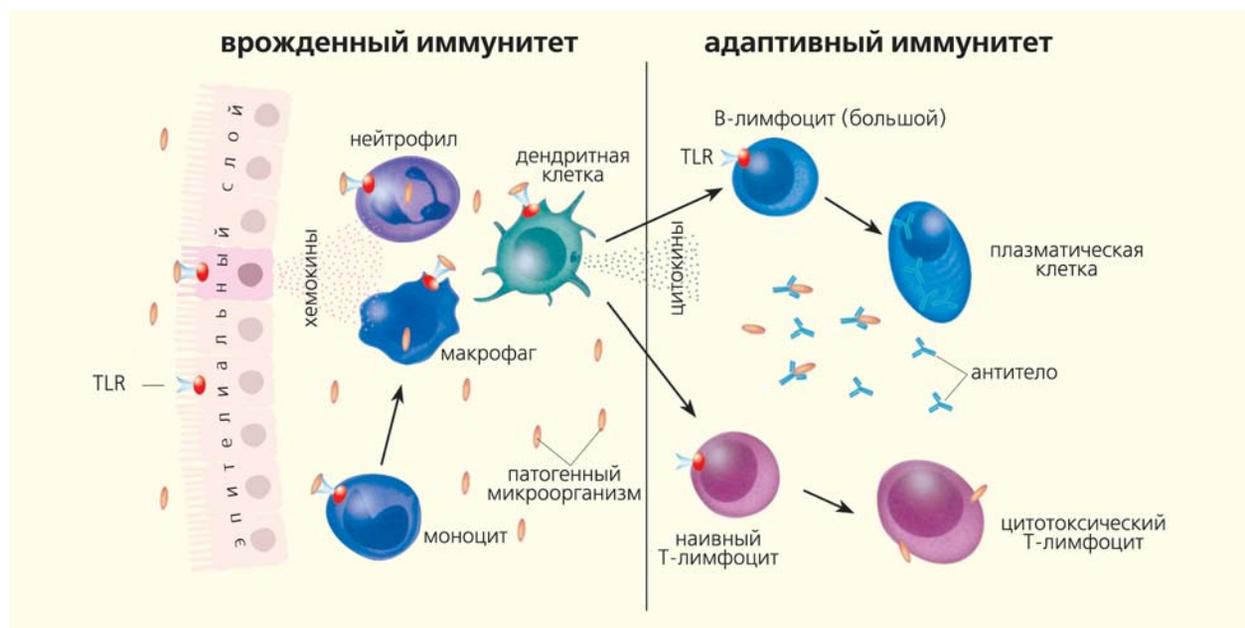


Схема иммунного ответа на внедрение патогенных микроорганизмов. Входя в эпителиальный слой, они присоединяются к TLR и активируют их. Клетки эпителия начинают продуцировать хемокины, которые привлекают к этому месту клетки врожденного иммунитета — нейтрофилы и макрофаги. Они фагоцитируют (пожирают) вторгшиеся микробы. Если микроорганизмов много, они активируют TLR на клетках врожденного иммунитета. С одной стороны, это усиливает фагоцитоз микроорганизмов. С другой — дендритные клетки передают переработанный микробный антиген в комплексе с молекулой MHC2 на T- и B-лимфоциты и продуцируют набор цитокинов. В результате развивается адаптивный иммунный ответ по первому типу (созревают цитотоксические T-лимфоциты, убивающие микроорганизмы) или по второму типу (созревают плазматические клетки, которые продуцируют антитела, связывающие микроорганизмы).

ных клеток иммунной системы — макрофагов, нейтрофилов, базофилов, эозинофилов и тучных клеток, которые также активируются веществами вторгшегося патогена. В результате организуется воспалительный микроочаг, который быстро справляется с внедрившимся патогеном [3, 9, 10]. Все это постоянно происходит в организме, и мы того даже не замечаем, так как клинических проявлений, которые мы воспринимаем как болезнь, не возникает.

Если же патогенных микроорганизмов внедряется много и врожденный иммунитет с ними не справляется, подключается адаптивный иммунитет. В этом случае воспаление обычно переходит в стадию развернутого процесса с соответствующими симптомами болезни (боль, повышенная температура и др.).

Таким образом, TLR руководят реакциями не только врожденного иммунитета, но и адаптивного, т.е. определяют не только начало и характер иммунного ответа на появление в организме чужеродного, но и тип иммунного ответа.

Крайне важно еще одно свойство TLR, находящихся в эпителиальных клетках слизистых оболочек и делящихся клеток кожи, а именно — специфическая направленная регуляция микрофлоры. В нашем организме присутствует огромное количество микроорганизмов разных классов — вирусов в клетках различных тканей и органов, микробов и грибов на слизистых оболочках и в коже. Часть из них становится нормальной и постоянной микрофлорой, и к ней формируется толерантность организма — иммунные реакции не развиваются. Эта микрофлора приносит организму большую пользу: синтезирует необходимые для организма витамины, регулирует перистальтику кишечника и т.д. Механизм образования такой толерантности до сих пор не выяснен [11].

Кроме этого, через наш организм постоянно проходит множество условно-патогенных и патогенных микроорганизмов — это так называемая проходящая микрофлора. Мы давно знаем, что на поверхности кожи и особенно слизистых оболочек образуется большое количество антимикробных веществ, которые останавливают или тормозят размножение этих микроорганизмов. Открытие на эпителиальных клетках TLR в значительной степени проясняет механизмы такого антимикробного действия. Теперь понятно, каким образом активируется выброс через слизистые оболочки в просвет кишечника более 90% образующихся в организме нейтрофилов и как осуществляется направленная специфическая регуляция проходящей микрофлоры врожденной иммунной системой.

До последнего времени основное внимание ученых и медиков было направлено на борьбу организма с патогенной и условно-патогенной микрофлорой, обитающей на наших слизистых оболочках и коже, и мало кто задумывался о возможной роли таких микроорганизмов в регуляции и поддержании нормальной активности иммунной системы. Вместе с тем давно полученные данные указывают на важнейшую роль этой разнообразной микрофлоры в поддержании нормальной активности иммунной системы нашего организма. Существование млекопитающего, в том числе человека, без микробов вполне возможно, о чем свидетельствуют уже упомянутые работы с животными, которых содержали в стерильных камерах. Однако для их жизни требуется принципиально иное питание, и вывод их из стерильных условий без предварительной адаптации заканчивается быстрой гибелью от микробного шока [12].

Нечто подобное происходит и с людьми. После длительного пребывания в замкнутых пространствах у них (например, у по-

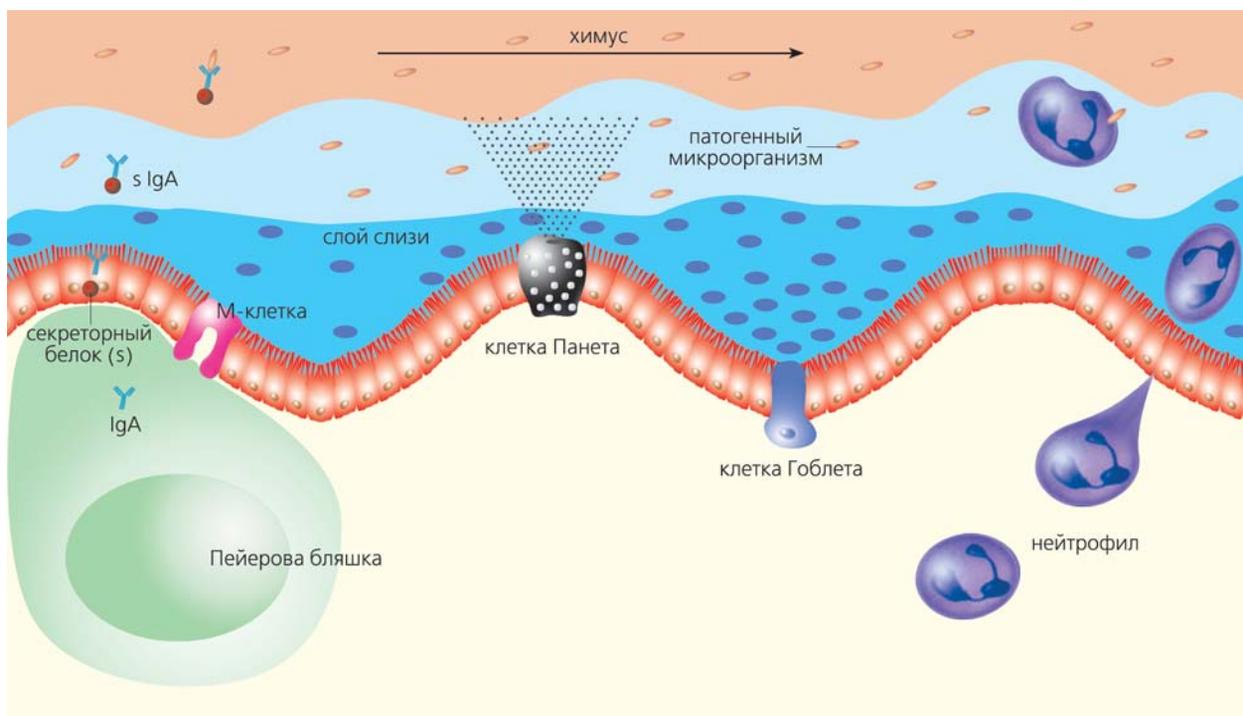
лярников или космонавтов) резко обедняется состав микрофлоры, остаются лишь те микроорганизмы, к которым организм толерантен. Заметим, что общее количество биомассы микроорганизмов при этом не меняется. После возвращения людей в обычные условия у них развиваются острые респираторные заболевания и катар кишечника, которые обычно быстро проходят [13]. Эти состояния назвали «болезнью первого порта» (название пошло с тех времен, когда полярники, много месяцев находившиеся на зимовке в Антарктиде в замкнутом коллективе, после первой остановки ледокола в Сиднее все без исключения заболели ОРЗ и диспепсиями).

С теми же причинами, очевидно, связан резкий рост числа аллергических заболеваний во всем мире. Однако хорошо известно, что люди, живущие в сельской местности, этими болезнями страдают гораздо реже, нежели городское население развитых стран, где санитарно-гигиенические условия много лучше (что позволяет избегать эпидемий). У сельских жителей обсемененность тела микроорганизмами существенно выше и иммунная система находится в «тренированном» состоянии.

Еще со времен Мечникова доказано, что регулярный прием пробиотиков (например, кисломолочных продуктов, содержащих живые полезные для организма микробы) ведет к сокращению заболеваемости аллергиями и повышает устойчивость организма к инфекциям. А ведь эти микробы — проходящая для организма микрофлора, ибо после окончания их приема они быстро исчезают.

Все указывает на важность микрофлоры в поддержании нормальной работы иммунной системы организма, и теперь мы можем объяснить механизмы этого явления.

Toll-подобные рецепторы генетически обусловлены, поэтому в небольших количествах они присутствуют на клетках



Регуляция микробного биоценоза эпителиальными клетками в желудочно-кишечном тракте. Микроорганизмы через TLR присоединяются к эпителиальным клеткам, в результате чего они активируются. Разные типы эпителиальных клеток выполняют различные функции. Активированные эпителиальные клетки Гоблета продуцируют слизь, в которой живут и размножаются полезные для организма хозяина микроорганизмы — истинная микрофлора, к которой организм толерантен, и условно-патогенные микроорганизмы, на которые воздействуют факторы иммунной системы, резко ограничивая их деление. В просвете кишечника, вне слизи микробы не размножаются и гибнут. Активированные эпителиальные клетки Панета продуцируют антимикробные вещества, которые выбрасываются в просвет кишечника и нейтрализуют микроорганизмы. Активированные эпителиальные М-клетки передают в Пейеровы бляшки и другие лимфоидные образования слизистой оболочки подготовленный ими микробный антиген в комплексе с белковой молекулой, что запускает синтез специфических антител, относящихся к классу иммуноглобулинов А (IgA). Наконец, активированные эпителиальные клетки привлекают нейтрофилы и стимулируют их выход в просвет кишечника. В сумме все эти факторы подавляют размножение микроорганизмов.

естественного иммунитета (как, впрочем, и на других клетках организма) уже при рождении ребенка. Есть они и на клетках безмикробных животных, хотя и в минимальном количестве. Лишь после контакта с микрофлорой количество рецепторов увеличивается [14]. Следовательно, клетки нашего организма в зависимости от количества проявляющихся на них TLR могут находиться в активном и неактивном состоянии. Для активации клеток, т.е. для увеличения на них количества TLR, должно происходить постоянное их раздражение микробными продуктами. Однако нор-

мальная постоянная микрофлора эту функцию активации TLR на клетках выполнять не может, поскольку к ней они толерантны. И только проходящая микрофлора, куда входят и условно-патогенные микроорганизмы, может поддерживать клетки врожденного иммунитета в активном состоянии. Именно поэтому она крайне важна для организма.

* * *

На рубеже столетий иммунология вновь вышла на принципиально новый уровень. Открыта общая регуляторная система TLR, которая координирует весь

иммунитет. Когда в организме появляется небольшое количество чужеродного антигена, в борьбу вступает лишь эволюционно старая система врожденного иммунитета. Если же она не справляется, TLR подключают и регулируют новое эволюционное приобретение — адаптивный иммунитет. Не менее важно, что за счет TLR иммунная система, кроме всего прочего, следит за набором микроорганизмов, оптимальным для жизнедеятельности человека.

Ясно, что сдвиги в составе TLR и нарушения их регуляторной функции могут стать при-

чиной самых разных патологий. Так, снижение активности TLR сказывается на микробном биоценозе. И тогда условно-патогенная микрофлора становится постоянной микрофлорой организма, что приводит к атипичным формам воспалительных процессов, вызываемых условно-патогенными микроорганизмами, которые при нормальном состоянии TLR не развиваются. Повышен-

ная активность TLR, напротив, связана с развитием аллергических и аутоиммунных заболеваний. Вполне вероятно также, что патологические состояния в организме, вызванные пониженной активностью одних TLR, могут приводить к повышению активности других с развитием соответствующих недугов [15, 16].

Несомненно, что новая иммунология делает лишь первые

шаги, и для практической медицины, видимо, еще рано делать конкретные выводы. Тем не менее уже сейчас готовятся к выпуску лекарственные препараты, блокирующие или активирующие TLR. Вероятно, вскоре последуют открытия более эффективных методов лечения хронических воспалительных процессов, в том числе аллергических, и способы профилактики их возникновения. ■

Литература

1. Janeway C.A. // *Quant. Biol.* 1989. V.54. P.1—13.
2. Medzhitov R., Preston-Hurlburt P., Janeway C.A. // *Nature*. 1997. V.388. №6640. P.394—397.
3. Heine H., Lien E. // *Int. Arch. Allergy Immunol.* 2003. V.130. №3. P.180—191.
4. Myriam A., Fenton M.J. // *Genome Biology*. 2002. V.3. №1. P.3011—3026.
5. Werling D., Jungi T.W. // *Vet. Immunol. Immunopathol.* 2003. V.91. №1. P.1—16.
6. Bellou A., Schaub B., Ting L., Finn P.W. // *Curr. Opin. Allergy Clin. Immunol.* 2003. V.3. №6. P.487—499.
7. Akira S., Takeda K. // *Nat. Rev. Immunol.* 2004. V.4. №7. P.499—511.
8. O'Neill L.A., Dunne A. // *J. Endotoxin Res.* 2003. V.9. №1. P.55—59.
9. Pierre K.B., Guarner F., Braesco C. // *Amer. J. Clin. Nutrition.* 2003. V.78. №4. P.675—692.
10. Akira S., Sato S. // *Scand J. Infect. Dis.* 2003. V.35. №9. P.555—562.
11. Pasare C., Medzhitov R. // *Curr. Opin. Immunol.* 2003. V.15. №6. P.677—689.
12. Чахава О.В. Гнотобиология. М., 1972.
13. Лебедев К.А., Петров П.В. // *Успехи современной биологии*. 1971. Т.71. №2. С.235—249.
14. Erickson K.L., Hubbard N.E. // *J. Nutr.* 2000. №130 (suppl.). P.403—420.
15. Baasen J., Chisholm D., Lebet L. et al. // *J. Allergy and Clin. Immunol.* 2005. V.116. P.185—195.
16. Tsuji R.F., Hoshino K., Noro Y. et al. // *Clin. Exp. Allergy*. 2003. V.33. P.249—258.

Арктика постоянно загрязняется промышленными и сельскохозяйственными поллютантами, которые приносятся воздушными и океанскими течениями. Недавние исследования на о.Девон (Канадский Арктический архипелаг), где каждое лето селятся миллионные колонии глупышей (*Fulmarus glacialis*), показали, что свой вклад в ухудшение экологической обстановки заполярных областей вносят и морские птицы: в местах их гнездований концентрации ртути, ДДТ, полихлоруглеводородов, пестицидов и других опасных соединений в 60 раз превышают уровни загрязнения в зонах, не занятых колониями птиц. Это объясняется тем, что глупыши, питающиеся мелкими рыбами и ракообраз-

ными, в организме которых содержатся поллютанты, выносят вредные вещества с пометом на сушу.

Sciences et Avenir. 2005. №703. P.41 (Франция).

Проведенные итальянскими химиками исследования вод р.По дали неожиданный результат: ежесуточно они переносят 4 кг кокаина. Его антропогенное происхождение не вызывает сомнений, поскольку в реке находится близкое количество мочевого метаболита кокаина. Такое количество наркотика соответствует 40 тыс. дозам, в то время как постоянных его потребителей в долине р.По зарегистрировано лишь 15 тыс. Сейчас ведется количественный анализ реч-

ной воды и по другим видам наркотиков.

Sciences et Avenir. 2005. №703. P.23 (Франция).

Генетик Дж.Хэй (J.Неу; Рутгерский университет, США) пришел к выводу, что все современные американские индейцы произошли не более чем от 70 человек из группы людей, пришедших в Америку из Азии через Берингов пролив в конце последнего оледенения, около 14 тыс. лет назад (вся группа не превышала по численности 200—250 человек). Это заключение стало результатом изучения вариаций ДНК у индейцев и жителей Северо-Восточной Азии.

La Recherche. 2005. №389. P.18 (Франция).



Магические кластеры и другие атомные конструкции

Самоорганизация упорядоченных наноструктур на поверхности кремния

А.В.Зотов, А.А.Саранин

В 1965 г. американский физик-электронщик Г.Мур обнаружил интересную закономерность в развитии микроэлектроники [1]. Она широко известна теперь как закон Мура и гласит: «Число транзисторов на кристалле микросхемы удваивается каждые два года», причем происходит это, в первую очередь, за счет уменьшения размеров транзисторов и других элементов микросхемы. Удивительно, но вплоть до настоящего времени (т.е. уже на протяжении 40 (!) лет) не наблюдается замедления этого темпа роста интеграции микросхем, и закон Мура остается справедливым. Это позволяет заглянуть в будущее и убедиться, что примерно на рубеже 2015–2020 гг. микроэлектроника должна достичь физического предела, когда отдельный элемент микросхемы будет состоять из нескольких атомов, а его размер окажется порядка 1 нанометра ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$, для сравнения: размер атома Si — его удвоенный ковалентный радиус — равен 0.24 нм). В этом случае осуществится переход от микроэлектроники к наноэлектронике.



Андрей Владимирович Зотов, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией технологии двумерной микроэлектроники Института автоматики и процессов управления ДВО РАН (Владивосток), профессор кафедры электроники Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. Изучает процессы формирования наноструктур методами сверхвысоковакуумных технологий.



Александр Александрович Саранин, доктор физико-математических наук, заведующий отделом физики поверхности того же института, профессор кафедры физики и техники материалов для полупроводниковой микроэлектроники Дальневосточного государственного университета. Область научных интересов — атомные процессы на поверхности полупроводниковых кристаллов.

Играем в конструктор из атомов

Чтобы этот переход действительно свершился, во всем мире ведутся широкомасштабные исследования, а физика и технология наносистем (т.е. атомных систем, имеющих размеры нанометрового масштаба) стали в наши дни наиболее приоритетными направлениями развития физики твердого тела и материаловедения. Так как существующие (традиционные) методы создания полупроводниковых микросхем не годятся для формирования наноструктур, перед исследователями стоит задача разработки принципиально новых

технологий. В настоящее время наиболее перспективными считаются два подхода, которые можно условно назвать

- атомная сборка,
- самоорганизация.

Идея атомной сборки была предложена еще в 1960 г. знаменитым американским физиком Р.Фейнманом: чтобы собрать нужную наноструктуру из отдельных атомов, необходимо просто поместить нужный атом в нужное место [2]. Эта, казалось бы, фантастическая мысль стала реальностью с изобретением сканирующего туннельного микроскопа. Так как по ходу рассказа мы еще не раз упомянем сей замечательный прибор (в частности, большинство иллюстраций в статье представляют собой изображения поверхности, полученные с его помощью), имеет смысл дать о нем краткую информацию.

Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ) был изобретен сотрудниками швейцарского отделения фирмы «IBM» Г.Биннигом и Г.Рорером в начале 1980-х годов, за что в 1986 г. им была присуждена Нобелевская премия по физике. Принцип работы СТМ несложен. Очень острая металлическая (например, вольфрамовая) игла (в идеале с одним атомом на острие) максимально близко подводится к поверхности исследуемого образца (на расстоянии примерно 0.5–1.0 нм), но не касается его. В этом случае возникает вероятность квантового туннелирования (квантового перескока) электронов через этот промежуток. А если приложить напряжение между иглой и образцом, то через промежуток потечет туннельный ток. Направление тока, естественно, зависит от полярности приложенного напряжения, а величина — от ширины промежутка, причем драматическим образом. Так, изменение ширины лишь на 0.1 нм меняет ток на порядок величины, а если поддерживать ток постоянным с точностью 2%, то ширина промежутка будет оставаться неизменной с точностью 0.001 нм! Принципиально важно, что до 90% тока протекает через промежуток между «последним» атомом иглы и ближайшим к нему атомом исследуемой поверхности. Сканируя иглой поверхность образца и контролируя туннельный ток, можно получить топографическое изображение поверхности. А так как ток крайне локализован и сильно зависит от высоты рельефа поверхности, то получаемое изображение имеет чрезвычайно высокое разрешение: во многих случаях можно различить отдельные атомы, т.е. достичь разрешения атомного. Разумеется, все перечисленное выглядит простым только на словах. На самом деле сканирующий туннельный микроскоп — это достаточно сложный (и дорогой!) прибор, включающий в себя ряд устройств, каждое из которых воплощает достижения самых современных технологий. Во-первых, это пьезоэлектрическая система позиционирования иглы относительно образца, обеспечивающая точность перемещения 0.01 нм. Во-вторых,

это совершенная система виброизоляции, без которой функционирование первой было бы просто невозможно. В-третьих, это компьютерная система, с помощью которой производится управление микроскопом, а также осуществляется сбор и обработка обширного массива данных в реальном масштабе времени. Заметим еще, что работа с атомным разрешением возможна только в чистых условиях сверхвысокого вакуума, когда плотность молекул газа в исследовательской камере примерно в 10^{13} раз меньше, чем в окружающей нас атмосфере, что тоже требует соответствующего технического обеспечения.

Дополнительное достоинство СТМ — это то, что его можно использовать не только как исследовательский прибор, но и как инструмент для воздействия на атомы поверхности. Используя межатомные силы между «последним» атомом иглы и атомом на поверхности, а также электростатические силы, действующие со стороны иглы на поверхность, или же токи высокой плотности, можно цеплять атомы к игле, перемещать их по поверхности в нужное место, удалять ненужные, осаживать дополнительные атомы с иглы. И так, для атомных манипуляций и наблюдения служит один и тот же прибор: можно сначала осмотреть поверхность, выбрать объект для манипуляций, провести их, а затем проверить результат. И все это в одном сканирующем туннельном микроскопе.

Возможность таких атомных манипуляций была впервые продемонстрирована в начале 1990-х годов группой американского физика Д.Эйглера. В качестве примера на рис. 1 показано строитель-

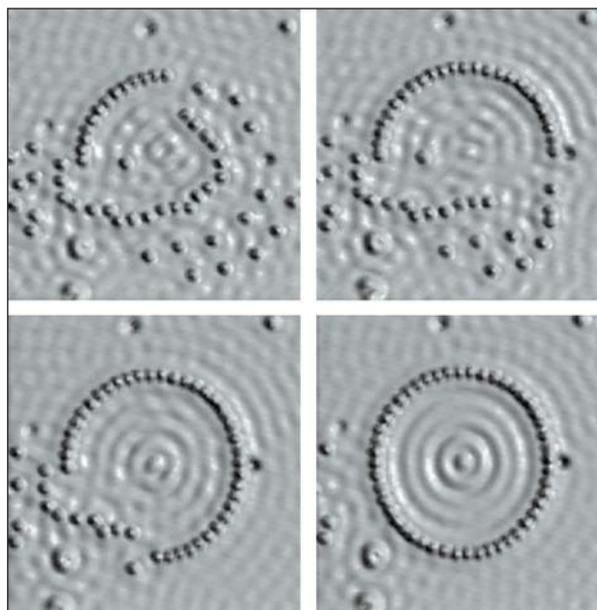


Рис. 1. Набор последовательных СТМ-изображений, которые иллюстрируют процесс формирования «квантового загона» из 48 атомов Fe, адсорбированных на поверхности Cu(111) [3].

ство «квантового загона» (окружности радиуса 7.1 нм, состоящей из 48 атомов железа на поверхности меди) [3]. Квантовый загон действует как двумерная яма цилиндрической формы для электронов поверхности. Круговые волны, видимые на СТМ-изображении внутри загона, — это стоячие электронные волны, существование которых предсказывает решение уравнения Шредингера для таких граничных условий.

Приведенный пример, конечно, достаточно эффектен, но необходимо отметить, что для формирования даже такой относительно простой наноструктуры требуются часы кропотливой работы оператора СТМ, что совершенно не годится для промышленного производства интегральных схем, где число элементов исчисляется миллионами и даже больше. В связи с этим возникло альтернативное направление формирования наноструктур — самоорганизация. Принцип самоорганизации заключается в создании таких условий, чтобы система сама стремилась образовать наноструктуру, причем в достаточно больших количествах, спонтанным образом. Изучение возможностей самоорганизации атомов металла, осажденных на поверхность кремния, для создания упорядоченных наноструктур и составляло цель нашего исследования.

Самоскладывающаяся мозаика

Примером самоорганизации может служить формирование островков нанометрового размера при осаждении чужеродных атомов на поверхность твердого тела (рис.2). Осажденные атомы

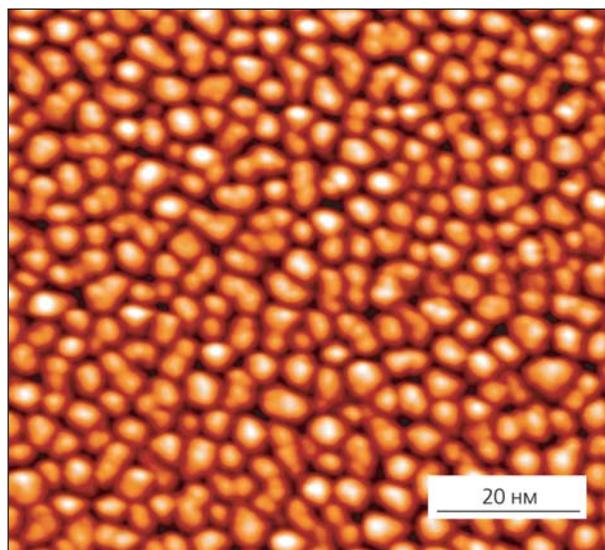


Рис.2. СТМ-изображение массива nanoостровков Si, полученных напылением пяти моноатомных слоев Si на поверхность Si(100), покрытую тонким слоем SiO₂ [4].

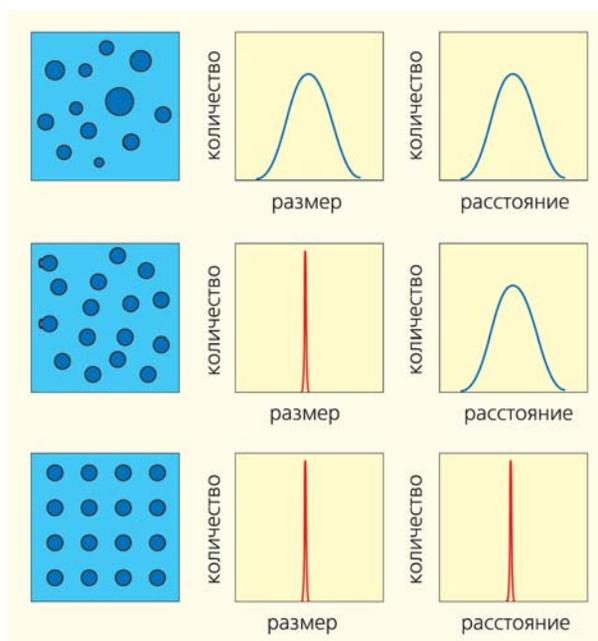


Рис.3. Типы массивов островков со схематической иллюстрацией их внешнего вида (первая колонка), распределением по размерам (вторая колонка) и по расстояниям между ближайшими островками (третья колонка). Верхний ряд — обычный массив островков. Средний ряд — неупорядоченный массив магических островков. Нижний ряд — упорядоченный массив магических островков.

мигрируют по поверхности и, соединяясь друг с другом, образуют островки. Этот процесс стохастический (случайный). Поэтому островки различаются по размеру (одни крупнее, другие мельче) и распределены по поверхности случайно (где-то они расположены гуще, а где-то реже). Однако весьма желательно, чтобы все островки были одного и того же размера — ведь от их размера сильно зависят их свойства (например, система электронных уровней). Не менее важно, чтобы этот массив был однородным, а в идеале образовывал бы упорядоченную периодическую структуру, как изображено на рис.3 в нижнем ряду.

Наши исследования [5] показали, что с помощью самоорганизации этот идеальный случай может быть реализован. Если на атомарно-чистую поверхность кремния Si(111) при температуре около 550°C в условиях сверхвысокого вакуума (~10⁻¹⁰ Торр) осадить примерно 1/3 моноатомного слоя алюминия, то на поверхности формируется упорядоченный массив нанокластеров — островков атомного размера (рис.4). Все нанокластеры идентичны: каждый из них состоит ровно из шести атомов Al. Такие кластеры называют магическими, так как число атомов в них не произвольное, а точно равно некоторому «магическому» числу (в данном случае шести). Как видно на рисунке,

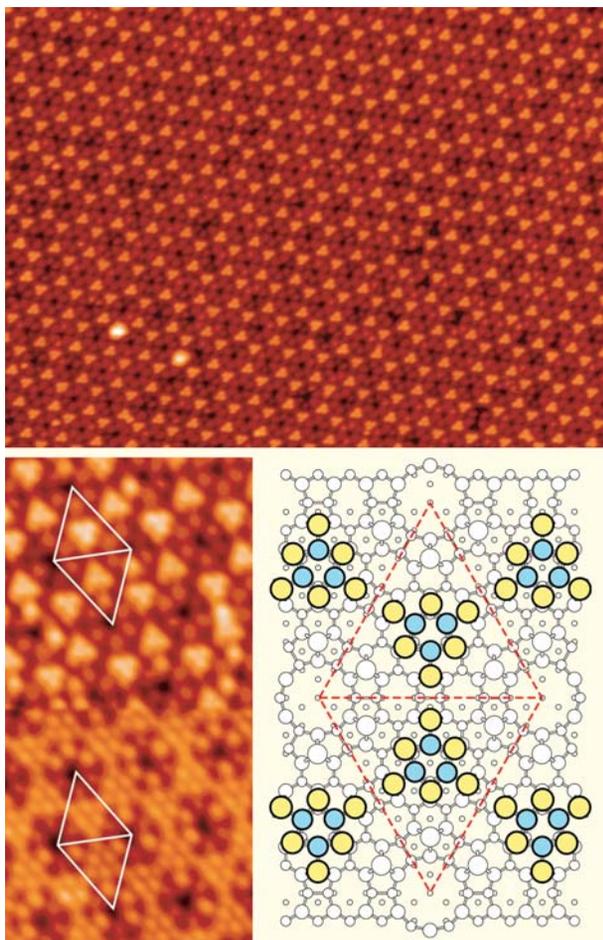


Рис. 4. Упорядоченный массив магических кластеров Al, полученный на поверхности Si(111)7×7 в результате самоорганизации осажденных атомов Al: СТМ-изображение (47×32 нм), иллюстрирующее общий вид массива (вверху) и увеличенное СТМ-изображение нанокластеров (внизу) при различной полярности потенциала на образце (+2.0 В в верхней части и -2.0 В в нижней части изображения), а также схематическое изображение атомного строения магических кластеров. Каждый кластер состоит из шести атомов Al (желтые кружки) и трех атомов Si (голубые кружки) [5].

магические кластеры образуют к тому же упорядоченную периодическую структуру. Примечательно то, что, как показали исследования других элементов, такое поведение характерно и для остальных металлов III группы: Ga [6] и In [7].

Что же позволило получить этот красивый результат? На наш взгляд, для данной системы (металл III группы на поверхности Si(111)) удачным образом совпало два положительных фактора. Во-первых, в конструкции, состоящей из шести атомов металла и трех атомов кремния, все химичес-

кие связи оказались замкнутыми, что определило высокую стабильность именно кластера M_6Si_3 . При добавлении или удалении одного или нескольких атомов такой устойчивой атомной конфигурации не возникает, и в результате самоорганизация приводит к формированию только таких магических кластеров. Второй фактор обусловлен специфическими свойствами поверхности Si(111). Атомарно-чистая поверхность Si(111) имеет кристаллическую структуру с достаточно большим периодом: он в семь раз больше периода грани (111) в объеме кремния (о такой поверхности говорят, что она «реконструирована» и имеет структуру Si(111)7×7). К тому же поверхность Si(111)7×7 имеет развитый (высокий) атомный рельеф и стабильна вплоть до достаточно высоких температур ~850°C. Благодаря таким свойствам поверхность оказывает упорядочивающее действие на зарождение и рост островков. Размер же магического кластера M_6Si_3 удачно совпал с размером элементарной ячейки 7×7, в результате чего в каждой половине ячейки помещается ровно по одному кластеру и образуется практически идеальный упорядоченный массив магических нанокластеров.

Отметив склонность металлов III группы при взаимодействии с кремнием образовывать магические нанокластеры, мы распространили свои исследования и на другие кристаллографические грани кремния, в частности на грань Si(100). (Грань Si(111) отвечает диагональной плоскости, проходящей через три вершины элементарного куба, а плоскость Si(100) соответствует грани куба.) Оказалось, что и на поверхности Si(100) можно вырастить упорядоченные массивы магических нанокластеров. Наиболее совершенные (практически идеальные) массивы получаются в случае осаждения атомов In (рис. 5), менее совершенные (упорядоченные участки имеют ограниченный размер и содержат большое число дефектов) — при осаждении Al, а вот при осаждении Ga и Tl магические кластеры не образуются. Примечательно, что возникновение упорядоченного массива нанокластеров в случае In на поверхности Si(100) не обусловлено влиянием атомного рельефа подложки Si(100), так как при формировании магических кластеров (а они имеют состав In_6Si_7) все атомы Si верхнего слоя подложки кардинальным образом меняют свои положения. Упорядочение нанокластеров, по-видимому, происходит за счет взаимодействия между кластерами. При этом на начальных стадиях роста (когда доза In, осажденного на поверхность, невелика и соответственно мала концентрация кластеров) кластеры размещаются почти хаотически, но по мере увеличения дозы и концентрации кластеров они располагаются все более и более упорядоченным образом. Это, в частности, означает, что кластеры подвижны и могут менять свое положение при температуре роста ~500°C.

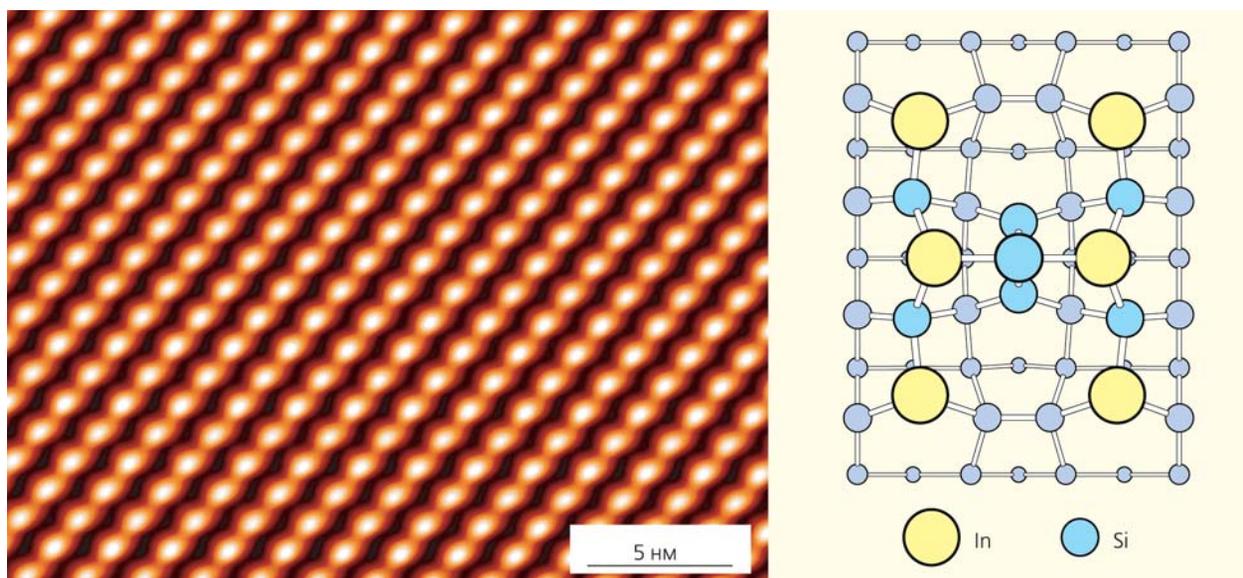


Рис.5. Упорядоченный массив магических нанокластеров In на поверхности Si(100). СТМ-изображение массива (слева) и атомное строение магического кластера (справа). Кластер состоит из шести атомов In (желтые кружки) и семи атомов Si (голубые кружки).

Между атомом и объемным телом

Из-за того, что управляемый синтез наноструктур стал возможен только в последние годы, наноструктуры — это относительно новый объект физических исследований. Сама физика наноструктур как бы заполняет «щель» между такими традиционными областями, как атомная физика (где изучаются свойства отдельных атомов) и физика конденсированного состояния (в рамках которой изучают твердотельные вещества, количество атомов в которых практически бесконечно). По сути, наноструктура — это очень маленький фрагмент твердого тела, и отличие от объемного твердого тела тут, казалось бы, только в количестве атомов. Однако оказывается, что при таких малых размерах свойства структур могут очень сильно (качественно) отличаться от свойств объемных материалов. Например, такие характеристики, как температура плавления или ширина запрещенной зоны (в случае полупроводникового кристалла), у нанокластеров отличаются от объемных значений и, более того, зависят от числа атомов в кластере. С уменьшением числа атомов температура плавления уменьшается: кристаллики золота с размером 3 нм плавятся уже при комнатной температуре, тогда как «массивное» золото — при 1064° С! А вот ширина запрещенной зоны полупроводниковых кластеров, напротив, с уменьшением числа атомов возрастает, причем немонотонным образом. Многие из удивительных свойств наноструктур нам еще неизвестны, и поэтому в настоящее время ведутся обширные и интенсивные исследования по их выяснению. Осо-

бым стимулом здесь служит то, что в будущем электронные схемы будут строиться из нанозлементов, и конструкторам просто необходимо знать свойства этих элементов.

В связи с этой важной задачей является установление связи между атомным строением и составом наноструктур (в частности, нанокластеров) и их свойствами, в первую очередь электронными. Такую задачу нам удалось решить для случая магических кластеров In на поверхности Si(100) [8]. Было обнаружено, что если на массив магических кластеров In/Si(100) добавить еще небольшое количество In (примерно 1/20 моноатомного слоя), то около половины кластеров становятся модифицированными. На СТМ-изображении эти кластеры выглядят как более яркие (рис.6). В результате детального исследования удалось выяснить: модификация кластера заключается в том, что в нем два атома Si замещаются на два атома In. Чтобы сравнить электронные свойства двух типов кластеров (модифицированного и немодифицированного), мы использовали СТМ в режиме сканирующей туннельной спектроскопии (СТС). В этом случае иглу помещают над интересующим местом поверхности (в данном случае над кластером) и, варьируя напряжение, снимают вольт-амперную характеристику этой локальной области. Продифференцированная по напряжению характеристика дает представление об энергетической структуре электронных зон. Оказалось, что обычный (немодифицированный) кластер проявляет себя как полупроводниковый материал с шириной запрещенной зоны около 1.0 эВ, а в модифицированном кластере в запрещенной зоне по-

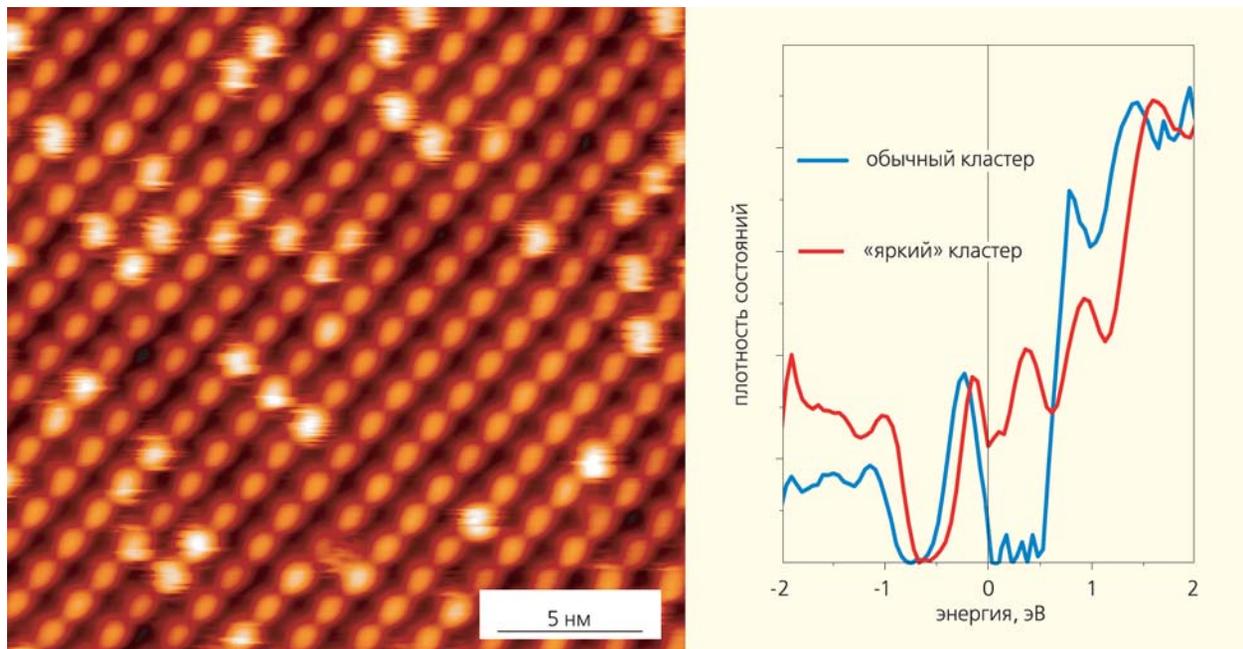


Рис.6. Легирование магических кластеров In на поверхности Si(100): СТМ-изображение массива с легированными (яркими) кластерами (слева) и данные СТС об электронной структуре кластеров (справа). Обычный кластер – полупроводник с запрещенной зоной ~1.0 эВ. У легированного (яркого) кластера в запрещенной зоне появляются дополнительные электронные состояния [7].

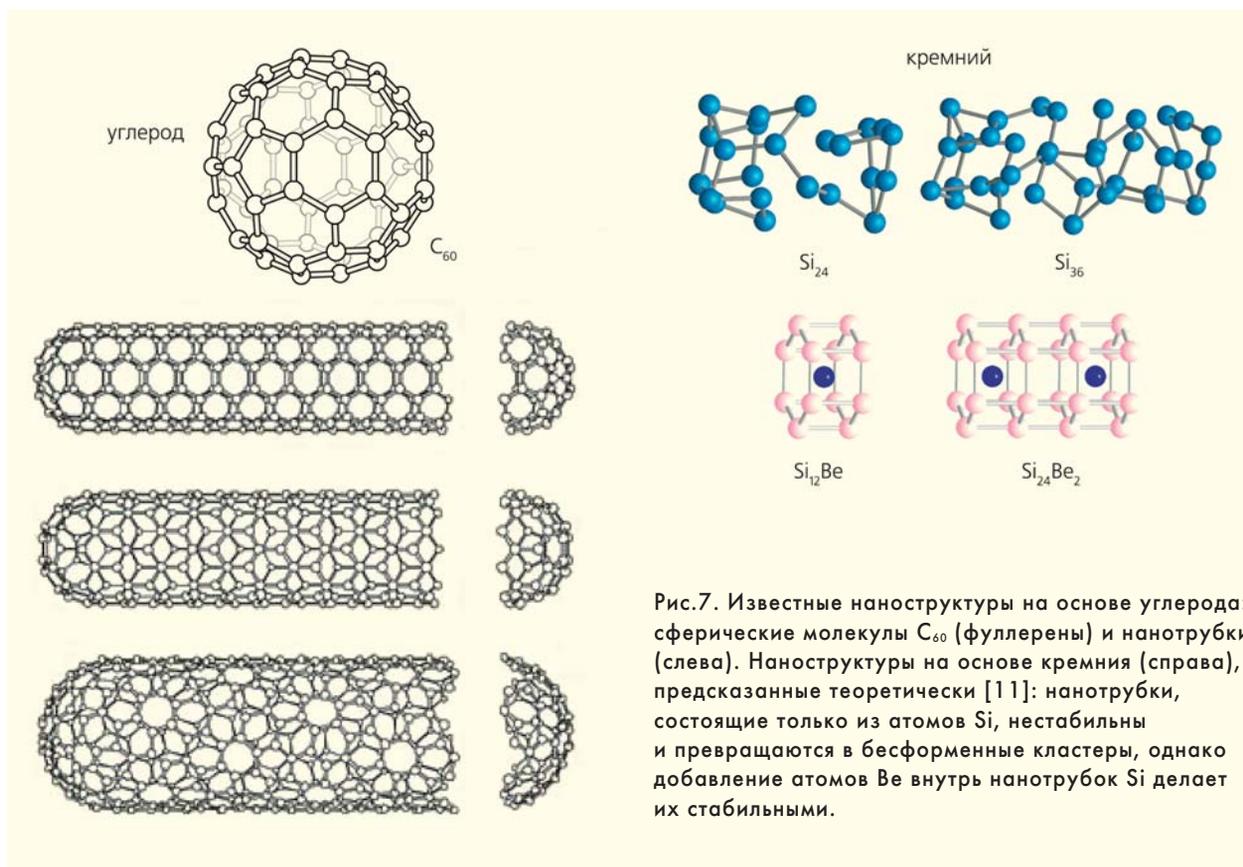


Рис.7. Известные наноструктуры на основе углерода: сферические молекулы C_{60} (фуллерены) и нанотрубки (слева). Наноструктуры на основе кремния (справа), предсказанные теоретически [11]: нанотрубки, состоящие только из атомов Si, нестабильны и превращаются в бесформенные кластеры, однако добавление атомов Be внутрь нанотрубок Si делает их стабильными.

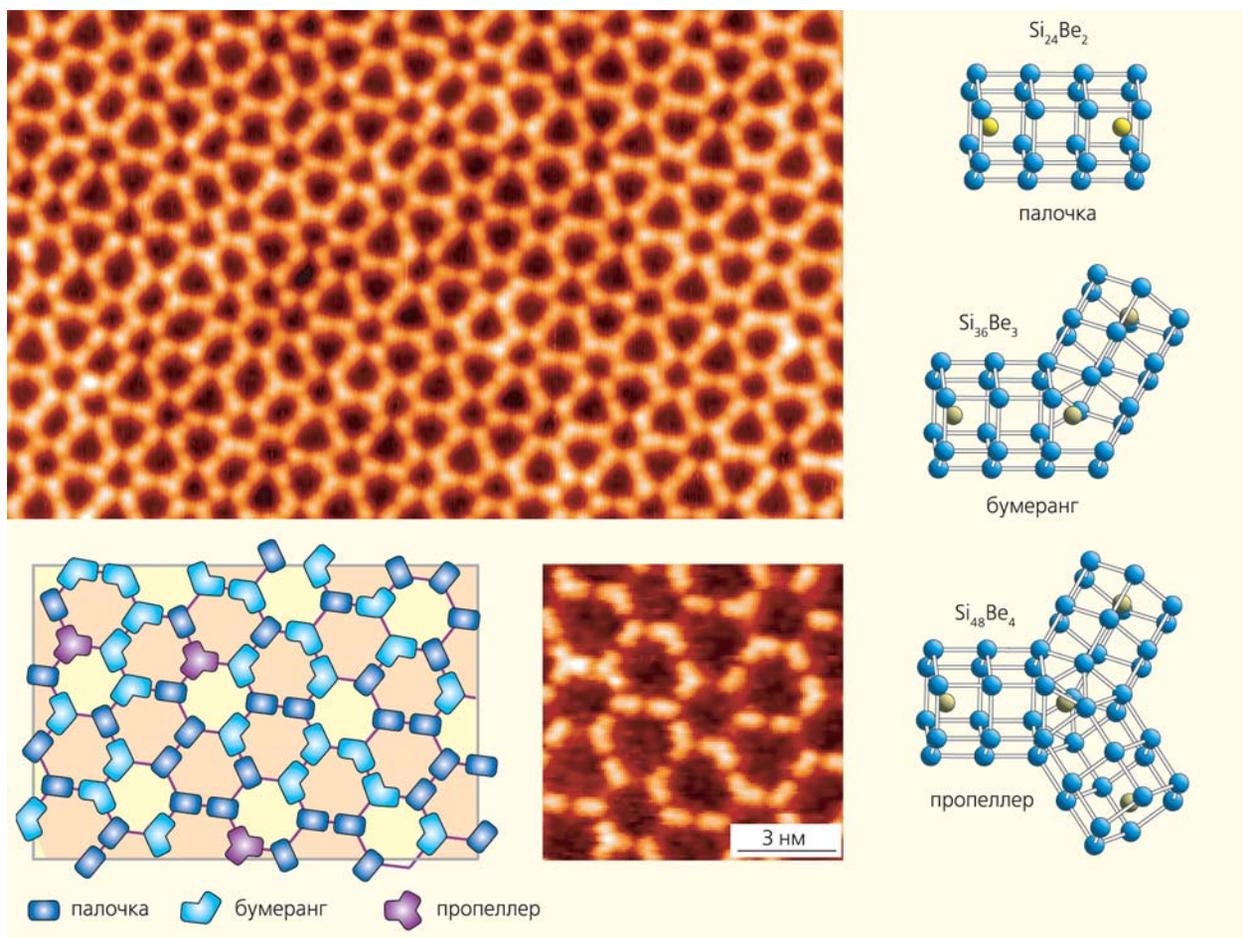


Рис.8. Самоорганизация упорядоченного массива наноструктур при осаждении атомов Be на поверхность Si(111). Общий вид массива показывает STM-изображение (вверху). Внизу слева дано схематическое изображение участка массива, представленного на STM-изображении справа. Видно, что массив образован элементами трех типов: «палочками», «бумерангами» и «пропеллерами». В правой колонке представлено предполагаемое атомное строение этих элементов [12].

являются дополнительные электронные состояния. Это совпадает с эффектом легирования объемных полупроводников, когда замена собственных атомов полупроводника атомами легирующей примеси приводит к появлению примесных уровней в запрещенной зоне. Таким образом была продемонстрирована возможность легирования нанокластеров.

В предыдущих примерах мы рассматривали самоорганизацию массивов нанокластеров. Наши эксперименты с осаждением бериллия на поверхность Si(111) показали, что самоорганизация может приводить к формированию и более сложных упорядоченных наноструктур. Мотивация к проведению этих экспериментов была следующая. В настоящее время очень значительные успехи достигнуты в области наноструктур на основе углерода. В первую очередь это касается сферических молекул C_{60} (фуллеренов) [9], за от-

крытие которых Г.Крото, Р.Кёрл и Р.Смолли получили в 1996 г. Нобелевскую премию по химии, а также углеродных нанотрубок [10], открытых японским физиком С.Иидзимой (рис.7). Учитывая, что кремний и углерод — элементы одной, IV, группы, можно ожидать существование таких же наноструктур (сферических молекул и нанотрубок) и в случае кремния. Однако несмотря на многочисленные попытки, надежных положительных результатов в этом направлении до сих пор получено не было. Большой вклад в понимание проблемы внесла теоретическая работа [11], в которой было показано, что нанотрубки, состоящие только из атомов кремния, нестабильны и необратимо трансформируются в бесформенные кластеры. Однако там же было предсказано, что если внутрь кремниевых нанотрубок поместить атомы бериллия, то нанотрубки обретают стабильность (рис.7).

Мы провели эксперименты [12] по осаждению атомов Ве на поверхность Si(111) и обнаружили образование необычных упорядоченных массивов, таких как показанный на рис.8, вверху. При внимательном рассмотрении СТМ-изображений можно заметить, что массив состоит из элементов трех типов, которые можно условно обозначить как «палочки», «бумеранги» и «пропеллеры». Было установлено, что эти элементы состоят в основном из кремния и располагаются на тонком слое силицида бериллия. Оказалось, что длина и ширина «палочки» совпадает с размерами нанотрубки $\text{Si}_{24}\text{Be}_2$, предсказанной теоретически. Сопоставление данных сканирующей туннельной спектроскопии с результатами теоретических расчетов также показало хорошее совпадение их электронных свойств: оба объекта проявляют себя как полупроводниковый материал с шириной запрещенной зоны около 1.0 эВ. Поэтому можно предположить, что «палочки» — это нанотрубки $\text{Si}_{24}\text{Be}_2$. В этом случае «бумерангу» должна соответствовать

конструкция, состоящая из двух нанотрубок и имеющая состав $\text{Si}_{36}\text{Be}_3$, а «пропеллеру» — состоящая из трех нанотрубок и имеющая состав $\text{Si}_{48}\text{Be}_4$ (рис.8, правая колонка). Следует, однако, отметить: измеренная высота элементов несколько меньше, чем предсказывает теория; это может означать, что элементы не лежат на слое силицида, а встроены в него. Очевидно, что в этом исследовании еще рано ставить точку и для подтверждения (или опровержения) сделанного предположения требуются дополнительные эксперименты с привлечением различных методов анализа наноструктур.

* * *

Как мы видим, самоорганизация — продуктивный метод формирования разнообразных упорядоченных наноструктур на поверхности кремния. Эти наноструктуры представляют собой интересный объект для дальнейших исследований и имеют принципиальную перспективу найти применение в наноэлектронике будущего. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 05-02-17824-а.

Литература

1. Moore G.E. // Electronics. 1965. V.38. №8. P.114—117.
2. Feynman R.P. // Engineering and Science (California Institute of Technology). 1960. V.23. P.22 (перепечатана в: Journal of Microelectromechanical Systems. 1992. V.1. P.60; см. также <http://www.its.caltech.edu/~feynman/plenty.html>).
3. Crommie M.F., Lutz C.P., Eigler D.M. // Nature. 1993. V.363. P.524—527 (<http://www.almaden.ibm.com/vis/stm/corral.html#stm16>).
4. Saranin A.A., Zotov A.V., Kotlyar V.G. et al. // Applied Surface Science. 2005. V.243. P.199—203.
5. Kotlyar V.G., Zotov A.V., Saranin A.A. et al. // Physical Review B. 2002. V.66. P.165401(1—4).
6. Chang H.H., Lai M.Y., Wei J.H. et al. // Physical Review Letters. 2004. V.92. P.066103(1—4).
7. Li J.L., Jia J.F., Liang X.J. et al. // Physical Review Letters. 2002. V.88. P.066101(1—4).
8. Kotlyar V.G., Zotov A.V., Saranin A.A. et al. // Physical Review Letters. 2003. V.91. P.026104(1—4).
9. Kroto H.W., Heath J.R., O'Brien S.C. et al. // Nature. 1985. V.318. P.162—163.
10. Iijima S., Ichikashi T. // Nature. 1993. V.363. P.603—605.
11. Singh A.K., Kumar V., Briere T.M., Kawazoe Y. // Nano Letters. 2002. V.2. P.1243—1248.
12. Saranin A.A., Zotov A.V., Kotlyar V.G. et al. // Nano Letters. 2004. V.4. P.1469—1473.

Земные проделки скандинавских божеств

А.А.Никонов

Над этой статьей о землетрясениях и цунами в Северной Европе я начал работать осенью 2004 г. Как в некоторых других своих исследованиях, относящихся к палеосейсмологии [1], пытаюсь удлинить ряд наблюдений над экстремальными природными явлениями, обратился к некоторым сюжетам, запечатленным в древнем эпосе народов, заселяющих эту территорию. Тогда это могло показаться упражнением на тему, достаточно далекую от насущных забот европейцев. Но 2004 г. перед самым своим завершением принес сюрприз в виде природного катаклизма почти глобального масштаба, став Годом цунами. И хотя катастрофа произошла в Азии, заволновалась и Европа. Похоже, свидетельства народного фольклора становятся актуальными. Напомним, что от декабрьского цунами спаслись, в частности, те коренные жители побережий Индонезии и Шри-Ланки, которые помнили предания предков о губительной волне и заранее ушли в горы.

Земля легенд и легенды Земли

Основные легенды европейского севера записаны в XIII в. в своеобразных сборниках поэтической языческой ми-



Андрей Алексеевич Никонов, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Института физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН. Область научных интересов — сейсмотектоника, палеосейсмичность, природные опасности. Постоянный автор «Природы».

фологии — «Старшая Эдда» и «Младшая Эдда» [2, 3]. Предания повествуют, в подчас туманном и трудно расшифровываемом виде, о событиях более ранних, скорее всего происходивших до XI в., поскольку Исландия была христианизирована в 1000 г. Считается, что отраженные в фольклоре события имеют реальную основу, трансформированную в духе верований своего времени.

На сюжеты, в которых явно описаны сотрясения земли, обратили внимание уже в начале XX в. [4]. Так, по преданию, Лоти, гений и злодей в сонме скандинавских божеств, сеял зло по всей Скандинавии, за что и был прикован богами к скале. Когда он поворачивался на острых камнях, земля сотрясалась. Или другой вариант: после смерти одного из правителей, конунга Бальдра, сына верхов-

ного бога Одина, по злому умыслу того же Лоти, умершего не могли отправить в загробное плавание, так как ладья с его телом никак не сдвигалась в море. Позвали великаншу, которая одним толчком сдвинула ладью так, что с каменных катков посыпались искры и вся земля задрожала.

Отражены в сагах и некоторые важные для нашего палеосейсмического сюжета «общегеографические» темы. Древние скандинавы, первоначально полагая, например, что много веков назад не существовало ни неба, ни земли, ни моря, сводили всю Вселенную к двум областям — вечного холода и бушевавшего пламени. (Это ли не отражение главных реальных условий местообитания исландцев?) Неудивительно, что первые герои сказаний — злые и сильные великаны холода, глав-



Верховный бог древних скандинавов, «отец мира» Один. Скульптор Г.Э.Фрейд. Первая половина XIX в. Национальный музей Копенгагена.



Сын Одина — Тор.

ный из которых, Имйр, был вскормлен огромной коровой, что тоже напоминает местные реалии — исландцы, не знавшие земледелия, возрастали на коровьем молоке.

Мифологическую эпоху великанов сменяет эпоха богов, среди которых «отец всего мира» — Один. Боги создали Землю, в центре которой установили горы, на них — неприступную крепость Асгард — свое жилище. А кровь Имира превратили в синие воды океана, создав преграду между собой и страной великанов (Исландией).

Вот еще один «землеведческий» сюжет. Морской бог Эгир в обмен на разрешение построить еще один дворец у океана потребовал от других богов принести огромный котел из дворца великана холода Хюмира, поселившегося в «дикой стране великанов за великим океаном», еще не покоренной обосновавшимися в Асгарде богами. Сыновья Одина запрягли в колесницу козлов и отправились за добычей. Дворец Хюмира был громаден, крыша его поднималась к самому небу, и облака проносились сквозь дымовые трубы, каменные колонны оказались столь массивны, что боги вдвоем не могли обхватить руками ни одну из них. Чтобы Хюмир не уничтожил их своим яростным взглядом, пришлось укрыться за колонной. Земля тряслась под ногами великана. Он устоял на колонну, за которой укрылись боги. В его взгляде скопилось столько ярости, что колонна лопнула и упала на пол со страшным грохотом...

Жившие постоянно в Асгарде боги нередко совершали поездки, плавания, а то и полеты в страну великанов — то за невестами, то в поисках спасения, то просто чтобы испытать приключения. Там им приходилось, поодиночке или всем вместе, ощущать содрогания земли. Однажды три бога ночевали там, в странном замке без окон и дверей. Устроившись прямо на полу, среди ночи они просну-

лись от страшного грохота. Земля под ними задрожала, от испуга (это могучие-то боги!) они бросились в одну из маленьких комнат, примыкавших к большому залу, и укрылись там до утра. (С точки зрения современного сейсмолога, такое поведение характерно для людей, испуганных сотрясением силой примерно 6 баллов.) Наутро выяснилось, что поперек дороги лежал человек размером с гору и храпел. Когда грудь его вздымалась и опускалась, земля содрогалась. (Мы бы сказали, что здесь описаны сейсмические реалии: при сильных землетрясениях и повторных толчках — афтершоках — по поверхности нередко бегут волны и она попеременно вспучивается и прогибается.)

Еще один рассказ, в котором сотрясается уже не только земля, но и дно океана. Гости во главе с Тором, сыном Одина, на лодке пошли на рыбную ловлю. Отплыли от берега так далеко, что «горы страны великанов стали похожи на маленькие облачка на краю океана». Это был «центр океана», где летал Великий Мировой Змей. Хюмир бросил свой крюк, пронзив сразу двух китов. Океан закипел, когда они забили хвостами и попытались уйти вглубь. Крюк Тора с большим куском свинца достиг глубинных черных вод, где Мировой Змей схватил наживку, а когда крюк впился в него, содрогнулся всем телом. Огромные волны поднялись на поверхности океана и хлынули на берега. Лодка взмывала на кипящих волнах словно перышко, крутилась словно камень на веревке... Змей стонал и трясся. «Глубоко в море сотряслось само основание мира». Земля задрожала. Горы покрылись трещинами, горящая лава устремилась на равнины. Лодка отклонилась в другую сторону, Тор пошатнулся и упал. Раненый Змей ушел в глубину. «Наконец, кипящие волны успокоились, и земля перестала сотрясаться». Чуть позже мы попытаемся понять, о ка-



Ландшафт северной Норвегии у г.Тромсё.

ком реальном природном событии может идти речь в этой легенде. Однако прежде попробуем прояснить вопрос, когда были проложены морские пути между Исландией и материком и как далеко к северу доплывали в то время вдоль норвежских берегов.

Морские пути

Морские связи между обитателями шведских, норвежских и эстонских земель зафиксированы в рунических надписях еще в IX—X вв., т.е. во времена викингов. Имеются основания относить сношения норманнов с Гардарикой (Русью) даже ко второй половине VIII в. [5]. Норвежцы впервые проложили путь к берегам Исландии уже во вто-

рой половине IX в. Известно также, что в первой четверти X в. исландец Скаллагримсон по торговым делам прибыл в Прибалтику, а в XI — начале XII в. сюда с севера приплывали сюда относительно регулярно [6]. Северные пути вдоль норвежского побережья осваивались позже, чем южные и восточные, но в X—XI вв. они уже были проторены. Например, в эстонском народном эпосе «Калевипоэг», возникшем не позднее X—XI вв., присутствует сюжет о поездке героя с товарищами в Страну Холода... через Исландию [6]. Он ведет свой корабль «Леннук» в страну лопи (Лапландию).

*Плыл корабль на крайний Север,
Где лежит граница мира...
Хоть мороз теснил дыханье,
Льдом затягивались воды,*

*«Леннук» плыл неустрашимо,
Льды раскалывая грудью,
Путь держа на крайний Север.*

Сами исландцы освоили путь к полярным берегам Норвегии еще раньше — в начале второй половины IX в. Сведения исландских преданий о стране холода и великанов, сколь они порой ни фантастичны, не могут не содержать элементы реальности, тем более, когда люди сталкивались с событиями необычными, которые ныне мы именуем экстремальными.

Адам Бременский, церковный хронист второй половины XI в., называет Норвегию (Нормандию) «бесплоднейшей из всех стран», где царят «почти вечные снега и льды». Он же со слов своего предшественника на епископской кафедре рас-



Следы сильных землетрясений в Швеции.



Типичные деформации, возникшие в результате сильных землетрясений.

сказывает о таком «чуде». В 30-е годы XI в. некие «знатные мужи» из Фризии (нынешняя Фрисландия) вознамерились пересечь Северное море в стремлении узнать, что находится за границей обитаемого мира. По ходу плавания они видели берега Исландии, оставили справа Нортмандию и «пошли к Северному полюсу». Затем увидели острова, и там, «в бушующем проливе» океан «стремительным напором утащил в хаос несчастных моряков», «могучее движение моря унесло туда одних из них, остальных же, далеко позади первых, вытолкнул обратный натиск» [7]. Хронист уже знал, что у норвежских берегов дважды в сутки поднимается волна высотой до 3 м. Но в описанном им случае видятся скорее признаки цунами, чем ординарного прилива.

Цунами на берегах Скандинавии

Могло ли произойти такое событие? Кроме свидетельства упомянутого хрониста мы знаем сюжет о фантастическом Всемирном Змее, который стонал и трясся, когда глубоко в море сотряслось само основание мира. Цунами, как известно, порождается чаще всего именно сильными землетрясениями под морским дном. И в этом случае «стоны» земли предшествуют сотрясениям, а за последними следуют через небольшой промежуток времени волны цунами.

Земля задрожала. Горы покрылись трещинами. Трещины на суше при сильных, от 8—9 баллов, землетрясениях — явление обычное. Наконец, кипящие волны успокоились, и земля перестала сотрясаться. «Кипение волн» в море — это тоже достаточно надежный признак возбуждения земных недр под толщей воды. Заметим, как неразрывно связываются в тексте кипение волн с земными сотрясениями. А кто же, кроме разъяренного чудовища, способен

был все это производить по мнению людей, живших во времена, когда все непонятные явления неизбежно приписывались фантастическим и страшным существам?

Огромные волны поднялись на поверхности океана и хлынули на берега — разве не точное описание цунами в современных руководствах, разве что без упоминания Змея? Похоже, это реальные наблюдения очевидцев, которые вполне соответствуют хорошо ныне известным явлениям при большинстве землетрясений в береговой зоне.

А где же это происходило? Если внимательно читать легенды, можно заметить, что сначала основные события совершаются в стране огня и льда — Исландии, а впоследствии они перемещаются на материк. Здесь действия происходят в двух областях — основной, где постоянно живут боги и герои, и далекой — обители великанов. Добираться из первой во вторую приходилось долго даже птицам (в которых, разумеется, превращались боги) — через горы, долины, бездонное море.

Основное местообитание богов — Асгард, с зелеными пастбищами в долинах, наполненных животными и птицами, холмами с песчаной почвой и соснами, с видами гор вдаль. Во всех описаниях непременно присутствуют вековые дубы. К мирным городкам там подпльвали раскрашенные драконами корабли (дракары викингов). Такую благодать можно увидеть в суровой Скандинавии и поныне: в Южной Норвегии и Южной Швеции (Сконе). Совсем не так в далекой стране «холодных великанов», «на границе земли» у океана — застывшие горы и темные долины, настолько глубокие, что солнце туда не проникает. Серые утесы там поднимаются к облакам, туманы заполняют долины, горы покрыты массой снега, а дворцы великанов возведены изо льда. Тьма царит в застывшей пустыне страны великанов. В лучшем

случае это «страна лесов и голых пустошей». Так и видишь леса на дне впадавших в фьорды долин и тундровые пространства на поднятых на многие сотни метров плато.

Не нужно быть географом, чтобы безошибочно назвать эту местность — Северная Норвегия. Вот там-то и случалось эпическим героям переживать страшные (даже для богов!) колебания земли и огромные волны на берегу, и кипение моря в открытом «океане». Еще бы не страшно, если сотрясения (исходя из описаний) могли достигать 8 и 9 баллов, а волны цунами поднимались на несколько метров при спокойном море.

Реальности в письменной и геологической истории

А что известно о сейсмических событиях у норвежского побережья за последние, скажем, 200 лет? Землетрясений здесь за это время произошло немало — как на суше, так и под морским дном [8]. И это видно на любой карте сейсмичности региона. А самое значимое событие, выявленное после специального сбора и изучения исторических сведений известным сейсмологом Н.Амбрейсом, произошло недалеко от Полярного круга в 1819 г. Население там было редким, но некоторые сведения удалось собрать путешественнику Бруку, проплывшему вдоль норвежского побережья год спустя. Среди нескольких весьма важных особенностей события для нас наиболее важно, что эпицентральная зона расположилась целиком на суше и оказалась вытянута не вдоль, а поперек побережья. Сила в эпицентре, судя по всему, превышала 8 баллов. Из известных исторических землетрясений это самое сильное во всей Фенноскандии, и сотрясениями оказалась охваченной площадь весьма солид-

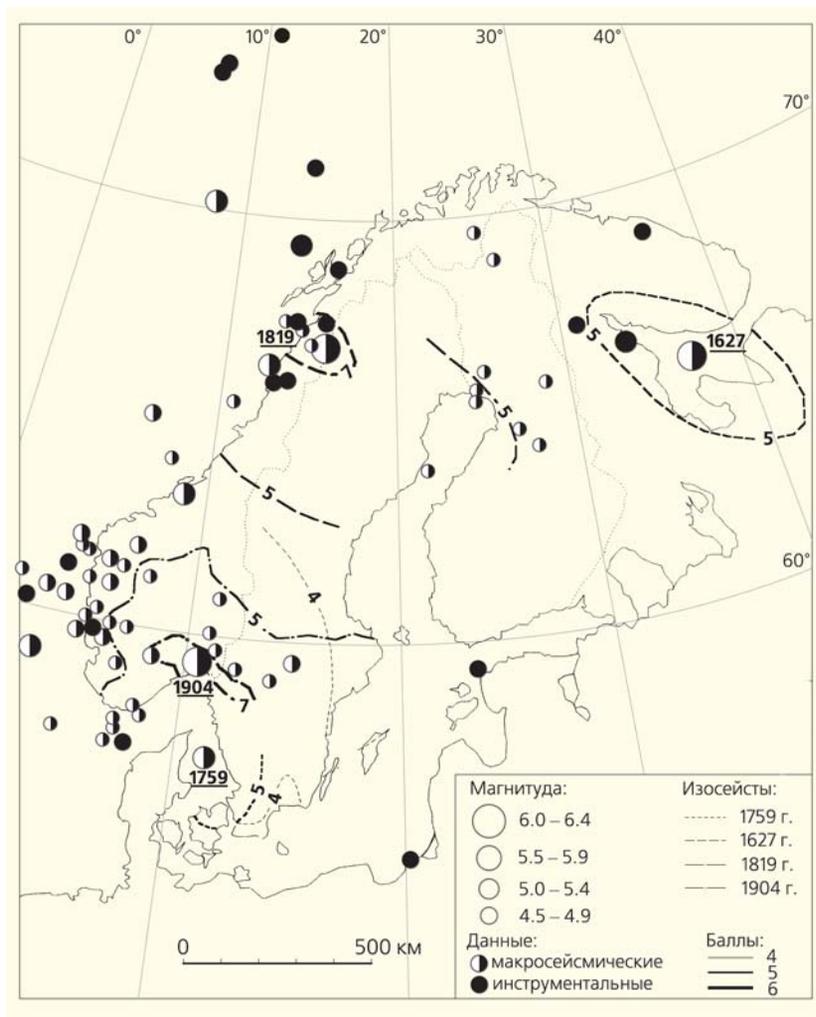
ная — радиус зоны трехбалльных сотрясений составил около 670 км. Между прочим, основных толчка было два, и второй, несколько более слабый, в отличие от первого, распространился вдоль побережья. Значит, сработали, так сказать, и поперечная, и продольная зоны.

В эпицентральной зоне не менее двух деревень превращены в руины (8 баллов), а на побережье в одном месте возник значительный оползень. Было ли при землетрясении цунами, достоверно установить не удалось. Но... «море волновалось, как в самый сильный шторм, хотя была тихая погода» [10].

Так что исторические сведения (всего за 200 лет, для жизни Земли — мгновение), не оставляют сомнения — Северная Норвегия способна продуцировать время от времени очень сильные сейсмические события с последствиями для людей незабываемыми. Что же касается возможности цунами на берегах Скандинавии, тут обратимся уже не к письменным и не фольклорным, а к геологическим свидетельствам. При нынешнем развитии палеосейсмологических исследований они считаются инструментом вполне надежным.

Изучение древних цунами — палеоцунами — в последние годы проводится весьма активно в разных странах, в том числе и в Северной Европе.

Десять лет назад в журнале «Vogel», известном прежде всего в странах Северной Европы, появилась подробная и основательная статья о распространении и времени возникновения огромного цунами под названием «Цунами Сторегга на норвежском побережье, его возраст и высота наката волн» [11]. В ней приведен анализ всесторонне изученных колонок озерных отложений вдоль побережья на протяжении без малого 500 км. Оказалось, что в 25 озерах, расположенных на разной высоте над морем, среди обычных накоплений наблюдаются специ-



Распределение основных землетрясений Фенноскандии [8].

фические перерывы и резко отличные от вмещающих тонких осадков, маломощные накопления сортированных или грубых песков с фрагментами морских раковин и переотложенными растительными остатками. Их-то и считают принесенными цунами. Такие осадки, кстати, образуются и при современных цунами, они возникли и при декабрьской катастрофе в декабре 2004 г. на Суматре.

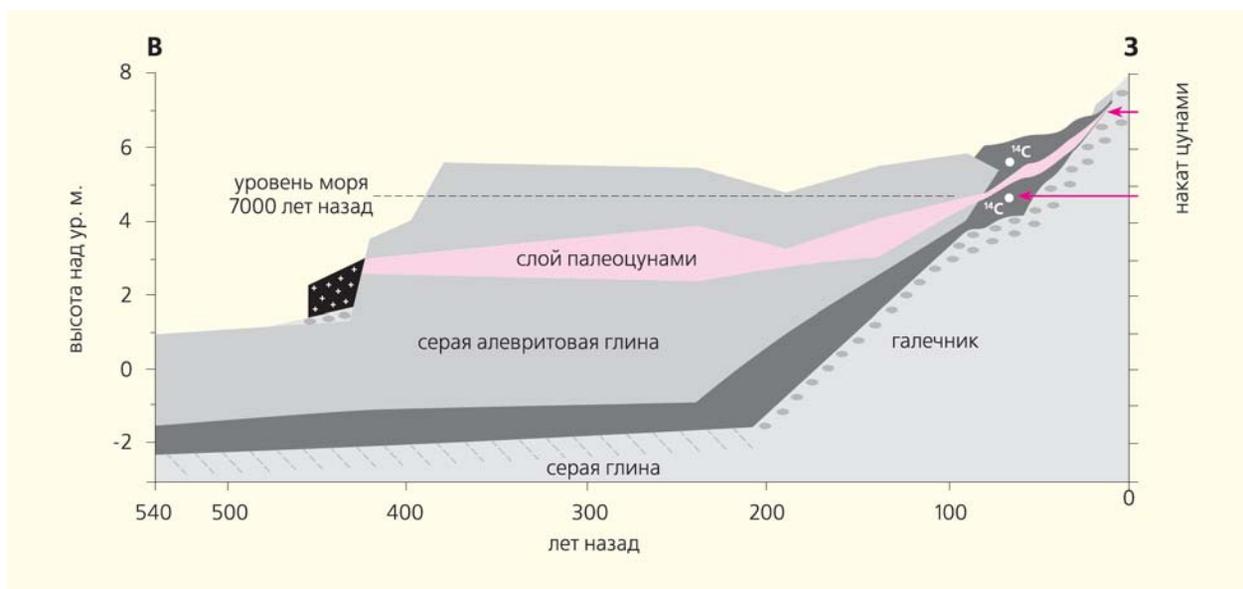
Радиоуглеродные датировки (их было сделано целых 67) органических остатков в отложениях цунами на западных берегах Норвегии, а также в подстилающих и перекрывающих их осадках показали, что здесь вы-

явлены следы одного и того же события [12]. Оно разразилось примерно 7200 лет назад, максимальный заплеск — до 10–11 м над тогдашним уровнем моря — имел место у местечка Сула, что располагается между городами Берген и Тронхейм. В 250 км севернее (!) высота волны составила 6–7 м, а в 200 км южнее — 3–5 м. Даже на дальнем севере, у г.Тромсё, волна поднялась на 3–4 м. Естественно, речь идет о высотах над обычными штормовыми заплесками. Все данные хорошо согласуются между собой и не оставляют сомнения в том, что речь идет именно о цунами. Протяженность и высота обла-

сти затопления для Европы совершенно необычные, несравненно бóльшие, чем при Лиссабонском землетрясении 1 ноября 1755 г. [13]. Только очевидцев в то время на берегах не было. А если и были, то прямых свидетельств от них ждать не придется, их постигла участь всего живого на берегах, вплоть до моллюсков.

По специфическим растительным остаткам удалось определить, что цунами разразилось поздней осенью. Точный год события, в конце концов, в данном случае не так важен. Гораздо важнее причина этого экстраординарного события: оно порождено не сильным землетрясением, а гигантским оползнем в открытый океан подводного склона у берегов Норвегии. Был ли оползень спонтанным или спровоцирован сильным землетрясением, сегодня не установлено. Но сам факт гигантского цунами, что называется, налицо.

Но почему же это цунами названо Сторегга, к тому же с номером 2? На норвежском побережье пункта с таким названием нет. Он имеется на побережье шотландском. Именно здесь, впервые в Европе, были обнаружены 16 лет назад следы огромного палеоцунами, а затем исследователи распознали и само событие. Тогда это казалось невероятным, ныне — в порядке вещей. Цунами Сторегга-1 в Шотландии датировано временем 16 тыс. лет назад. И его породил гигантский оползень на дне Северного (Норвежского) моря. Сторегга — это, как теперь известно, один из крупнейших комплексов подводных оползней. Древнейший, объемом 3880 км³, относят ко времени 25–30 тыс. лет. Средний, площадью 450 км², толщиной 150–200 м, перенесся по уклону всего 1–2° на 200 км. Третий, обнаруженный в тыловой части второго, сначала был датирован временем около 6 тыс. лет назад. Теперь — не ранее 7215 лет назад [14]. В отличие от норвеж-

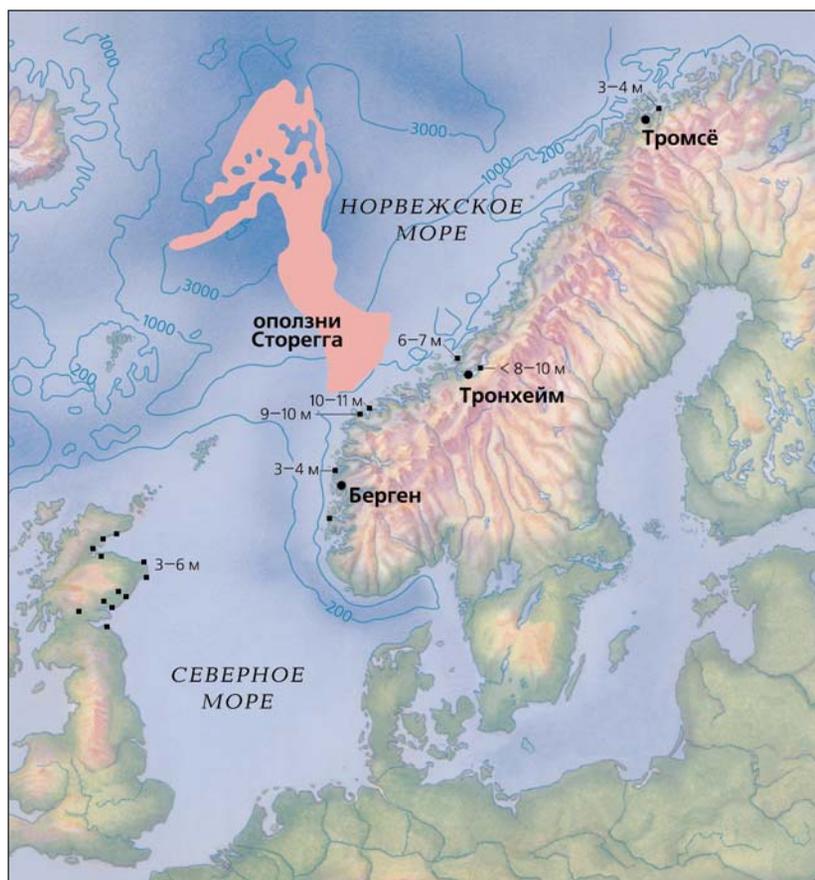


Характерный разрез четвертичных отложений на низменном участке побережья Северо-Западной Норвегии со слоем палеоцунами Сторегга-2 [11].

ского побережья, высота цунами в Шотландии составляла 3–6 м. Для прибрежных жителей это уже катастрофа. Именно цунами, возможно, тем же самым, объясняют теперь внезапный перерыв обитания на раннеолитической стоянке на одном из прибрежных островов Северной Норвегии.

Таким образом, мы убедились, что цунами, в том числе и исключительные по размерам, поражали норвежское побережье с незапамятных времен, как, почти несомненно, и сильные землетрясения. По пассивным окраинам континентов ныне считают возможным появление землетрясений с $M = 7$, т.е. весьма мощных и способных генерировать цунами.

Кроме того, необходимо вспомнить и о крупных обвалах на крутых берегах Норвегии. Например, в 1934 г. в Тафьорде 3 млн т скальных пород обрушилось в море, вызвав цунами высотой до 37 м. Вытолкнутая обвалом на противоположный берег фьорда волна уничтожила прибрежное селение, выбросила множество судов на 100 м в глубь суши. А вообще-то пер-



Карта распространения оползневой комплекса Сторегга на дне Норвежского моря и фиксированных высот заплеска воды на берег при палеоцунами Сторегга-2 [11].

вые сведения о скальном обвале у норвежских берегов восходят к «Истории лангобардов» (VIII в.), где сохранено предание об их походе с берегов Эльбы (т.е. в I—IV вв.) «за Нортмандию (Норвегию), где не найдешь ни одного человеческого поселения». Где-то там, на севере, прибывшие суда вместе с моряками погибли от обрушившейся скалы.

И, наконец, вернемся к преданиям с их великанами и божеествами. Они уже сослужили нам службу, «сообщив» о явлении цунами, о котором потомки наши воочию могли бы узнать только через сотни лет, и к тому же испытав нешуточные потрясения (если бы остались живы). Скандинавские божества «удостоверяют»: сейсмическая активность Северо-Западной Норвегии и сильное землетрясение 1819 г. там — это вовсе не случайность.

Тут самое время вспомнить, с чем связано появление научного интереса к историческим и палеоземлетрясениям и цунами в Северном море и у норвежских берегов. «Виноват» нефтяной бум и... предельно серьезное отношение нефтедобывающих компаний, общественности и, соответственно, научного сообщества к возможным опасностям и их реалистическим оценкам. Норвежцы приступили к практическому освоению крупнейшего нефтегазового месторождения «Троль» у северо-западных берегов страны. Мощный комплекс предусматривает предварительную очистку газа на острове Мелкойя в 68 км от берега, перекачку и сжижение газа на пришвартованных баржах и последующую доставку морем в порты Северо-Западной Европы. Это будет происходить в течение как минимум 50 лет. Успеют ли нефтя-

ники до очередной все сметающей катастрофы выкачать недра до дна?..

Конечно, возможные меры безопасности были приняты. Надо думать, проектировщики не забыли и случай 111-летней давности со шхуной «Генриетта». В 25 милях к северо-западу от главного из островов Лофотенской группы (за Полярным кругом!) шхуна внезапно испытала на воде несколько ударов, в течение двух минут подверглась столь сильным вибрациям, что дала течь. Через несколько часов экипажу пришлось покинуть корабль, а к вечеру шхуна пошла ко дну. Причина — моретрясение, одновременное с землетрясением с магнитудой около 6 в Северной Норвегии, которые, как мы теперь знаем, здесь вовсе не редкость.

Есть что изучать... Думается, что и в скандинавском эпосе тоже. ■

Литература

1. Никонов А.А. Сейсмические мотивы в «Калевале» и реальные землетрясения в Карелии // Природа. 2004. №8. С.25—31.
2. Кулидж О. Легенды Севера. М., 2002.
3. Стурлусон С. Круг земной // Литературные памятники. М., 1980.
4. Montessus de Ballore F. La geologie sismologique. Paris, 1924.
5. Северный архив. 1892. Ч.4. №23.
6. Калевипоэг. Эстонский народный эпос. Таллин, 1979.
7. Адам Бременский. Деяния архиепископов Гамбургской церкви // Из ранней истории шведского народа и государства. М., 1999. С.66—110.
8. Никонов А.А. Фенноскандия — недооцененная сейсмогенерирующая провинция // Геофизика XXI столетия. 2002. Сб. трудов Четвертых геофизических чтений им.В.В.Федынского. М., 2003. С.207—214.
9. Ambraseys N.N. // Earthquakes engineering and structural dynamics. 1985. V.13. P.307—320.
10. Perrey A. Sur les tremblements de terre de la peninsule Scandinavie. Paris, 1845.
11. Bondevik S., Svendsen J.I., Johnsen G., Mangerud J., Kaland P.E. // Boreas. 1997. V.26. P.29—53.
12. Dawson A.G., Long D., Smith D.E., Shi S., Foster I.D. Tsunamis in the Norwegian sea and North Sea caused by the Storegga submarine landslides // Tsunamis in the World / Ed. S.Tinti. Dordrecht, 1993. P.31—42.
13. Никонов А.А. «Ужасное потрясение» Европы. Лиссабонское землетрясение 1 ноября 1755 г. // Природа. 2005. №11. с.21—29.
14. Tooley M.J., Smith D.E. // Quaternary International. 2005. №133—134. P.107—119.

Вид и разновидность

Минералогическая сказка

Р.К.Расцветаева,

доктор геолого-минералогических наук

Институт кристаллографии им.А.В.Шубникова РАН

Москва

От автора

Выделение видов в минералах, разнообразных по составу, но принадлежащих к одному структурному типу, вызывает возражение у некоторых специалистов, считающих, что такие минералы нужно относить к разновидностям. Аргументом против «клонирования» минеральных видов, как они это называют, служит опасение, что их число чрезмерно возрастет. Однако такие опасения неоправданны, поскольку не все сочетания элементов реализуются в природных процессах, а у исследователя мало шансов отыскать что-то новое среди уже известного. На примере группы эвдиалита, в которой за 15 лет установлено чуть больше 20 минеральных видов, я попыталась показать, как химическая и структурная индивидуальность минералов оправдывает их выделение в качестве новых видов.

Пролог

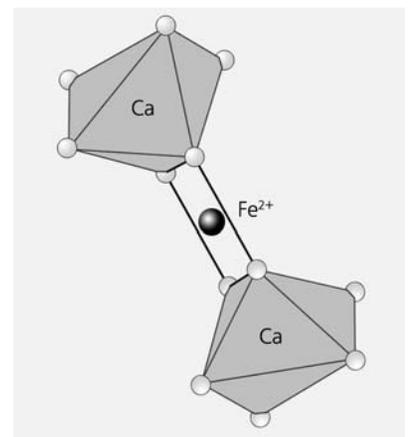
Однажды встретились три минерала — давние друзья и даже родственники. У них был общий родоначальник **эвдиалит**. Друзья стали делиться новостями. Одного из них недавно повысили в чине: он стал минеральным видом. Второй еще не определился, он только претендовал на это звание. Как раз сейчас решалась его судьба в Международной комиссии. Третьему нечем было похвастаться — как был простой разновидностью, так ею и остался. Вид очень гордился своим званием и собственным именем и разъяснял друзьям, за какие заслуги получил такое повышение...

Серия первая

— Наш папаша эвдиалит безнадежно устарел, — рассуждал

минеральный вид. — Судите сами: у него дома только натрий да кремний. Я не говорю о цирконии и кальции — их он передает по наследству из поколения в поколение. Конечно, 24 кремния нужны всем, без этих силикатных кирпичей рухнут перекрытия дома. Но вот 25-й и 26-й тетраэдры — явный перебор. Девятерным кольцам они не нужны и только место занимают (а строительные площадки нынче дороги). Единственное сокровище во дворце — железо. (Если железо вообще можно назвать сокровищем!) Старик поместил его в щель между шестичленными кольцами из кальциевых октаэдров. Конечно, оно прочно застряло в щели, зажатое с боков ребрами октаэдров. Но спереди и сзади железо ничем не прикрыто и у всех на виду. Чудит старик, чудит... И что за нелепая идея — квадратная щель, — просто курам на смех. Сколько раз советовали старику спрятать сокровище по-

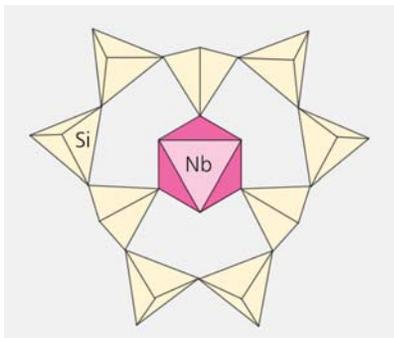
надежнее, но он упрям и слышать ничего не хочет. Вон, говорит, в **джиллеспите** железо миллионы лет хранится на виду в таком же квадрате, и до сих пор не украли...



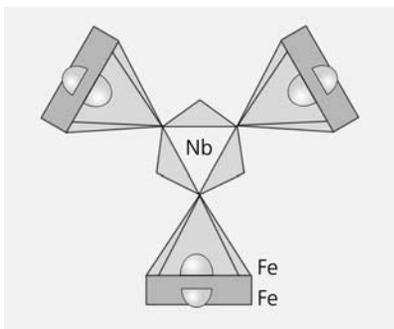
Серия вторая

— Другое дело барсановит (недавно его переименовали в **георгбарсановит**), — продолжал минеральный вид. — Он

выкинул 25-й кремний за ненадобностью и вмонтировал в кольцо октаэдр с ниобием. И получил сразу две выгоды — дополнительный положительный заряд и два лишних гидроксильных умывальника (ОН-группы, по-научному).



И это еще не все. Железо, которое раньше в квадрате мирно дремало, потянулось к умывальнику и выскочило... Теперь оно оказалось в закрытом пятиугольном помещении, более просторном и уютном. Его примеру последовали еще два железа, так что все три гидроксильных умывальника оказались в железных руках. Ниобий не возражал, ведь ему одному три умывальника ни к чему, зато теперь он с трех сторон железно защищен от вторжения соседей.



А 26-й кремний (во втором девятерном кольце) выглядел сиротливо и, как ни старался, не смог удержать равновесие между двумя девятерными кольцами (где уж ему противостоять железному альянсу!). Равновесие было безнадежно потеряно. А георгбарсановит усилил эффект и заменил близлежащий натрий на марганец, которым цементировал между собой железные пятивершинники. И вот

результат — зажглось пьезоэлектричество. **Феррокентбруксит** не стал возиться с натрием и был прав. Конечно, лишний положительный заряд никогда не помешает, да и пьезоэлектричество тоже, но тогда он становился похожим на георгбарсановит, а ему этого совсем не хотелось. **Фекличевит** и **тасекит** сообразили, что могут отличаться от георгбарсановита, заменив тот же натрий соответственно на кальций и стронций. Они при этом получали еще и лишние заряды. **Хомяковит** тоже использовал стронций вместо натрия, но чтобы отличаться от тасекита, заменил еще ниобий на вольфрам.

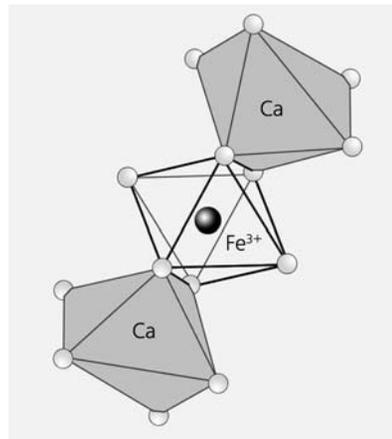
Серия третья

Новый вид выдержал паузу, наслаждаясь произведенным впечатлением, а затем продолжал:

— А **кентбруксит** пошел еще дальше и вообще отказался от железа и поселил в пятиугольном помещении марганец. Правда, натрий он оставил в покое (все равно лишнего марганца не было, равно как стронция и лишнего кальция). Но зато утер нос эвдиалиту и доказал, что его железное сокровище ничего не стоит и без него можно спокойно обойтись. По примеру кентбруксита **манганхомяковит** и **цирсилит** тоже выбросили железо, заменив его на марганец. Вдобавок цирсилит заменил тот же натрий на редкие земли и тем самым отмежевался и от кентбруксита, и от манганхомяковита. Казалось, все варианты исчерпаны, и для новых желающих стать видами шансов нет. Однако **голышевит** принял простое, но хитроумное решение. Он отличился от фекличевита, поменяв местами близлежащие натрий и кальций и одновременно ниобий и кремний в девятерных кольцах. **Моговидит** не стал заниматься перестановками, а попросту заменил оба натрия на кальций и совсем

выкинул ниобий, оставив только 26-й кремний. И голышевит, и моговидит еще украсились карбонатными группами вместо традиционного хлора в эвдиалите. Такие вот деловые ребята.

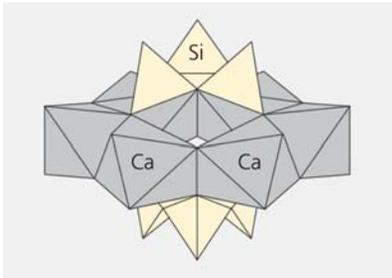
Глядя на них, и другие минералы принялись за реформы. **Икранит** не стал мелочиться и выкинул оба кремния — 25-й и 26-й. Хотел выбросить и весь натрий, но вовремя опомнился, когда дом зашатался и чуть не рухнул. К уцелевшим же натриям добавил оксоний — H_3O^{+1} . Какая разница? Ведь оксоний тоже одновалентный, но дешевле (его делают из воды с добавкой водорода). А вот к железу отнесся с уважением — не только сохранил, но и повысил его заряд. А для надежности (мало ли что!) спереди и сзади забаррикадировал молекулами воды. Железо осталось в квадрате и в то же время оказалось в октаэдре — очень удобное жилище.



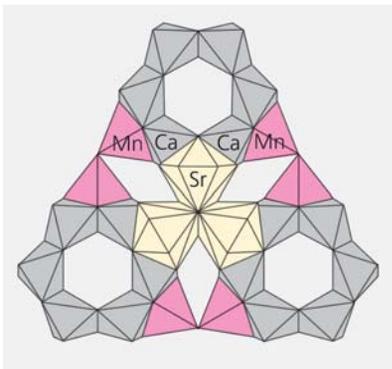
Серия четвертая

— Но настоящую революцию (хоть и оранжевую!) устроили **онейлит** с **раслакитом**. Кстати, вон они идут. Вы заметили, что у них гербы не как у всех, *R3m*, а просто — *R3*. Как им это удалось? Скажу вам откровенно, чтобы заменить 25-й и 26-й кремнии ниобием, вольфрамом или чем-нибудь подобным, а вместо натрия взять кальций, стронций, марганец, оксоний, редкие земли, — большого ума не надо. А эти двое сделали поч-

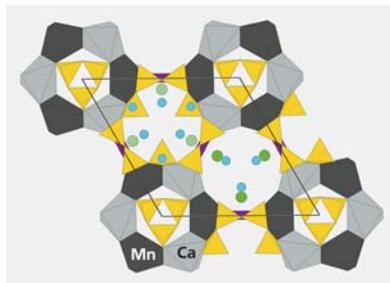
ти невозможное, они победили кальциевую мафию. Вы же знаете, что при попустительстве старика шесть кальциевых магнатов обособились от остального населения в своей крепости. Уверяю вас, у них там круговая порука. Нигде в минеральном мире нет такой круглой крепости. Все шесть октаэдров сцепились ребрами в кольцо без единой щелочки, через которую можно было бы проникнуть во внутренний двор или хотя бы подглядеть, что там творится. Мало того, сверху и снизу крепость забаррикадирована тройными кремнекислородными кольцами.



Обитатели соседних крепостей общаются друг с другом через особо доверенных посредников — тех двух натриев, которые дружат с пятивершинниками. Иногда их заменяют более солидным стронцием (помните тасекит и хомяковит?), марганцем (георгансановит) или редкими землями (цирсилит). Особенно возмутительно ведет себя кальциевая мафия в фекличевите, голышевите и моговидите, где посредники тоже свои — кальции. Куда ни пойдешь, всюду натыкаешься на их коттеджи. Что там знаменитая подмосковная Рублевка!



— Старик говорит, что от крепости большая польза, на ней держится весь дворец. Так-то оно так, да уж больно замкнуто живут тамошние олигархи, с простым народом не общаются. Вот онейллит и придумал план, как выманить кальциевых олигархов и заменить их марганцами. План удался, и трем оставшимся олигархам пришлось потесниться. Когда раслакит то же самое проделал с помощью железа, олигархи совсем притихли и не возмущались. Но население крепости стало разношерстным, и символ равенства между октаэдрами *m* навсегда исчез из тех дворцов. Может, кто-то и сожалеет о переменах, а по мне здорово, когда рушатся вековые традиции. Конечно, секрет диверсии против кальция до сих пор не раскрыт, но подобные случаи заметно участились. К олигархам и раньше подсылали погостить то марганец, то стронций, то натрий, то какую-нибудь редкую землю. Кальций принимал гостей, но расселял их по октаэдрам равномерно, чтобы не нарушить целостность крепости и сохранить символ равенства — плоскость *m*. Но когда бдительность кальция ослабежала, совершалась очередная революция. Поговаривают, что объявился новый минеральный вид (он пожелал до поры до времени оставаться инкогнито), который заменил все шесть кальциев трех марганцами и тремя натриями. Это же подрыв дворцовых устоев! Я, конечно, не против демократии, но не до такой же степени! Что бы там ни говорили, здесь уж точно не обошлось без вмешательства извне.



Серия пятая

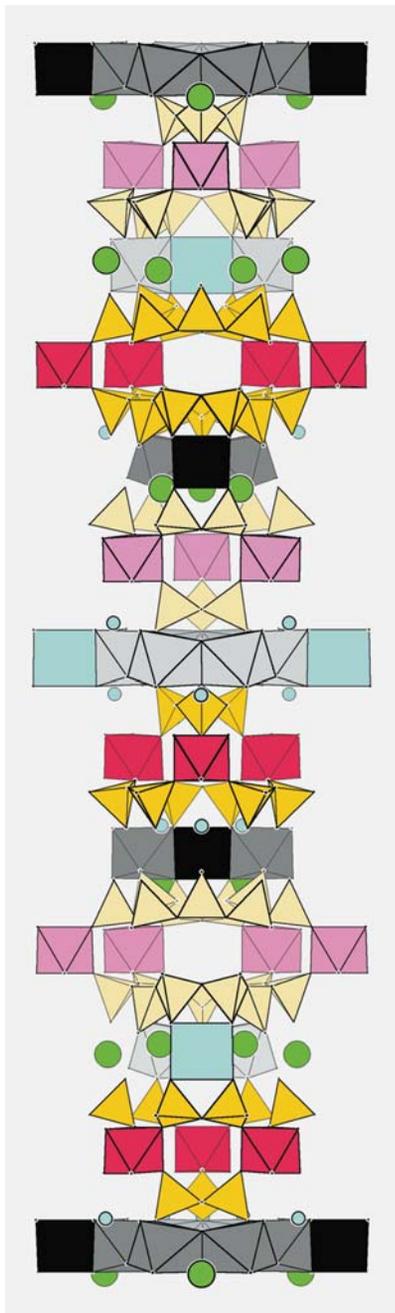
Вид отхлебнул «Аква минерале» и задумчиво уставился на этикетку бутылки.

— Да, чуть было не забыл про **аквалит**. Думаю, что имя говорит само за себя — в минерале много воды, вернее оксония. Как это случилось? Однажды на минерал обрушился мощный ураган с мужским именем Оксоний. Он снес с лица минерала $\frac{3}{4}$ натрия. Бедняга натрий, которому уже некуда было податься, забрался в квадрат, благо железо потеснилось и приютило его. Хлор тоже пострадал, но его убитки аквалит возместил за счет серы, подвернувшейся под руку. Оксоний же — шаловлив и непоседлив, он постоянно натыкался на плоскость *m*, пока ее не смыло водой. Но *R3* вполне всех устроило. Да и о каком порядке можно говорить, когда ты по колено в воде?

Однако должен вам сказать, что все минеральные виды, будь то *R3m* или *R3*, принадлежат к старой генерации одноэтажных минералов. Все чаще их теснят акселераты второй генерации. К ним принадлежу и я. Вы, наверное, заметили, что я на голову выше вас?

— Ты хочешь сказать — длиннее, — уточнил претендент.

— Ну, да! В два раза! Мой рост 61 Å... почти. Недавно измерялся. Как мне удалось так вырасти? Очень просто. Разобравшись в конструкции дворца, я додумался заменить часть циркония титаном, так что на одном этаже колонны остались циркониевые, а на другом стали титановые. Вот и получилось два разных этажа, а значит, и высота здания удвоилась. Конечно, **аллуайвит** первый отмежевался от эвдиалита, помняв весь цирконий на титан. Но меня никто не посмеет назвать ни эвдиалитом, ни аллуайвитом, теперь я — самостоятельный минеральный вид по имени **дуалит**, двойственный значит.



— Хитрый аллуайвит, хотя и полностью титановый, но тоже двухэтажный. Сначала он, как и аквацит, поместил натрий в квадрат. Не потому, что натрию угрожало выселение. Никто на него не покушался, просто уж очень его много — девать некуда, а железо все равно оказалось в сильном дефиците, вернее, его вовсе не было. Аллуайвит распределил натрий по этажам неравномерно: на одном квадратную щель заселил полностью, а на другом разместил оставши-

еся 22%. Но для полноценной двухэтажности это недостаточное основание. И тогда он развернул 25-й и 26-й кремний в одну сторону, а на другом этаже — в противоположную. И добился своего — теперь у него рост 60.6 Å. Почти как у меня.

Серия шестая

— Двухэтажные минеральные виды немногочисленны, — вздохнул дуалит. — Кроме нас с аллуайвитом, есть еще **лабиринтит** и **расцветаевит**. Но вот что примечательно: симметрия у нас разная — у аллуайвита $R\bar{3}m$, у меня и расцветаевита $R3m$, а у лабиринтита $R3$. С аллуайвитом все понятно, он сам себя сделал centrosymmetric, когда развернул два лишних тетраэдра навстречу друг другу. Большого и не требуется, ведь основные 24 кремния в эвдиалитах всегда связаны центром. Старик эвдиалит тоже жил бы в высоком симметричном дворце, если бы догадался повернуть дополнительные тетраэдры, а свое железное сокровище не берег бы как зеницу ока. Да где ему решиться на такое... Жил бы по-царски, а то ютится в одноэтажном доме, который называет «дворцом», с самым обычным гербом $R3m$, имеющимся у любой разновидности.

Лабиринтит и расцветаевит именно так и поступили, удвоившись за счет железа и натрия в квадратных щелях. Всем очевидно, что это законное удвоение, ведь железо и натрий разные и по весу, и по заряду, и по размеру. Никто не сможет придраться. Но два минеральных вида не могут быть одинаковыми, как вы понимаете. Лабиринтит пытался решить эту проблему, заменив 25-й кремний на одном этаже на титан, но этого было явно недостаточно, чтобы отличаться от расцветаевита. И расцветаевит решил взять инициативу в свои руки. Он принял единственно правильное решение, пожертвовав восьмью нат-

риями. Но заменил их не на оксоний, а на калий, что сразу же выделило его среди одноэтажных и тем более двухэтажных структур. Кроме того, калий увеличил прочность двухэтажного здания на 51%. Как я это подсчитал? Да никак. Вон телевизионные рекламы обещают уменьшить кариес на 40%, морщины на 60%, увеличить объем волос на 80%, а ресницы удлинить аж на 500%. Никто за эти цифры не отвечает. А я чем хуже? Лабиринтит же сохранил весь натрий в полном составе и скоро пожалел об этом, так как небоскреб, подпираемый мелким слабым натрием, стал неустойчивым и потерял злополучную плоскость m . Натрии потеряли ориентир и разбрелись кто куда, отсюда и название лабиринтит.

— Должен вам сказать, — продолжал вид, — что нас, двухэтажных, еще не раскрутили. Поверьте мне, будущее за нами. Нас будет много, очень много. Столько же, сколько одноэтажных. А может, и больше! Нам, деловым, одного этажа мало, развернуться негде. Эх, если бы у меня был еще и третий этаж, — размечтался вид, но тут же умолк, утомленный собственным красноречием.

Эпилог

Разновидность, зачарованно слушавшая длинную речь дуалита, робко напомнила, что и у нее есть некоторые достоинства. Но минеральный вид ответил, что при всем своем уважении к другу он должен сказать, что их совершенно недостаточно, чтобы занять высокое положение в обществе.

— Конечно, кое-какой ниобий у тебя есть, но его должно быть больше кремния. Таково правило 50-ти процентов.

Претендент поздравил успешного товарища и с восхищением пожал ему руку. А вид вдруг заторопился.

— Ну ладно, мне пора. Заболтался я тут с вами, а у меня еще

важная встреча назначена. Говорят, новичок к нам прибыл, как жется «...итом» зовется. И двойственный вид удалился торопливым шагом.

— Мне тоже пора. Сообщи, когда будет решение комиссии, я приду тебя поздравить, — сказала разновидность.

Претендент остался один и пребывал в глубоком раздумье от всего услышанного. Он похорошему завидовал своему вы-

сокопоставленному другу и жалел разновидность: ведь заслуженные минералы наперечет (их чуть больше 4 тыс.), а разновидностей десятки, а может, и сотни тысяч (кто их считал!). Но неожиданно он поймал себя на мысли, что его симпатии, как ни странно, на стороне разновидности. Счастливый друг выглядел как-то неважно — серого цвета, тускловатый, мутноватый, а разновидность, нап-

ротив, румяная, с блестящими гранями и такая прозрачная, как будто светится изнутри. И он вдруг понял: это для ученых важно разделить минералы на основные и второстепенные, пересчитать их, дать имена. Минералы для них — объекты изучения. А для самих минералов неважно, кто в чине вида, а кто просто разновидность. Лишь бы минерал был хорошим... ■

История науки. Гидрография

Три «Снеллиуса» голландского флота

В 2004 г. в состав Королевского военно-морского флота Нидерландов вошли два новых гидрографических судна, один из которых получил имя Виллеброрда Снеллиуса. Это уже третий гидрографический корабль с таким названием.

В.Снеллиус (1581—1626) — латинизированное имя голландского ученого Виллеброрда Снеля ван Ройена — профессора Лейденского университета, перу которого принадлежат весьма значимые труды по математике, астрономии, физике, геодезии, навигации. В одном из своих трактатов Снеллиус изложил оригинальный способ расчета длины дуги земного меридиана методом триангуляции. В области геодезии и навигации он разработал применяющийся до сих пор способ обратной геодезической засечки, который позволяет определять координаты третьего объекта по измеренным двум углам между тремя объектами (полученные таким способом координаты называют снеллиусами). Снеллиусу же принадлежит

честь открытия закона рефракции света.

В 20-е годы прошлого века в Голландии, владевшей крупными Ост-Индскими колониями, возникла необходимость изучения вод и берегов восточной части Индийского океана. Для решения этих задач в 1929 г. были начаты исследования на новом гидрографическом корабле, которому голландские гидрографы дали имя «Виллеброрд Снеллиус». Почти за 10 лет своих плаваний корабль прошел с океанографическими работами 34 тыс. морских миль, собрав 9 тыс. проб океанических вод и 300 проб донных грунтов; в дальнейшем эти материалы были использованы при составлении ряда атласов, в частности «Атласа океанов», изданного в СССР. В 1942 г., когда Япония открыла боевые действия против голландских владений, корабль был затоплен, чтобы преградить вход японским судам в гавань Сурабайи.

После окончания Второй мировой войны в Нидерландах был построен новый гидрографический корабль, который также называли «Снеллиусом». На нем велись гидрографические работы у берегов Новой

Гвинеи; он участвовал в работах по англо-голландской океанографической программе в Северной Атлантике, выполнял гидрографические и океанографические съемки в Суринаме, проводил операции по военной океанографии в Балтийском море, у Азорских островов и в Северной Атлантике. В начале 70-х годов гидрографы второго «Снеллиуса» занимались поисками маршрутов для крупнотоннажных судов с большой осадкой по Северному морю. Затем он был переоборудован под плавбазу подводных лодок голландского флота, а в 1977 г. его едва не отправили на слом. Ныне корабль обретает свой первоначальный облик и получит статус корабля-музея.

Третий «Снеллиус» представляет собой совершенный корабль, оснащенный передовой исследовательской и навигационной аппаратурой. В его экипаже, состоящем из 18 человек, пятеро — офицеры-гидрографы. Для выполнения специальных программ предусмотрены рабочие и жилые помещения для 24 командированных специалистов.

Hydro International. 2005. V.9. №7. P.11—13 (Нидерланды).

Рамейдская

На пути к филогенезу

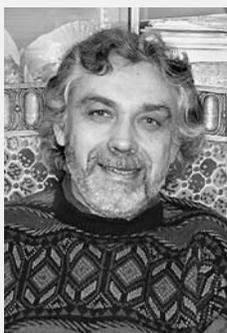
И.Я.Павлинов

Когда смотришь сзади на уходящий поезд, виден только последний вагон — и не видно локомотива, тянущего за собой весь состав. В науке этот «эффект последнего вагона» означает, что каждый новый подход стремится заполнить собой всю познавательную ситуацию, претендуя на окончательное решение извечных проблем.

В современной филогенетике таким «последним вагоном» служит молекулярный подход, стремящийся приписать себе доминирующую роль. Однако при этом упускается из виду, что работать приходится с теми же задачами и концепциями, которые сложились в пору формирования классической биологии. Переоценка новизны и недооценка преемственности в развитии современной филогенетики порождает избыточный оптимизм в отношении новых способов решения старых задач.

* * *

В современной биологии значение эволюционной идеи велико, как ни в каком другом разделе естествознания. Причина в том, что материал по разнообразию живых организмов дает больше всего пищи для размышлений о превращениях одних вещей в другие. И вряд ли



Игорь Яковлевич Павлинов, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Зоологического музея Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — теоретическая и практическая систематика, филогения.

случайно, что формирование современного глобального эволюционизма началось именно с дарвиновской теории эволюции, объясняющей происхождение биологических видов.

Поскольку биологическое разнообразие есть результат длительного исторического развития, то понять строение и функционирование живых существ невозможно без знания их истории. Это обстоятельство делает исторические реконструкции одной из приоритетных задач в современной биологии.

Познанием путей и закономерности исторического развития организмов занимается особая дисциплина — **филогенетика**. На протяжении своей истории она знала времена и взлета, и падения, связанные как с успе-

хами самой биологии, так и с развитием представлений о том, что такое научное знание. В последней трети XX в. интерес к историческим реконструкциям заметно возрос: биология столкнулась с тем же весьма специфическим феноменом, что и в конце XIX в., название которому — «филогенетический бум».

Филогенез и филогенетика

Филогенетика зародилась в 60-е годы XIX в. вскоре после выхода в 1859 г. книги Ч.Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора». Термин «филогенез» впервые появился в 1866 г. в фундаментальной работе немецкого биолога-эволю-

циониста Э.Геккеля «Общая морфология животных». Этим понятием автор обозначил и процесс исторического развития организмов, и структуру родственных (филогенетических) отношений между ними. Введенный приблизительно в эти же годы английским философом Г.Спенсером в научный оборот термин «эволюция» в его современном историческом понимании (ранее им обозначали индивидуальное развитие) также быстро завоевал популярность.

В результате понятия филогенеза и эволюции стали восприниматься как очень близкие по смыслу. Такая классическая трактовка бытует и по сей день: филогенез определяют как *пути, закономерности и причины исторического развития организмов* [1]. Выдающийся отечественный эволюционист И.И.Шмальгаузен рассматривал филогенез как *цепочку сменяющих друга друга онтогенезов*.

В настоящее время формируется биотоцентрическая концепция филогенеза, согласно которой биологическая эволюция — это *саморазвитие биоты как целостной системы*, а филогенез — один из аспектов этого развития [2]. Такое понимание биологической эволюции вообще и филогенеза в частности более всего соответствует современным представлениям об общих законах развития, которые разрабатывает синергетика [3].

Один из важнейших результатов эволюции — глобальная структура биоты Земли, которая проявляется в многоуровневой иерархии групп, по-разному интегрированных и организованных. В некотором приближении можно считать, что эта структура состоит из двух иерархий. Одна из них связана с разнообразием *биоценозов* (природных экосистем), объединенных экологическими отношениями. Историческое становление этой иерархии обозначают как *филоценогенез* [4]. Вторая связана с разнообразием таксонов —

филогенетических групп, члены которых находятся в родственных отношениях. Становление именно этой иерархии и есть филогенез [2, 5].

В свою очередь, в нем выделяется несколько компонент, позволяющих исследовать историческое развитие с разных сторон. В начале XX в. австрийский палеонтолог О.Абель разграничил их следующим образом: ряды предков — «истинные филогенезы»; ряды приспособлений, касающихся одного органа; ряды ступеней совершенствования организации. В настоящее время «истинный филогенез» — *развитие* (появление и/или изменение состава) *филогенетических групп организмов* как таковых, безотносительно их свойств, — обозначают как **кладогенез**, или *кладистическая история*. Этот термин предложил английский биолог Дж.Гексли в 40-х годах, противопоставив его **анагенезу** — *изменению уровня организации живых существ в процессе эволюции*. Исторические изменения отдельных органов и свойств организмов немецкий систематик и эволюционист В.Циммерман в 60-х годах предложил называть *семофилогенезом*. Более удачен термин **семогенез**, обозначающий *историческое развитие* (появление, изменение, исчезновение) *отдельных морфологических и иных структур*, рассматриваемые вне связи с конкретными группами организмов, которым они присущи.

Группы, порождаемые кладыгенезом, называют *кладами*: например, хордовые, а в их пределах — позвоночные. Группы, порождаемые анагенезом, — *грады*, ступени эволюционного развития: таковы многоклеточные животные по отношению к одноклеточным, а среди позвоночных — гомойотермные животные (птицы и млекопитающие) по отношению к пойкилотермным (низшие позвоночные). Принципиальное отличие двух этих категорий состоит в том, каким путем приобрета-

ются общие свойства. Клады наследуют их от общего предка, а у град они появляются в результате параллельной или конвергентной эволюции. Современная филогенетика по преимуществу изучает *становление иерархии филогенетических групп и специфичных для них свойств*, ее основная задача — реконструкция кладыгенеза. Из этого видно, что на нынешнем этапе своего развития филогенетика является по преимуществу *кладогенетикой*.

От естественной системы к эволюционной идее

В классической биологии в XVII—XIX вв. одним из ключевых было представление о *естественной системе* как всеобщем законе, которому подчинено все сущее. Эта система объединяет *естественные группы* организмов, существующие в самой природе. Ее воссозданием занималась и занимается систематика, задача которой состоит в том, чтобы распознать эти группы по их «естеству».

Коль скоро конечная цель научного познания — выяснение причин того или иного явления, сама естественная система нуждалась в объяснении: в чем ее изначальная причина. В Средние века таковой считался божественный план творения. Со становлением науки Нового времени причину стали искать в самой Природе: так в естественнонаучное мировоззрение вошла идея исторического развития, давшая наиболее правдоподобное с материалистической точки зрения толкование естественной системы.

Важнейшую роль в формировании систематики и филогенетики сыграла немецкая натурфилософия. С ней связано, с одной стороны, восходящее к Аристотелю представление о «Великой лестнице Природы» (Глейбниц), с другой — уподобление Природы сверхорганизму

(Ф.Шеллинг, Л.Окен). Они дали два способа представления естественной системы — *линейную* и *иерархическую*. В первом случае имелся в виду непрерывный ряд организмов («природа не делает скачков»), направленный от низших форм жизни к высшим. Во втором случае подразумевалось, что биота, подобно организму, поделена на части разного уровня общности — естественные группировки.

Уподобление биоты сверхорганизму имело особое значение для формирования эволюционного мировоззрения: ведь живое существо немыслимо без развития, направленного в сторону все большего совершенства и дифференциации. На этой основе, вкупе с идеей «лестницы совершенствования» (другое название «лестницы природы»), сформировалась ключевая идея классического эволюционизма, а с ним и классической филогенетики — *уподобление исторического развития биоты индивидуальному развитию организма*.

Эволюционная интерпретация непрерывного ряда форм породила учение Ж.-Б.Ламарка, согласно которому основная задача эволюционной теории сводилась к объяснению того, каким образом возникают новые свойства организмов, обеспечивающие повышение их уровня организации. Так в филогенетике возникла *адапционистская парадигма*.

Иерархической системе более всего соответствует дивергентная концепция эволюции, связываемая с именем Ч.Дарвина. В данном случае история фактически сведена к многократно ветвящимся «цепочкам» превращения одних видов в другие (рис.1). Такое видение эволюционного развития сформировало в филогенетике *генеалогическую парадигму*.

Биологи с натурфилософским складом ума воспринимали историческое развитие как макромасштабный процесс. Для них сверхзадачей была (и по

сей день остается) реконструкция становления основных групп живых организмов — царств, типов, ступеней развития. Для сторонников набиравшей силу дарвиновской трактовки эволюции ключевыми были события, происходящие на видовом уровне. Соответственно, в реконструкции истории основной акцент делается на «локальные» события — превращения одних видов в другие.

В начале XX в. вся натурфилософская картина мира была признана «ненаучной», поскольку ее утверждения не проверялись опытным путем. В новое мировоззрение как нельзя лучше вписался дарвиновский селекционизм, дополненный мутационной теорией. Постепенно сложилась синтетическая теория эволюции, идеологическую основу которой составило *популяционное мышление*. В ней терминологически закрепилось разделение исторического развития на *микроэволюцию* и *макроэволюцию* (автор терминов — Ю.А.Филипченко); при этом была абсолютизирована первая и фактически отвергнута вторая.

Сведение механизмов эволюции к популяционным процессам позволило рассматривать филогенез как их «механическое» следствие, возникающее просто из-за того, что жизнь существует и развивается очень

продолжительное время. Такое развитие эволюционной идеи в первой половине — середине XX в. сделало филогенетику в известной степени «вещью второго сорта», лишило ее прежнего приоритетного статуса. Впрочем, во второй половине того же столетия популяционные идеи сыграли значительную роль в формировании современного этапа развития этой дисциплины.

Классическая филогенетика

Понимание филогенеза как закономерного исторического процесса не мешает по-разному трактовать смысл филогенетического единства, выделяющего естественные группы. Это породило несколько линий развития классической филогенетики, которые соответствуют трем уже упоминавшимся ключевым компонентам филогенеза — кладогенезу, семогенезу и отчасти анагенезу.

Признание филогенетического единства преимущественно как общности происхождения, т.е. *монофилии*, стимулировало развитие филогенетики в кладогенетическом направлении. Именно для кладогенетики своего рода символом стала метафора ветвящегося филогенетического дерева с единственным корнем.

В геккелевой трактовке эта концепция филогенеза соединяет натурфилософское и дарвиновское понимания эволюции. Историческое развитие рассматривается на «макроуровне», но при этом родоначальником всякой монофилетической группы считается вид. В качестве «наследия» натурфилософии в геккелевой филогенетике присутствует и идея эволюционного прогресса: она отчетливо видна из формы филогенетического дерева, в котором доминирует устремленный ввысь центральный ствол, от которого отходят боковые ветви (рис.2).

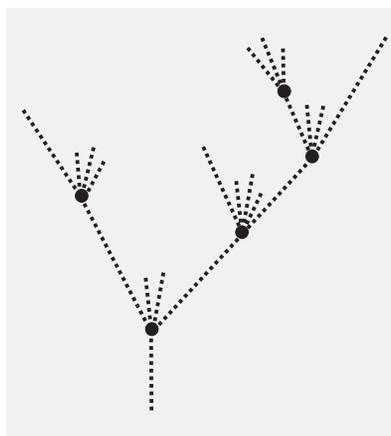


Рис.1. Теоретическая схема генеалогических отношений между видами по Дарвину.

При изучении сегогенетической составляющей филогенеза в основную задачу входит выяснение закономерностей и причин преобразования отдельных структур. В данном случае филогенетическое единство организмов определяется главным образом через *общность эволюционных тенденций*, которая выражена в единстве направлений и этапности исторического развития. На такое понимание филогенеза во многом повлияли представления об эволюции как одностороннем процессе, развиваемые некоторыми палеонтологами (Э.Коп, В.О.Ковалевский, Г.Осборн). Этому более соответствует метафора не дерева, а куста или даже травяного поля, на котором каждый «стебель» — филогенетическая линия — произрастает из своего собственного корня (Л.С.Берг).

Методология классической филогенетики базируется на *методе тройного параллелизма*, т.е. на максимальном согласовании данных сравнительной анатомии, эмбриологии и палеонтологии. Ключевое значение имеет концепция гомологии, исходно разработанная английским анатомом-платоником Р.Оуэном: подразумевается, что для реконструкции филогенеза важны лишь гомологичные структуры, тогда как аналогичные препятствуют ей. Большое место отводится определению вероятных путей эволюции этих структур на основе критериев, вырабатываемых в рамках перфекционистской (от простого к сложному, от менее к более структурированному) и адапционистской (от менее к более приспособленным организмам) моделей. Частью классической методологии служит анализ предковых форм: с их помощью разрозненные группы «связываются» в монофилетические образования. Особое внимание уделяется ископаемым материалам, среди которых ищутся реальные предки; при их отсут-

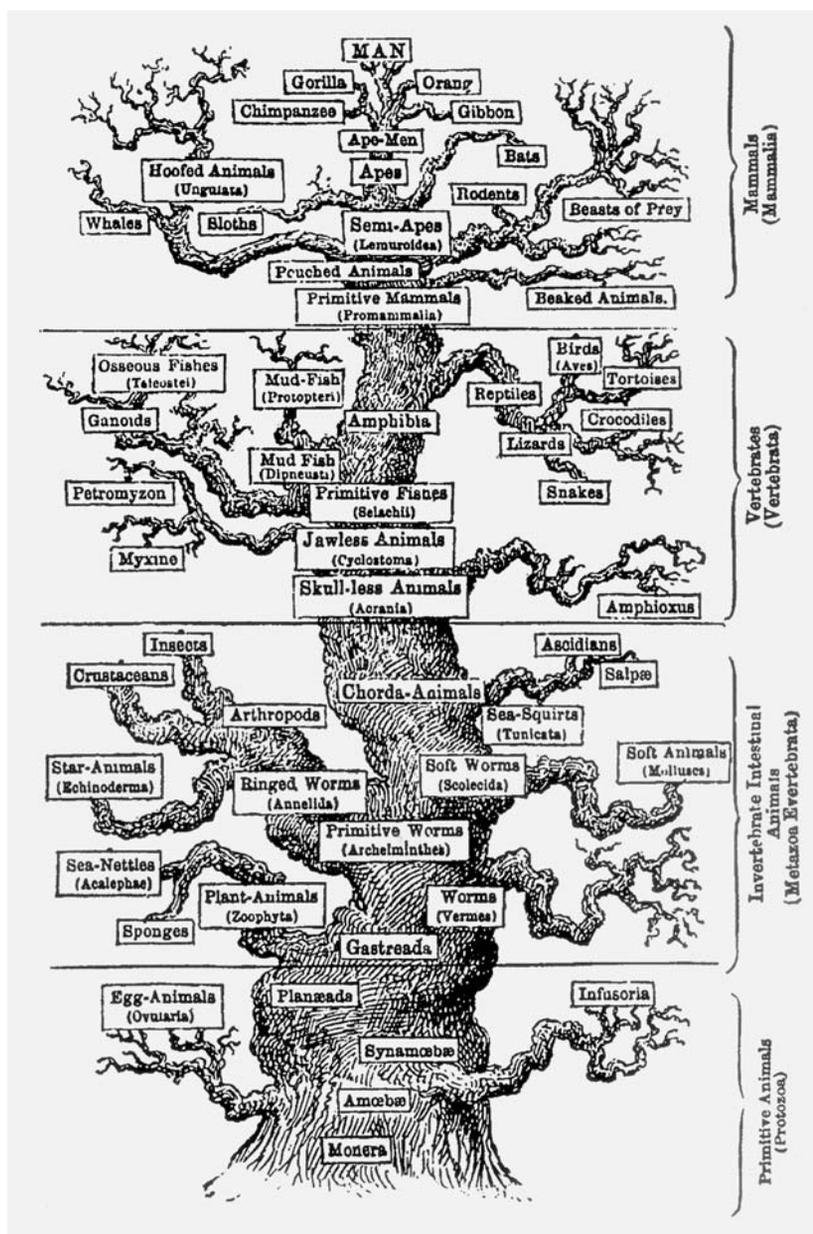


Рис.2. Одна из ранних версий филогенетического дерева по Геккелю.

ствии предковые признаки реконструируются. Важная роль отводится *взвешиванию признаков*. В классической филогенетике оно всегда трактуется как *дифференциальное*: разным признакам придается разное значение (разный «вес»). Однако в разных школах филогенетики эта общая концепция трактуется специфическим образом в зависимости от понимания сути филогенеза.

Генеалогическая трактовка предполагает деление признаков на «*филогенетические*», не связанные с частными адаптациями, и на «*адаптивные*». Подразумевается, что именно первые следует использовать для установления родственных связей между видами, поскольку они унаследованы от предков (ближайших или отдаленных), что свидетельствует о филогенетической общности их потомков.

Адапционистская трактовка, напротив, придает наибольший вес тем признакам, которые отражают *адаптивную специфику* данной группы. Фактически эта идея — отголосок прежнего понимания «главной сущности» естественных таксонов. В данном случае существенность морфологических структур связывается с их адаптивной (чаще всего функциональной) значимостью.

В настоящее время традиции классической филогенетики развивает подход, названный *филистикой* с легкой руки отечественного палеонтолога-энтомолога А.П.Расницына [6]. В ней филогенетическое развитие по-прежнему рассматривается как упорядоченный адаптиогенез, в котором закономерные тенденции преобладают над случайными. Поэтому при характеристике филогенетического единства групп большое значение придается не только единству происхождения, но и единству эволюционных тенденций их представителей как лишнему доказательству монофилии.

Новая филогенетика

Большинство современных реконструкций выполняется в рамках *новой филогенетики*. Сформировалась она в результате объединения трех подходов, поначалу (в 60-е годы) развивавшихся независимо, — кладистики, нумерической филетики и генофилетики. Ее можно определить как *раздел филогенетики, разрабатывающий филогенетические гипотезы на основе кладистической методологии средствами нумерической филетики при использовании молекулярно-генетических данных*.

Идеологическое ядро новой филогенетики составляет *кладистика*, становление которой связывается с именем немецкого энтомолога В.Геннига. Его основополагающая книга была опубликована на немецком в 1950 г., но особую популяр-

ность это направление получило после выхода англоязычного издания [7]. Тогда же появился и сам термин «кладистика».

Методологической основой кладистического подхода служит *принцип экономии*, который по возможности исключает исходные домыслы об исследуемом явлении. Соответственно, исторические реконструкции проводятся при минимальных априорных допущениях о свойствах эволюционного процесса. Общая концепция эволюции как адаптиогенеза, обязывающая детально прописывать эволюционные сценарии, взвешивать признаки согласно их адаптивной значимости и т.п., оказывается избыточной. Этим обосновывается ключевая для новой филогенетики редукция исторического развития к кладогенезу, в котором нет ни параллельных линий, ни ступеней эволюционного развития.

Такое упрощенное понимание филогенеза существенно изменило его графическое представление. Своего рода символом кладистики, а с ней и всей новой филогенетики стала *кладограмма* — стилизованное филогенетическое дерево (рис.3). На нем, в отличие от *филограммы*, показывающей степень дивергенции и уровни продвинутости групп, присутствуют толь-

ко точки ветвления, отражающие последовательность становления монофилетических групп. Анагенетическая составляющая эволюционного развития отсутствует; поэтому, глядя на кладограмму, нельзя судить об уровнях дивергенции и продвинутости групп организмов.

Одна из причин успеха кладистики — эффективная методология филогенетических реконструкций, которая сделала принципиально возможной их воспроизводимость. Ее важная часть — более «узкая» трактовка понятий монофилии и монофилетической группы (см. рис.4). В классической филогенетике монофилетической считается группа, включающая *любох* потомков данной предковой формы. Очевидно, при выделении на таком филогенетическом дереве монофилетических групп возможны весьма широкие разночтения. В кладистике признаются только *голофилетические* группы, включающие *всех* потомков данной предковой формы. Группы, в которых лишь часть таких потомков (*парафилетические*), не рассматриваются.

Частью этой методологии стал парадоксальный с точки зрения классической филогенетики отказ от учета отношений предок—потомок при обсужде-

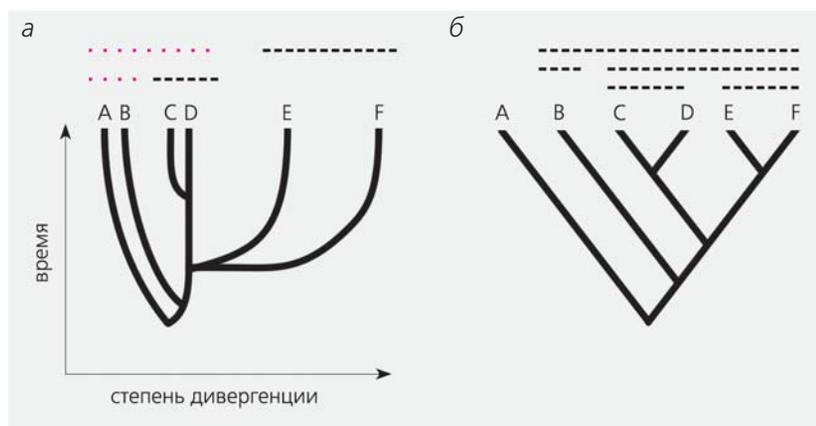


Рис.3. Стилизованные представления филогенетических схем в современной филогенетике: а — филограмма, б — кладограмма. Цветными линиями показаны парафилетические группы, штриховыми — голофилетические группы.

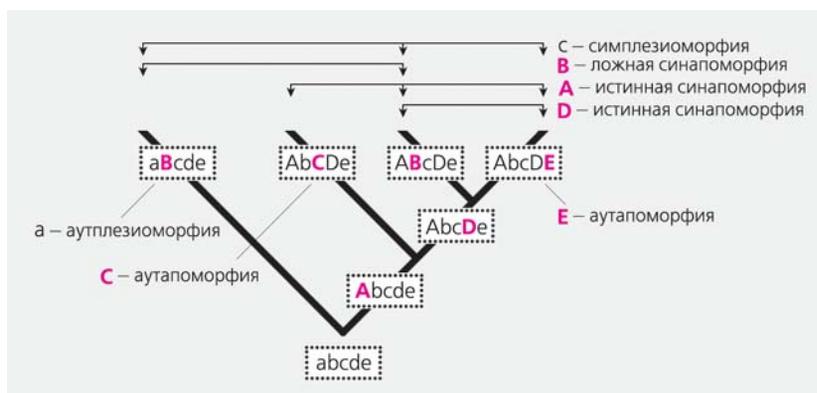


Рис. 4. Категории сходства, связанные с концепцией синапоморфии. Заглавными буквами обозначены апоморфии, строчными — плезиоморфии; цветом выделены апоморфии, определяющие голофилетические группы.

нии родства и монофилии. Основанием для этого послужило то соображение, что конкретный предковый вид для подавляющего большинства групп, особенно высокого ранга, нельзя установить. В таком случае более корректна отсылка к *сестринской группе*, возникшей в результате одного кладистического события вместе с исследуемой. Это дает возможность игнорировать геохронологическую составляющую эволюции и «уравнивать» палеонтологические данные с современными. Такая позиция подводит теоретическую базу под генофилетические реконструкции, в которых предковые формы изначально не нужно исследовать.

Основу большинства алгоритмов новой филогенетики составляет *принцип синапоморфии*, согласно которому монофилию группы можно выявить только через сходство по производному состоянию признака (*апоморфии*, рис.4). В отличие от этого *симплезиоморфия* — сходство по исходному состоянию признака (*плезиоморфии*) — не позволяет определить монофилию группы. При этом особо выделяется синапоморфное сходство, унаследованное от ближайшего предка данной группы (*истинная синапоморфия*). Напротив, сход-

ство в результате параллельной эволюции (*ложная синапоморфия*) считается незначимым: это принципиально отличает кладистику от классической филогенетики.

Последнее составляет один из важнейших критериев — значимость признаков: их «вес» обратно пропорционален вероятности параллелизмов и реверсий в эволюции. Чем выше эта вероятность, тем менее значимы признаки, поскольку они с меньшей надежностью позволяют судить о монофилии. Вместо выбора наиболее существенных признаков вводится количественный критерий суммарной оценки значимости сходства: чем большим числом общих апоморфий обладают два таксона, тем выше вероятность их принадлежности к монофилетической группе. Следовательно, чтобы узнать, монофилетичны ли те или иные группировки таксонов, достаточно просуммировать специфические для каждой из них синапоморфии и сравнить результаты. Это позволяет достаточно просто решать конфликты, возникающие между разными признаками, по которым могут получаться разные филогенетические схемы.

Такой критерий стимулировал активное освоение совре-

менной филогенетикой количественных методов, которые разрабатывает **нумерическая филетика**. Сегодня существует своего рода «индустрия» по производству методов количественной оценки сходства организмов и конструирования филогенетических деревьев и их реализации в виде компьютерных программ [8].

В настоящее время наиболее популярны два метода — *экономи* (парсимонии) и *наибольшего правдоподобия*. Принципиальные различия между ними состоят в разной трактовке начальных условий реконструкций. Методы первой группы, выделяемые со ссылкой на рассмотренный выше принцип экономии (отсюда их название), предполагают полный отказ от априорного определения эволюции признаков, которые трактуются фенетически. Во второй группе признаки вводятся в качестве элементарных гипотез о сегоменезах, в которых определены вероятные направления эволюционных преобразований соответствующих структур. В первом случае итоговая гипотеза оптимальна, если в ней минимально количество параллелизмов; во втором случае — если она наиболее правдоподобно суммирует все эволюционные сценарии для признаков.

Несомненное достоинство нумерической филетики в том, что она позволяет манипулировать большими массивами данных. Морфолог чаще всего способен охватить интуицией лишь ограниченное число структур, которые можно описать несколькими десятками формализованных признаков. Однако без применения количественных техник едва ли можно сравнить десятки таксонов по нуклеотидным последовательностям, состоящим из нескольких тысяч пар оснований. Но здесь кроются и свои «подводные камни». Так, суммирование нескольких десятков морфологических и нескольких сотен мо-

лекулярных признаков приводит к тому, что первые «поглощаются» вторыми. В результате филогенетическая схема почти целиком определяется молекулярно-генетическими данными.

Активная «нумеризация» новой филогенетики все более переносит акцент с теории и методологии реконструкций на их «технологию». Обсуждаются детали вычисления достоверных интервалов при применении вероятностных критериев, скорость работы компьютерных программ, их ограничения на манипулирование большими массивами данных и т.п. При этом все меньше внимания уделяется биологическому осмыслению результатов, что во многом выхолащивает эволюционный смысл подобных реконструкций.

Особый раздел нумерической филогенетики составляет компьютерное моделирование филогенетических процессов. Оно позволяет исследовать некоторые свойства исторического развития организмов на основе симуляционных моделей.

Генофилетика (*филогеномика*) — раздел новой филогенетики, в котором заключения о кладистической истории выводятся на основании анализа исключительно молекулярно-генетических данных. Это новейший этап развития *молекулярной филогенетики*, связанный с изучением нуклеотидных последовательностей. Теоретические предпосылки для использования таких данных в филогенетике были сформулированы в рамках СТЭ, которая свела эволюцию к изменениям, протекающим на генетическом уровне. На этом основании была выдвинута идея: чем «ближе» признаки к генотипу, тем больше их значение для филогенетических реконструкций. Нечего и говорить, что получение технического доступа к первичной структуре информационных макромолекул было расценено как «молекулярная революция» в филогенетике.

В генофилетике при реконструкции родственных отношений особое значение (со ссылкой на Дарвина) придается изменениям в первичной структуре макромолекул, не связанным с выработкой частных адаптаций. Такая трактовка эволюции вполне согласуется с принципами кладистики, что естественно объединяет последнюю и генофилетику в рамках новой филогенетики. Данное обстоятельство следует подчеркнуть особо: если бы в современной филогенетике доминировала адапционистская концепция, в ней не нашлось бы места генофилетическим реконструкциям, коль скоро они не интерпретируемы с позиций адаптиогенеза.

В генофилетике организм сводится к первичной структуре биополимеров, каждый элемент которых (нуклеотид) рассматривается как отдельный признак, а их может набираться несколько тысяч. Суждения о родстве базируются на суммарной оценке сходства по этим элементарным признакам, причем чем их больше (чем длиннее последовательность), тем более надежными считаются эти суждения. Поэтому единственный приемлемый метод оценки сходства — количественный.

Для перехода от сходства по молекулярным структурам к родству была разработана концепция *молекулярных часов*. В ее основу легла так называемая модель «нейтральной эволюции», предполагающая стохастическую природу накопления нейтральных мутаций в филогенетических линиях. Ключевым для концепции стало допущение, что ход этих «часов» приблизительно равномерен и одинаков для разных молекулярных структур и в разных группах организмов. Следовательно, если известна скорость накопления мутаций, то можно определять время разделения групп и на этом основании устанавливать между ними генетическое родство.

Количественная оценка различий по молекулярным струк-

турам (генетическая дистанция) дает *собственное время* дивергенции, напрямую несопоставимое для разных групп организмов. Перевод его в единое для них *абсолютное время* (в миллионах лет) осуществляется посредством *калибровки* «молекулярных часов». Для этого вычисленные дистанции сопоставляются с временем появления в палеонтологической летописи первых представителей монофилетических групп, выявленных молекулярными средствами. Затем проводится перерасчет дистанций в единицах скорости изменения первичной структуры макромолекул и определяется абсолютное время дивергенции.

Отсюда видно, что задача калибровки «молекулярных часов» не решается в рамках самой молекулярной биологии: результат зависит от палеонтологических данных. Здесь очень важны точность определения времени захоронения ископаемых остатков и правильность их отнесения к группам, выделенным по молекулярным маркерам. Кроме того, разные методы оценки генетических дистанций, а также самой калибровки «часов» могут давать разные результаты. Все это служит серьезным основанием для критики исходной упрощенной трактовки концепции «молекулярных часов» [9]. Накопленные данные показывают, что скорость изменения первичной структуры различна для разных макромолекул, а для одних и тех же макромолекул — для разных их участков и в разных группах организмов. Значит, универсальных «молекулярных часов» не существует в силу неравномерности их хода.

Возможности генофилетики существенно ограничены тем, что молекулярно-генетические данные, пригодные для филогенетических исследований, накоплены пока лишь для несколько десятков тысяч из почти 2 млн современных видов, известных науке. А ведь еще есть и многие миллионы вымерших

видов, по которым такого рода данные никогда не будут доступны. Все это делает особо актуальной проблему *неполноты выборки*: чем меньше в исследуемой группе представлено относящихся к ней таксонов, тем менее точна оценка филогенетических отношений между ними.

Приложения новой филогенетики

Многие биологические дисциплины (систематика, биогеография, в последние годы также экология и этология) в той или иной форме используют результаты филогенетических исследований. И в этом смысле их можно считать сферами приложения филогенетики как научной дисциплины.

В настоящее время существует целый класс задач, решение которых так или иначе связано с анализом **филогенетического** (точнее, **кладогенетического**) **сигнала** — информации о происхождении организмов, содержащейся в структуре их сходственных отношений. Оценка этого сигнала равносильна выявлению исторических причин, наряду с другими обусловивших наблюдаемое разнообразие. Очевидно, чтобы выявить названный сигнал, необходимо достаточно полно реконструировать кладистическую историю организмов.

Действительно, всякая развивающаяся система, образно говоря, есть «жертва своей истории». Это значит, что строение или образ жизни организмов могут быть обусловлены особенностями не только их среды обитания, но и особенностями их предыстории. Например, почему у разных наземных животных разное количество конечностей — четыре у позвоночных, шесть у насекомых, восемь у паукообразных? Ответы вряд ли имеет смысл искать в их условиях обитания. Скорее, они кроются в морфологической организации предковых форм каж-

дой из этих групп, от которых потомки унаследовали свои особенности. Понимание этого привело к формированию исследовательской программы — *сравнительной филогенетики*. Она изучает проявления исторических причин в особенностях образа жизни, морфологии, поведения и т.п. в разных группах организмов [2, 10].

Чуть ли не с первых шагов своего развития филогенетика тесно связана с исторической биогеографией, предоставляя ей сведения об истории формирования таксонов, составляющих ту или иную локальную биоту. В настоящее время эта связь оформилась в виде **кладистической биогеографии**, которая целиком опирается на анализ кладистической составляющей филогенеза [11].

Если изначально филогенетика фактически «выросла» из *биологической систематики*, то сегодня, напротив, новая филогенетика оказывает существенное влияние на систематику, ее принципы и методы. Классическая филогенетика определяет задачи систематики как отражение результатов филогенеза в системе таксонов, характеризующих филогенетическим единством. Уточнение этого единства дало начало так называемой **кладистической систематике**, цель которой сводится к «переводу» кладограммы в таксономическую систему.

Парадокс ситуации в том, что это различие, очень не-

значительное по форме, весьма сильно повлияло на состояние современной систематики. Очень многие таксоны, признанные поколениями систематиков, оказались парафилетическими и потому подлежащими «упразднению». Это вызвало волну существенных перестроек естественной системы живых организмов и, соответственно, резкую полемику по поводу их правомочности и обоснованности.

Типичным примером таких разногласий может служить ситуация, сложившаяся с системой современных представителей рептилий и птиц (рис.5). В классической систематике в качестве естественных групп принимаются линнеевские классы Reptilia (черепахи, гаттерии, леопозавры и крокодилы) и Aves (птицы). Причина достаточно очевидна: эволюция птиц вывела их за пределы рептилийной адаптивной нормы, так что они утратили единство с ними.

Но в генеалогической схеме среди перечисленных групп ближайшими родственниками крокодилов — птицы. С точки зрения кладистики, классический таксон Reptilia — парафилетический: в его составе должны остаться только гаттерии и леопозавры (ящерицы и змеи). Черепах нередко объединяют в класс Parareptilia, а птиц и крокодилов следует выделять в класс Archosauria (куда из ископаемых форм относятся также динозавры и птерозавры).



Рис.5. Классическая (слева) и кладистическая (справа) классификации рептилий и птиц.

Генофилетический раздел новой филогенетики разрабатывает так называемую **гено-систематику**, в которой таксоны формируются исключительно на основе генетических данных [12]. Ее заслуга в уникальном фактологическом обеспечении старой идеи «Дерева жизни» — глобальной классификации мира живых организмов. В частности, очень детально прорабатывается таксономическая система для прокариот, приведшая к выделению новых царств живых организмов [13].

Кладистическая систематика не оставила без внимания и таксономическую номенклатуру. В настоящее время разрабатывается так называемый «Филокодекс», идеологическую основу которого составляет принцип монофилии в его «узкой» трактовке [14].

* * *

Развитие науки в некотором смысле подобно биологической эволюции. Разнообразие идей, подходов, методов столь же присуще динамично развивающейся научной дисциплине, как разнообразие видов — эволюционирующей биоте. Постоянная конкуренция идей, возникновение и отмирание научных школ, развитие новых направлений — всё это и следствие, и причина научного прогресса.

Филогенетика в этом отношении не составляет исключения. Ее основной вектор развития во все времена задан очевидной «сверхцелью» — все более полной реконструкцией истории формирования биоты. Как достичь ее — вот основная проблема этой дисциплины.

Способы ее решения порождают разные подходы к филогенетическим реконструкциям. Формирование новой филогенетики связано с уточнением этой общей задачи и попытками по-новому решить старые проблемы. Но каждый подход действует в рамках своих возможностей, а его неоправданно оптимистичная трактовка часто уходит в неверном направлении. Поэтому было бы ошибочным считать, что предлагаемые сегодня исторические реконструкции — окончательные.

Очевидно, что на смену новой филогенетике придет какой-то другой подход. Можно полагать, что, подчиняясь тенденциям развития эволюционной теории, он будет свободен от избытка редуccionизма, присущего современным исследованиям. ■

Литература

1. *Парамонов А.А.* Пути и закономерности эволюционного процесса // Современные проблемы эволюционной теории / Ред. В.И.Полянский, Ю.И.Полянский. Л., 1967. С.342—441.
2. *Павлинов И.Я.* Введение в современную филогенетику. М., 2005.
3. *Баранцев Р.Г.* Синергетика в современном естествознании. М., 2003.
4. *Жерихин В.В.* Избранные труды по палеоэкологии и филоценогенетике. М., 2003.
5. *Eldredge N., Cracraft J.* Phylogenetic patterns and the evolutionary process. N.Y., 1980.
6. *Расницын А.П.* Процесс эволюции и методология систематики // Тр. Русск. энтомол. об-ва. 2002. Т.73. С.1—108.
7. *Hennig W.* Phylogenetic systematics. Urbana, 1966.
8. *Nei M., Kumar S.* Molecular evolution and phylogenetics. Oxford, 2000.
9. *Bromham L., Penny D.* // Nature Rev. 2003. V.4. №3. P.216—224.
10. *Page M.* // Nature. 1999. V.401. P.877—884.
11. *Crisci J.V., Katinas L., Posadas P.* Historical biogeography. An introduction. Harvard, 2003.
12. *Антонов А.С.* // Генетика. 2002. Т.38. №6. С.751—757.
13. *Кусакин О.Г., Дроздов А.Л.* Филема органического мира. 1. Прологомены к построению филемы. СПб., 1994.
14. *Cantino P.D., Queiroz K.* The PhyloCode: a phylogenetic code of biological nomenclature. 2003.
URL: <http://www.ohiou.edu/phylocode/>

Ветер по заказу

Новые возможности ветровой энергетики

М.А.Негодаев,
кандидат физико-математических наук
Москва

До сих пор почти 90% всей энергии, используемой человечеством, вырабатывается из натурального углеродного топлива (дерева, угля, нефти, газа). К сожалению, этот процесс совсем не безобиден: побочные его продукты образуют от 60 до 80% всех загрязнений земной среды. Кроме того, ископаемое топливо способствует увеличению доли углекислого газа в атмосфере. Поэтому так привлекательна идея экологически чистых возобновимых источников энергии, и в первую очередь ветровой.

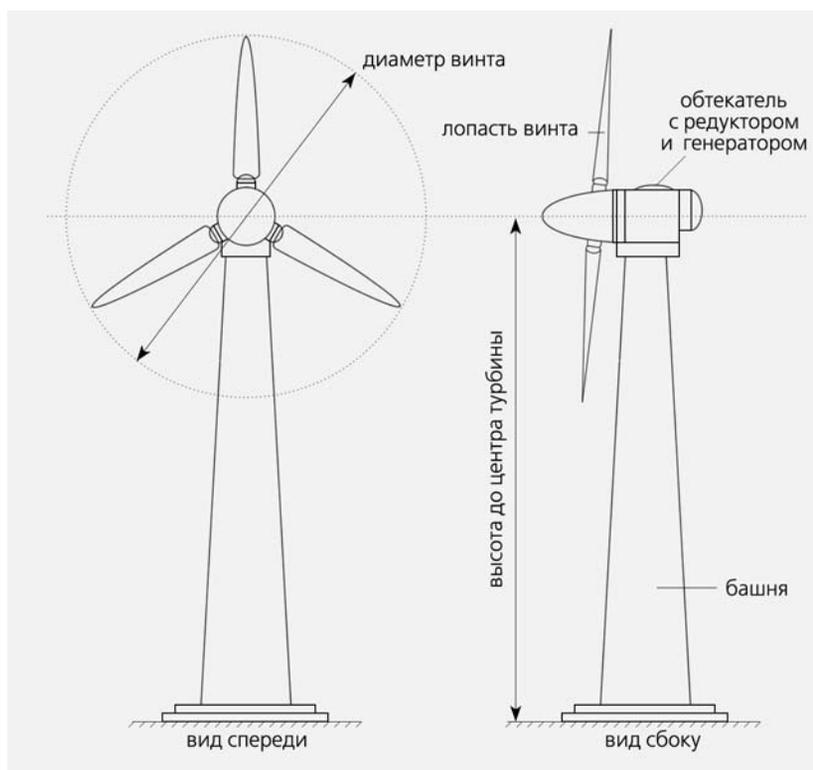
Перемещение воздушных потоков издавна используется в разных целях — от помола зерна до движения корабля. Сейчас в некоторых странах оно успешно служит для производства электроэнергии. Сооружены и продолжают строиться разного типа ветровые электростанции [1–3]. Только в Германии на 2003 г. насчитывалось 14 тыс. ветровых энергетических установок, вырабатывающих 5% всей энергии страны. Естественно, эта доля колеблется в зависимости от природных условий региона. Так, например, по данным немецкой печати, доля ветровой энергии, производимой в земле Шлезвиг-Гольштейн, в настоящий момент составляет 25%, а в перспективе, к 2010 г., она достигнет уже 50%.

Заметен и прогресс в совершенствовании самих ветровых электрогенераторов: если

в 1990 г. один ветровой генератор вырабатывал мощность около 0.160 МВт, то современные ветровые электростанции производят 1.5 МВт и более, и они могут работать при скоростях ветра от 2.5 до 25 м/с [4]. Но недостатком этих устройств по-

прежнему остается непостоянство работы, связанное с локальными погодными условиями и скоростью ветра в месте расположения станции.

Эту проблему можно решить, если разместить ветровые электрогенераторы в трубе, которая



Тип станции	Номинальная мощность, МВт	Диаметр винта, м	Высота до центра турбины, м
Nordex N60	1.3	60	46, 60, 69
Vestas V80	1.8, 2.0	80	60, 67, 78, 100
Nordex N80	2.5	80	60, 80
Nordex N90	2.3	90	80, 100, 105
Repower 5M	5.0	126	90–100, 100–120

Схема современной ветровой электростанции и геометрические размеры для некоторых типов станций (<http://www.eia.doe.gov>).

соединит районы Земли с разным атмосферным давлением. Стандартное атмосферное давление на уровне моря составляет 101 325 Па, но оно сильно варьирует (от 88 тыс. до 108 тыс. Па) и зависит как от времени, так и от места. Кроме того, на Земле существуют стационарные области пониженного и повышенного давления (широтные изменения), которые определяют основные направления перемещения воздушных масс на планете [5]. На это широтное распределение атмосферного давления существенное влияние оказывает время года и конфигурация материков и океанов. В итоге распределение перестает быть связанным только с широтой, и поле атмосферного давления распадается на ряд областей высокого и низкого давления, которые называются центрами действия атмосферы. Различают постоянные и сезонные центры действия атмосферы. В северном полушарии основных таких центров восемь: североатлантический антициклон, алеутский минимум, зимний азиатский максимум, летняя азиатская депрессия, азорский антициклон, исландская депрессия, североамериканский зимний антициклон, калифорнийская летняя депрессия. Они хорошо видны на карте многолетнего среднего распределения атмосферного давления и преобладающего ветра у земной поверхности для зимнего (январь) и летнего (июль) месяцев, размещенной в интернете на сайте www.cultinfo.ru.

Если такие области с пониженным давлением соединить трубопроводом с областями повышенного давления, то за счет

разности давления на концах трубопровода в нем естественным образом возникнет поток воздуха из последних областей в первые. Таким образом, используя природные условия атмосферы, можно создать непрерывный поток воздуха в трубопроводе и тем самым обеспечить бесперебойную работу ветровых электрогенераторов.

Аэродинамические законы связывают среднюю скорость потока воздуха в трубопроводе v_{cp} , длину трубопровода L и его диаметр (гидравлический) D с величиной разности давления $\Delta P = P_1 - P_2$ на концах трубопровода соотношением $D/L = \sqrt{\rho \lambda v_{cp}^2 / 2 \Delta P}$, где ρ — плотность воздуха, а λ — безразмерный коэффициент трения, зависящий от скорости.

Приведем результаты вычислений средней скорости потока воздуха для разных длин трубопровода диаметром $D = 100$ м (что приблизительно равно диаметру винта современных ветровых электрогенераторов) при изменениях давления на концах трубопровода от 10 до 200 мбар:

L , км	v_{cp} , м/с
500	6.9–33.3
1000	4.6–23.6
3000	2.6–12.6

Как видно, величины средней скорости воздушного потока в трубе длиной до 3000 км, полученные в результате оценок, отвечают рабочим условиям современных ветровых электростанций.

Очевидно, что диаметр трубопровода зависит от типа турбины используемых генераторов.

Оптимизация всех параметров устройства и дальнейшее совершенствование генераторов, возможно, позволит уменьшить необходимую для работы генераторов скорость потока воздуха в трубопроводе и соответственно уменьшить гидравлический диаметр используемого трубопровода.

Кроме основной задачи — создания непрерывного потока воздуха для работы ветровых электрогенераторов — этот трубопровод может быть использован для других целей:

- направленный поток воздуха может перемещать грузы из областей с повышенным атмосферным давлением в области с пониженным атмосферным давлением (по аналогии с пневматической почтой);

- используя системы фильтрации, можно очищать воздух от вредных примесей;

- конденсируя воду из воздуха, проходящего по трубопроводу, можно получать пресную воду.

Создание сети трубопроводов с герметичными задвижками и датчиками давления, информация с которых помогала бы управлять воздушными потоками, позволит эффективно использовать не только разницу в давлении широтных зон, но и перепад давления в областях перемещения циклонов и антициклонов. Реализация предложенного устройства [6] даст возможность приблизить ветровые электростанции к промышленным центрам и городам, постепенно заменить ими существующие тепловые электростанции и тем самым заметно улучшить экологическую ситуацию. ■

Литература

1. *Golding E.W., Harris R.I.* The generation of electricity by wind power / Eds E.London, F.N.Spon. N.Y., 1977.
2. Ветроэнергетика / Ред. Д.де Рензо. Пер. с англ. В.В.Зубарева. Франкфурт; М., 1982.
3. Ветроэнергетические установки за рубежом (состояние и перспективы развития): Аналитическая справка ВНИИ информ. и техн.-экон. исслед. в электротехнике (Информэлектро). М., 1990.
4. Проспект фирмы NORDEX 2001 г. (www.nordex.de).
5. *Handbook of Geophysics and Space Environments* / Ed. Sh.L.Valley. N.Y.; San Francisco; Toronto; L.; Sydney, 1965.
6. *Негодаев М.А., Багуля А.В.* Патент РФ №2245459. Ветроэнергетическая установка. Приоритет от 17.09.2003. Бюллетень изобрет. №3 (2005).

Медведь опустил

Из научных трактатов

В конце 1980-х годов на Северном Кавказе был обнаружен половой процесс.

Кондилартр, найденный в позднем палеоцене и раннем эоцене Северной Америки...

В монографии «О равновесии гетерогенных веществ»...

В голоцене зубры были распространены практически по всей Западной и Центральной Европе, включая юг Англии, и исключая только Испанию, Италию, Грецию и юго-восток Болгарии.

...по словам Насимовича, его истребление подвигалось вперед значительно быстрее, чем изучение.

...долины эти покрыты кочками коровоустойчивых диких ирисов. Завершают пейзаж несколько гор повыше.

Анатомия птицы была отлично приспособлена к порханию.

Отгоняют несимметричный продукт (он кипит несколько ниже)...

...среди обычных особей минтая, трески, камбал или терпугов, вылавливаемых в дальневосточных водах, нет-нет, да и мелькнет экземпляр, напоминающий квазимодо, — горбатый, несурзанный, с коротким хвостом.

Здесь мы видим уже не промоины, а раскрытые трещины, которые по аналогии с промоинами можно образно назвать прощелинами.

Отсутствие глаза могло повлиять на темп полового созревания рыбы, поскольку она имела незрелые гонады...

После исчезновения в Старом Свете колибри некоторые из европейских цветов могли перейти

на опыление при помощи насекомых, в особенности пчел, имеющих длинный язык.

Дистанция убегания зубров — несколько десятков шагов. Небеспокойность животных делает эту реакцию отличной от панического бегства.

Вальдшнеп может использовать обоняние, очень, правда, плохое, для вынюхивания в почве червей...

Они [мелкие виды. — *Примеч. ред.*] поэтому пошли по другому пути, процеживая своими клювами, имеющими некое подобие цедильного аппарата, поверхность океана во всех направлениях...

Скорость достижения половозрелости значительно превышает скорость роста червя, что безусловно имеет огромное адаптивное значение для его расселения.

...обоняние может послужить хорошую службу, тем более что океан с воздуха далеко не проглядишь.

Возник спрос на мясо и шкуры животных, пихтовую дрань и другие лесоматериалы.

Основное понятие общей патологии. 1. Здоровье...

Медведь опустил.



СТРАНА МИФЛЯНДИЯ

«В мифах, легендах, сказках многих народов упоминаются фантастические существа (назовем их условно мифозоями – Mythozoa), анатомическое разнообразие которых значительно превышает таковое реально существующих животных». С этих слов начинается первая статья об обитателях Мифляндии «Страна Мифляндия, или типы симметрии у Mythozoa» (Природа. 2002. №4. С.17–24) Ольги Михайловны Ивановой-Казас – выдающегося отечественного эмбриолога, автора многочисленных публикаций, монографий и учебников по сравнительной эмбриологии и биологии развития животных. Эти работы давно стали незаменимыми энциклопедическими пособиями для биологов разных специальностей. Некоторое время назад писательский талант Ольги Михайловны проявился в новом, неординарном жанре – описании мифологических существ, базой для которого служат реальные методы сравнительной морфологии, эмбриологии и палеонтологии. Два года назад, когда была напечатана статья «Страна Мифляндия. Размножение мифозоев» (Природа. 2004. №4. С.49–54), мы поздравили Ольгу Михайловну с 90-летием. В этом году исполняется 70 лет первой ее публикации в нашем журнале (Неотения // Природа. 1936. №8. С.57–67), и эта дата отмечена новой статьей о мифозоях.

Индивидуальное развитие мифозоев

О.М.Иванова-Казас,
доктор биологических наук
Санкт-Петербург

Хотя у мифозоев наблюдается как половое, так и бесполое размножение [1], при этом далеко не всегда происходит настоящее самовоспроизведение — нередко получают потомки, морфологически резко отличающиеся от родителей. В связи с этим возникло подозрение, что законы наследственности в мифологии не работают. Рассматривая индивидуальное развитие мифозоев, особое внимание мы уделим химерам и попытаемся выяснить, в какой последовательности развиваются у них части тела, принадлежащие разным видам животных. Этот интерес усугубляется еще и тем, что существует тесная связь между индивидуальным развитием и историей происхождения каждого конкретного вида животных. Но причинно-следственные отношения между этими явлениями трактовались по-разному.

Еще в XIX в. Э.Геккель сформулировал знаменитый биогенетический закон, согласно которому онтогенез (индивидуальное развитие) животного повторяет филогенез (его эволюционную историю). Иными словами, зародыш в процессе развития проходит несколько стадий, сходных со взрослыми животными — его эволюционными предшественниками. Но против этого закона возражал К.Бэр, который подчеркивал, что зародыш не может походить на взрослого предка, а только на его зародыша, причем на соответствующей стадии развития. Сходство это хорошо выражено на ранних стадиях, а потом появляются все большие различия, и происходит так называемая эмбриональная дивергенция. А в 1939 г. А.Н.Северцов, создав теорию филэмбриогенеза, поставил биогенетический закон, как говорится, с головы на ноги. Он показал, что не филогенез повторяется онтогенезом, а наследственные изменения в ходе развития, влияющие на окончательное строение

© Иванова-Казас О.М., 2006

животных, становятся причиной морфологической эволюции, т.е. творят филогенез. Северцов различал три типа филэмбриогенезов: анаболию (надставку, или удлинение онтогенеза, при котором развитие протекает обычным образом почти до конца, после чего появляется какие-то новые признаки), девиацию (отклонение в ходе развития на какой-то средней стадии) и архаллаксис, при котором развитие идет по-новому с самой ранней стадии. Самый распространенный модус эволюции — девиация, а архаллаксисы встречаются крайне редко. Северцов признавал, что биогенетический закон оправдывается только в тех случаях, когда эволюция осуществлялась путем анаболии, и лишь до той стадии, на которой в развитии произошли какие-то изменения.

Однако Северцов занимался только морфологической стороной эволюции и не касался вопроса о причинах наследственных изменений в ходе индивидуального развития. А в настоящее время успешное развитие генетики и молекулярной биологии привели к признанию того, что весь ход индивидуального развития уже запрограммирован в зиготе (в оплодотворенном яйце), из чего следует, что изменения в ходе развития — следствие каких-то мутаций или изменений в процессе реализации содержащейся в зиготе наследственной информации.

Все перечисленное необходимо учитывать при рассмотрении индивидуального развития мифозоев. Но сразу же оговоримся, что о собственно эмбриональном развитии химер (протекающем под покровом яйцевых оболочек или в утробе матери) ничего неизвестно, поэтому обсудим лишь те немногие сведения, которые удалось найти в литературе о постэмбриональном развитии этих существ.

Драконы, упоминавшиеся в мифологии древних греков, были просто крупными змеями вроде удава, и лишь в Средние века они обзавелись ногами и крыльями, но о развитии европейских драконов ничего неизвестно, и задерживаться на них мы не будем. Для нас более интересны китайские драконы, в основе организации которых тоже лежит тело змеи или ящерицы. Но некоторым из них были присущи «восемь сходств»: голова верблюда, уши коровы, рога оленя, шея змеи, лапы тигра, когти орла, чешуя карпа и глаза какого-то духа [2]. Иногда они имели также крылья и какие-то нитевидные придатки, поодиночке или пучками свисающие с головы или с других частей тела. Китайские драконы жили в воде и на зиму впадали в спячку, просыпаясь только весной. Поэтому они считались божествами воды, дождя и плодородия. Но некоторые из них выполняли и другие функции: например, Ин-Лун (рис.1) был олицетворением огня. Дракон стал одним из самых главных священных животных (к которым относились также птица Феникс, носорог Цилин и черепаха). Как доброе божество дракон стал символом



Рис. 1. Дракон Ин-Лун.

императорской власти (некоторые императоры были даже зачаты драконами). Но это не мешало употреблять мясо драконов в пищу (в некоторых местах их специально разводили), а из их костей готовить лекарства.

Китайские драконы были раздельнополыми животными, самки откладывали яйца, похожие на крупные камни, на берегах рек. Эмбриональное развитие продолжалось несколько столетий. Новорожденные драконы были похожи на небольших змеек и не имели крыльев. Чешуя сначала была мягкой и затвердела только через год. Рост драконов продолжался полторы тысячи лет, еще через 500 лет у них выросли рога, а еще через тысячу лет развивались крылья. Эти сведения дают основания предполагать, что китайские драконы произошли от водяных змей, у которых путем анаболии сначала появились рога, а потом и крылья.

Василиск — фантастическое животное, почему-то называемое «царем змей», хотя выглядит оно как черный петух с крыльями летучей мыши, и только хвост у него змеиный. Иными словами, это комбинация летучей мыши, птицы и змеи. Своим взглядом василиск убивает людей и животных, сжигает траву и раскалывает камни. Кроме того, он очень ядовит, даже прикосновение к нему смертельно. Но василиск может погибнуть, увидев в зеркале свое собственное отражение. Самок у василисков нет. Они откладывают яйца, но высиживать их почему-то должна жаба. Из их яиц

Древнекитайский дракон

вылупляются обыкновенные цыплята, а змеиные хвосты и крылья летучей мыши появляются позднее. Никаких сведений о том, каким образом птичьи крылья этих птенчиков превращаются в крылья летучей мыши, мы не имеем, возможно, в этом случае произошла девиация. А змеиный хвост — это уже результат анаболии.

Мандрагора — одна из самых удивительных химер, в ее теле сочетаются части человека и растения. Современные ботаники относят ее к семейству пасленовых, но ее корни так похожи на нижнюю часть тела человека, что ее называют также «травя-получеловек» и даже различают особей мужского и женского пола. Изображают ее по-разному, иногда как человека с каким-то кустом на голове (рис.2), причем считается, что ее цветы ночью светятся. Мандрагоре приписывают лекарственные и магические свойства. Существует поверье, что, когда мандрагору вытаскивают из земли, она кричит и стонет, а человек, услышавший эти крики, умирает [3].

Хотя мандрагора известна очень давно (ее упоминает даже Пифагор в VI в. до н.э.), никаких сведений о ее происхождении и развитии найти в литературе не удалось. По-видимому, молчаливо принимается, что она развивается так же, как и другие растения (об этом же говорит наличие у нее цветков и ягод). По всей вероятности, сначала образуются корни, затем — росток (т.е. челове-

ческое тело), после чего на границе корня и стебля формируется утолщение, приобретающее человеческие очертания, появляются листья и начинается цветение и плодоношение. А если так, то человеческие признаки возникают у мандрагоры на какой-то средней стадии развития (еще до цветения), что можно квалифицировать как девиацию, а происхождение мандрагоры можно трактовать как пример неполного превращения растения в человека.

Русалки всем хорошо известны и не нуждаются в описании. Но Н.Н.Кондакову удалось проследить постэмбриональное развитие русалок, обитающих в окрестностях Москвы [4]. Их описание он снабдил превосходными рисунками, которые уже неоднократно публиковались. Поэтому здесь достаточно сказать, что русалки развиваются из икринок, ничем не отличающихся от лягушачьих, и, подобно лягушкам, проходят в ходе развития стадию головастика. Но потом голова этой личинки постепенно приобретает сходство с человеческой, а самые значительные отклонения от лягушачьего типа развития происходят во время метаморфоза. У обычных головастиков довольно рано появляются зачатки задних ног и начинается редукция хвоста, а развитие передних конечностей сильно запаздывает. У русалок же вся передняя половина тела приобретает антропоморфный вид, хвост не редуцируется, а задние ноги вообще не развиваются. Это позволяет предположить, что у русалок и лягушек общие предки или русалки произошли от лягушек из-за наследственных изменений в ходе метаморфоза (т.е. девиации).

Недавно описан новый вид черноморской медузы [6], на куполе которой имеется нарост, очень похожий на верхнюю половину женского тела (в нем различаются голова со ртом и глазами, руки и даже груди). Авторы назвали ее медузоидной русалкой и дали ей латинское название *Scyphobochimaera*. Им удалось проследить весь жизненный цикл этой странной медузы, который оказался почти совершенно идентичным таковому других сцифоидных медуз (рис.3). Из ее яиц развиваются ресничные личинки (планулы), которые прикрепляются ко дну и превращаются в полипов. Полипы (сцифистомы) имеют форму столбика, на верхнем конце которого располагается рот, окруженный щупальцами. Затем начинается бесполое размножение: щупальца редуцируются, а от верхнего конца полипа один за другим отделяются дискообразные фрагменты (эферы). Эферы переходят к плавающему образу жизни и постепенно преобразовываются во взрослых медуз. Вот на этой заключительной стадии развития на выпуклой стороне эферы появляется бугорок — зачаток человеческого компонента сцифомедузы. Мы не знаем, чем было вызвано превращение сцифоидной медузы в сцифохимеру, но произошло это в результате анаболии.

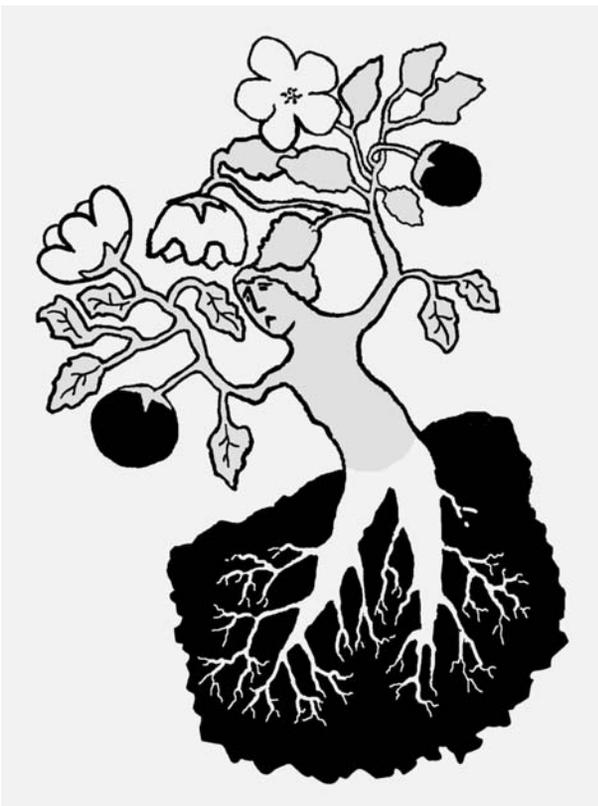


Рис.2. Мандрагора.

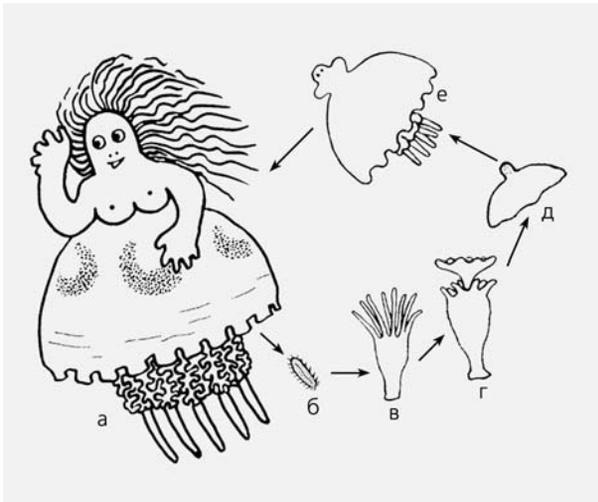


Рис.3. Развитие сцифоимеры: а — взрослая самка, б — планула, в — сцифистома, г — отделение эфиры, д и е — преобразование эфиры во взрослую медузу.

В грузинской мифологии упоминается **Курша** — собака с орлиными крыльями. Было время, когда на Кавказе из орлиных яиц иногда вылуплялись не орлята, а щенята. Орлы, естественно, считали их уродами; они сбрасывали этих бедных щенят с большой высоты на землю, и те разбивались и погибали. Но одному щенку каким-то чудом удалось уцелеть, а когда он вырос, у него появились крылья. Этот крылатый пес, названный Куршей, стал собакой героя грузинского эпоса Амирани, который вопреки воле богов помогал людям и, подобно греческому Прометею, был прикован к скале и подвергался нападениям орлов, а Курша тщетно пытался перегрызть сковывающие героя цепи.

Поскольку крылья появились у Курши довольно поздно, можно подумать, что и здесь мы имеем дело с анаболией, но в действительности дело обстоит гораздо сложнее. Ведь вылупление щенка из орлиного яйца еще более странно, чем появление у собаки крыльев. Напршивается мысль, что с самого начала внутри птичьей скорлупы развитие зародыша протекало не по птичьей программе, а по программе млекопитающего, и что в этом случае перед нами удивительный пример архалаксиса, затронувшего не одну какую-то часть тела, а весь зародыш. Но от этой соблазнительной идеи приходится отказаться, так как под скорлупой птичьего яйца не может сформироваться плацента — провизорный орган, играющий очень важную роль в развитии млекопитающих. Очевидно, и в этом случае переход развития с «орлиной» программы на «собачью» происходит на довольно поздней стадии — когда начинается органогенез у самого зародыша. Что же касается появления (хотя и запоздалого) крыльев, то это означает,

что какие-то части исходной программы развития у Курши сохранились в неизменном виде.

Теперь, обсудив мифозоев, о развитии которых что-то известно, немного пофантазируем о том, как могло бы протекать развитие у других мифозоев, например, **эльфов** — маленьких человечков с крыльями насекомых, чаще всего бабочек (рис.4). О происхождении этих персонажей низшей мифологии скандинавских и германских народов известно следующее: однажды верховный скандинавский бог Один увидел земляных червей и, сочтя их бесполезными существами, решил превратить их в эльфов. Так были созданы эльфы двух родов: светлые и темные. Темные — живущие в земле гномы, умеющие находить и обрабатывать металлы и драгоценные камни, а светлые эльфы обитают в полях и лесах среди растений (4). Они любят музыку и танцы, по ночам ведут хороводы, от которых на траве остаются круги вытоптанной травы.

Однако остается непонятно, почему из одного и того же материала (червей) были созданы столь различные существа? Невольно возникает догадка: Один имел дело не только с земляными червями, но и с гусеницами, так как в старину личинок насекомых тоже считали червями. Вот из таких гусениц и могли образоваться эльфы. А о том, как протекает их развитие, возможны два предположения.

Учитывая приведенную выше историю происхождения эльфов, естественно предположить, что ранние стадии их развития протекают так же, как у насекомых: эльфы-самки откладывают яйца,

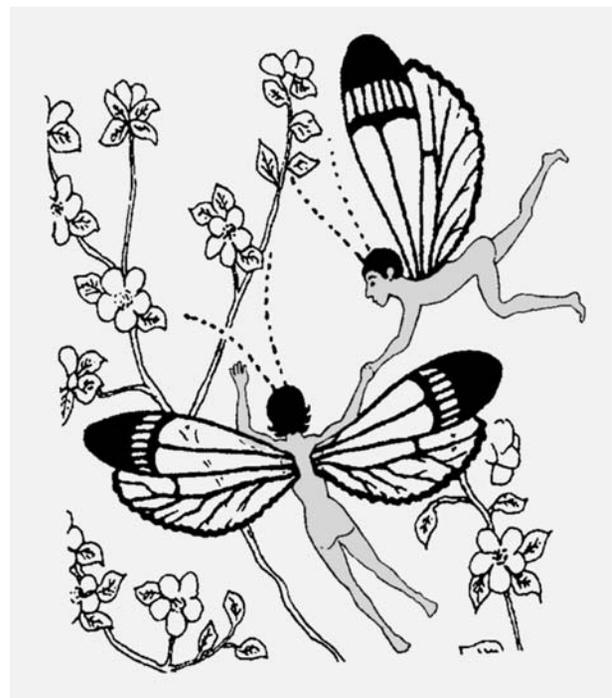


Рис.4. Светлые эльфы.

из которых выходят червеобразные гусеницы. Они растут, проделывают несколько линек и окукливаются, а потом под покровом куколочной кутикулы претерпевают сложный метаморфоз, при котором почти все личиночные органы разрушаются и заменяются соответствующими органами, но не взрослого насекомого, а органами человека. Из личиночных частей гусеницы у эльфов сохраняются только так называемые имагинальные диски, из которых затем развиваются крылья. Согласно этой гипотезе, изменение хода развития (девиация) происходит у эльфов, как у русалок, во время метаморфоза.

Но, поскольку у эльфов все тело человеческое, не менее вероятно, что эльфы женского пола не откладывают яйца, а рожают обычных детей, имеющих, однако, имагинальные диски крыльев. Располагаются они у этих детишек на спине на уровне лопаток внутри кожной складки, напоминающей небольшой рюкзачок. Зачатки крыльев имеют сначала вид складчатых пленок, потом кожная складка отсыхает и слущивается, а освободившиеся крылья разворачиваются и приобретают свой окончательный вид. Предположение, что крылья возникли у эльфов как анаболическая надставка к развитию, указывало бы на происхождение эльфов не от гусениц, а от людей, у которых как новообразование возникли крылья бабочки. Но если не подвергать сомнению мифологическую версию происхождения эльфов, то придется признать, что в этом случае произошел настоящий архаллакис, так как резкие различия в развитии насекомых и человека начинаются с организации яйцевой клетки; и единственный орган, унаследованный эльфами от предков, — это крылья.

* * *

Как можно видеть, онтогенез мифозоев вполне поддается анализу с позиций теории филэмбрио-

генеза Северцова. Гораздо труднее понять происхождение мифозоев и их онтогенеза с генетической точки зрения. Любые изменения в наследственной программе индивидуального развития обусловлены мутациями — изменениями генетических систем, контролирующих развитие. Однако обычные мутации вызывают лишь не очень значительные изменения размеров и формы органов, а существенные эволюционные преобразования морфологических структур происходят в результате целого ряда однотипных мутаций. Правда, значительные отклонения от нормы (возникновение двухголовых животных и младенцев, образование сросшихся близнецов и другие уродства) возникают иногда в результате воздействия непосредственно на зародыш каких-то повреждающих агентов во время его развития. Но и в таких случаях все части тела уродливых потомков сохраняют все признаки вида родителей, и крыло цыпленка не может превратиться в крыло летучей мыши, а у змеи не могут образоваться крылья птицы. Таким образом, причины возникновения химер нужно искать в области фантастики. Очевидно, сам факт превращения червей (или гусениц) в эльфов сопровождается почти полной перестройкой их генома, и следующие поколения эльфов развиваются уже по новой программе.

Можно предположить также, что в Мифляндии какие-то фрагменты генетического материала, включающие в себя группы функционально связанных друг с другом генов, обеспечивающих развитие разных органов, могут, подобно какой-то инфекции, передаваться от одного вида животного к другому неполовым путем (например, при участии кровососущих насекомых), что приводит к возникновению химер. И не исключено, что когда-то случались настоящие эпидемии «инфекционного химерогенеза». Это, конечно, очень смелая гипотеза, но в Мифляндии много есть такого, что и не снилось нашим мудрецам... ■

Литература

1. Иванова-Казас О.М. Страна Мифляндия. Размножение мифозоев. // Природа. 2004. №4. С.49—54.
2. Терентьев-Катанский А.П. Иллюстрации к китайскому бестиарию. СПб, 2004.
3. Энциклопедия сверхъестественных существ. М., 1997.
4. Кондаков Н.Н. // Химия и жизнь. 1982. №4. Последняя страница обложки.
5. Кашкина М.И., Викторчук И.В. // Биология моря. 2002. Т.28. №2. С.156—157.
6. Скандинавские сказания. М., 1988.

Следы в палеозойских гранитах — курьезы в истории геологии

Е.Ф.Бурштейн,
кандидат геолого-минералогических наук
Москва

С палеозойскими гранитами Юго-Западного Алтая связан живо обсуждавшийся в первой половине XIX в. вопрос, который можно было бы отнести к историческим анекдотам, если бы в него не были вовлечены люди науки. В его решении своеобразно отразились эволюция взглядов на происхождение гранитов, начало использования палеонтологических данных нового типа, проблема длительности геологической истории Земли.

В конце XVIII в., вскоре после сооружения на Иртышской пограничной линии в устье р.Бухтармы одноименной крепости, на одной из верхних плит сложенного гранитом берегового утеса высотой 8 сажен были обнаружены вдавленные в камень два следа босых человеческих ступней (большой и поменьше) и несколько отпечатков конских копыт.

Хотя в первой четверти XIX в. ученые-путешественники редко посещали Алтай, слух об этом феномене распространился и породил различные объяснения. Укоренившись тогда в России идеи непутизма, которые распространял через своих учеников ведущий профессор Фрейбергской горной академии в Саксонии А.Г.Вер-

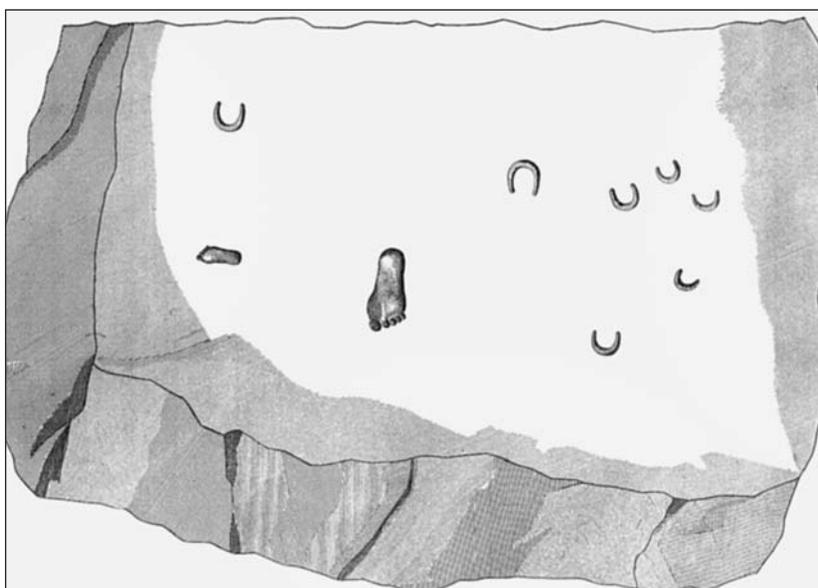
нер, предполагали кристаллизацию «первозданного» гранита из вод древнейшего моря. Сохранявшиеся же, отчасти и в ученой среде, представления о соизмеримости геологического времени с указанным в Библии возрастом сотворения Земли и человека позволяли допустить, что древний человек мог пройти по не затвердевшему еще граниту.

Обсуждение проблемы «следов на граните» вначале еще не выплескивалось на страницы научных журналов (хотя не исключено, что его отголоски можно разыскать в газетах или популярных изданиях того времени). Впервые упомянул о них в 1818 г. в «Сибирском вестнике» его издатель, Г.И.Спасский — востоковед, историк, археолог, натуралист, горный офицер, — не получивший специального образования, но уже в 27 лет избранный членом-корреспондентом Петербургской академии наук по разряду «восточной словесности и древностей». Он имел некоторый опыт изучения древних наскальных рисунков, в частности высеченных в береговых обнажениях по р.Томи и описанных еще в 1751 г. академиком И.Гмелиным. В 1809—1817 гг. Спасский служил на Алтае в штате горного округа. С упомянутыми отпечатками он

ознакомился во время путешествия 1809 г. в горы у верховьев Бухтармы и, не придя к определенному выводу о происхождении следов, высказывался осторожно: «Точность и соразмерность их заставила некоторых почитать оные настоящими отпечатками ног, когда, по предположению их, камень был еще мягок. Киргизы (казахи. — Е.Б.)... называют большой след Адамовым* и сохраняют к нему некоторое особое уважение... Нельзя, однако ж, сказать, чтобы сии следы произведены были в новейшее время... но вероятно они принадлежат к числу древних памятников... Может быть, в сей вещи... заключается важное историческое событие или предмет, относящийся к вере оных древних обитателей» [1. С.43]. В качестве примера Спасский привел углубления в полу одной из мечетей Кокандского ханства, почитаемые мусульманами как следы лба, руки с пальцами, колена и ноги молившегося здесь некогда пророка Сулеймана.

В 1810-е годы в Северной Америке, в песчанике каменоломни г.Сент-Луис на западном берегу Миссисипи, также были обнаружены отпечатки человеческих ступней. Через несколь-

* Библейский Адам упомянут в Коране, но они могли иметь в виду следы человека вообще (человек по-казахски — адам).



Бухтарминская крепость в начале XIX в. Справа — утес над р. Бухтармой из плитчатых гранитов с «отпечатками» на верхней плите. Гравюра Кулибина [1].

Зарисовка «отпечатков» в граните. Воспроизведена А. Эрманом [3] из статьи Г. Спасского [2].

ко лет об этом известил читателей солидный научный журнал*. (Судя по геологической карте второй половины XX в., Сент-Луис стоит на породах ордовика, но неподалеку есть выходы

* American Journal of Science. 1822. V.5.

и карбона.) Затем долгое время упоминаний о следах в печати не было.

В Россию во второй четверти XIX в. проникают идеи плутоновистов, или вулканистов, придающих важное значение в развитии земной коры «внутреннему

жару» Земли. В числе нескольких представителей этого направления, появившегося еще в XVIII в., был в свое время и М.В. Ломоносов. Наиболее последовательной концепцией плутонизма сформулирована в работе «Теория Земли» шотландца

Дж.Геттона (J.Hutton), вышедшей в 1788 г., но ее признание по ряду причин сильно задержалось. Геттон обосновал происхождение многих горных пород непосредственно из расплава, выделяя среди них возникшие в недрах Земли (граниты и другие полнокристаллические породы) и — на поверхности (базальты и другие слабо раскристаллизованные породы). Позднее идеи плутонизма после ознакомления с действующими вулканами активно развивали бывшие ученики Вернера Л.Бух и А.Гумбольдт.

Гумбольдт, отвергнувший «тотальный» непутизм Вернера, в отличие от Геттона считал, что и такие полнокристаллические породы, как граниты, могут кристаллизоваться на поверхности подобно лавам вулканов. Его авторитет побуждал энтузиастов естественного происхождения следов над Бухтармой принять и этот вариант. Ведь сведений о том, при какой температуре кристаллизовались «излившиеся граниты» и можно ли было ступить по ним, еще не затвердевшим, босыми ногами, в то время быть не могло. Не было и экспериментальных данных о температуре плавления гранитов, а воспроизвести их кристаллизацию из расплава удалось только в XX в. Гумбольдт же укрепился в своем мнении, путешествуя по Азиатской России в 1829 г. В юго-западных предгорьях Алтая он наблюдал отчетливую плитчатость гранитов, напоминающую слоистость (ранее плитчатая «матрацевидная» отдельность равным образом служила аргументом и для непутистов), и полого наклоненные гранитные «слои», залегающие на крутопадающих метаморфизованных глинистых сланцах, особенно эффектно выраженные в береговых обрывах Иртыша, в 15—20 верстах ниже Бухтарминской крепости. Плитчатые граниты крепости и обрывов Иртыша описал спутник Гумбольдта минералог Г.Розе [4. С.611].

В научной печати упоминание о следах в гранитах над Бухтармой вновь появилось только в 1831 г. и опять принадлежало Спасскому. Поводом для этого, по-видимому, послужила публикация в «Горном журнале» за 1830 г. статьи о находке известным геологом В.Букландом (W.Buckland) следов лап пресмыкающихся* в древнем красном песчанике Англии. Спасский изложил свои соображения в письме к Е.В.Карнееву, возглавлявшему Ученый комитет по горной и соляной части (зародыш будущих ведомственных горных и геологических научных институтов XX в.), приложив изображение следов, «снятое еще в 1805 г. одним любителем исторических памятников». Он обратил внимание на то, что следы «столь правильны и ясны, что на них видны пальцы и прочие выпуклости и углубления, особливо на большем следе», в то время как древние наскальные изображения людей и животных обычно сильно упрощены и уменьшены. «Сие-то и дало случай признавать их за настоящие оттиски ног, хотя догадка сия... заключает в себе величайшие геологические затруднения. Если даже принять не совсем еще утвердившееся мнение некоторых ученых, что гранит составляет новейшую формацию вулканического происхождения, то и в сем случае надобно будет приписать существованию сих отпечатков целые тысячелетия...»

Далее Спасский сослался на следы ног позвоночных, открытые в красном песчанике Англии, и привел еще несколько аргументов против признания обусуждаемых отпечатков «произведением рук человеческих». Один из них — общественное мнение: «...общая уверенность всех, не исключая и самих киргиз-кайсаков (казахов. — Е.Б.),

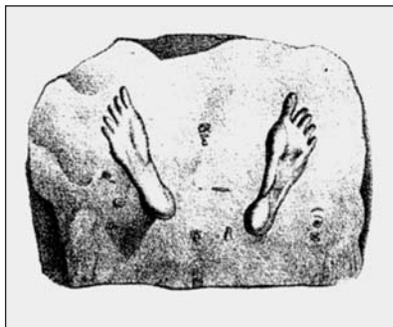
* Позднее девонские наземные позвоночные были отнесены к земноводным; пресмыкающиеся же появились в карбоне.

что следы сии суть настоящие отпечатки ног, тиснутые тогда на камне, когда оный был еще мягок».

Допуская возможность «быть граниту в таком состоянии, чтобы могли тиснуться на нем следы ног», но одновременно стремясь к объективности, Спасский указывал также, что это предполагает длительное существование отпечатков, не защищенных от влияния атмосферы. Его смущало и отсутствие парных следов ног или копыт. Считая, что в слоистом граните листочки слюды располагаются параллельно слоям, он предложил Ученому комитету поручить специалисту определить, были ли они вдавлены ногами в тестообразный гранит или разорваны, «если сии следы иссечены рукою человеческой» в твердом граните [2].

Карнеев, получивший классическое образование (он переводил на русский язык «Дух законов» Ш.Монтескье и трагедии П.Корнеля), возглавлял Департамент горных и соляных дел, в структуру которого входили Ученый комитет и Корпус горных инженеров. Он был инициатором издания «Горного журнала», выходящего с 1825 г. по сей день. Опубликовав письмо в журнале, Карнеев заверил Спасского (в примечании к статье), что «Ученый комитет, сделав со своей стороны распоряжение о произведении предположенных здесь изысканий, не оставит довести до сведения публики о последствиях, если оные могут послужить к какому-либо пояснению Бухтарминского памятника» [2. С.154].

Никаких сведений «о произведении изысканий» в дальнейшем не появилось. Что же касается следов ног в песчанике Сент-Луиса, то ими заинтересовался геолог Г.Мантель (G.A.Mantell), один из первых исследователей стратиграфии и ископаемой фауны меловых отложений Южной Англии. В его научно-популярной книге «The wonders of geology» («Чудеса геологии»),



«Отпечатки» в песчанике Сент-Луиса. Рисунок из книги Г.Мантеля [5. Bd.2].

содержащей немало эффектных зарисовок геологических и особенно палеонтологических объектов, а также примеры первых геологических карт, разрезов, стратиграфических колонок и др., воспроизведено и изображение отпечатков человеческих ног в песчанике. Пояснение к рисунку гласит: «...Изображены две несколько удаленные друг от друга подошвы пары человеческих ног, принадлежащих легко стоящему на них индивидууму. Отпечатки отчетливо демонстрируют ноги и пальцы во всем их совершенстве, форму мускулов и складки кожи, как будто бы они находились в мягкой массе. Поначалу предполагалось, что

изображения были высечены в камне индейцами-аборигенами... По моему мнению, это — несомненно подлинные отпечатки человеческих ног в песке, позднее затвердевшем благодаря инфильтрации известковых растворов... Подобное явление, единственное в своем роде, столь значительно, что я обратился к моему другу профессору Силлиману с просьбой исследовать свойства этого песчаника и его относительный возраст» [5. Bd.I. S.62—63]*.

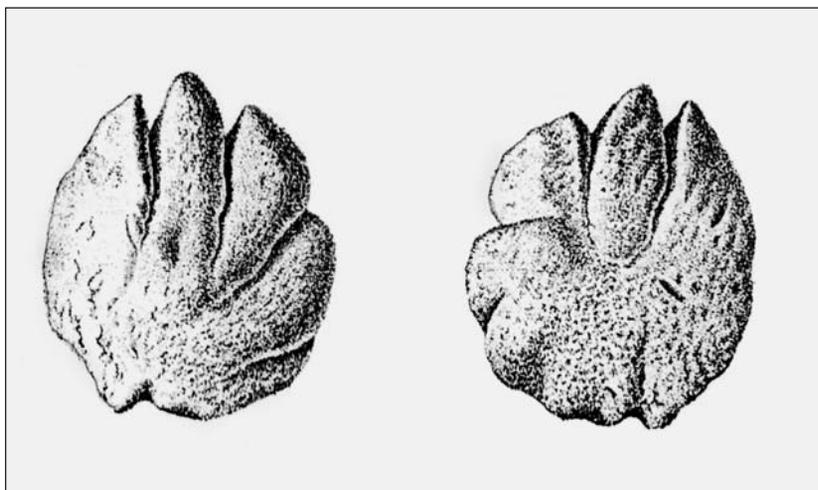
Дискуссию о следах у Бухтармы и на берегу Миссисипи продолжил в 1841 г. немецкий натуралист и путешественник А.Эрман, в 1828—1829 гг. прошедший Сибирь от Урала до Камчатки, включая и Северный Алтай. Позднее он издавал в Берлине журнал «Archiv für Wissenschaftliche Kunde von Russland...» («Архив российской науки...»). Нарядные томики «Архива» с золотым тиснением на обложке и позолоченным обрезом регулярно поступали в Россию.

* Перевод немецких текстов здесь и далее мой (ЕБ). Б.Силлиман (Silliman), 1779—1864, натуралист, профессор Йельского университета (США), основатель (1819) и редактор «American Journal of Science», где была опубликована информация о следах. Его именем назван минерал силлиманит.

К этому времени определилось важное значение для установления геологического возраста континентальных отложений ихниолитов — отпечатков или слепков следов ног ископаемых животных. Это заставило еще раз вспомнить загадочные следы на граните. После исследования Букландом следов в континентальном девоне Англии профессор Московского университета Г.И.Фишер фон Вальдгейм, председатель Московского общества испытателей природы, в 1839 г. описал (впервые для территории России) ихниолиты в пестроцветных песчаниках Лифляндии**. Он также отнес их к следам примитивных наземных позвоночных и определил возраст песчаников как девонский [6]. Изложение его статьи Эрман со своими комментариями опубликовал в «Архиве», поместив рядом (возможно, для контраста) заметку «О мнимых ихниолитах у Бухтарминска», в которой (спустя 10 лет) подверг критике аргументы Спасского [3, 7].

Упомянув, что обещание Ученого комитета исследовать следы не было выполнено, Эрман указал на особенности отпечатков, несовместимые, по его мнению, с их естественным происхождением: «...представляется почти непостижимым... каким образом человеческие существа, взрослое и юное, каждое из которых стояло на одной (правой) ноге, могли пребывать на таком странном основании и как в таком случае можно было, оставшись с одной ногой, избежать других ее следов?» В отношении конских следов Эрман обратил внимание на то, что это четкие следы подкованной лошади, которые должны были сохраниться без пропусков; необъяснимо также встречное расположение некоторых из них. Далее следовал выпад в сторону Спасского: «Вследствие многих открытий новей-

** Лифляндская губерния того времени включала северную часть нынешней Латвии и южную — Эстонию.



Следы правой и левой лап *Chirotherium minus* Fischer на девонском песчанике Лифляндии. Воспроизведено Эрманом [7] из статьи Фишера фон Вальдгейма [6].

шего времени и в том числе несомненных ихниолитов в Германии, Англии, Северной Америке, Лифляндии геогности, настроенные скептически, должны приобрести столь же дурную репутацию, как и *легковерные*» [3. С.532].

Затем Эрман перешел к аналогичным следам в Новом Свете: «...Похоже, он (Спасский) не одинок; лишь ненамного благонадежнее по сравнению с его смелым предположением изображения двух в высшей степени изящных подошв человеческих ног в песчанике каменоломни Сент-Луиса... В том, что это отпечатки подлинных человеческих ног в еще мягкой породе, не допускает никаких сомнений среди прочих и г-н Мантель, хотя и они принадлежат неестественно спокойному и совсем не «шагающему» индивидууму, так что способ их возникновения нельзя причислить к приемлемым событиям!» Эрман обратил также внимание на странное, почти 20-летнее молчание по поводу происхождения следов.

В отношении следов на Алтае Эрман предложил свое объяснение: «...следует вспомнить, что во многих буддистских странах человеческие следы на скалах, именуемые следами ног Будды, рекомендованы ламами верующим для поклонения... следует добавить, что как служители культа вообще, так и те из них, которые жили на Бухтарме, могли многократно упражняться в скульптуре человеческих подошв. Облик каждого буддистского храма в Сибири также свидетельствует, что ламы достигли немалых успехов во всевозможных искусствах, направленных на придание блеска их иерархии или на ее сохранение».

Вскоре, однако, Эрману пришлось вернуться к этому вопросу и опубликовать в «Архиве» за 1842 г. уточнение. Еще раз напомнив обещание Ученого комитета исследовать следы, он добавил: «...само собой разумеется, что указанное исследо-

вание не доставило удовлетворительного объяснения того, когда и кем было использовано долото, с помощью которого высечены эти следы на бухтарминском граните. Сведения, собранные позднее путешественниками непосредственно на месте, делают весьма вероятным, что попытка нового объяснения в «Архиве» также неудачна, а происхождение следов ног в Бухтарминске обязано прихоти рабочих, занятых на строительстве соседней крепости (1791)».

Итак, точка поставлена, хотя Эрману пришлось признать и несостоятельность собственной гипотезы. Однако он счел необходимым дать послесловие: «В изложенном выше сообщении издатель, естественно, видит окончательное и достойное благодарности выполнение того, что он считает желательным в науке, — по возможности *освободить геогнозию от сведений, которые настолько непригодны для выводов, что замалчиваются*... Единственная цель нашего предыдущего сообщения относительно статьи г.Спасского тем самым достигнута, и остается лишь пожелать, чтобы и в Америке при предоставлении обоснованных сведений о следах ног в Сент-Луисе можно было последовать примеру *Ученого комитета по горным и соляным делам России*» [3. С.175—176]. Ирония не смогла скрыть досаду ученого, который позволил вовлечь себя в несолидную дискуссию.

...Здесь я позволю себе вспомнить историю, некогда рассказанную студентам А.А.Гапеевым, одним из крупнейших специалистов в области геологии угольных бассейнов и месторождений. Однажды в Донбассе его попросили срочно прийти в контору шахты, куда доставили извлеченную из угленосной толщи окаменевшую человеческую ногу (!). Войдя в кабинет, он действительно увидел на столе подобие ноги, словно высеченной из мрамора. Паль-

цы на ней были выражены слабо, но на одном из них отсвечивал ноготь. При ближайшем рассмотрении «ноготь» оказался краем раковины, принадлежащей брахиоподам (плеченогим), свойственным отложениям каменноугольной системы, а «нога» — фрагментом небольшого тела известняка своеобразной формы, который образовался, по-видимому, из карбонатного ила, заполнившего ложбинку в песчано-глинистых отложениях и перекрытого после очередного поднятия и размыва следующим слоем, сохранившим этот феномен...

Как видим, природа тоже умеет шутить. Но для того, чтобы в первой четверти XX в. опытный геолог мог за считанные минуты разгадать подобный ребус, геогнозия (первоначальная геология конца XVIII—начала XIX в.) должна была разделиться на целую серию наук, в которых стали использовать точные методы исследования, а геогност — стать геологом. Современный специалист может определить последовательность напластований осадочных и вулканических пород, увидеть в остатках (или следах) древних животных и растений, в свойствах самих пород, в характере их контактов и других признаках свидетельства их геологического возраста и условий формирования. Поэтому не будем слишком строго к увлечениям и фантазиям предшественников — они опирались на положения науки своей эпохи. Только время «и опыт, сын ошибок трудных» помогают отделять заблуждения от достижений.

Однако вернемся к следам над Бухтармой. Что за путешественники могли сообщить Эрману «пренеприятнейшее известие»? Вероятнее всего, это был Г.П.Гельмерсен, в будущем — академик (с 1850 г.) и первый директор Геологического комитета России (с 1882 г.). В 1830-е годы он был единственным натуралистом, изучавшим граниты

Бухтарминской крепости и, ознакомившись со статьей Эрмана, мог сообщить ему свои наблюдения. В книге о путешествии 1834 г. по Алтаю, вышедшей только в 1848 г., Гельмерсен уделил этому несколько строк: «На одной из гранитных плит у верхнего края описанной выше стены находятся неоднократно обсуждавшиеся следы зверей и людей, значение которых пытались выяснить многие ученые. Вследствие выветрива-

ния гранитов они сделались нечеткими и хорошо видны только при низком стоянии Солнца. Я насчитал 10 из них в форме подковы, один, называемый «следом ступни Адама», а также небольшое углубление, которое здесь обычно называют заячьим следом. Сведения, которые я собрал у местных жителей, не оставляют сомнений в том, что эти конские и прочие следы были выдолблены кем-то из солдат, строивших крепость

в 1791 г.» [8. С.199]. На зарисовке обрыва, где Гельмерсен показал соотношения «пластового» и «жильного» гранита с метаморфическими сланцами, одна из плит сопровождается надписью «Rosstrappe» (конские следы).

...Мог ли предполагать безымянный солдат, в котором, возможно, погиб талант скульптора, сколько ученых мужей будут ломать голову над сочиненной им загадкой? ■

Литература

1. Путешествие по южным Алтайским горам 1809 г. // Сибирский вестник Гр. Спасского. СПб, 1818. Ч.3. С.28—64; Ч.4. С.66—100.
2. *Снасский Г.И.* // Горн. журн. 1831. №4. С.148—155.
3. *E. [Erman A.]* Ueber vermeintliche Ichniolithen bei Buchtarminsk // Archiv für Wiss. Kunde v. Russland etc. 1841. №3. S.529—533; 1842. №1. S.175—176.
4. *Rose G.* Mineralogisch-geognostische Reise nach dem Ural, dem Altai und dem Kaspische Meere. Berlin, 1837. Bd.1.
5. *Mantell G.* Die Phänomene der Geologie. Übersetzt v. J. Burkart. Bonn, 1839. Bd.1, 2.
6. *Fischer de Waldheim G.* // Bull. de la Soc. Imp. des Naturalistes de Moscou. 1839. №1. P.129—138.
7. *E. [Erman A.]* Ueber Thierfährten im Livlander Sandstein // Archiv für wiss. Kunde v. Russland etc. 1841. №3. S.526—528.
8. *Helmersen G.* Reise nach dem Altai im Jahre 1834 ausgeführt // Beitr. zur kenntn. des Russ. Reiches. Bd.XIV. St. Petersburg, 1848.

Охрана природы

Операция против инбридинга пум

30 особей — такой была в начале 90-х годов численность флоридской пумы (*Puma concolor coryi*) — подвида, находившегося под угрозой исчезновения. В 1995 г. ученые выпустили восемь самок тexasской пумы — другого подвида — в последний резерват их флоридских родственников. Эта программа реинтродукции, автором и руководителем которой был С.Пимм (S.Pimm), имела своей целью дать «свежую кровь» популяции, страдающей генетическими аномалиями от близкородственного скрещивания.

Проведенная операция оказалась эффективной: сегодня

уже насчитывается 87 пум! При этом гибридные котята по степени выживаемости втрое превосходят «чистокровных». *Terre Sauvage.* 2005. №210. P.13 (Франция).

Охрана природы

Морским птицам угрожают мыши

Небольшой скалистый остров Гоф (южная акватория Атлантического океана, принадлежит Великобритании) — место гнездования морских птиц, в том числе редких видов буревестников и альбатросов. Этой крупнейшей колонии (10 млн птиц) сейчас угрожает стремительный рост популяции мышей, которые на протяжении

прошлого века попадали на остров с прибывающими судами. Грызуны ежегодно истребляют более миллиона птенцов — в 200 раз больше их собственной численности. Мыши группами набрасываются на неспособных еще летать птенцов, нанося им многочисленные укусы, и те погибают от потери крови или инфекции.

В результате такие редкие виды морских птиц, как буревестник Шлегеля и насчитывающий всего 2000 пар альбатрос Тристана, которые гнездятся почти всегда на о.Гоф, оказались под угрозой исчезновения. Единственный выход из столь тяжелой ситуации — полное истребление мышей на острове. *Science et Vie.* 2005. №1056. P.32 (Франция).

Открытие в консервной банке

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

В сентябре 2003 г. после научной конференции в Хабаровске, перед отъездом в Иркутск, зашел в ближайший магазин и купил две банки морских консервов «Мидии копченые в масле, 130 г, готовые к употреблению». Выражаясь сугубо научно, *Mytilus trossulus*, но копченые и в масле. Открыв одну из банок, помимо самих копченых мидий обнаружил в ней серовато-белую жемчужину диаметром около 5 мм. (Фотографии банки и жемчужины прилагаются, а сами они хранятся под строгим учетом в моем рабочем кабинете. Все-таки научный факт!) Судя по конфигурации жемчужины и следам отрыва на ее поверхности, она была прикреплена к раковине, а тонкий перламутровый (не более 1 мм) слой обволакивал достаточно крупное инородное тело.

Конечно, жемчужину эту не оставишь в корону нежно рычащей «под фанеру» поп-звезды, но... Во-первых, находка резко расширяет перспективы жемчужного промысла на Дальнем Востоке России. Во-вторых, сырье для добычи жемчуга очень богатое. По моему личному опыту, каждая вторая банка консервов содержит жемчуг... К тому же экологически чистое и безотходное производство. Сырье полностью поедается под любой сопутствующей реактив... Добываешь самоцветы на кухне и рудой закусываешь! Да это же новый подход к освоению мине-

рально-сырьевых ресурсов России! Может быть, украсит мою грудь почетный знак «Первооткрыватель месторождения»? Мне он нравится...

Но это начало пути, надо выслушать вопросы и замечания, обменяться мнениями и организовать международную конференцию. А вопросы будут с трех сторон: от науки, чиновников и прессы.

От науки:

Каков коэффициент корреляции между консервной банкой и жемчужиной? Между жемчугом и желанием закусить мидиями?

Почему не проведены палеомагнитные исследования и не определена траектория движения банки от моря и до прилавка магазина?

Где результаты изотопных исследований, указывающие на глубину первичного нахождения раковины мидий? А геодинамика жемчугообразования?!

От чиновника:

Опять эти ученые... А имел ли автор лицензию на эксплуатационную разведку с попутным поеданием мидий копченых и с маслом? Впредь консервированные мидии надо продавать лицам, имеющим на руках соответствующие разрешающие документы. Для контроля создать новый комитет Роскомконсервмидияжемчугпродукт и укомплектовать его штат опытными, ранее несправедливо уволенными рыбными чиновниками. Информацию сделать строго конфиденциальной



и объявить торги на право поедания дальневосточных мидий. Мидиевые консервы продавать в ювелирных магазинах и по цене, доступной только достойным людям.

От прессы:

Враки все это. Единственное, что точно известно, — открытие сделано на кухне и, следовательно, народным ученым, славу когорту которых возглавляет Э.Мудашев. А ученые наши ничего не открывают, тем более консервные банки. Даже на цивилизованном Западе ученые с трудом справляются с подобной проблемой. И куда смотрит наша наука? Сколько уже напрасно съедено этих самых консервов! Сколько погибло народного добра! Перед нами еще один пример бесполезности фундаментальной науки. Все для человека... имеющего деньги.

Вот и попробуй после этого закусывать «Мидиями копчеными в масле, 130 г»! ■

Заменим псевдонауку истинной!

М.М.Левицкий,

кандидат химических наук

Институт элементоорганических соединений им.А.Н.Несмеянова РАН
Москва

Что хорошо придумано, всегда долговечно. Это с полным правом можно отнести к астрологии, выдержавшей самую трудную проверку — испытание временем. Полагают, что она зародилась в древней Месопотамии и начала энергично развиваться при упоминаном в Библии вавилонском царе Навуходоносоре, т.е. по крайней мере за шесть столетий до наступления новой эры. И сейчас астрология продолжает разрастаться, постоянно шагая в ногу со временем. Сегодня можно получить не только индийский, зодиакальный, цветочный, японский, китайский гороскопы или гороскоп друидов, но даже автомобильный, кулинарный, мобильный или бизнес-гороскоп.

В чем причина популярности и живучести астрологии? Она универсальна и смело берется решать вопросы, которые волнуют буквально каждого человека. Изящество замысла в том, что астрология не совершает конкретных действий: не лечит, не снимает порчу или сглаз, не привораживает, не находит пропавшие вещи или исчезнувших людей, ее деятельность чисто информационная, проще говоря, она только предсказывает и советует. Астрология опре-

деляет темперамент человека, черты его характера, интеллект, таланты, склонности и финансовые возможности. Астрология может указать, чего каждый из нас способен достичь, используя профессиональные и творческие задатки, а главное, указать на ожидаемые препятствия, проблемы и неприятности. И все это на основе связи даты рождения с положением звезд на небе, прежде всего — с зодиакальными созвездиями. Хотя на свете немало скептиков и тех, кто хотел бы углядеть в астрологии научную подоплеку, гадание по звездам не угасает. А нельзя ли для той же цели использовать нечто такое, что согласуется с основами науки?

До недавнего времени это казалось невозможным, поскольку точные науки не способны ответить на такие вопросы: каковы врожденные способности человека, где область наиболее успешной его деятельности и как предвидеть жизненные трудности. К счастью, современная наука теперь уверенно входит и в эту туманную об-

ласть. Химия, например, предлагает взамен зодиакальных созвездий более надежную систему знаков — периодическую систему химических элементов, знаменитое творение Д.И.Менделеева. Такая замена не должна казаться удивительной, ведь атомы, из которых собран весь окружающий нас мир (и люди в том числе), несут в себе всю необходимую информацию. Об этом догадывались еще древние алхимики, установившие взаимное соответствие некоторых металлов, Солнца и планет, а стало быть, и судеб людей.

Люди давно чувствовали, что в периодической системе заложены какие-то непознанные закономерности, помимо тех, которые знают химики. Были попытки связать количество групп химических элементов с музыкальными октавами, с количеством цветовых лучей в спектре дневного света. Внешний вид таблицы модифицировали много раз и изображали ее в виде пирамиды, спирали, этажерки, в форме цилиндра, башни и т.д. Число вариантов сейчас превы-

металл	золото	ртуть	медь	серебро	железо	свинец
планета	Солнце	Меркурий	Венера	Луна	Марс	Сатурн
символ планеты						

© Левицкий М.М., 2006

пает 500! Среди них есть и прогностическая таблица, возникшая на основе новой науки, названной прогнохимией. Таблица появилась после того, как была выведена формула, связывающая точную дату рождения человека с порядковым номером химического элемента:

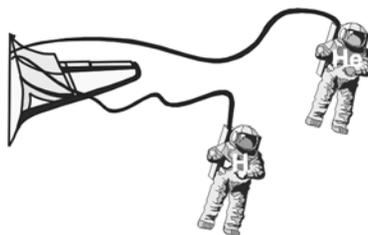
$$N = \frac{(1200x + 100y + z - 900)}{400},$$

где N — номер химического элемента (по периодической системе); x — число рождения (от 1 до 31); y — месяц рождения (от 1 до 12); z — две последние цифры года рождения (от 00 до 99). В полученной величине следует взять только целую часть, отбросив десятичные знаки. Формула охватывает химические элементы от №1 (водород) до №93 (нептуний), остальные в систему не включены, потому что их химические свойства малоизучены, к тому же многие такие элементы зафиксированы лишь в количестве нескольких атомов.

Выполнив столь несложные вычисления, каждый сможет найти химический элемент, определяющий его судьбу, а следовательно, на смену астрологии пришла химология. Чтобы составить ясные и надежные прогнозы для себя, своих друзей и родственников, достаточно воспользоваться школьными знаниями по химии и вспомнить химические и физические свойства судьбоносного элемента. Однако необходимо помнить: чем больше знаний, тем детальнее и точнее прогноз, поэтому полезно заглянуть и в «Химическую энциклопедию».

Скорее всего, у желающего сориентироваться в своем будущем возникнут вопросы, и первым, видимо будет такой: имеют ли какие-либо элементы преимуществ перед остальными? Может быть, есть самый лучший? Нет! Все элементы равноправны, поскольку, взятые совместно, они дают полную картину того, из чего состоит Вселенная. Но участвуют они в формировании

окружающего нас мира не в равных долях. На поверхности Земли распространены химические элементы представленные следующим рядом (в порядке убывания): O, Si, Al, Fe. Таким образом, если ваш элемент из этого ряда, вполне логично сделать вывод, что вам свойственна широта мышления, масштабность замыслов, склонность к решению глобальных проблем и крупных проектов, обычно с экологической направленностью. В земном ядре преобладают Fe и Ni. Людей, чья судьба обусловлена этими элементами, отличает желание (не всегда осуществимое) занять центральное место в коллективе.



В космосе ведущее место принадлежит двум элементам — H и He. Всякого человека, рожденного под их знаками, привлекают космические путешествия, астрономия и ракетная техника. Это их стихия.

Второй важный вопрос: какие элементы относятся к мужчинам, а какие к женщинам? Здесь также полное равноправие, предпочтений нет. Некоторые различия возникают, когда люди составляют пары, но об этом позже. Пока рассмотрим некоторые общие категории, объединяющие людей по чертам характера.

Одиннадцати газообразным элементам (H, He, N, O, F, Ne, Cl, Ar, Kr, Xe, Rn) присуща легкость характера, способность уменьшать объем своих запросов при неблагоприятном внешнем давлении, прозрачность помыслов и намерений.

В жидком состоянии находится всего два элемента — Br и Hg. Они исключительно подвижны, удержать их на одном месте нелегко, и как следствие,

они легко перетекают из одного коллектива в другой. Похожими чертами обладает и галлий (его температура плавления близка к комнатной: 29.8°C).

Перейдем к иному признаку. Большинство химических элементов либо бесцветны, либо окрашены в серо-стальной «металлический» цвет. На этом фоне выделяются те немногие элементы, которые окрашены нестандартно (F, Cl, S, Cu, Br, I, Au). Они чувствуют свою некоторую исключительность и потому претендуют, иногда без достаточных оснований, на повышенное внимание к своей персоне. Особняком стоит фосфор, имеющий целых три окрашенных модификации — белую, красную и черную. Такие люди склонны к занятиям живописью, дизайном, к оформлению интерьеров или моделированию одежды.



Самое интересное в прогнохимической системе — в ней учтены грамматические особенности языка тех стран, в которых она применяется. Поэтому прогнозы, составляемые для жителей разных стран, могут отличаться. В русском языке, например, S, Hg, Sb и Pt — женского рода,



и людям этих знаков гарантировано обаяние, если в другом языке эти названия относятся к мужскому роду, то подразумевается склонность заботиться о ком-либо.

Элементы среднего рода (Fe, Ag, Sn и Au), независимо от половой принадлежности, означают способность легко овладевать как мужскими профессиями (вождением самолета, игрой на ударных инструментах), так и чисто женскими — плетением кружев, игрой на арфе, ремонтом железнодорожных путей. Впрочем, эти способности могут и не проявиться, если отсутствуют благоприятные обстоятельства. Знать о своих врожденных качествах полезно всегда, вот почему так важно вовремя составить правильный химоскоп (химический гороскоп). Самое главное при этом — учесть химические и физические свойства элементов. Посмотрим, какими чертами обладают те, кто попадает в одну и ту же группу периодической системы.

Щелочные металлы грубоваты в общении, крайне энергичны и не ждут подходящего случая, а сами вершат свою судьбу.



Щелочноземельные элементы по темпераменту уступают щелочным металлам, но так же настойчивы и, как правило, выполняют все намеченное.

Переходные металлы необычайно приятны в общении, имеют веселый нрав, любят яркую одежду (видимо, из-за многообразия цветов их комплексных

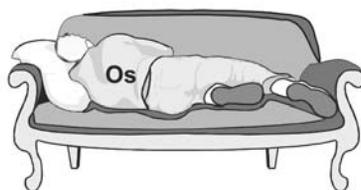
соединений) и могут украсить любой коллектив.



Из этой группы несколько выделяются наиболее тугоплавкие металлы V, Nb, Mo, Hf и W. Их отличительные черты — сдержанность, умение не распалиться от резких замечаний, способность противостоять невзгодам.



Казалось бы, принадлежность к группе благородных металлов (Au, Pt, Ag, Ir, Os, Pd, Rh, Ru) сулит большие прибыли и удачи в бизнесе. Но это не так. Ориентироваться надо исключительно на химические и физические свойства. Эти элементы легко переносят жизненные невзгоды, не теряют самообладания в трудных ситуациях благодаря высокой химической стойкости, отличаются добротой и благородством. Осмий не любит путешествовать, так как он, в сравнении с остальными, тяжеловат на подъем (металл имеет наивысшую плотность 22.5 г/см³, заметно более высокую, чем у золота).



Все радиоактивные элементы несут заряд творческой энергии, любят щедро делиться идеями и всем у них имеющимся. Многие из них довольно быстро (в зависимости от периода полураспада) растрачивают как запас энергии, так и нажитый материальный достаток. Любители более точных прогнозов могут воспользоваться формулой: $\tau = 5 \log T$, где τ — период активной деятельности (годы), T — период полураспада наиболее долгоживущего изотопа (секунды). Для урана это практически вся жизнь ($\tau = 80$ годам), для франция — 15 лет.

Углерод очень трудолюбив. Если он обладает твердым алмазоподобным характером, то заменим в решении трудных задач, если же мягким и пластичным (как графит), пользуется уважением многих, так как необычайно надежен в экстремальных ситуациях, от которых у многих плавятся и воля, и решимость.



Галогены имеют слегка насмешливый нрав и склонны к ядовитой иронии. Инертные газы мало инициативны, не предприимчивы, любят одиночество и склонны к глубоким размышлениям.

Задавшись целью обнаружить «человеческие» черты в остальных элементах, каждый может найти их свойства самостоятельно, взяв в руки солидный учебник химии.

Но люди, не знающие химию, вряд ли сами отыщут ответ на весьма важный и, вероятно, волнующий каждого вопрос — как подыскать хорошего спутника (спутницу) жизни. А для знатока ответ исключительно прост: об-

разрушающееся соединение должно быть устойчивым. Например, металлу лучшую пару составит неметалл. Допустим, вы родились 4 мая 1975 г. Подставив нужные значения в формулу, получим №11, т.е. натрий. Следовательно, идеальную пару с вами составит галоген, например, хлор (6 августа 1980 г.) либо бром (12 мая 1982 г.).



В периодической системе подавляющее большинство составляют металлы либо элементы с явно выраженными металлическими свойствами. Химически активных неметаллов, способных образовывать с ними прочные соединения, всего 16. Значит ли это, что для металлов сильно затруднен выбор пары? Разумеется, нет, поскольку существует такой прекрасный вариант, как образование металлических сплавов. Кстати, и неметаллы могут образовывать хорошие устойчивые пары: SiO_2 , H_2O , CCl_4 и др.



Знание химии позволяет сделать уверенные прогнозы даже относительно знакомств и гостей. Пара SiO_2 не должна водить знакомство с F (дата рождения 3 сентября 1975 г.), так как он

может легко ее разрушить, а паре H_2O по возможности не следует приглашать в гости щелочные металлы, например K (6 января 1973 г.), поскольку скандал неизбежен.

Союз азота с кислородом может иметь непредсказуемые последствия, жизнь будет либо очень веселой (N_2O — веселящий газ), либо удушливо тяжелой (NO_2 — бурый газ). Всячески следует избегать объединения в пару азота с галогенами: такой альянс может привести к неожиданному разрыву (NI_3 и NCl_3 взрываются от малейшего сотрясения). Выбирать товарища, напарника по работе, спутника для совместного отдыха следует по тем же принципам.

В астрологических прогнозах, которые публикуются в разных журналах, обязательно указываются дни недели, благоприятные для того или иного человека. В прогнозах это тоже предусмотрено. Так, дни удач для металлов определяются исключительно их индивидуальными химическими особенностями. Степени окисления, наиболее характерные для данного металла, указывают номера благоприятных дней недели. Для щелочных металлов (K_2O , Na_2O) это понедельник, щелочноземельных (CaO , BaO) — вторник; для алюминия (AlCl_3) более всего подходит среда. У вольфрама (WCl_2 , WCl_4 , WCl_5 , WCl_6) и рения (Re_2O_3 , ReO_2 , ReO_3 , Re_2O_7) по четыре благоприятных дня: у первого — вторник, четверг, пятница и суббота; у второго — среда, четверг, суббота и воскресенье.

Случается, по химоскопу вам выпадает много удачных дней в неделе, но реальность вас разочаровывает. Значит ли это, что химоскопу нельзя доверять? Нет! Допустим, вы — рений и рассчитываете на успешные дела в среду, однако вас постигает неудача. Объяснение донельзя просто: вашу удачу перехватил более энергичный алюминий, у которого только один подходящий день в неделю.

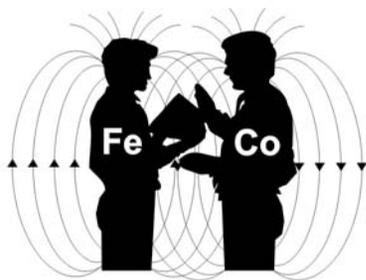
Благоприятные дни для неметаллов определяются иначе. Номер удачного дня недели — это числовой индекс при данном элементе в каком-либо соединении с металлом. Попросту говоря, все зависит от партнера. Для хлора, связанного с вольфрамом (см. выше), днями удачи будут вторник, четверг, пятница и суббота, но если он связан с алюминием (AlCl_3), — только среда, а если с еще одним хлором (Cl_2) — вторник.

Каждому человеку очень важно найти хороших друзей, уметь наладить нормальные отношения в коллективе, правильно подобрать группу для сложного туристского похода или альпинистского восхождения. Химоскопы помогают и этом. Основа для поисков — тот же общий принцип — устойчивость химического соединения. Если оно содержит три и более элементов, следует ориентироваться на наиболее устойчивые природные минералы, такие например, как полевые шпаты $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, $\text{Ca}[\text{F}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$. Очень уютно чувствуют себя в такой компании большинство металлов. При этом возникает множество вариантов различных коллективов, объединенных дружескими отношениями. Такие сообщества могут успешно решать производственные вопросы, но если какому-либо творческому коллективу предстоит решить очень трудную задачу, то следует брать за основу не природные соединения, а те, высокая работоспособность которых установлена человеческим опытом. Тогда на первое место выходят металлические сплавы со специальными свойствами.



Сплавы, содержащие Fe, Co, Ni, Cr, Mn, очень работоспособны, способны выдержать тяжелую нагрузку и противостоять агрессивному действию окружающих. В таком сообществе всегда полезно участие углерода, поскольку он придает коллективу стальную упругость. Но влияние углерода должно быть незначительным (не более 2%), иначе коллектив даст трещину из-за появившейся хрупкости, характерной для чугуна. Спасательной группе, включающей V, Mo, W, не страшен высокий накал страстей, ее члены не потеряют самообладания в любой горячей точке планеты. Подвижный оперативный отряд следует подбирать с участием легких металлов — Mg, Al, Ti.

Очень хороши в любых парных и иных сочетаниях Fe, Co, Ni и Gd. Они ферромагнитны, и потому между ними легко возникает благоприятное поле дружеских отношений.



Отметим, что прогнохимия принципиально отличается от традиционной астрологии. Астрологические прогнозы для двух людей, рожденных, например, один 6-го, а другой 7-го сентября 1982 г., практически одинаковы, а вот их химоскопы соответствуют №18 (аргон) и №21 (скандий). Разница в химических свойствах и, соответственно, в характерах этих людей принципиальная. Кроме того, астрология полагает, что через год зодиакальных созвездий (и, стало быть, набор гороскопов) повторяется. В прог-

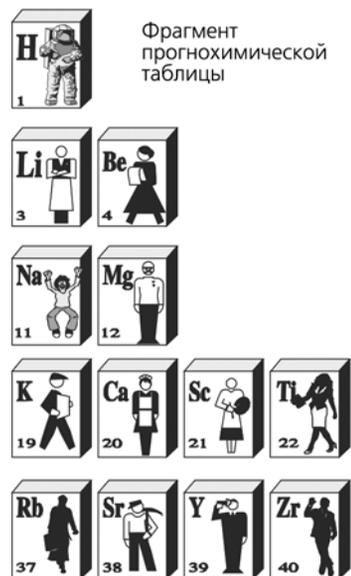
нохимии закономерность более сложная. Например, калий ни в 1980 г., ни в 1981 г., ни в 1982 г. (в соответствии с приведенной формулой) родиться не может, он появляется только в 1983 г.

Еще одно важное отличие. Ежедневные астрологические прогнозы, публикуемые во многих журналах и газетах, часто несхожи. Ради детальности астрологи учитывают расположение планет, которое они иногда трактуют несколько вольно. Преимущество прогнохимии в том, что она опирается на фундаментальную науку, и вся необходимая для составления химоскопов химическая литература дает однозначные, не противоречащие друг другу толкования. Природа, строго расположившая (с решающим участием Д.И.Менделеева) все исходные кирпичики мироздания в определенном порядке, дает нам в руки надежный предсказательный инструмент.

Следует обратить внимание на то, что прогнохимическая формула очень хороша для решения прямой задачи, т.е. для определения номера химического элемента по дате рождения. Обратные задачи много труднее. Скажем, из группы профессионалов необходимо выбрать лидера в возрасте примерно 30 лет. Им вполне может быть уран (№92). Сразу найти такого путем вычислений скорее всего не удастся. Получить некую дату, непременно нужно провести обратный (проверочный) расчет — подставить эту дату в формулу. Вероятность, что результат окажется тем, который ожидали, не очень велика. В приведенном здесь частном случае один из правильных ответов для урана — 31 августа 1975 г. Если вы научитесь решать подобные задачи, можете считать себя профессиональным прогнохимиком, умеющим находить ответы на любые воп-

росы и предсказывать любую судьбу — отдельного человека, маленького или большого коллектива, какого-нибудь университета, заповедника или Вооруженных сил страны.

В ближайшее время будет издана прогнохимическая таблица, напоминающая периодическую систему, дополненную картинками и соответствующими сведениями. Такая таблица полезна тем, кто мало знаком с химией. Химику же она не потребуется, ему проще взять в руки хороший учебник неорганической химии и, воспользовавшись прогнохимической формулой и периодической системой, составить грамотный химоскоп.



Фрагмент прогнохимической таблицы

Есть надежда, что со временем то же самое могут сделать и люди, далекие от химии, если изучат химические и физические свойства элементов периодической системы. И тогда не придется запоминать свойства загадочных Рака, Водолея, Скорпиона и прочих зодиакальных созвездий. Нет сомнения, что дальнейшее развитие прогнохимии приведет к еще большему усовершенствованию методов составления научно обоснованных прогнозов. ■

ПУТЬ ПО ЛЕСТНИЦЕ, ВЕДУЩЕЙ ВВЕРХ

К 100-летию со дня рождения А.Н.Белозерского

Ступени

Т.А.Белозерская,
доктор биологических наук
Институт биохимии им. А.Н.Баха РАН
Москва

В 2005 г. исполнилось 100 лет со дня рождения выдающегося советского биолога, крупного биохимика, основоположника молекулярной биологии в нашей стране академика Андрея Николаевича Белозерского. Его имя широко известно у нас и за рубежом, в первую очередь благодаря фундаментальным исследованиям нуклеиновых кислот и нуклеопротеидов, а также большому вкладу в изучение биохимии микробной клетки.

Андрей Николаевич Белозерский родился 16 (29) августа 1905 г. в Ташкенте. Отец, Николай Андреевич, происходил из семьи первых русских переселенцев в Среднюю Азию, служил юристом судебной палаты; мать, Евгения Семеновна, по рождению Лахтина, преподавала музыку в прогимназии. В семье было трое детей: Николай (умер подростком), Лидия и Андрей. В 1913 г. Андрей Николаевич остался сиротой и после скитаний по родственникам попал в Гатчинский сиротский приют. Весной 1917-го приют закрыли, и мальчик воспитывался в семье сестры матери, Татьяны Семеновны Ивановой, в г.Верном (ныне Алма-Ата, Казахстан). В 1921-м, не имея школьного аттестата, Белозерский поступил на физико-математический факультет Среднеазиатского государственного университета (САГУ) в Ташкенте.

При подготовке этого и двух последующих очерков использованы тексты, опубликованные в журнале «Молекулярная биология», «Вестник МГУ» и включенные в сборник «Андрей Николаевич Белозерский», выходящий в издательстве «Наука».

© Белозерская Т.А., 2006



Андрей Николаевич Белозерский (1905–1972).



Семья Ивановых—Лактиных—Белозерских. Николай Николаевич Иванов (первый в верхнем ряду) и его супруга Татьяна Семеновна (четвертая в том же ряду) — в их семье впоследствии воспитывался Андрей Николаевич. В центре — группа в белом: Евгения Семеновна с детьми Колей, Лидой и маленьким Андреем.

В начале 20-х годов здесь работали многие видные профессора и ученые, приехавшие из Москвы и Петрограда. Учителями Андрея Николаевича были Н.А.Димо, А.Л.Бродский, П.А.Баранов, И.А.Райков, А.И.Введенский, А.В.Благовещенский. Первая научная работа — о концентрации водородных ионов в водных вытяжках из листьев некоторых горных растений — выполнена Белозерским под руководством Благовещенского.

В 1927 г. Белозерский окончил физико-математический факультет САГУ по специальности «физиология растений» и был оставлен в аспирантуре. В это время он знакомится с прекрасным специалистом в области аналитической химии и биохимии А.Р.Кизелем, с которым его надолго связывают плодотворное научное сотрудничество и личная дружба.

Кизель обратил внимание на талантливого аспиранта и привлек его к работе с растительными белками. Белозерский приобщился к исследованиям биополимеров, которые стали главным делом его жизни. За годы работы в аспирантуре в Ташкенте и в маленькой лаборатории Политехнического музея в Москве, где помещался отдел Кизеля, Андрей Николаевич освоил все тонкости препаративных биохимических методик.

В 1930 г. Кизель приглашает его в МГУ, Андрей Николаевич много преподает и одновременно становится главным помощником Кизеля в организации кафедры биохимии растений. Тогда же Белозерский первым в стране начинает систематические исследования нуклеиновых кислот.

Цикл работ принципиального значения, выполненный Белозерским в середине 30-х годов, касался вопроса о «животных» и «растительных» нуклеиновых кислотах. Этими работами было отвергнуто разделение нуклеиновых кислот на «растительную» и «животную» группы. Окончательно утвердилось представление о том, что ДНК — универсальный компонент как растительных, так и животных клеток.

Исследования нуклеиновых кислот проводились на кафедре задолго до официального рождения молекулярной биологии (задолго до 1953 г., когда появилась публикация Дж.Уотсона и Ф.Крика в журнале «Nature»).

Следующая серия работ Андрея Николаевича касалась изучения представителей третьего, «низшего» царства живых существ — микроорганизмов, в частности бактерий. Анализы продемонстрировали, что в бактериях всегда присутствуют оба типа нуклеиновых кислот — ДНК и РНК. Таким



Андрюша Белозерский с бабушкой, сестрой Лидой и братом Николаем. Примерно 1909 г.



Александр Романович Кизель с сотрудниками и студентами. 1929 или 1930 г. Справа стоит Белозерский.

образом, было подтверждено, что оба типа нуклеиновых кислот присутствуют у живых организмов различных филогенетических царств.

Изучение бактерий показало, что они заслуживают особого внимания из-за необычайно высокого содержания нуклеиновых кислот. Этот факт Белозерский связывает с биологической активностью бактерий — высокими темпами роста и размножения. Количество нуклеиновых кислот, прежде всего РНК, не постоянно для данного вида клеток и сильно меняется в зависимости от возраста культуры. Это заключение в те годы было принципиально новым и указывало на очень важную закономерность — корреляцию между содержанием нуклеиновых кислот и синтетической активностью клеток. А.Н.Белозерский параллельно с Т.Касперсоном и Ж.Браше обратил внимание на корреляцию между количеством нуклеиновых кислот в клетке и интенсивностью процессов биосинтеза белка.

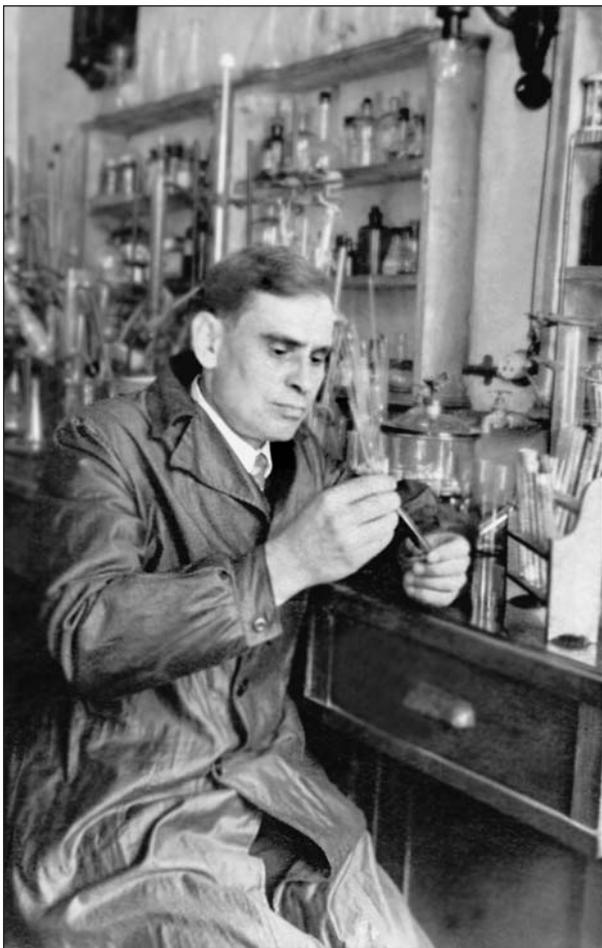
Вместе с тем в работе А.Н.Белозерского, А.С.Спирина и др., опубликованной в журнале «Биохимия» в 1957 г., не нашла подтверждения предложенная Ф.Жакобом и Ж.Моно схема: ДНК—РНК—белок. Были получены первые доказательства присутствия в клетке большой массы некодирующей (рибосомальной) РНК и высказано предположение о существовании небольшой фракции информационной РНК.

Кардинальное общебиологическое значение имеют исследования Белозерского, установившие связь нуклеиновых кислот с наследственностью и эволюционным развитием растений, животных и бактерий. Это направление открыло новую страницу генной систематики.

Как показали дальнейшие работы А.Н.Белозерского, совместные с Б.Ф.Ванюшиным, очень важным и перспективным оказалось обнаружение метилированных пуриновых и пиримидиновых оснований в составе ДНК.

Большое значение имеют исследования Белозерским белков в составе выделяемых нуклеопротеидных комплексов. Ранее было принято считать, что белковым компонентом нуклеопротеидов служат гистоны — белки, основные по своему характеру и лишенные триптофана. Исследования Андрея Николаевича впервые показали, что нуклеопротеиды высших растений и микроорганизмов имеют в качестве белкового компонента триптофансодержащие нещелочные белки.

До 1950 г. отсутствовали данные о содержании гистонов в нуклеопротеидах ядер клеток растений. Ответ на этот вопрос также получен А.Н.Белозерским совместно с Г.И.Абелевым. Ими были выделены гистоны из «структурного» дезоксирибонуклеопротеида зародышей пшеницы. Это был важный вклад в систему доказательств единства принципов организации ядерного аппарата у высших растений и животных.



Андрей Николаевич за лабораторным столом. 1930 г.

Наряду с нуклеиновыми кислотами Белозерского интересовали и другие биополимеры: неорганические полифосфаты (направление, продолженное впоследствии его учеником И.С.Кулаевым) и тейхоевые кислоты. Этим исследованиям посвятила свою жизнь ученица Белозерского И.Б.Наумова.

В 1943 г. Белозерский защищает докторскую диссертацию, становится профессором кафедры биохимии растений МГУ, организует лабораторию антибиотиков в Институте биохимии им.А.Н.Баха АН СССР (1946), которая начинает заниматься исследованиями в области антибиотиков микробного происхождения, а также нуклеиновых кислот микробов-продуцентов (эта лаборатория была впоследствии переименована в лабораторию биохимии микроорганизмов).

Характер работ по биохимии микроорганизмов повлиял на выбор объектов и направление исследований и в какой-то мере отразился на

всей последующей научной деятельности Белозерского. В группе, сложившейся на кафедре биохимии растений МГУ, постоянным объектом изучения становятся бактерии и другие низшие растения. После защиты докторской диссертации Белозерского утверждают профессором кафедры биохимии растений МГУ (1946). Одновременно он работает консультантом в Институте эпидемиологии и микробиологии им.Н.Ф.Гамалеи АМН СССР.

Исследования по химии антибиотиков Андрей Николаевич начал еще до организации лаборатории, в годы Великой Отечественной войны. Он изучал химическое строение одного из весьма эффективных отечественных антибиотиков — грамицидина С, открытого Г.Ф.Гаузе и М.Г.Бражниковой и быстро получившего всемирное распространение и применение. Работы с грамицидином С продолжались и во вновь организованной лаборатории антибиотиков Института биохимии. Здесь было получено и изучено несколько замещенных производных грамицидина и новые антибиотики актиномицетного происхождения.

Белозерский был выдающимся педагогом. За годы своей работы на кафедре биохимии растений он подготовил сотни специалистов в области молекулярной биологии. К нему на кафедру приезжали биологи со всего Советского Союза. Таким образом в стране была сформирована школа молекулярных биологов высокого класса.

В 1963 г. Андрей Николаевич создал кафедру вирусологии — первый центр по молекулярной вирусологии в нашей стране. Однако главная заслуга его организаторской деятельности — созданный в МГУ совершенно новый, уникальный тип межфакультетской лаборатории биоорганической химии, куда были привлечены специалисты разного профиля: биологи, химики, физики, математики.

Тогда же Белозерский стал заместителем академика-секретаря Отделения биохимии, биофизики и химии физиологически активных соединений Академии наук СССР, в 1970 г. — академиком-секретарем отделения, а в 1971 г. вице-президентом АН СССР и председателем Секции химико-технологических и биологических наук при Президиуме АН СССР. Это потребовало от него трудного решения: всю жизнь он был связан с университетом, ему непросто было оставить кафедру, а работа в Академии отнимала массу времени.

Главный итог деятельности Андрея Николаевича состоит в том, что благодаря его трудам ученые страны оказались подготовленными к восприятию и развитию молекулярной биологии, а направления, им созданные, заняли прочные позиции в мировой науке. ■

Ученый — настоящий во всех отношениях

Академик Г.И.Абелев

С самого начала, со студенческих времен мне приходилось встречаться и работать с замечательными людьми и в замечательных местах. Я думаю, что главное влияние на мое научное формирование оказал Московский университет, послевоенный университет (до сессии ВАСХНИЛ), даже от стен которого исходили особый дух и обаяние.

Поступая на биологический факультет, я хотел стать физиологом нервной системы, изучать работу мозга, природу мысли. Но во второй половине 40-х годов становилось все более ясно, что суть биологических процессов скорее будет понята на химическом уровне, чем на энергетическом или физическом, и что если стремиться понять саму природу биологических процессов, в том числе нервных процессов, то нужно обратиться к химизму этих процессов. Тогда я не хотел, наверное, отдавать себе в этом отчете, но где-то в глубине души четко это понимал.

Работа на биологических объектах — нервно-мышечном препарате, на животных — давалась мне трудно. Такая работа требует, наверное, особого экспериментального склада. Для того чтобы быть хорошим фи-

зиологом, нужно быть хорошим хирургом, спокойнее и проще относиться к вивисекциям. Меня больше тянуло в область «пробирочной» биологии, в область элементарных химических процессов, к методам скорее химическим, чем хирургическим и физиологическим. И, конечно, тянуло к твердости результатов.

Все это привело к тому, что уже на третьем курсе университета мне стало ясно, что моя область и моя цель — это биохимия. На третьем курсе я подал заявление на кафедру биохимии животных и начал бы специализироваться по этой кафедре, если бы, даже не знаю почему, кафедра биохимии растений не начала привлекать меня больше.

Дело в том, что по мере того, как я все больше входил в биохимию, она становилась для меня все привлекательнее сама по себе, как основа для понимания природы жизни. Она становилась главной, доминирующей в моих интересах. И в этом плане растения представляли больше возможностей, чем животные, ибо их биохимия гораздо богаче, начиная с самых основ — с фотосинтеза, с синтеза органического вещества. Элементарные биохимические процессы у растений были представлены более глубоко

и несравнимо более разнообразно, чем у животных. Биохимия микробов тоже в то время относилась к биохимии растений. Меня все это привлекало само по себе.

И вот, начав заниматься на кафедре биохимии животных, я очень скоро сделал крутой поворот и подал заявление о приеме на кафедру биохимии растений, которой заведовал тогда академик А.И.Опарин, а весь основной учебный и воспитательный процесс лежал на Андрее Николаевиче Белозерском. Это было довольно сложной операцией, мало понятной для окружающих, да и сам я с трудом отдавал себе отчет в том, почему я это делаю, но в то же время чувствовал, что пока не поздно, я должен это сделать.

Андрей Николаевич Белозерский на первых порах не очень положительно отнесся к моему довольно позднему приходу на кафедру. Во всяком случае он меня отговаривал, объяснял, что все это не так романтично, как мне представляется; что главное здесь — это уметь работать, что вся эта философия и биофизика, все то, чем я интересовался, это, конечно, очень хорошо, но в их работе главное — это чтобы параллельные сходились.

В конце концов он согласился, и главное, наверное, было



На кафедре биохимии растений. Сидят: П.З.Будницкая, А.Н.Белозерский, Н.И.Проскураков. Стоят: М.Суетина, А.Минина, Г.И.Абелев, И.А.Тарханова, Д.Седенко. 1950 г.

в том, что он очень хорошо, а бы даже сказал, завышенно хорошо относился к студентам-юношам, принимал участие в их научной судьбе — была у него такая слабость.

Андрей Николаевич был замечательный человеком. Мне кажется, что мои научные взгляды, стиль работы и отношений с людьми, критерии оценки работы, референтная группа, на которую я ориентировался, и отношение к себе — все это складывалось под самым сильным влиянием Белозерского, о чем он сам, возможно, и не подозревал.

Человек он был на редкость обаятельный и доброжелательный. Настоящий ученый. Во всех отношениях — настоящий. Подлинный исследователь, он принадлежал к тем, кто добывает первичные факты из природы. Он обладал каким-то удивительно простым взглядом на вещи, здравым смыслом в оценке научных событий, результатов, людей. Он был необычайно уважителен ко всем — к студен-

там, к коллегам, к другим ученым. Презумпция уважения присутствовала у него во всем. При этом ему была свойственна деликатность, стремление не обидеть человека и особенно студента, полное отсутствие какого-либо высокомерия, снобизма, доступность — и все это без какой-либо фамильярности, игры или позы, все абсолютно естественно.

У меня не очень удачно все складывалось. И особенно трудно складывалось овладение экспериментальным искусством, которое тогда действительно было не просто умением, а именно искусством. В нем была масса эмпирики, и едва ли не все зависело от хороших рук, «нюха», от шестого чувства в отношении материала. Все это тогда давалось мне с большим трудом. И я прекрасно понимал, что любое неосторожное слово или пренебрежение, которое легко могло быть мне высказано преподавателем или таким уважаемым и авторитетным человеком, как Андрей Николаевич,

могло оказаться для меня решающим, или, во всяком случае, травмировать очень и очень глубоко.

Но вот этого не было. Наоборот, было участие, некоторое снисхождение, юмор, то есть было нормальное человеческое отношение. Наверное, Андрей Николаевич при его большом опыте понимал легкую ранимость человека в такой ситуации и в таком возрасте.

Эти неудачи и трудности делали мое восприятие отношений со старшими преподавателями особенно чувствительным. Все, что я видел у Андрея Николаевича, все, чему учился у него, падало на подготовленную почву. Думаю, что он, вероятно, и не подозревал о том огромном влиянии, которое я испытывал от его личности.

Он не учил специально — не говорил «делай так или этак», он не учил, как правильно, как неправильно, он просто комментировал наши действия, обсуждал, давал свои рекомендации и не более того. Все в нем оказывало на меня (и не только на меня) влияние: и его прямые оценки, обращения, суждения о моей работе, его выступления, лекции, беседы, краткие замечания по ходу дела. Я без преувеличения могу сказать, что все это осталось со мной на всю жизнь.

Одно из главных пониманий, которое у меня тогда появилось и которое во многом определило мою научную судьбу, состояло в том, что работать надо много и трудно, что основное в нашем экспериментальном деле — это знание материала, экспериментальное искусство, твердость и прочность результатов, надежность используемых методов и еще некая здравость и простота в оценке результатов, которые получаете вы сами и ваши коллеги, а также здравость и простота в оценке человеческих отношений.

Мне кажется, что это понимание вошло тогда в меня, и если у меня оно есть, то я целиком

и полностью обязан им Андрею Николаевичу.

Андрей Николаевич относился ко мне очень хорошо, и это хорошее отношение сохранялось на протяжении студенческих лет и после них — до конца его жизни. Он привлек меня впоследствии к работе в университете на кафедре вирусологии.

Дипломную работу я делал у Андрея Николаевича по ядерным белкам. Эта работа мне казалась, да она и на самом деле была очень интересной. В ней впервые удалось развить исходное наблюдение американских исследователей Мирского и Поллистера о том, что в ядрах клеток растений, так же как и в ядрах клеток животных, имеется основной белок, входящий в структуру хромосом, — гистон. Тогда это было еще неизвестно, и, более того, считалось, что наличие гистона — это привилегия животных. И мне в дипломной работе, развивая некоторые замечания Мирского и Поллистера, пользуясь их методом, удалось показать, что действительно в растениях есть гистон, выделить его в больших количествах, провести его аминокислотный анализ и доказать, что этот гистон существует.

К этой работе Андрей Николаевич относился с большим вниманием, но она проводилась в 1949—1950 гг., в самый разгар событий, последовавших за сессией ВАСХНИЛ, затронувших всю проблему нуклеиновых кислот, хромосом, ядерных белков. В то время никто из нормальных ученых, биохимиков классического направления, старался за эти проблемы не братья, в том числе и Андрей Николаевич, который тоже имел много неприятностей, поскольку работал по ядерным белкам, по ДНК и в контакте с университетскими генетиками. Поэтому он не очень хотел, чтобы на его кафедре и под его руководством в это время делалась такая работа.

Но для меня просто не было никакого иного выбора, и в конце концов не без приключений удалось эту работу продолжить, и то только благодаря А.И.Опарину. Он взял для кафедры тему дуба, который составлял тогда основу для полезитных лесополос, очень модную и популярную тему*. Проблему нуклеопротеидов Александр Иванович предложил изучать на дубе, на котором можно было изучать все. Конечно, на дубе это чрезвычайно трудно, неудобно делать, да и ни к чему, но это было не так существенно, главное, что можно было начать работу по нуклеопротеидам.

И я эту работу начал, а через несколько месяцев Андрей Николаевич принес и отдал мне 300 г зародышей пшеницы, уже частично протертых, измельченных и просеянных. Это был настоящий материал! И делать на нем надо было серьезное дело — выяснить, есть ли гистон у растений.

Работа по хромозину и гистону была особенно близка и дорога Андрею Николаевичу, так как лежала в русле его основных интересов. Мы чаще стали встречаться, больше говорить, иногда он рассказывал мне о своей работе у Кизеля, как он, будучи ассистентом, чуть не ушел от Кизеля в полном отчаянии. Андрей Николаевич чувствовал, что Кизель как-то особенно придиричив к нему. Однажды Александр Романович попросил его показать, как выглядит осадок. Белозерский передал ему стакан, где шло осаждение. Стакан не стоял в кристаллизаторе, не был подстрахован. Кизель устроил ему такой разнос, так объяснил ему всю его профессиональную непригодность, что Андрей Николаевич на следующий день пришел к нему, чтобы сказать о своем решении уйти с кафедры и уехать к себе в Ташкент. И тут Кизель сказал

* Полезитные полосы были тогда главными в «Сталинском плане преобразования природы».

Андрею Николаевичу, что готовит его себе в преемники и поэтому особенно строг к нему. Он считает, что у него уже почти готова докторская диссертация, и хочет его иметь профессором кафедры. «Для меня это было полной неожиданностью».

Как-то поздно вечером Белозерский позвал меня в преподавательскую. В высокой темной комнате, за столом, освещенным настольной лампой, он листал солидный том только что полученной книги. Это был 12-й том «Cold Spring Harbor Symposium» (за 1947 г.), специально посвященный нуклеиновым кислотам и нуклеопротеидам. Том начинался статьей Белозерского о нуклеопротеидах растений и бактерий. С грустью подарил мне Андрей Николаевич отпечаток этой работы, сказал, что мне он пригодится, но просил никому не показывать. Начинилось мировое признание работ Белозерского, но время этого было неподходящее..

В области нуклеиновых кислот назревали большие события, распалась и рушилась тетра-нуклеотидная теория, все более ясной становилась специфичность структуры нуклеиновых кислот, их связь с белковым синтезом, с генетическим аппаратом клетки, но главными действующими лицами во всем — в строении ли гена или хромосом, в самовоспроизведении макромолекулы или клеточных структур прочно оставались белки. Сейчас просто невозможно себе представить, каким невероятно трудным был поворот в мышлении от белка к нуклеиновым кислотам. Но это началось несколькими годами позже, а пока еще не было найдено главного принципа в этой области, был еще чисто поисковый период. И Андрей Николаевич был человеком этого периода, профессионалом поиска, профессиональным исследователем, и этим определялось его отношение и к науке и к людям.

Белозерский принадлежал к тем, кто сам делает науку. В нем, в его суждениях и отношении к экспериментальным данным или литературе была какая-то первичность — первичность исследователя, добывающего факты непосредственно из природы, знающего цену и факту, и удачному решению, и промаху и ошибке. Суждения, подходы, оценки, да и вообще сам стиль Белозерского отличались какой-то особой простотой и здравостью. Общась с Андреем Николаевичем, я впервые понял, что наука не терпит зауми, впервые почувствовал здравый смысл в науке — способность

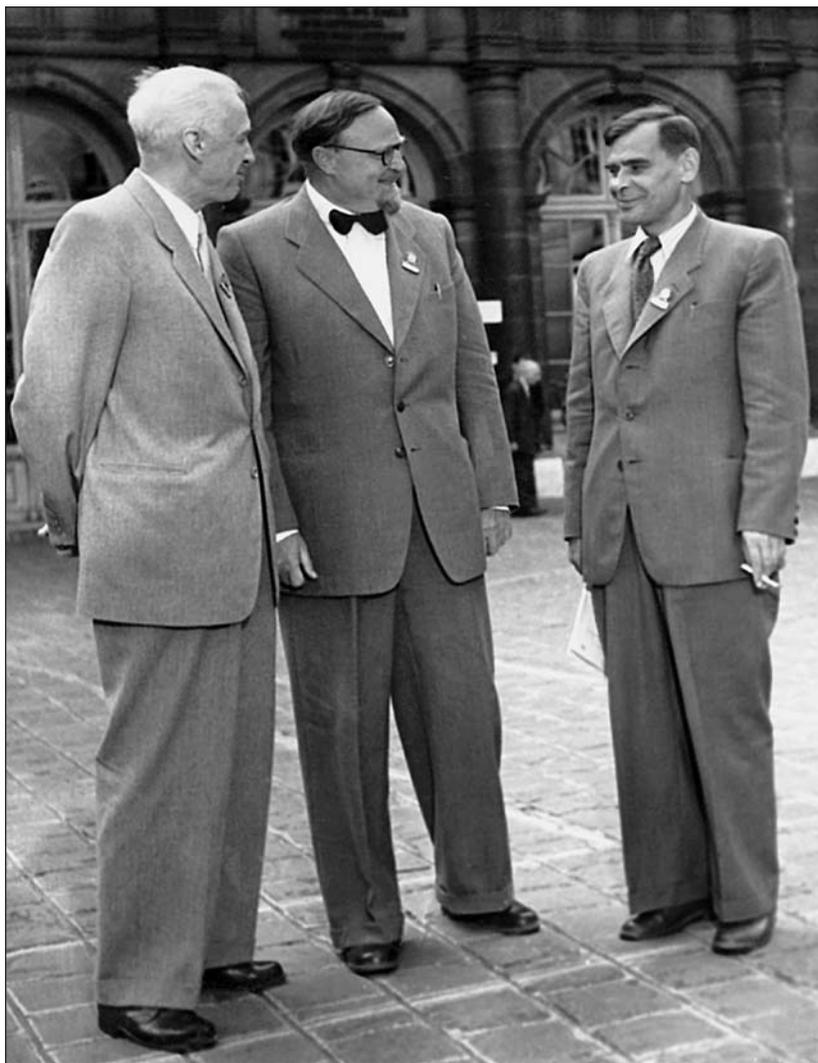
видеть вещи в их простоте и очевидности.

Авторитетом Белозерский пользовался абсолютным. Его одобрительное отношение было высшим критерием, его отрицательное мнение могло перевернуть всю жизнь. Я думаю, что он знал это, и не помню случая, чтобы он неосторожно или недоброжелательно высказал свое мнение, всегда, впрочем, ясное и определенное.

Никакой иммунологией я тогда не интересовался, хотя Андрей Николаевич был консультантом в Институте эпидемиологии и микробиологии им.Н.Ф.Гамалеи, работал по бактериальным



А.Мирский и А.Н.Белозерский на Международном симпозиуме по происхождению жизни. Москва, 1957 г.



С В.А.Энгельгардтом и А.И.Опариним на II Международном биохимическом конгрессе в Париже. 1952 г.

антигенам, и ряд моих товарищей делали свои дипломные работы тоже по бактериальным антигенам. Но меня тогда эти проблемы абсолютно не интересовали, и хотя Андрей Николаевич и мне предлагал тему по бактериальным антигенам, я отказался, так как был увлечен только ядерными белками, нуклеопротеидами, кардинальными проблемами клеточного деления и дифференцировки, то есть истинной биохимии, как мне тогда представлялось.

Защитил я диплом в 1950 г., время было суровое, и я должен был идти на работу к профессору И.Б.Збарскому, который работал в Онкологическом институте им.П.А.Герцена, заведовал там биохимической лабораторией, занимался нуклеопротеидами опухолевой клетки. Он развивал представления о туморопротеине, особом опухолевом белке, которые были сформулированы его отцом, Б.И.Збарским, крупным биохимиком, заведующим кафедрой 1-го Медицинского института и директором мавзолейной лаборатории.

Еще будучи студентом, я сделал у И.Б.Збарского на семинаре доклад. Отношения у нас сложились самые наилучшие, он очень хотел, чтобы я пришел к ним в лабораторию, и я хотел того же, чтобы иметь возможность по существу продолжить то, чем я занимался на кафедре, но на другом объекте. Мне было все равно, на каком объекте работать, важно, чтобы проблема оставалась та же.

Для того, чтобы не возникло каких-либо приключений или сбоев при распределении, Илья Борисович договорился со своим отцом, что заявка на мое распределение будет от мавзолейной лаборатории и числиться я буду по той же лаборатории, а работать — на базе этой, в онкологическом институте. И еще одно обстоятельство — в мавзолейной лаборатории была выше зарплата. Он считал, что так будет лучше, а я в это дело не слишком вникал. Так что эта заявка пошла, но сыграла она в моей жизни плохую роль. Скоро выяснилось, что комиссия по распределению эта заявка не удовлетворяет. Мне сказали, что они готовы распределить меня в любое место, но только не в мавзолейную лабораторию, потому что туда нужен особый отбор. Мне казалось, что у меня все рухнуло, но Андрей Николаевич проявил огромную заботу и энергию в устройстве моей судьбы. Он очень быстро договорился с В.А.Благовещенским, биохимиком-бактериологом, который организовывал в то время лабораторию в Институте им.Н.Ф.Гамалеи, даже не лабораторию, а биохимический отдел. Они быстро оформили на меня заявку, правда, на место препаратора, а не старшего лаборанта. Василий Андреевич отнесся ко мне на редкость хорошо (он тоже в свое время был учеником Андрея Николаевича) и разрешил продолжать работу в направлении, начатом мною в университете, но по нуклеопротеидам бактерий. Сразу после рас-



Г.И.Абелев и Л.А.Зильбер. 1964 г.

пределения, летом 1950 г., я приступил к работе.

Василий Андреевич тогда занимался проблемами вакцинации и бактериальными антигенами, но они меня ни с какой стороны не волновали. В этом же институте на третьем этаже находился отдел Льва Александровича Зильбера, маститого и яркого ученого, который тогда успешно начал заниматься иммунологией рака, был одним из основателей этой науки.

Но эта область меня тогда мало привлекала, по крайней мере с иммунологической стороны. К иммунологии у меня не было никакого интереса. Но Лев Александрович развивал тогда не просто иммунологию рака, а главными в его исследованиях были нуклеопротеиды и ядерные белки опухолевой клетки. На основе своих теоретических представлений, исходивших из вирусной теории рака, он считал, что именно в нуклеопротеидах нужно искать специфические антигены опухоли. Там должны находиться белки вируса — в нуклеопротеидной фракции, и поэтому биохимики, работавшие в его лаборатории,

полностью концентрировались на изучении опухолевых нуклеопротеидов.

Андрей Николаевич консультировал там биохимические работы, которые проводили З.А.Авенирова и В.А.Артамонова.

В Институт им.Н.Ф.Гамалеи по распределению направили четырех человек. Василий Андреевич не мог взять нас всех. Я живо помню сцену в отделе кадров, когда мы все четверо там находились. Начальница отдела кадров позвонила Зильберу и предложила ему прийти и отобрать кого-нибудь из университетских биохимиков для своей лаборатории. Лев Александрович пришел, произвел очень сильное впечатление, так как был солидный, большой человек, уверенный в себе, совсем из другого мира. Он спросил каждого из нас, чем мы занимались и у кого готовили дипломные работы, и сказал, что вот этого мальчишка я возьму, поскольку он учился и работал у Белозерского, который курирует наши дела и которого Лев Александрович чрезвычайно уважал и ценил. Кроме того, этот мальчик подготовлен по нуклеопротеидам,

а мы как раз по методу Белозерского над ними работаем.

Василий Андреевич заявил, что вот его-то я вам как раз и не отдам. Тут произошел между ними спор, Лев Александрович обиделся, сказал, что тогда ему никого не нужно, и ушел.

Я начал работать у Василия Андреевича, но тогда у меня уже появилось желание попасть к Зильберу, просто потому, что нуклеопротеидная тематика стояла в центре его интересов и интересов его лаборатории, а не была там случайной. Конечно, хотелось, чтобы то, что меня интересует, было бы основной тематикой лаборатории, где я буду работать, а не разрешалось бы мне из любезности. Но эта возможность отпала, и я начал работать у Благовещенского.

Вскоре, примерно через год, Благовещенского пригласили или, скорее, перевели в другой закрытый институт, в Загорске. Вместо него был назначен профессор Гостев, ученик или соратник Н.Н.Жукова-Вережникова*, человек совсем другой школы, другого направления исследований и другого склада. Меня же все больше и больше тянуло в отдел к Зильберу, где активно и интересно шла работа в разных направлениях и где все вертелось вокруг нуклеопротеидов, иммунологии нуклеопротеидов.

Иммунологический метод, который разработал тогда Зильбер, анафилаксия с десенсибилизацией для выявления специфических опухолевых антигенов, казался тоже очень привле-

* Н.Н.Жуков-Вережников — в то время очень влиятельный микробиолог-лысенковец.

кательным, но для меня метод был привлекательным не с точки зрения иммунологии, а потому, что открывал новые возможности в изучении специфичности нуклеопротеидов, особенностей их функционирования, и в выделении ядерных белков, специфичных для опухоли, что получалось тогда у Зильбера. Кроме того, привлекала и личность Зильбера — очень крупный ученый, с широкими взглядами, увлекающийся и занятый чрезвычайно интересными проблемами. Мне было ясно, что если бы я начал работать по этой тематике и по этой проблеме, то работа оказалась бы интересной, чего мне тогда сильно не хватало.

Меня тянуло перейти к Зильберу, и я начал переговоры с его биохимиками, как бы нам организовать совместную работу. Это как раз совпало с уходом Благовещенского и приходом Гостева. Гостев был резко против контактов с Зильбером. Он сам занимался иммунологией опухолей; у них создались не то что конкурентные — уж слишком несоизмеримы они были как ученые — но неважные отношения.

Гостев был весьма далек от тех идеалов людей, к которым я привык в университете, при общении с Белозерским и Гурвичем.

Наконец, я вступил в прямые контакты с Зильбером и очень просил его взять меня к себе, в его отдел. Лев Александрович тоже был заинтересован в том, чтобы к нему попал ученик Андрея Николаевича, но не обошлось без сложностей. Много ме-

сяцев шли переговоры с директором института (которым тогда был В.Д.Тимаков), и, в конце концов, счастливое событие свершилось — в 1952 г. я перешел в отдел Льва Александровича. Одновременно меня повысили в должности — я стал старшим лаборантом, повысилась и зарплата, что тоже существенно, поскольку у меня была семья.

А самое главное — я перешел в лабораторию, где моя работа нужна и интересна и находилась в русле основных проблем лаборатории. Я начал работать над опухолевыми нуклеопротеидами и, в первую очередь, над их фракционированием.

Большинство моих друзей очень скептически относилось к моим намерениям. Они обосновывали свои возражения тем, что я профессиональный биохимик и работал в биохимическом отделе, а у Зильбера я попал в окружение медиков, иммунологов, не биохимиков, так что там мне пришлось бы самому делать всю биохимию, самому себе быть судьей и головой.

Единственным человеком, который мне советовал без колебаний переходить к Зильберу, был Андрей Николаевич. Он говорил мне, что со Львом Александровичем работать нелегко, что многие считают его деспотичным, но вам, говорил он, работать с ним будет легко. Он человек неравнодушный, и у вас с ним сложатся отношения. Это было четкое и определенное мнение Андрея Николаевича — человека, который оказал решающее влияние на мою научную судьбу. ■

Рождение «университетского чуда»

Академик В.П.Скулачев

Как гласит молва, Троцкий перед высылкой за границу обменялся со Сталиным парой реплик (Троцкий Сталину: «Тише едешь — дальше будешь!» Сталин в ответ: «Дальше будешь — тише будешь!»). Этому сопутствовал ряд известных событий, к числу которых мой отец, выпускник МВТУ им.Н.Э.Баумана, отнесил первомайскую демонстрацию 1929 г., на которую московские студенты вышли с портретами Троцкого и антисталинскими лозунгами.

С той поры в учреждениях перед праздниками было приказано опечатывать все пишущие машинки, чтобы нельзя было на них печатать листовки (приказ действовал больше 60 лет).

Крупнейший вуз Москвы, МГУ, был сильно уменьшен в размере. Из него изгнали медицинский, геологоразведочный и еще ряд факультетов, исследовательские институты и вообще науку (кафедра зоологии была переименована в «охотхозяйства и пушного дела», а неорганической химии — в «синтеза серной и соляной кислоты» и т.д.). Это последнее усовершенствование нашего образования продержалось не так долго, как традиция опечатывать машинки. Потихонечку, благо бывший ректор МГУ Вы-

шинский пошел «на повышение», возвращались прежние названия, а в 1946 г., когда наука востребовалась высшему начальству по поводу бомбы, Сталин издал приказ, разрешающий в МГУ научную работу.

Однако легко ломать — трудно строить. Науку в университетах морально поощрили, но материально поддержать забыли. И еще долгое время делали ее здесь на голом энтузиазме полуголодных студентов и задавленных непосильной педнагрузкой «доцентов с кандидатами». МГУ повезло хотя бы в том смысле, что к началу 50-х он получил роскошное здание-гигант со множеством свободных площадей и новейшим оборудованием. Но к середине 60-х это оборудование начало стремительно устаревать, а площадей стало недоставать в такой степени, что заведующий кафедрой биохимии животных, мой незабвенный учитель Сергей Евгеньевич Северин решил занять под науку сначала единственную кафедральную аудиторию, а потом и дамский туалет.

И хотя Андрею Николаевичу Белозерскому принадлежит афоризм: «Настоящая наука делается в подвалах и на чердаках», этот великий человек отказался мириться с униженным положением науки в МГУ и сотворил то, что потом Сергей Евгеньевич на-

зовет «университетским чудом». Белозерский уговорил ректора МГУ Ивана Георгиевича Петровского построить рядом с биофаком новый дом и открыть там биохимический научно-исследовательский институт, отдав на его оснащение всю валюту, которую получил в том году МГУ. Напрямую назвать свое детище институтом Андрей Николаевич не смог из-за упрямства тогдашнего министра высшего образования Елютина. Дело в том, что незадолго до описываемых событий какой-то институт перебежал из Горьковского университета в Академию наук. Министр был оскорблен в своих лучших чувствах к университетской науке и решил для порядка ее немного погноить, строжайше запретив организацию в Министерстве образования новых НИИ*.

Так или иначе, новый научный центр был назван Межкафультетской проблемной лабораторией биоорганической химии, благо лабораторию ректор мог создать своим приказом, без

* Этот тогдашний начальник нашего высшего образования обходился без логических выкладок, принимая свои решения. Так, мне он на год запретил поездки за границу за то, что профессор биофака Гилев туда поехал, да там и остался. С Гилевым я был почти не знаком. Единственное, что у нас оказалось общим, так это имя и отчество: Владимир Петрович.

© Скулачев В.П., 2006



Сотрудники кафедры биохимии растений биолого-почвенного факультета МГУ им. М.В. Ломоносова и Межфакультетской проблемной лаборатории биоорганической химии. В центре — А.Н. Белозерский. За ним во втором ряду В.А. Шпикитер, А.С. Спирин, В.В. Юркевич, Б.Ф. Ванюшин, П.В. Иванова, Е.С. Зуева. Третий ряд: Ю.Г. Масенко, Г.А. Козырева, Л.Н. Стоскова, И.С. Кулаев, Е.В. Раменский, А.Л. Мазин. Четвертый ряд: Т.И. Никольская, В.П. Корженко, С.Э. Мансурова, И.А. Крашенинников, Н.А. Кокурина, Г.Н. Зайцева, Г.А. Курицына, Р.С. Шакулов. Пятый ряд: Т.М. Ермохина, А.А. Колесников, Л.А. Огороков, А.Я. Лукина, Т.Н. Евреинова, Л.Н. Викторова, Е.Р. Брастрем, А.Ц. Аванесов, В.В. Месянжинов, А.С. Антонов. 1967 г.

визы министра. Слово «биоорганическая химия» было тогда у нас совершенно новым (институты с таким названием в Академии наук появились позже). Оно должно было подчеркнуть, что новая организация образована на стыке двух факультетов-гигантов: биофака с его двумя сильнейшими кафедрами биохимии (животных и растений) и химфака, где традиционно органическая химия была ведущей специальностью и где незадолго до этого Михаил Алексеевич Прокофьев организовал кафедру химии природных соединений. Лаборатория, по замыслу Белозерского, должна была быть полифоничной, включая весь спектр направлений, где перекрываются интересы био-

логии и химии. Такая полифония позволила бы студенту — биологу или химику, заинтересовавшемуся тем или иным междисциплинарным аспектом, — найти себе в лаборатории подходящую нишу.

И вот очень быстро, буквально за пару лет, рядом с биофаком возник новый дом, названный лабораторным корпусом А. Примерно половину его заняла Лаборатория биоорганической химии. Соседями Белозерского оказались три великих ученых: «другой Андрей Николаевич» — академик Колмогоров, академик Израиль Моисеевич Гельфанд и академик Валентин Алексеевич Каргин. Колмогоров и Гельфанд возглавили также межфакультетские лаборатории: со-

ответственно, математической статистики и математических методов в биологии, а Каргин — кафедру высокомолекулярных соединений. Кроме того, в корпусе разместилась кафедра Прокофьева, фактически интегрированная в своей научной части в Лабораторию биоорганической химии, где Михаил Алексеевич возглавил «нуклеиновый» отдел. Лаборатория изначально была разбита на отделы, число которых постепенно умножалось. Также интегрированной в Лабораторию оказалась новая кафедра вирусологии, созданная Белозерским. Помимо научных отделов возникли научно-методические, или «общие», отделы, где было собрано уникальное оборудование: элект-

ронной микроскопии, ультрацентрифугирования, изотопов, хроматографии, научной информации и спектроскопии. Лаборатории биоорганической химии была соподчинена мощная инженерная служба, отвечавшая не только за эксплуатацию имеющихся приборов, но и за создание новых.

Сегодня большинство руководителей отделов — академики, члены-корреспонденты РАН или «хотя бы» профессора. Однако в момент создания Лаборатории в ее состав вошли два академика, один член-корреспондент и ни одного доктора наук. Заведующие отделами были кандидатами наук в «возрасте Христа» — около 33 лет. Здесь проявилась одна из замечательных черт Андрея Николаевича: безграничная вера в молодежь. К тому времени уже был очевиден фантастический успех его первого эксперимента по выдвижению научной молодежи: во весь голос заявил о себе А.С.Спирин, самый яркий ученик Белозерского. Совместная статья А.Н.Белозерского и А.С.Спирина в «Nature», где было предсказано существование информационной РНК, принесла им всемирную славу. Я помню один из своих разговоров с Андреем Николаевичем в 1972 г. «Знаете, Володя, меня растащили: нуклеиновые взял Спирин, геносистематику — Антонов, полифосфаты — Кулаев». Поразительно, но это говорилось без тени сожаления, а скорее с гордостью, как если бы рачительный отец на излете жизни показывал гостю, какие замечательные дома он построил и подарил своим сыновьям.

А в 1965 г., задолго до страшного дня, когда злой рак забрал у нас этого замечательного человека, шестидесятилетний Белозерский собрал молодых заведующих отделами и сказал: «Я — старый и уже ничего не открою. Открывайте вы, а я буду помогать, чем смогу!»

И все семь лет заведования Лабораторией Белозерский ни

разу не отступил от этого своего принципа. Он никогда не вмешивался в наши дела, но оказывал воистину неоценимую помощь, масштабы которой мы осознали только тогда, когда лишились нашего основателя.

При этом Андрей Николаевич живо интересовался судьбой своего детища. Раз в две-три недели он устраивал научный семинар, где кто-то из сотрудников Лаборатории выступал с докладом. Это был настоящий экзамен: исчерпывающая дискуссия, острейшие вопросы аудитории и нелюбезная (в духе семинаров Белозерского!) дискуссия. Заключение семинара имеет решающее значение для ученого совета, переаттестующего сотрудника на новый срок. Через горнило семинара проходят и все кандидаты на занятие ставок, оказывающихся вакантными.

В условиях самоуправления, созданных Андреем Николаевичем, большую роль играл председатель Научно-технического совета, от которого во многом зависели как повестка дня, так и подготовка решений. Надо сказать, нам очень повезло с первыми председателями, которые в сущности и заложили основу простых, но справедливых правил руководства Лабораторией («не тяни одеяло на себя»; «не дели общество на друзей и недругов»; «если человек от тебя зависит, постарайся сделать так, чтобы ему было хорошо»). Первым председателем НТС Белозерский назначил Илью Васильевича Березина, а когда тот ушел в деканы химфака, — Алексея Алексеевича Богданова. После смерти Андрея Николаевича мы сделали выборными должность директора Лаборатории и председателя НТС, причем последний сменялся каждый год*.

Как же управлялась Лаборатория, если ее руководитель принципиально устранился от повседневного научного и всего прочего руководства?

...Вот уже 40 лет каждый понедельник, в 9.30 собирается Научно-технический совет (НТС), который решает все оргпроблемы. Что же касается научной работы, то ответственность за нее полностью лежит на заведующих отделами. Раз в пять лет они отчитываются о своих результатах на научном семинаре, про-

исходящем сразу после заседания НТС. Для сотрудников этот срок короче — они отчитываются раз в три года. За отчетом следует выступление рецензента, сообщения отдела информации о публикациях докладчика и их цитировании, а затем исчерпывающая и нелюбезная (в духе семинаров Белозерского!) дискуссия. Заключение семинара имеет решающее значение для ученого совета, переаттестующего сотрудника на новый срок. Через горнило семинара проходят и все кандидаты на занятие ставок, оказывающихся вакантными.

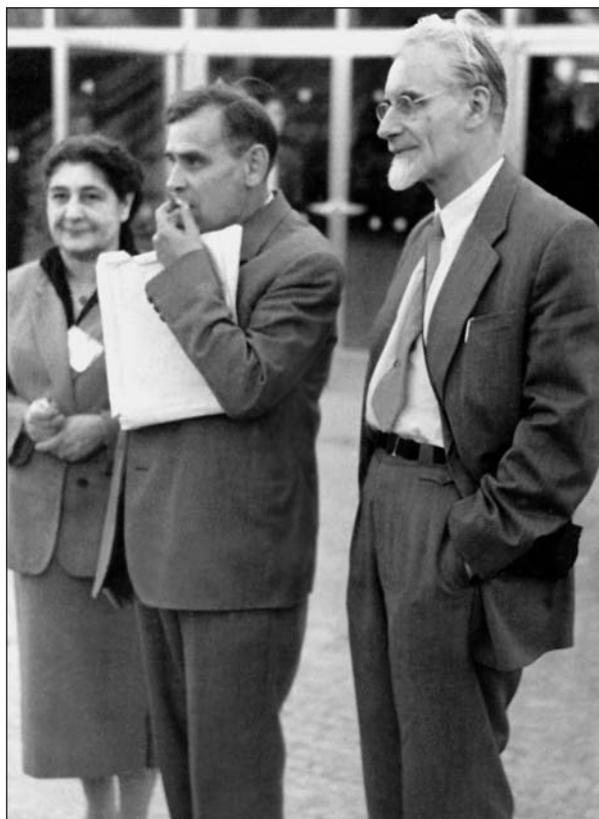
В условиях самоуправления, созданных Андреем Николаевичем, большую роль играл председатель Научно-технического совета, от которого во многом зависели как повестка дня, так и подготовка решений. Надо сказать, нам очень повезло с первыми председателями, которые в сущности и заложили основу простых, но справедливых правил руководства Лабораторией («не тяни одеяло на себя»; «не дели общество на друзей и недругов»; «если человек от тебя зависит, постарайся сделать так, чтобы ему было хорошо»). Первым председателем НТС Белозерский назначил Илью Васильевича Березина, а когда тот ушел в деканы химфака, — Алексея Алексеевича Богданова. После смерти Андрея Николаевича мы сделали выборными должность директора Лаборатории и председателя НТС, причем последний сменялся каждый год*.

Умер Андрей Николаевич под новый 1973 год. Болел он сравнительно недолго. Еще в сентябре, когда я виделся с ним, он ничего не подозревал о своей страшной болезни, хотя выглядел грустным и очень уставшим. Я подарил ему метаболическую карту, привезенную с очередного биохимического конгресса.

* Насколько я знаю, Лаборатория биоорганической химии была первой научной организацией в СССР, где руководство стало выборным.



С Э.Чаргаффом на III Международном биохимическом съезде в Брюсселе. 1955 г.



В.А.Северина, А.Н.Белозерский и С.Е.Северин на IV Международном биохимическом съезде в Вене. 1958 г.



На Международном симпозиуме по происхождению жизни. Справа — А.С.Спирин. Москва, 1957 г.



Н.М.Эмануэль и А.Н.Белозерский после его избрания вице-президентом АН СССР. 1971 г.

Он посмотрел на нее и сказал: «Одного не пойму, как же это все в клетке не запутывается».

Смерть Белозерского для всех нас, «белозерцев», была как гром среди ясного неба. Исчез наш Основатель, учитель и гарант безбедного существования, защищенного от враждебных ветров. После того, как Спириин отказался заменить Андрея Николаевича на посту директора, поскольку не мог бросить свой Институт белка в Пущине, состоялось бурное заседание НТС, на котором мы решили предложить нашему ректору И.Г.Петровскому в качестве кандидатов на пост директора С.Е.Северина и М.А.Прокофьева. Ректор заметил, что понимает, но не разделяет нашу позицию: «Лучший начальник тот, кого нет» (Иван Георгиевич намекал на пенсионный возраст Сергея Евгеньевича и министерские обязанности Михаила Алексеевича, возглавлявшего тогда Министерство просвещения СССР). Тогда НТС попросил стать директором меня.

Я пошел к ректору для беседы, еще твердо не решив, соглашаться ли мне на новую должность. Иван Георгиевич принял меня в своем рабочем кабинете. Вечерело. Темноватая и не слишком просторная комната на глазах погружалась в полумрак, а свет хозяин зажечь не удосужился. Петровский посмотрел на меня долгим, пристальным и каким-то отрешенным взглядом и сказал: «Случилось страшное горе: умер Андрей Николаевич». И после паузы: «Вам придется его заменить. Вы согласны? Ну вот и ладно!» Последние две фразы были произнесены слитно, так что я не успел даже ответить на поставленный мне вопрос. В голосе и всем облике Ивана Георгиевича сквозила такая непреклонная решимость, что мне пришлось оставить при себе свои сомнения. Ректор взял единственный лист бумаги, лежавший на его необъятном столе, и подписал его. Это был приказ о моем новом назначении.



Н.В.Подгорный вручает А.Н.Белозерскому знаки отличия Героя Социалистического Труда: медаль «Золотая звезда» и орден Ленина.



С женой Екатериной Степановной Ключниковой в Самарканде. Рядом с ними Дж.Джалилов и М.Валиханов. 1969 г.

А через день утром меня встретил у лифта в корпусе А мой аспирант Хен Микельсаар со словами: «Вы знаете, что Петровский умер?» ...Иван Георгиевич, возглавлявший МГУ в течение 22 лет и назначенный еще Сталиным, беспартийный академик, выдающийся математик и замечательный человек, умер

на пороге ЦК, куда он пришел в очередной раз защитить интересы Московского университета. Для нас же это ужасное событие означало, что за две недели мы потеряли обоих своих гарантов.

Последствия не заставили себя ждать. Под марку какой-то чиновничьей инициативы о том,

что в МГУ не должно быть ничего межфакультетского, возникла и пошла гулять по университетским коридорам мысль о том, что Лабораторию биоорганической химии следует реформировать, поскольку это никакая не лаборатория, а межфакультетский, да к тому же незаконнорожденный, исследовательский институт. Может быть, появились охотники разграбить «университетское чудо», а может быть, речь шла о чисто канцелярском подходе к наведению порядка в университете, где все, по мнению бюрократа, должно быть по полочкам, т.е. по факультетам. Было прекращено валютное финансирование, заморожены штаты, а в один прекрасный день И.М.Тернов, проректор по естественным факультетам, вызвал меня к себе, положил передо мной чистый лист бумаги и, ссылаясь на мнение парткома МГУ, приказал написать, какие отделы Лаборатории передаются на биофак, а какие — на химфак. Тернов понимал, что перед ним молодой доктор наук, беспартийный, только что назначенный на должность, которой лучше соответствовал статус вице-президента Академии наук. Однако в этом случае моя вопиющая беспартийность сослужила мне добрую службу: я просто отказался обсуждать эту тему, встал и вышел из высокого кабинета.

И здесь я должен сказать слова благодарности сразу многим людям, поддержавшим Лабораторию и спасшим ее от разгрома. Это прежде всего — НТС, который проявил полное единство в критической ситуации. Это партбюро Лаборатории (с парторганами нам всегда везло: ими были В.Я.Черняк, М.А.Панов, В.И.Самойлов и В.Ю.Поляков). Это Александр Сергеевич Спирин, выступавший как научный руководитель Лаборатории. Он перехватил эстафету организатора лабораторного научного семинара, который консолидировал положение внутри Лаборатории («Посмотрите: Бе-

лозерского нет, а семинар продолжается!»). Юрий Анатольевич Овчинников, сменивший Белозерского на посту вице-президента, решительно выступил за сохранение Лаборатории, добившись в этом вопросе поддержки министра Елютина. И, наконец, самое главное, — новый ректор Рем Викторovich Хохлов безоговорочно взял нашу сторону. Однако это еще далеко не означало победы: сам Хохлов во многом царил, но не правил. Конфликтная с парткомом МГУ, он так и не получил возможности привлечь к управлению в МГУ свою команду.

Вскоре после конфликта с Терновым, Рем Викторovich, которому, вероятно, нужны были какие-то доводы в борьбе с парткомом и проректором, позвонил мне со словами: «Вам надо сделать научный доклад на ближайшем заседании Ученого совета МГУ». Доклад был сделан, я рассказал о генерации белком бактериородопсином электрического тока под действием света и даже продемонстрировал этот опыт членам Ученого совета. Помню, с каким ужасом я смотрел на стрелку амперметра, когда мой сотрудник Л.А.Драчев собрался включить свет: «Вдруг опыт не выйдет? Тогда уж точно порешат Лабораторию». Опыт вышел. Лаборатория выжила...

И не только выжила, но и объединилась с другой межфакультетской лабораторией — математических методов в биологии, которая стала еще одним отделом. Так к биологам, химикам и физикам Лаборатории биоорганической химии присоединилась группа очень сильных математиков, интересующихся биологией, во главе с Израилем Моисеевичем Гельфандом. Объединению способствовало то, что вот уже много лет большинство заведующих отделами, включая автора этих строк, участвовало в замечательном биологическом семинаре Гельфанда. К слову сказать, другая межфакультетская математическая лаборатория, А.Н.Колмого-

рова, также развернутая в корпусе А, в тот год была-таки реформирована.

Вскоре Лаборатории было присвоено имя ее основателя, а в 1991 г. она была преобразована в Научно-исследовательский институт физико-химической биологии имени А.Н.Белозерского.

Параллельно со всеми этими событиями мы затеяли строительство следующего корпуса (Б). Проект был сделан еще при Хохлове, но после его трагической гибели этот план был заморожен главным архитектором Москвы М.В.Посохиным, который вместе с новым ректором А.А.Логуновым как-то в ненастный день посетил будущую стройплощадку и запретил строительство, считая, что корпус будет затенять биофак. Архитектору было невдомек, что корпус предполагалось построить к северу от биофака, а в северном полушарии это гарантирует от затенения расположенные к югу объекты. Тем не менее решили строить корпус на новом месте, а для этого снести находящиеся там оранжереи. Поэтому сначала пришлось воздвигнуть новый оранжерейный корпус, затем сломать старые оранжереи и только потом заняться корпусом Б. Стройка началась, но тут рухнул Советский Союз, и в условиях кризиса строительство законсервировали. Его удалось завершить лишь в новейшую для МГУ эру — эру Садовнического.

С Виктором Антоновичем Садовничим я познакомился, когда он занял новую для МГУ должность первого заместителя первого проректора. Садовничий нас решительно поддержал в наших распрях с Терновым. Затем, став при Логунове первым проректором, он вскоре сосредоточил в своих руках реальную власть, поскольку ректор не слишком интересовался университетом и принимал университетских людей в своем вице-президентском кабинете в Президиуме АН СССР. У меня

сразу же сложились добрые отношения с Садовничим, чему не помешало даже то обстоятельство, что в 1992 г. мы с ним конкурировали за пост ректора. (Мы оба понимали, что решаем одну и ту же задачу — не отдать МГУ в руки третьего кандидата, которого накануне выборов первый канал телевидения представил как нового ректора Московского университета. К счастью, задача была решена, и в дальнейшем я сотрудничал с Виктором Антоновичем уже как с ректором МГУ.)

В августе 2001 г., когда строительство корпуса Б было уже завершено, Виктор Антонович позвонил мне, чтобы поделиться своими впечатлениями о Ливерморской лаборатории, которую он только что посетил. «Знаете ли вы, что там теперь каждый третий занимается биоинженерией? А вот в МГУ биоинженерии нет. Предлагаю вам стать деканом-организатором нового факультета на базе Института им.Белозерского. Разместить факультет можно в корпусе Б». Первоначально я ответил отказом, сославшись, что в моем возрасте нужно только сдавать административные обязанности, а не взваливать на себя новые. «Не говорите так сразу “нет”. Давайте встретимся завтра и не спеша потолкуем», — сказал ректор. Я плохо спал в ту ночь, а под утро понял, какие грандиозные возможности перед нашим Институтом открывает сделанное мне предложение. Исходная мысль Белозерского (дать ученым в МГУ время заниматься наукой, сделав для них педработу необязательной) была хороша, когда все мы, «белозерцы», были в возрасте Христа. Однако с годами Институт подстерегала судьба любой научной организации, оторванной от подготовки студентов: все реже слышится в коридорах молодой смех, все чаще приходится провожать друзей в последний путь, а с их уходом — хоть закрывая лаборатории и отделы. Конечно,

в нашем случае ситуация развивалась не столь драматично, поскольку некоторые заведующие отделами одновременно заведовали кафедрами на биофаке и химфаке.

Предложение Садовничего открывало возможность продолжить эксперимент Белозерского по возвращению науки в МГУ, и вот каким образом. Нужно создать новый тип учебно-научной структуры — «институт-факультет» (помните, как при прежней власти — «завод-вуз»?). Факультет должен быть небольшой («элитарный»), составляющий единое и неразрывное целое с Институтом.

Встретившись на следующий день с ректором (помнится, это была суббота), я согласился с его предложением, а в понедельник он убедил Ученый совет МГУ в целесообразности решения создать еще один факультет. Так за три дня в МГУ возник биоинженерный факультет и начался еще один этап процесса, запущенного когда-то Белозерским.

Факультет мы назвали «биоинженерии и биоинформатики». Первое слово подчеркивало амбициозность новой волны биологических исследований. С расшифровкой генома стали ясны чертежи, по которым сконструировано живое, а значит, возникла возможность изменить эти чертежи и «сынженерить» новые биологические молекулы, новые живые клетки и даже новые живые существа. Мечниковская мысль об улучшении природы человека путем активного вмешательства медицины в его устройство из казавшейся нереальной мечты превратилась в практическую задачу если не сегодняшнего, то наверняка завтрашнего дня. Заговорили о радикальном продлении молодости и отсрочке или даже отмене (!!!) старости с ее раком, инфарктами и инсультами. Грандиозность новых задач вполне оправдывала создание нового, биоинженерного факультета.

Что касается биоинформатики, то мы хотели подчеркнуть в названии факультета резко возросшую роль математики и в первую очередь такого ее раздела, как информатика, в биоинженерии и вообще в современной биологии. Буквенный текст генома человека занимает около 1000 томов по 1000 страниц каждый. Это — уму непостижимый объем информации. Им могут оперировать только мощные компьютеры. Отошел в прошлое афоризм Э.Бауэра, что биолог должен знать математику, но никогда ее не применять. В XXI в. наука о жизни базируется не только на биологии, химии и физике, но и на математике. В то же время современное университетское образование оказалось не готово к такому повороту событий. Даже в МГУ, где традиционно поддерживались междисциплинарные направления, где на биофаке, химфаке, физфаке и факультете фундаментальной медицины есть три кафедры биохимии и три кафедры биофизики, не считая кафедр химии природных соединений, биоорганической химии и т.д., до последнего времени не было ни одной кафедры биоматематического профиля. И только великий Гельфанд еще в 1965 г. основал Лабораторию математических методов в биологии, впоследствии вошедшую в состав Института им.А.Н.Белозерского. И это при том, что российская математика всегда занимала ведущие позиции в мировой науке, а среди общеобразовательных школ лучшими всегда были математические. Создание факультета биоинженерии и биоинформатики удачно восполнило пробел, закрыв брешь на стыке биологии и математики.

Новый факультет небольшой: набор на первый курс всего 40 человек (сравни с 400 на мехмате и факультете вычислительной математики и кибернетики или 200 на биофаке). Обучение — 5 лет, т.е. всего 200 студентов. Эта цифра — того же по-

рядка, что число научных сотрудников НИИ им.А.Н.Белозерского (216). Такое соотношение позволило впервые в российских университетах ввести институт наставников (тьюторов). Тьюторство давно и весьма успешно практикуется в Кембриджском и Оксфордском университетах в Англии. Тьюторство — это когда у каждого студента свой наставник, который учит младшего коллегу прежде всего по принципу: «Делай как я!» Тьютор — не только преподаватель, но и старший товарищ, всегда готовый в трудную минуту прийти студенту на помощь.

Ряд сотрудников Института горячо откликнулись на призыв стать тьюторами, другие заняли выжидательную позицию, усомнившись в своих наставнических способностях. Однако уже в 2004 г., когда наши первые студенты перешли на 3-й курс и всего студентов стало около 120, мы каждого из них обеспечили наставником. При этом некоторые тьюторы взяли по два студента. Тем самым проблема тьюторов была решена, поскольку на 4-м и 5-м курсах роль наставника будет выполнять руководитель курсовой и дипломных работ.

Перед новым факультетом стоит задача подготовки научных работников высшей квалификации — биоинженеров и биоинформатиков. Поэтому к науке мы решили допустить уже первокурсников, которые во 2-м семестре выполняют самостоятельную работу под руководством тьютора. Темой служат предложенная тьютором проблема из области биоинформатики, благо эта наука не требует столь долгой подготовки, как биоинженерия: знание компьютера, ограниченного набора приемов из области информатики и минимального уровня

сведений по молекулярной биологии и генетике позволяет студенту фактически включиться в работу тьютора и прикоснуться к таинству настоящей науки.

Препятствием в реализации такой программы оказалось незнание многими тьюторами математического аппарата биоинформатики. Такие тьюторы могли сформулировать вопрос, интересный как для них самих, так и для студентов, но не знали, как подступиться к его решению. В таких случаях на помощь приходили наши биоинформатики: сотрудники отдела И.М.Гельфанда (прежде всего А.В.Алексеевский и С.А.Спирин) и новые профессора, пришедшие на факультет: М.С.Гельфанд и А.А.Миронов. Так получилось, что в некоторых случаях на одного студента оказывалось сразу два тьютора: биолог и математик. Не надо объяснять, сколь полезным для тьютора-биолога оказывается такое наставничество.

При новом факультете есть отдел аспирантуры и докторантуры. Предполагается, что лучшие студенты станут после окончания аспирантами, а лучшие аспиранты — докторантами. Несколько лет назад в МГУ по нашему предложению был введен институт докторантов нового типа, эквивалентный постдокам на Западе. Докторантские ставки заполняются по конкурсу, в котором могут участвовать кандидаты наук, в том числе бывшие аспиранты, только что защитившие кандидатскую. Докторант в течение 3 лет получает зарплату младшего научного сотрудника и, если он иногородний, обеспечивается общежитием.

Итак, пять лет — студент, затем в случае успеха — три года аспирантуры и в случае выдающегося успеха — еще три года

докторантуры. К этим 11 годам мы намереемся прибавить еще два-три года старших классов средней школы. Нами уже организован биологический класс в знаменитом Колмогоровском интернате. Работают наши школьные кружки в нескольких наиболее сильных (в основном математических) московских школах.

Все эти новшества стали возможны благодаря активной поддержке сотрудников Института, который достаточно велик по сравнению с факультетом. Другое важное обстоятельство — фактическое единство этих двух организаций — института и факультета. В уставе нового факультета записано, что его деканом является директор Института им.А.Н.Белозерского, некоторые заместители директора — одновременно заместители декана, бухгалтерия и прочие службы — общие, и т.д. Ряд сотрудников преподает на факультете, что не мешает нам привлекать к преподаванию лучшие силы с биофака, химфака, мехмата, физфака, а также из институтов РАН в Москве и Пущине. С Лейденским университетом заключено соглашение об обмене лучшими студентами-старшекурсниками.

Первые наборы студентов на новый факультет показали, что мы, по-видимому, не ошиблись в своих замыслах. Огромный конкурс для поступающих, очень высокий уровень тех, кто его успешно прошел, первые победы студентов на международных конкурсах, причем не только студенческих, но и молодых ученых. А главное — появилась уверенность, что грядет достойная смена тем, кого отобрал и так поддержал в жизни 40 лет назад наш незабвенный отец-основатель, Андрей Николаевич Белозерский. ■

Новости науки

Астрофизика

Квazar без галактики

Обнаружение сверхмассивной черной дыры, не связанной с массивной родительской галактикой, — таков удивительный результат исследования двух десятков квазаров с помощью телескопов «Хаббл» и VLT. Квазары — это мощные и обычно очень далекие источники излучения, которые, по современным представлениям, связаны с аккрецией вещества на центральную черную дыру в массивной галактике. Одно из наиболее заметных открытий недавнего времени состоит в обнаружении корреляции между массой сверхмассивной черной дыры и массой родительской звездной системы (точнее, ее сферической составляющей). С этой точки зрения, существование черной дыры вне галактики вообще представляется маловероятным. В 1990-е годы появилось несколько сообщений об открытии «голых» квазаров, однако П.Маген (P.Magain; Льежский университет, Бельгия) и его коллеги считают, что убедительное свидетельство в пользу существования таких объектов получено ими только сейчас.

Наблюдение родительской галактики квазара — очень трудная задача, поскольку он «ослепляет» приемник излучения, не позволяя видеть окружающую квазар звездную систему. Чтобы разрешить эту проблему, авторы разработали специальную стратегию, которая заключается в одновременном наблюдении и квазара, и звезд, что дает возможность эффективно отделить излучение точечного источника (квазара) от любого возможного света фоновой звездной системы.

Эта методика была применена к двадцати относительно близким квазарам. У девятнадцати из них, как и ожидалось, обнаружили родительские галактики. Но вот у яркого квазара HE0450-2958, расположенного в 5 млрд св. лет от нас, несмотря на все ухищрения, галактика так и не проявилась. Это означает, что она по крайней мере в шесть раз слабее типичных родительских систем квазаров или же имеет радиус менее 300 св. лет, что тоже в десятки и даже сотни раз ниже нормы.

Правда, совсем пустынными окрестности квазара назвать нельзя. Рядом с ним обнаружилось небольшое облако газа поперечником около 2500 парсек. Наблюдения на VLT показывают, что это облако светится под воздействием излучения, исходящего от квазара, но собственных звезд в нем нет. Не исключено, что газ именно из этого облака подпитывает сверхмассивную черную дыру, собственно говоря, и превращая ее в квазар.

Кроме того, неподалеку от квазара видна неправильная галактика, наделенная всеми признаками недавнего столкновения. Судя по наблюдениям на VLT, в ней с огромной скоростью идет образование звезд. «Отсутствие массивной родительской системы наряду с наличием газового облака и близкой звездообразующей галактики привело нас к выводу, что мы открыли довольно экзотический квазар, — говорит один из авторов работы Ф.Курбин (F.Courbin; Федеральная политехническая школа, Швейцария). — Мы почти уверены, что вспышка звездообразования в соседней галактике и сам квазар возникли в результате столкновения, которое произошло около 100 млн лет назад. Что случилось с предполагаемой

родительской галактикой квазара, остается неясным».

Объект HE0450-2958 представляет собой сложный случай. Астрономы предлагают несколько возможных объяснений, но ни одно из них пока не может быть признано удовлетворительным. Разрушилась ли родительская галактика в результате столкновения? Трудно представить, как это могло случиться. Может быть, одиночная черная дыра «подхватила» газовое облако, пролетев сквозь диск спиральной галактики? Но это не вызвало бы в галактике таких масштабных возмущений. Исследователи надеются прояснить ситуацию в будущем.

Другая интересная гипотеза заключается в том, что галактика, в которой находится черная дыра, почти полностью состоит из темной материи. Возможно, что мы в данном случае наблюдаем нормальную фазу в развитии массивной звездной системы, которая просто происходит на несколько миллиардов лет позже, чем в большинстве других галактик.

Nature. 2005. V.437. P.381
(Великобритания).

Астрономия. Наблюдательная техника

Сверхбыстрая камера для телескопа

Принято считать: чем крупнее объект, тем медленнее он изменяется. Самые крупные объекты в природе — астрономические. Означает ли это, что заметить перемены в жизни планет, звезд и галактик практически невозможно? Как правило, это действительно так. Но диапазон характеристик космических объектов настолько широк, что из любого правила на-

ходятся исключения. В полной мере астрономы ощутили это при переходе от фотопластинки к электронным приемникам излучения. В радио-, а затем в видимом и рентгеновском диапазонах были обнаружены пульсары, открывшие для нас мир нейтронных звезд, а быстрые вспышки на поверхности нормальных звезд, в магнитосферах планет, в ядрах галактик и квазарах распахнули для науки окно в мир высокоэнергетических явлений. Регистрация быстрых дифракционных колебаний при покрытии звезд Луной позволила определить размеры звезд и обнаружить двойные системы. Выявление и компенсация атмосферного дрожания астрономических изображений (так называемая адаптивная оптика) в несколько раз улучшила четкость изображений, даваемых наземными телескопами, и практически уравнила их по качеству с фотографиями космических телескопов. Поэтому инженеры настойчиво продолжают совершенствовать астрономические камеры, повышая их быстродействие, увеличивая чувствительность и расширяя спектральный диапазон.

Очередное достижение на этом пути — камера ULTRACAM, созданная британскими инженерами для Европейской южной обсерватории (ESO). На сегодня это самый высокоскоростной астрономический приемник света. Камера способна получать до 500 изображений в секунду в трех спектральных диапазонах одновременно. Она оснащена ПЗС-матрицами, в принципе такими же, как у домашних видеокамер, но только во много раз более крупными, чувствительными и быстродействующими. Разработали и построили этот замечательный прибор специалисты из университетов в Шеффилде и Уорике (Англия) совместно с коллегами из Центра астрономических технологий в Эдинбурге (Шотландия).

Впервые камера ULTRACAM увидела звездный свет в мае 2002 г. на 4,2-метровом телескопе «Вильям Гершель» (о.Ла-Пальма,

Канарские о-ва). За три года испытаний прибор в общей сложности проработал 75 ночей и был доведен до идеального состояния. По результатам этих наблюдений уже подготовлены 11 научных статей, рассказывающих о новых вспышках, взрывах, пульсациях, осцилляциях, затмениях, дрожаниях и прочих быстрых изменениях у разных астрономических объектов.

Весной 2005 г. ULTRACAM была доставлена в ESO (Чили) и установлена на одном из 8,2-метровых инструментов VLT. В сочетании с этим гигантским «оком» сверхбыстрая камера стала уникальным прибором, дающим шанс осуществить несколько долгожданных астрономических проектов. Например, время от времени некоторые экзопланеты проходят на фоне своих звезд (подобно тому, как недавно Венера проходила на фоне солнечного диска). Если в тот момент, когда экзопланета заслоняет собой звезду, быстро и точно измерять колебания их яркости одновременно в нескольких диапазонах спектра, то можно выяснить, окружена ли планета атмосферой, и даже попытаться определить ее состав.

Другой проект касается изучения черных дыр в тесных двойных системах. Газ, перетекающий с нормальной звезды на черную дыру, образует аккреционный диск, центральная часть которого вращается с очень большой скоростью, близкой к скорости света. Если аккреционный диск неоднороден и имеет горячие пятна на своей поверхности, то стремительное вращение диска вблизи границы черной дыры должно вызывать очень быстрые колебания блеска, как раз и доказывающие, что в центре этого газового диска располагается настоящая черная дыра, а не какой-либо другой компактный объект (например, нейтронная звезда).

С камерой ULTRACAM уже начаты подобные наблюдения двойной звезды GU Мухи, где вокруг нормальной солнцеподобной звезды с периодом 10 ч обращается мощный источник рентгенов-

кого излучения¹. Подозревают, что это черная дыра с аккреционным диском. Ее точным оптическим наблюдениям до сих пор мешала крайняя слабость объекта (21,4 звездной величины), который удавалось сфотографировать только с очень длительной экспозицией. Новый прибор ULTRACAM, питаемый 8,2-метровым телескопом, позволяет делать снимки с экспозициями в 5 с. У GU Мухи уже обнаружены странные квазипериодические всплески яркости, происходящие примерно через каждые 7 мин. Вероятно, они связаны с устойчивыми структурами в аккреционном диске, удаленными от его центра на расстояние, где орбитальный период составляет именно 7 мин. Астрономы надеются, что дальнейшие наблюдения выявят более быстрые колебания яркости из областей, расположенных ближе к загадочному центральному объекту.

© Сурдин В.Г.,
кандидат физико-математических наук
Москва

Астрономия

У Фомальгаута есть планета

Звезда Фомальгаут занимает на нашем небе 17-е место по яркости и удалена от Солнца всего на 25 св. лет. Казалось бы, от такого близкого и легкого для наблюдения объекта не приходится ждать сюрпризов. Однако еще в 2002 г. астрономы заподозрили, что в пылевом диске Фомальгаута скрывается массивная планета. Теперь это предположение превратилось в уверенность. Основанием послужило детальное исследование окрестностей Фомальгаута, проведенное на космическом телескопе «Хаббл» с помощью усовершенствованной обзорной камеры. П.Калас (P.Kalas; Калифорнийский университет в Беркли, США) и его коллеги подтвердили, что пыль окружает звезду узким кольцом, ширина которого при внутреннем

¹ ESO Press Release 17/05. 9 June 2005.

диаметре 133 а.е. равна всего 25 а.е. (для сравнения: подобное кольцо вокруг Солнца — пояс Койпера — начинается в 30 а.е. от звезды, почти на уровне орбиты Нептуна, и тянется тоже примерно на 20 а.е.). Важным свойством пылевого кольца у Фомальгаута является его эксцентricность — центр кольца отстоит от Фомальгаута на 15 а.е. Это означает, что притяжением одной только звезды положение кольца не объяснить. Модели предсказывают, что такая смещенная (и слегка вытянутая) структура образуется в результате гравитационного действия планеты, находящейся на сильно вытянутой орбите с большой полуосью порядка 50—70 а.е. Авторы считают, что речь идет именно о планете, а не о коричневом карлике, поскольку последний с помощью «Хаббла» можно было бы заметить непосредственно, а не только по воздействию на пылевое кольцо.

Еще одним свидетельством в пользу существования такой планеты служит очень резко очерченный внутренний край кольца. Именно такими четкими границами характеризуются кольца Сатурна, структуру которых определяет гравитация спутников этой планеты. В случае Фомальгаута притяжение гипотетической планеты существенно замедляет продвижение пыли к центру системы, в результате чего и возникает уплотнение с резким краем, подобное «пробке» на оживленной улице. Без планеты ширина пылевого кольца была бы существенно больше.

По оценкам авторов работы, масса пылевого диска у Фомальгаута составляет 50—100 масс Земли. Хотя по своей природе он, вероятно, похож на пояс Койпера, значительно большие размеры указывают на то, что сценарий образования планетной системы Фомальгаута отличается от сценария формирования Солнечной системы. Несомненно, отчасти отличия связаны и с тем, что система Фомальгаута очень молода — ее возраст не превышает 200 млн лет.

Nature. 2005. V.435. P.1067—1070 (Великобритания).

Планетология

Пояс астероидов или остатки кометы?

В последнее время вокруг молодых звезд, возраст которых не превышает нескольких сотен миллионов лет, астрономами открыто множество так называемых обломочных дисков (debris disks). В названии отражена гипотеза о том, что подобные диски сформированы пылью, порожденной столкновениями крупных астероидов или комет. Группе ученых во главе с Ч.Бейкманом (Ch.Beichman; Калифорнийский технологический институт, США) впервые удалось получить свидетельство в пользу существования обломочного диска вокруг более «зрелой» звезды HD 69830 (созвездие Корны), похожей по возрасту и массе на Солнце.

Сами сталкивающиеся астероиды в космический телескоп «Spitzer», разумеется, не видны. Различно лишь тепловое излучение пыли. Судя по диапазону ее температур, диск в системе HD 69830 расположен на расстоянии в несколько десятых астрономической единицы от звезды. Но, находясь столь близко к источнику тепла и света, пыль долго существовать не может, особенно мелкая пыль, которой заполнено пространство вокруг HD 69830. Благодаря эффекту Пойнтинга—Робертсона орбитальное движение мелких пылинок постепенно тормозится, они переходят на более близкие к звезде орбиты и всего лишь через несколько десятков лет падают на нее. Наличие мощного пылевого диска вокруг звезды предполагает, что запасы пыли постоянно пополняются.

В нашей Солнечной системе также имеется подобный диск, который служит источником так называемого зодиакального света. По современным оценкам, вещество этого диска по своему происхождению примерно поровну поделено между сталкивающимися астероидами и разрушающимися кометами. В окрестностях HD 69830 пыли существенно больше.

Если она возникает в результате «рутинных» столкновений между астероидами, суммарная масса малых планет в этой системе должна примерно в 22 раза превосходить массу пояса астероидов в Солнечной системе.

Не исключено также, что мы случайно застали HD 69830 вскоре после более масштабной катастрофы — столкновения очень крупных астероидов или разрушения гигантской кометы, размеры которой были сопоставимы с размерами крупнейшей малых планет Солнечной системы. В пользу предположения, что запыление окрестностей HD 69830 носит временный характер, говорит тот факт, что подобный диск пока открыт лишь у одной из 85 звезд, исследованных с помощью телескопа «Spitzer» на предмет обнаружения обломочных дисков.

<http://www.spitzer.caltech.edu/Media/releases/ssc2005-10/release.shtml>

Физика

Русские «левши» в новых зарубежных технологиях

Материалы-«левши» выдумал советский физик В.Г.Веселаго почти столетия назад. Поначалу его работу рассматривали просто как игру ума — настолько свойства этих веществ парадоксальны: противоположный знак эффекта Доплера, отрицательное преломление света (словно он отражается от нормали к поверхности), совсем уж противостественный обратный знак вектора Пойнтинга (т.е. волны должны бежать в сторону возбуждающего их источника) и др. Однако Веселаго не забыли, и в начале XXI в. экспериментаторам удалось создать первые образцы материалов-«левшей»¹. Их собирали буквально вручную. Однако очень скоро «рукоделие» переросло в тиражирование проводящих элементов из фольгированного стеклотекстолита, а затем — и в изготовление методами полупроводниковой технологии металлических аппликаций на поверхности

¹ Sbelby RA, Smith RA, Schultz S. // Science. 2001. V.292. P.77—79.

кристалла кремния. К настоящему времени продемонстрированы уже многие чудеса, предсказанные Весселаго, в том числе и аномальное преломление. (Последнее явление, например, удалось наблюдать на границах одноосных кристаллов. Объект для этого эксперимента исследователи создали собственными руками, сошлифовав и приведя в оптический контакт два кристалла YVO_4 .)

«Степень рукотворности» материалов-«левшей» гораздо выше, чем у обычных композитов, в которых для получения необходимого набора свойств искусственно соединяют микроколичества известных материалов в нужных пропорциях (например, фотонные кристаллы «собирают» из искусственных опалов). «Левши», в отличие от них, созданы из электронных изделий — микропроводочек и петель. Для таких композитов используют специальное название — метаматериалы.

Концепция идеальной линзы из материала-«левши»¹ была предложена в 2000 г. Ожидалось, что плоский слой такого композита будет действовать подобно линзе, действие которой не ограничено дифракционным пределом. Для того, чтобы любые лучи из точечного источника собирались в единой точке-образовании, достаточно, чтобы модули коэффициентов преломления внешней среды и слоя метаматериала были равны. И вот уже получены изображения с разрешением в $1/6\lambda$, в очередной раз показывающие необоснованность скепсиса по поводу «левшей». Правда, пока размеры их структурных элементов не перешли за предел 10 мкм, и эксперименты проводят с волнами микроволнового и квазиоптического диапазонов. Однако с учетом актуальности систем видения в субмикронной области это может оказаться еще интересней, чем если бы подобные результаты были продемонстрированы в видимом диапазоне волн.

Ожидают, что линзы (слои) из «левшей» смогут не только пре-

образовывать электромагнитные волны, но и усиливать затухающие моды типа поверхностных поляритонов. (Поверхностные моды в последнее время активно используются в технике², и инструменты для управления ими очень востребованы.) Недавно показано, что слой материала-«левши», находящийся в контакте со световодом, может усиливать волну в нем, не изменяя при этом распространения собственных мод световода³.

Для систем магнитного изображения (ЯМР-томографии), когда необходимо преобразовывать высокочастотную составляющую магнитного поля без искажения статической составляющей магнитного поля, требуются искусственные магнетики — материалы с магнитным откликом, в которых вместо истинно магнитных веществ используют системы микроскопических токовых петель. Структурные элементы системы преобразования радиоизображений, изготовленные на основе «левшей» и ласково названные своими создателями «швейцарскими рулетиками», складываются в стопку наподобие многоволоконного световода⁴. Такая конструкция способна передавать картину высокочастотного поля с разрешением, на один-два порядка меньшим длины волны электромагнитного колебания.

В общем, бытовое убеждение, что левши очень способные, подтверждается и для метаматериалов — с ними действительно удается многое из того, что ранее казалось невозможным. Однако успех материалов-«левшей» объясняется «всего лишь» тем, что исследователи сумели найти нетронутый слой явлений и разобраться в нем. А уж эффектов у Природы хватит на всех!

http://perst.issp.ras.ru/Control/Inform/perst/2003/3_23/n.asp?file=perst.htm&label=123; http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/5_05/index.htm

² См. также: Молекулярная плазмоника // Природа. 2005. №8. С.79—80.

³ Qing D.-K., Chen G. // Appl. Phys. Lett. 2004. V.84. P.669—671.

⁴ Smith D.R., Pendry J.B., Wiltshire M.C. // Science. 2004. V.305. P.788—792.

Электроника

Гигабиты из нанотрубок

Сотрудники Технологического института штата Джорджия (США) изучали возможность использования углеродных нанотрубок в качестве межсоединений в сверхбольших (гигабитных) интегральных схемах. Необходимость исследования вызвана тем, что при нанометровых размерах в используемых сегодня медных проводниках значительно усиливается электромиграция, к тому же их сопротивление возрастает из-за рассеяния на границах зерен и шероховатостях поверхности.

Выяснилось, что углеродные нанотрубки вполне могут заменить медь по своим электрофизическим параметрам. Они способны выдерживать исключительно большие плотности тока, а длина свободного пробега электронов в них достигает нескольких микрон. Специалисты полагают эффективным использование углеродных нанотрубок в качестве межсоединений в технологии с характерным размером 22 нм. Однако, по их мнению, произойдет это не раньше 2016 г., поскольку необходимо разработать технологию создания хорошего контакта нанотрубок с кремнием.

К сожалению, исследователи не проводят сравнения с нанопроводами из NiSi, также обладающими низким сопротивлением и, кроме того, образующими хороший контакт с кремнием.

IEEE Electron Device Letters. 2005. V.26. P.84 (США); http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/5_06/index.htm

Химия. Экология

Вредны ли углеродные нанотрубки?

Резкий рост производства углеродных нанотрубок, а также обнаружение их в атмосфере (туда они попадают при сжигании топлива — природного газа, пропана)⁵ заставили специалистов тща-

⁵ Мы давно вдыхаем углеродные нанотрубки // Природа. 2005. №10. С.83—84.

тельнее исследовать их токсичность.

Вредное воздействие на легкие одностенных нанотрубок уже подтверждено в опытах на мышах и крысах, а многостенные (которые встречаются гораздо чаще) нуждаются в серьезном изучении. Один из главных аргументов в пользу их токсичности — сходство с асбестовыми нанотрубками. Негативное влияние асбеста на здоровье обнаружено еще в начале 1970-х годов; продукты из него, в частности асбоцемент, запрещены к использованию во многих странах. Известно, что канцерогенность пучков асбестовых волокон длиннее 20 мкм и тоньше 3 мкм выше, чем более коротких (независимо от диаметра) или более толстых (независимо от длины).

Недавно с помощью просвечивающей электронной микроскопии были исследованы многостенные углеродные нанотрубки, образовавшиеся при сжигании пропана и природного газа в горелках кухонных плит, и нанотрубки природного хризотила (асбеста) из провинции Квебек (Канада)¹. Внутренний и внешний диаметры углеродных трубок были равны 3–5 и 5–15 нм, нанотрубок хризотила — 5 и 15–35 нм соответственно, причем последние оказались в основном закрытыми (как и трубки, образовавшиеся при сжигании природного газа). Если окажется, что увеличение токсичности связано именно с этой особенностью, то есть надежда, что открытые углеродные нанотрубки все же не столь вредны...

http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/5_04/index.htm

Популяционная и эволюционная генетика

Дофамин и жизнеспособность мух

Известно, что энергетический метаболизм у насекомых контролируют биогенные амины. Считается, что повышение их концентрации

в организме при стрессе адаптивно. Специалисты из Института цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск) исследовали, как влияет содержание октопамина и дофамина на выживаемость мух *Drosophila* в состоянии стресса. Сначала сопоставили базальный (т.е. в нормальных условиях) уровень дофамина и жизнеспособность при тепловом стрессе у самцов и самок дикого типа *D.melanogaster*, а также у особей различных мутантных линий: полностью лишённой октопамина, со сниженным содержанием октопамина и его предшественника тирамина, с удвоенным уровнем дофамина. Оказалось, что выживаемость не зависела от концентрации октопамина и находилась в обратной зависимости от количества дофамина.

Затем аналогичные исследования провели на самцах двух линий *D.virilis* (дикого типа и с повышенным содержанием дофамина), а также на их реципрокных (т.е. полученных в результате взаимного скрещивания) гибридах — жизнеспособность особей при тепловом стрессе тоже отрицательно коррелировала с базальным уровнем дофамина. Наконец, изучили влияние дофамина на выживаемость при голодании у самок *D.melanogaster* дикого типа и мутантных — с удвоенным количеством дофамина. Преимущество имели мутантные особи, поскольку в отсутствие предшественника дофамина в питательной среде их организм дольше сохранял уровень амина, необходимый для нормального функционирования.

Таким образом, наличие в популяциях насекомых аллелей, определяющих различную концентрацию дофамина в нормальных условиях, способствует их адаптации к неблагоприятным условиям.

Работа поддержана РФФИ и Интеграционным проектом СО РАН, грантами для поддержки молодых ученых Президента РФ и СО РАН.

© Ченцова Н.А., Грунтенко Н.Е.,

кандидаты биологических наук
Новосибирск

Новые зимовки птиц — путь к видообразованию?

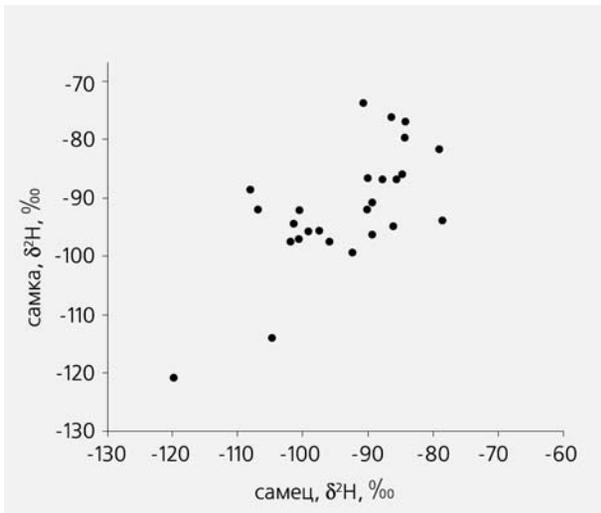
Еще 50 лет тому черноголовая славка (*Sylvia atricapilla*) на севере Европы и на Британских о-вах появлялась только летом. Однако начиная с 1960-х годов отдельные группы этих птиц стали оставаться на зимовку в Великобритании и Ирландии. Все чаще британские любители птиц («бёрд-уотчеры») замечали черноголовых славок на кормушках около своих домов. Исследования, проведенные в 1990-х годах, показали, что эти птицы гнездятся вовсе не в местах новой зимовки, а в Центральной Европе, на юге Германии и в Австрии. Однако основным местом, где гнездящиеся в Центральной Европе славки проводили зиму, всегда был, а для значительной части популяции продолжает оставаться Пиренейский п-ов и север Африки.

Именно на юго-запад летали и предки тех птиц, которые сейчас стали летать на северо-запад — на Британские о-ва. Исследователи не сомневались, что столь радикальное изменение маршрута сезонных миграций имеет генетическую основу. А из этого следовало, что та часть центральноевропейской популяции, которая зимует на Британских о-вах, должна быть репродуктивно изолирована от остальной популяции. Иными словами, особи, летающие на северо-запад, не должны скрещиваться с особями, по-прежнему летающими на юго-запад, хотя гнездятся они в одних и тех же местах и в принципе вроде ничего не мешает им образовывать смешанные пары.

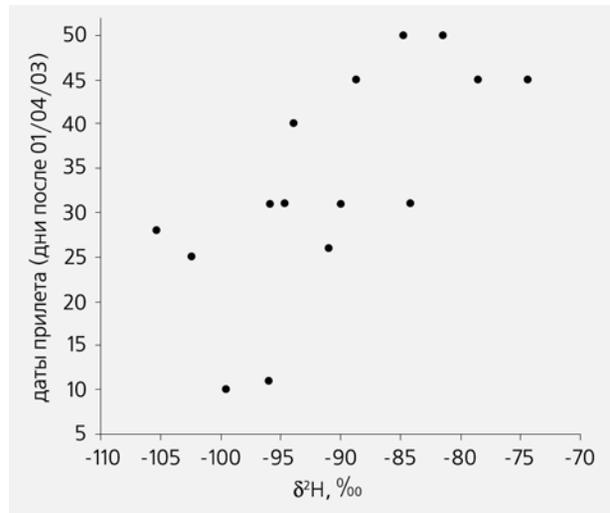
Выяснить, каков механизм этой изоляции, удалось недавно группе британских, немецких и американских исследователей во главе с С.Бирхопом из Университета Белфаста (Великобритания)². В качестве метки тех мест, где славки проводят зиму, использовали содержание в тканях птиц (прежде всего в проксимальной, более молодой части когтей) стабильного

¹ Murr LE, Garza KM, Soto KF. // J. Mater. Sci. 2004. V.39. P.4941–4947.

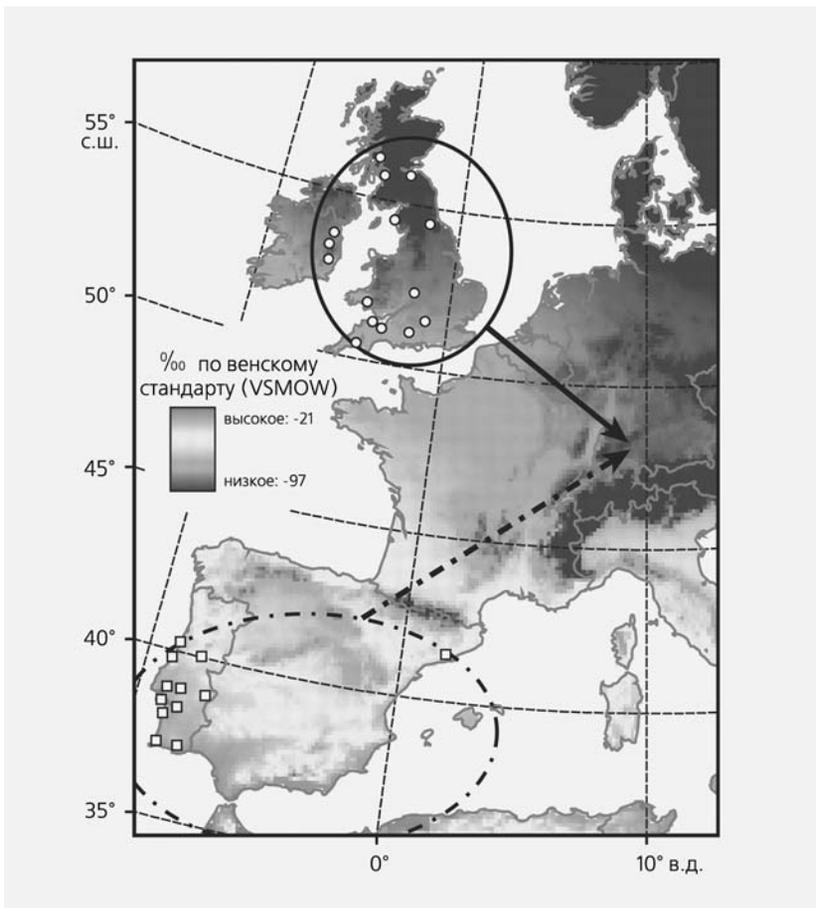
² Bearhop S, Fieder W, Furness RW. et al. // Science. 2005. V.310. P.502–504.



Положительная корреляция между содержанием дейтерия в тканях (когтях) самцов и самок черноголовых славков, образовавших брачные пары.



Положительная корреляция между датой прилета славков в места гнездования и содержанием дейтерия в когтях.



Путь от района зимовок черноголовых славков (Пиренейский п-ов и Британские о-ва) к району гнездования (южная часть Центральной Европы). Кружки и квадратики показаны места, где отлавливали птиц для анализа на содержание дейтерия ($\delta^2\text{H}$). Интенсивность цвета показывает среднегодовую величину $\delta^2\text{H}$ в осадках (на севере ниже, чем на юге).

тяжелого изотопа водорода — дейтерия ($\delta^2\text{H}$ оценивается в промилле по отношению к принятому стандарту). Относительная концентрация дейтерия в тканях птиц определяется по его содержанию в пище, а оно, в свою очередь, зависит от количества дейтерия в осадках, выпадающих в данной местности. Из имеющихся для всей Европы подробных карт, показывающих распределение $\delta^2\text{H}$ в атмосферных осадках, следует, что на Пиренейском п-ове его содержание существенно выше, чем на Британских о-вах. Эти различия отражаются и на концентрации дейтерия в тканях птиц, постоянно обитающих в данных местностях (в Британии определения проводили для большой синицы и синицы-лазоревки, а в Португалии — для сардинской славки *Sylvia melanocephala*). Значительные достоверные различия в содержании дейтерия обнаружены и между теми черноголовыми славками, которые пойманы на зимовке на Британских о-вах, и теми, что зимуют на Пиренейском п-ове (в Португалии и на севере Испании).

Осталось, правда, непонятным, каким образом осуществляется репродуктивная изоляция двух этих групп славков в местах их гнездования. В ходе исследований, проведенных на юге Герма-

нии и в Австрии, удалось определить значение $\delta^2\text{H}$ для 25 образовавшихся пар — как для самца, так и для самки. Величины оказались достоверно положительно коррелированными, хотя трудно предположить, что, выбирая брачного партнера, птицы ориентируются непосредственно на содержание дейтерия в тканях своего избранника или избранницы. Загадка разрешилась довольно просто: выяснилось, что птицы, зимующие в Великобритании и Ирландии, весной, при быстром увеличении светового дня (а это особенно заметно в высоких широтах), трогаются к местам гнездования на две недели раньше, чем птицы, зимующие на Пиренейском п-ове. Прибывают они тоже раньше; более того, между содержанием дейтерия в когтях и датой прилета существует достоверная положительная корреляция.

Для успешного формирования зимующей на Британских о-вах субпопуляции немалое значение имеет и то, что птицы, первыми прилетающие в места гнездования, занимают и самые лучшие участки, а следовательно, способны обеспечить более успешное выкармливание потомства.

Случай разделения центрально-европейской популяции черно-головой славки на две может рассматриваться как начало происходящего на наших глазах процесса видообразования. Не исключено, что определенное значение для этого процесса имеет и потепление климата в Европе: зимы стали мягче, а фенологическая весна (например, распускание почек дуба и прилет многих птиц) сместилась на более ранние сроки (примерно на две недели).

© Гиляров А.М.,
доктор биологических наук
Москва

Зоология

Вот это зуб!

Исследователей китов издавна интересовали самцы нарвалов: непонятно было, для чего им нужен 2,5-метровый витой бивень, тор-

чащий из верхней челюсти этих животных наподобие рога мифического единорога. И вот, наконец, дантист М.Нвеейя (M.Nweeia), преподаватель Гарвардской школы стоматологии в Бостоне, открыл, что этот бивень служит вовсе не пешней для пробивания льда и не оружием для защиты от хищников, как предполагали ранее, а органом чувств.

На 16-й двухгодичной конференции по биологии морских млекопитающих в Сан-Диего (Калифорния) Нвеейя изложил результаты лабораторных исследований и наблюдений за нарвалами в Канадской Арктике, из которых следует, что у бивня нарвала исключительно чувствительная поверхность, содержащая миллионы нервных окончаний. Эти сенсорные клетки способны реагировать на изменения температуры и давления воды, а также на концентрации химических веществ, позволяя нарвалам измерять соленость морской воды, изменяющуюся при образовании льда, и находить «по запаху» косяки рыбы, которой нарвалы питаются.

К тому же эти результаты объясняют, зачем бивень нарвала такой длинный. Сравнивая сигналы от сенсорных клеток, расположенных у основания бивня и у его кончика, животное может не только воспринимать параметры среды в одной точке, но и непосредственно ощущать изменения полей температуры, солености и давления, а также концентраций растворенных в воде химических примесей в направлении, на которое указывает бивень. Разворачиваясь вместе с бивнем в разные стороны, нарвал способен находить направления, по которым эти изменения максимальны. Фактически такой бивень служит химическим локатором и навигационным прибором, чувствительность и точность которого тем выше, чем он длиннее.

Получила естественное объяснение и форма поверхности бивня: спиральная борозда на ней увеличивает площадь, на которой размещены сенсорные клетки.

Science. 2005. №5756. P.1900 (США).

Зоология

Из моря — в холодильник

Морскую, или стеллерову, корову (*Hydrodamalis gigas*) — млекопитающее из семейства дюгоневых — в 1741 г. открыл и описал немецкий путешественник и натуралист Г.В.Стеллер. К 1768 г. она уже была истреблена. Теперь в море открыт новый вид млекопитающих, на этот раз из семейства непарнокопытных — желтая морская лошадь (*Yellow seahorse*). Выловленную находку поместили в аквариум и наблюдали за поведением животного. К удивлению исследователей, она двигалась вертикально, на хвосте, и не имела даже зачатков гривы, а передними конечностями, на которых сохранились морфологические образования, напоминающие копытца, цеплялась за растения и твердые предметы. Специалисты-гиппологи сразу же приступили к подробному описанию столь необычного объекта, однако пока не опубликовали результатов.

Чтобы судьба стеллеровой коровы не постигла новый вид копытных, генетический код морской лошади 27 июля 2004 г. был отправлен в глубокую заморозку в британском Институте генетики при Университете Ноттинггема. Ученые надеются таким способом сохранить необычное животное и изучить его геном. Не исключено, что в будущем генетики попытаются клонировать желтую морскую лошадь, открытие которой стало сенсацией для зоологов всего мира.

www.membrana.ru

Зоология. Этология

Пиратское оплодотворение

Зоологи обнаруживают в природе все новые примеры альтернативных схем оплодотворения яйцеклеток сперматозоидами. «Традиционная» модель предполагает спаривание самца с самкой. Образование пар при этом связано с той или иной формой конкуренции за брачного партнера. Альтер-

нативные варианты позволяют особям оставить потомство, не пройдя сита прямой конкуренции.

Один из таких вариантов недавно был обнаружен у широко распространенного и массового вида европейских бесхвостых земноводных — травяной лягушки (*Rana temporaria*). Казалось бы, зоологам уже все досконально известно про ее биологию. Но, оказывается, удивительные явления можно открыть и у таких издавна исследуемых видов. Правда, в данном случае группа немецких, испанских и голландских зоологов¹ наблюдала за весьма специфической популяцией травяной лягушки. Речь идет о высокогорной популяции, обитающей на высоте около 2200 м над ур.м. в испанских Пиренеях. Среди этих травяных лягушек в брачный период широкое распространение получило... пиратское оплодотворение свежееотложенных кладок.

Здесь нужно вспомнить, как обычно происходит откладка яиц у этих земноводных. В брачный сезон половозрелые особи собираются у нерестового водоема. Самцы привлекают самок брачным пением. Самка приближается к избраннику, после чего самец крепко обхватывает ее туловище передними лапами (это «объятие» называют амplexусом). Образовавшаяся пара подыскивает место на мелководье, подходящее для откладки яиц. Самка выпускает из клоаки яйца, слипающиеся в плотный комок, а обнимающий ее самец тут же поливает этот комок семенной жидкостью. Через некоторое время оболочки яиц сильно разбухают, кладка заметно увеличивается в размерах и приобретает вид бесформенной студенистой массы (такие массы нередко можно видеть ранней весной в неглубоких водоемах).

В исследованной пиренейской популяции все происходит так же, но с одним небольшим дополнением. За парой в амplexусе внимательно следит еще один самец, и как только эта пара отложит

кладку и удалится, он заключает в свои объятия-амplexус не самку, а... свежееотложенную кладку. И еще раз ее оплодотворяет. Таким образом, самец-пират, которому не досталась самка, использует шанс все-таки стать отцом. Интернациональному коллективу исследователей удалось показать, что подобные пиратские попытки вполне себя оправдывают.

Для доказательства были использованы молекулярно-генетические методы определения отцовства (аналогичные используемым для установления отцовства у людей). Собрав 16 кладок, подвергшихся пиратскому оплодотворению, исследователи инкубировали их до формирования эмбрионов. Затем провели молекулярно-генетическое сравнение тканей 319 эмбрионов с тканями «законных» отцов и самцов-пиратов. Выяснилось, что пиратское оплодотворение было успешным в семи случаях. При этом 24.1% эмбрионов оказались потомками пиратов, а в одной кладке все 100% эмбрионов стали потомками самца-пирата!

Итак, обнаруженная альтернативная схема оплодотворения оказалась весьма и весьма эффективной. Наблюдения в природе показали, что пиратское оплодотворение — обычное явление в исследованной популяции. При этом самцы-пираты ни по возрасту, ни по размерным характеристикам не отличаются от «добросовестных» брачных партнеров. Более того, отмечены случаи, когда один и тот же самец участвовал как в обычном спаривании, так и в пиратском оплодотворении чужой кладки.

Это — первый пример пиратского оплодотворения у земноводных. До сих пор подобное поведение отмечалось только у рыб.

Эволюционный смысл исследованного явления тот же, что и у других схем альтернативного оплодотворения: оно повышает уровень генетического разнообразия в популяции, а следовательно — ее устойчивость и жизнеспособность.

© Семенов Д.В.,

кандидат биологических наук
Москва

Орнитология. Этология

Зачем поют птицы?

История серьезного изучения этого вопроса насчитывает более 200 лет, и, казалось бы, все здесь уже открыто и понятно. Действительно, самцы занимают территорию и токут (поют), привлекая самку и демонстрируя права на этот участок, чтобы самцам-конкурентам не повадно было сюда соваться. Однако все несколько сложнее. В частности, известно, что петухи могут и после состоявшегося выбора самки, либо вовсе не занимая территорию. Играет ли роль такое пение в регулировании внутривидовых взаимоотношений, или же это просто продукт протекающих в организме птицы физиологических процессов? Было выдвинуто предположение, что пение самцов может стимулировать самку и способствовать поддержанию пары. В экспериментах было показано, что у самок ускоряется рост фолликулов, если им через магнитофон транслировать песню самца.

Похожий эксперимент решили провести португальские орнитологи во главе с П.Мотой¹, но ставили они его в природе, что немаловажно, так как не все полученные в лаборатории результаты можно напрямую переносить на реальные природные популяции.

Мота с коллегами изучали канареечного вьюрка (*Serinus serinus*), родственника всем известной канарейки (*Scanaria*). Этот вид широко распространен в Южной Европе. Большую часть жизни вьюрки проводят в стайках. После образования пар стайка «оседает» на гнездование, и все особи, состоящие в парах, занимают участки по соседству. Границы этих участков не охраняются, поэтому самцы зачастую могут петух в нескольких метрах друг от друга. А поют самцы много, практически на протяжении всего года. За пределами цикла гнездования пение может играть роль как в образовании пар, так и в поддержании уже существующих пар.

¹ P.Mota // Ethology. 2004. V.110. №11. P.841—850.

щих альянсов. В гнездовой период самец своим пением, возможно, стимулирует самку, как это было показано в лабораторных экспериментах. Для проверки этого предположения португальские орнитологи в течение всего периода строительства гнезда проигрывали подопытным самкам ежедневно по 5 ч запись песни самца. Самец находился тут же, но из-за неопределенности территориальных рубежей не обращал никакого внимания на доносившееся пение.

Поведение подопытных самок сравнивали с поведением контрольных. Оказалось, что первые больше времени посвящали гнездобустройству, подготавливая более прочные сооружения для дальнейшего воспитания в них птенцов. Так что пение самца стимулирует самку и в природе. Обнаруженная стимуляция может объяснять не только пение самцов в то время, пока самка занята обустройством гнезда (в эти дела самец до вылупления птенцов не вмешивается), но также и то, почему выюрки гнездятся группами, в которых одновременно поблизости поет несколько самцов.

© Опаев А.С.
Москва

Биотехнология

Производство яда и кормление гадюк

Содержание и разведение ядовитых змей в серпентариях с целью получения ядов, используемых в фармакологии, — важная отрасль биотехнологического производства. Обыкновенная гадюка (*Vipera berus*), несмотря на небольшие размеры и низкую токсичность яда, остается в Европе одним из основных объектов для его промышленного получения.

«Узкое место» содержания гадюк в неволе — кормление. Ведь все змеи едят только определенный и обязательно живой корм. При этом на их аппетит может влиять множество трудно предсказуемых обстоятельств. Периоды добровольного голодания между трапезами могут длиться месяца-

ми, а уже проглоченную добычу змеи часто отрыгивают. Все это делает кормление змей в неволе сложным, дорогостоящим и малоэффективным процессом.

Важный шаг в решении проблемы недавно сделала группа исследователей из румынского Университета сельского хозяйства и ветеринарии (Georgescu V. et al.). Они разработали специальный комбикорм, в который входят компоненты, богатые белком (говядина, мясо птицы, рыба, свежая печень, вареные яйца и др.), а также витамины, минеральные вещества и синтетические аминокислоты.

Конечно, змеи — эти специализированные хищники-глотатели — добровольно подобную массу есть не станут. Для их принудительного кормления разработан аппарат, принцип действия которого тот же, что и у машин, используемых при изготовлении колбас.

Для оценки нового искусственного корма были проведены эксперименты. Взрослых гадюк, родившихся и выращенных в серпентарии, разделили на три группы. В контрольной змей кормили, как обычно, лабораторными мышами. В других кормление было искусственным: в одной использовался комбикорм для кошек, в другой — разработанная смесь. В каждой группе у змей раз в две недели забирали яд, количество и концентрацию которого регистрировали. После взятия яда гадюкам давали соответствующий корм. Результаты вполне оправдали ожидания. Гадюки, получавшие специальную кормовую смесь, давали больше яда более высокого качества, чем их сородичи из двух других групп. При этом состояние их здоровья оказалось вполне удовлетворительным. Правда, при первых двух кормлениях примерно у 20% особей отмечалось отрыгивание пищи, однако уже после третьего введения искусственного корма такие случаи полностью прекратились — очевидно, змеи вполне адаптировались к необычной еде.

Особенно подчеркивается экономичность предлагаемой системы кормления змей: отпадает необходимость разводить и выращи-

вать мышей, к тому же используемые при изготовлении предлагаемой смеси ингредиенты недороги.

Buletinul University of Agricultural and Veterinary Medicine. 2005. V.60. P.157–160 (Румыния).

Палеоантропология

Почему пальцы на ногах стали короче?

Известно, что труд создал человека, а полноценно трудиться тот начал тогда, когда большие пальцы на передних конечностях оказались противопоставленными остальным четырем. Рукой с таким расположением пальцев уже было удобнее держать примитивное оружие, значит, охота стала эффективнее, а голод не столь страшен. Если эволюции кисти уделялось немало внимания в исследованиях антропологов, то стопой с эволюционных позиций почему-то до сих пор никто не занимался.

Это упущение начали устранять американские антропологи. Они сравнили длину пальцев на ногах людей, проживавших на западе Евразии во временном интервале от 100 тыс. до 10 тыс. лет назад, с размерами пальцев у первых американских индейцев, древних иннуитов, у современных европейцев и американцев. Оказалось, что все пальцы, за исключением первого, начиная с 30–26 тыс. лет назад, т.е. совсем недавно по меркам антропогенеза, значительно укоротились. Размеры же первого пальца и число фаланг в нем сохранились неизменными.

По мнению исследователей, длина четырех пальцев уменьшилась, скорее всего, из-за того, что люди стали носить обувь. В результате пальцы перестали служить для сцепления с грунтом, и их размеры постепенно сократились. Следовательно, здесь проявилась эволюция, которая шла вслед за антропогенезом. Остается неясным, почему же у многих современных людей второй палец бывает длиннее первого и почему в первом всего две фаланги, как было еще у большинства динозавров.

www.pbl.ru

Рецензии

Химия — наука и искусство

А.Ю.Рабкина,

кандидат химических наук,

Институт элементоорганических соединений им.А.Н.Несмеянова РАН
Москва

Можно с уверенностью утверждать, что столь нетривиально и в то же время увлекательно о химии, удивительным образом сочетающей в себе две грани — науку и искусство, — давно не писали. Химическая литература представляет собой издания двух типов: в одном читателю представляют обычно разнообразные реакции и свойства получаемых веществ, в другом (чаще в популярных изданиях) знакомят с различными яркими фактами (необычными соединениями, эффектными реакциями, оригинальными явлениями), которыми так богата химия.

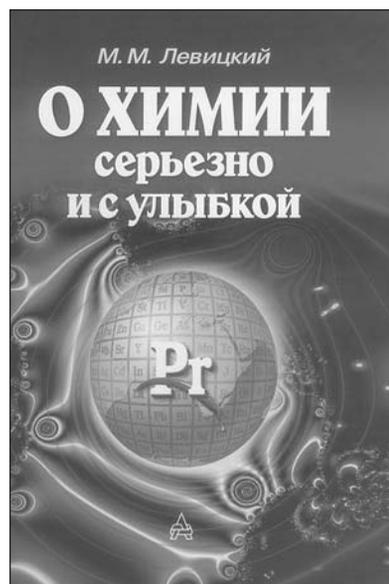
Существует еще и третья, редко упоминаемая в химических изданиях грань этой науки. Помимо рутинной работы (синтеза нужных реактивов, измерения стандартных параметров и пр.) в химии часто возникает необходимость решать некоторые задачи с помощью логических построений и цепочек рассуждений. В таких случаях в исследовании сочетаются знания, логика и интуиция. Это позволяет иногда с помощью умозаключений обнаружить неизвестные ранее соединения или предсказать структуры новых молекул. Существуют задачи, правильное решение которых может быть найдено исключительно логически, без постановки опытов и с минимальным количеством вычислений. Часто, прежде чем

начать эксперимент, необходимо провести предварительные рассуждения или решить несложную логическую задачу. Именно этой стороне творчества химиков посвящена первая глава новой книги.

Необычность изложения материала в том, что перед рассказом о какой-либо химической проблеме автор вместе с читателем разбирает простую логическую задачу на бытовую тему, после чего аккуратно переходит к сути химических событий.

Не довольствуясь простым изложением фактов, Левицкий каждый рассказ строит как некое интересное и в то же время простое и вполне доступное каждому читателю исследование. Особенно отчетливо это проявилось в главе «Исследуем то, что стало привычным». Здесь в качестве объектов изучения выбраны поэтические произведения (совсем нетрадиционный для химии «предмет»), язык химиков, судьбы химических элементов и даже учебник химии. Исследование последнего из упомянутых объектов приводит к необычным и заслуживающим внимания прогнозам, например, таким образом можно узнать, имена каких ученых будут упомянуты в учебниках химии следующих десятилетий.

Автор не отделяет химию от других наук, и это позволяет ему показать, сколь результативным может быть ее сочетание с другими естественнонаучными дисциплинами (глава «Не химией



М.М.Левицкий. О ХИМИИ СЕРЬЕЗНО И С УЛЫБКОЙ.

М.: Академкнига, 2005. 288 с.



Слияние химии с физикой и математикой.

единой...»). Вполне естественным обобщением такого совместного рассмотрения стала глава «И химик, и физик, и биолог...». В ней просто и доступно рассказано об основных принципах естественнонаучного мышления. Речь идет о трезвом научном подходе к наблюдаемым (в том числе и бытовым) явлениям, а также о том, что помогает нам разобраться в потоке псевдонаучных сведений, которыми нас снабжают газеты, радио и телевидение. По существу в этой главе Левицкий старается решить ту же задачу, которую ставит перед собой возглавляемая академиком Э.П.Кругляковым комиссия Российской академии наук по борьбе с лженаукой. Результаты работы этой комиссии можно найти в академических изданиях либо в различных документах,



Люди охотно колят дрова, потому что сразу видят результат своей работы. А путь от теорий Эйнштейна к реальным применениям весьма далек.

направляемых в правительственные органы, однако популярное изложение этой темы встречается очень редко.

Химия — наука серьезная, но сами химики не упускают случая взглянуть на свою работу с улыбкой. Автор книги — безусловно один из них. Глава «Ирония науке не помеха» вообще не нуждается ни в каких комментариях, думаю, что каждый химик (да и ученый любой другой специальности) прочтет ее с удовольствием.



Смена химических эмблем.

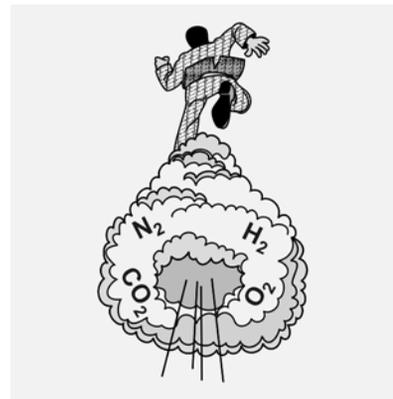
Заключительная часть книги необычна, в ней приведены краткие сведения об авторах тех эпиграфов, которые предваряют каждый раздел. Видимо, в такой своеобразной форме автор решает чисто просветительскую задачу.

Язык книги прост и доступен, читать ее легко и интересно. Впрочем, справедливости ради, необходимо отметить, что некоторые разделы, например те, в которых обсуждаются молекулярно-массовое распределение, реакции последовательного замещения или соотношения циклических изомеров, требуют вдумчивого постижения. Но автор дает передышку читателю при изложении сложных вопросов. Он непременно перемежает небольшими образными отступлениями подобно опытному лектору, который, рассказывая о непростой научной проблеме, всегда чувствует, ког-



В уме рождается идея создания вечного двигателя, но воплощению мешают кандалы научных законов.

да необходимо дать слушателю возможность кратко передохнуть, и вставляет в текст доклада шутку, необычное сравнение или живописный пример. По существу — это собрание занимательных бесед.



Чем ближе альпинист подходит к вершине, тем чаще ему оказывают помощь в движении вверх выхлопные газы.

Вся книга буквально наполнена выразительными рисунками, чаще — шутливого характера. Ею можно увлечься, даже просто перелистывая страницы.

Любой читатель, неравнодушный к химии, найдет в книге много интересного, а некоторые бытовые логические задачи привлекут внимание и тех, кто далек от этой науки. ■

Экология

Л.Г.Бязров. ЛИШАЙНИКИ — ИНДИКАТОРЫ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2005. 476 с.

Радиоактивное загрязнение — один из наиболее опасных для здоровья людей и других представителей биоты видов загрязнений. Этот фактор воздействия на среду обитания приобрел планетарный масштаб в середине XX в. как следствие широкого применения ядерной энергии в военных и мирных целях. Автор обобщает результаты собственных исследований, а также доступные опубликованные материалы, посвященные использованию лишайников в контроле такого показателя качества среды, как радиоактивное загрязнение. Особое внимание уделено методическим проблемам. Вместе с тем в книге содержатся сведения и общего характера: место радиоэкологии в общей экологии, источники радионуклидов, типы радиации, различные трактовки лишайникового симбиоза, строение самих лишайников, их жизненные формы, особенности физиологии.

В книге приводятся данные о накоплении слоевищами лишайников в различных регионах нашей планеты как естественных, так и техногенных радионуклидов, в том числе и редко измеряемых изотопов технеция, нептуния, кюрия и др. Показаны результаты многочисленных лабораторных и полевых экспериментов по выявлению степени устойчивости лишайников к воздействию радиоактивного облучения, глобальному выпадению радионуклидов, а также деятельности предприятий ядерно-топливного цикла, АЭС, ТЭЦ; преимущества и недостатки лишайников как индикаторов радиоактивного загрязне-

ния. Имеются данные и об изучении последствий применения войсками НАТО боеголовок из обедненного урана на территории Косово (Югославия). Значительный объем книги занимают материалы, характеризующие последствия аварии на Чернобыльской АЭС для различных регионов Земли.

История науки

ДВАДЦАТЫЙ ВЕК АННЫ КАПИЦЫ: Воспоминания. Письма. В 2 т. Сост.: Е.Л.Капица, П.Е.Рубинин. М.: Аграф, 2005. 448 с. (Из сер. «Символы времени».)

Книга основана на мемуарах, дневниковых записях, переписке и интервью Анны Алексеевны Капицы (1903—1996) — дочери крупнейшего русского инженера А.Н.Крылова и жены выдающегося ученого — академика, лауреата Нобелевской премии Петра Леонидовича Капицы (1894—1984). Время, охватываемое в этих материалах, включает три русские революции, Гражданскую и Великую Отечественную войны, сталинскую эпоху, годы брежневского правления и начало перестройки.

Анна Капица (урожденная Крылова) прожила со своим мужем более 50 лет. Все, кто знал ее, отмечали незаурядный ум и волевой характер. В юные годы Анна Алексеевна собиралась стать археологом. Во Франции она получила соответствующее образование и уже готовилась защитить диплом, но неожиданная встреча с Петром Леонидовичем круто изменила ее судьбу. Она посвятила себя служению мужу, хорошо понимая, что, по крайней мере для нее, научная работа несовместима с положением жены Капицы. Во всех сложных жизненных коллизиях она всегда была рядом с мужем, разделив с ним не только радости, но и тяжелые испытания.

Книга подготовлена Е.Л.Капицей и П.Е.Рубининым — личным доверенным помощником П.Л.Капицы, снабжена пояснительными статьями и необходимыми комментариями. Рассчитана на самую широкую читательскую аудиторию.

История науки

Т.Буманн-Ларсен.

РУАЛ АМУНДСЕН. Пер. с норвеж. Т.В.Доброницкая и Н.Н.Федорова. М.: Молодая гвардия, 2005. 520 с. (Из сер. «Жизнь замечат. людей».)

Герой книги — фигура исторического масштаба, и пережитый им опыт до сих пор ценен. Выдающийся полярник Руал Амундсен (1872—1928) — единственный, кто побывал на обоих полюсах Земли и совершил кругосветное плавание в водах Ледовитого океана. Он прошел Северным морским путем вдоль берегов Евразии и первым одолел Северо-Западный проход у побережья Северной Америки. Будучи блестящим организатором, Амундсен на пути к Южному полюсу безошибочно выбрал собачью упряжку и уложился в сжатые сроки, благодаря чему участники похода не успели ослабнуть от пережитых трудностей.

Однако на вершине жизненного пути, достигнув поставленных целей, Амундсен ощутил непонимание и почувствовал одиночество... Автор книги показал разбитые судьбы и жизненные драмы, связанные с выбором, сделанным его героем. Под пером норвежского историка вырастает яркий портрет знаменитого полярника, образ которого, сохранив величие, впервые становится близким и понятным. В этом и заключается главная ценность книги, представляющей несомненный интерес как для широкого читателя, так и для профессионала.

Жизнь, похожая на коробку спичек

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

Вторая половина XX в. началась в СССР с «оттепели». Конец сталинской эпохи принес не только свежий ветер политических перемен, но вместе с ними открыл и новые жанры историко-научной литературы, где главным героем стал человек науки, его экзистенциальная и личная жизнь. Физики и лирики вдруг «засмеялись», а научные «открытия» и идеи стали приобретать вполне конкретные в своей исторической и жизненной наполненности имена. Особого качества это направление, конечно, достигло в советском кинематографе, который показал ученого, с одной стороны, как личность высокого духа и напряженного интеллекта, а с другой, как современника, которому ничто не чуждо. Чем была наполнена личная жизнь людей науки мрачных 30-х годов, мы знаем значительно хуже. Наша история как раз и повествует об этом.

Ее начало напоминает чудесную сказку о китайской принцессе, которую рассказывает один из «утомленных солнцем» Никиты Михалкова: далеко-далеко на востоке, в маленьком приграничном городке, жила-была девочка; когда она подросла, ее повезли учиться пению на далекий север — в бывшую столицу Российской Империи (когда-то Петербург, а в то время уже Петроград/Ленинград). Но вместо музыкальной карьеры девочку ждала иная будущность — ее научили экзотическому языку Стра-

ны восходящего солнца — японскому. С тех пор вся ее жизнь была посвящена этой прекрасной в своей необычности и недостижимости стране. Когда девочка выросла и стала преподавать японский язык, переводить тексты и составлять лингвистические словари, ее стали почтительно именовать Мариам (Марианна) Самойловна Цын (1904/05—2002).

Родившаяся в Чите, юная Мэри, как называли ее родные, в начале 1920-х переехала в Петроград/Ленинград при активном участии жены неприменного секретаря АН СССР индолога Сергея Федоровича Ольденбурга (1863—1934), Елены Григорьевны Ольденбург (1875—1955), которая еще многие годы преданно опекала девушку, знакомя с художественной и академической жизнью северной столицы. Некоторое время Мэри даже жила у Ольденбургов на Васильевском острове и общалась со всеми крупнейшими ориенталистами России, что в конечном итоге и предопределило выбор востоковедения как профессии. Она окончила Ленинградский институт живых восточных языков (ЛИЖВЯ) и стала специализироваться по истории и литературе Японии, в чем главную роль сыграл ее научный руководитель и патрон — глава советской японоведческой школы, будущий академик АН СССР Николай Иосифович Конрад (1891—1970), с которым Марианна Цын дружила и сотрудничала всю жизнь. Вместе с ним она участвовала

в создании «Большого японо-русского словаря» и в 1970 г. была удостоена Государственной премии СССР (1970) [1].

Но это было уже «потом». А в 30—40-е годы судьба первых советских японистов оказалась глубоко трагичной. Уникальные, единственные в своем роде специалисты, владевшие редкими языками и страноведческими знаниями, все они участвовали в подготовке кадров советских востоковедов-практиков, большинство из которых находили свое применение в различных органах Коминтерна и разведке. Да и сами японисты, прежде всего как переводчики, были связаны со многими советскими силовыми структурами, что сыграло для них роковую роль во второй половине 1930-х, когда они были вовлече-



Р.Н.Ким в 30-е годы.

© Сорокина М.С., 2006

ны в водоворот сталинских политических репрессий. Так, из 12 человек выпуска ЛИЖВЯ, учившихся вместе с М.С.Цын, впоследствии не были арестованы только трое [2].

Марианна Цын в 30-е годы преподавала японский язык в Московском институте востоковедения и одновременно служила педагогом-переводчиком в НКВД. Ее другом, мужем и учителем стал в эти годы уже известный востоковед, соавтор писателя Бориса Пильняка, — Роман Николаевич Ким (1899—1967), автор публикуемой ниже юмористической драмы «Наказанный негодяй».

Комиксы, развлекательные рисунки с текстами, обыгрывавшие похождения суперменов, любовные треугольники, криминальные истории и приключения, впервые появились в американских газетах в 90-е годы XIX в., но самое яркое воплощение они получили через сорок лет в мультипликации Уолта Диснея. В СССР их считали низкой литературой и отвергали как тлетворное влияние массовой культуры Запада. По этой логике советских литературных энциклопедий любители «низкого» мгновенно превращались в подозрительных носителей буржуазности и потенциальных классовых врагов. Но Роман Ким был своего рода Юлианом Семеновым своего времени и совершенно не боялся подобных обвинений.

«Русский писатель-приключенец», как его называют в Интернете, Ким стал одним из родоначальников советского политического детектива. После Второй мировой войны одна за другой в журналах и отдельными изданиями выходили его повести «Тетрадь, найденная в Сунчоне», «Девушка из Хиросимы», «Агент особого назначения», «Кобра под подушкой» и др., в духе «холодного» времени разоблачавшие подрывные механизмы империалистических разведок и злобные происки врагов мира. В своих произведениях,

события которых разворачивались, как правило, на Дальнем Востоке, Ким настолько точно и детально описывал азиатскую экзотику и деятельность спецслужб, что сразу чувствовалось — автор профессионально знаком и с тем, и с другим.

Действительно, Роман Ким был дальневосточным корейцем, родился во Владивостоке в весьма обеспеченной семье, детство и юность провел в Японии, где учился в Токийском университете Кэйо. После того, как в сентябре 1923 г. он едва не стал жертвой корейского погрома, вернулся в Россию, окончил Дальневосточный университет и в том же году начал преподавать китайский и японский языки в Москве — в Институте востоковедения им.Н.Нариманова, готовившем кадры тех самых новых советских востоковедов, о которых мы писали выше.

Человек огромной эрудиции и тонкого художественного вкуса, Ким дебютировал в художественной литературе в 1927 г., опубликовав 17 глосс-очерков под названием «Ноги к змее» как приложение к книге Бориса Пильняка «Корни японского солнца». Но, конечно, его главным вкладом в отечественную словесность стало открытие для России выдающегося японского писателя Акутагава Рюноске (1892—1927), с которым Ким был хорошо знаком и рассказы которого переводил. «Человеческая жизнь похожа на коробку спичек. Обращаться с ней серьезно — смешно. Обращаться несерьезно — опасно». Этот афоризм знаменитого японца вполне мог бы стать эпиграфом и к необычной жизни Романа Кима.

Как многие его современники на западе и востоке, он увлекался идеями коммунизма, пролетарского интернационализма и всеобщего социального равенства. В такт революционной музыке своего времени Ким писал статьи о японском фашизме и мечтал приблизить мировую революцию. Она, как



М.С.Цын на Лубянке за месяц до свободы. 1943 г.

Рисунок Ёсико Окада.

известно, так и не случилась, а вот молодой востоковед оказался сотрудником Иностранного отдела ГПУ.

Художница Наталья Семпер, в 30-е годы интересовавшаяся японским языком и культурой и вхожая в небольшую московскую общину левых японцев, оставила очень любопытные воспоминания об этой необычной и весьма скрытной среде и среди них краткий, но точный в своей художественной выразительности портрет Р.Кима тех лет: «Военный с «ромбом», сотрудник НКВД, притом оригинальный писатель <...> был всегда подтянут, холоден, вечно занят, так что виделись редко. У него было бледно-желтое интеллигентное лицо, тонкие черты <...> он жил в большой, уютной квартире против библиотеки имени И.С.Тургенева, женат был на внешне-типичной еврейке, поэтому трехлетний сын его имел самую неопределенную внешность» [3].

Ромбы НКВД не спасли Романа Кима: он был арестован 2 апреля 1937 г. Через две недели, 19 апреля, пришли и за его женой.

Все же судьба хранила наших японистов: сталинское «изоли-

ровать, но сохранить» в полной мере относилось к ним — в отличие от других специалистов, их заменить было просто нечем, и огромный дефицит знатоков японского языка в условиях надвигавшейся войны заставил советских руководителей приостановить истребление филологов. Если М.С.Цын как члена семьи изменника Родины отправили на несколько лет в концлагерь в Ухту, то самого Романа Николаевича, осужденного на 20 лет лишения свободы, посадили работать с японскими

текстами сначала в переводческо-спецпропагандистскую «шарашку» в Куйбышеве, а затем и вовсе вернули на Лубянку, где он занимался военными переводами в соседней с Н.И.Конрадом камере [4]. Более того, в 1942 г. Киму удалось доказать начальству потенциальную полезность жены-японистки и ее перевели из лагеря на Лубянку, а затем в 1943 освободили. Самого Кима выпустили только в конце 1945 г., после окончательной победы над японскими милитаристами.

Казалось бы, история завершилась удивительно благополучно для того времени. Однако за happy end ее участники заплатили страшную цену, потеряв сына. После этого они расстались, и жизнь каждого пошла своей самостоятельной дорогой.

Юмористическая драма «Наказанный негодяй», написанная доном Стервадором — Р.Н.Кимом — в середине 30-х годов, публикуется по копии, подаренной мне донной Марианной — М.С.Цын — в 1997 г.

Литература

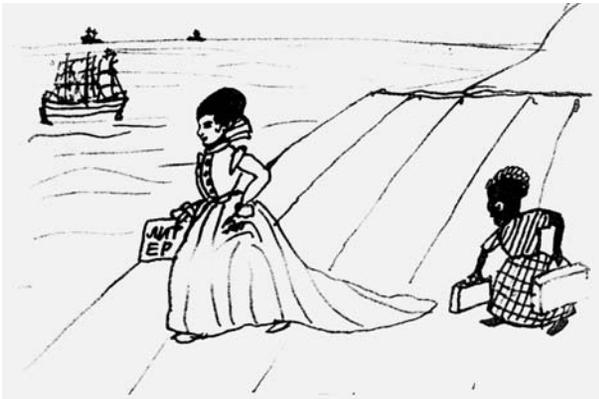
1. Вспоминает Марианна Самойловна Цын // Российские востоковеды: страницы памяти. М., 1998. С.106—116, а также: Конрад Н.И. Неизданные работы. Письма / Сост. М.Ю.Сорокина, А.О.Тамaziшвили. М., 1996.
2. Васильков Я.В., Сорокина М.Ю. Люди и судьбы. Биобиблиографический словарь востоковедов — жертв политического террора в СССР (1917—1991). СПб., 2003.
3. Toronto Slavic Quarterly. 2003. V.10.
4. <http://arcw.comptek.ru/company/uchtarka.html>

НАКАЗАННЫЙ НЕГОДЯЙ ДРАМА ИЗ ЖИЗНИ ИСПАНСКИХ АРИСТОКРАТОВ



ДОН РОМЕО СТЕРВАДОР ОТЧАЯННО ТИРАНИЛ СВОЮ ПРЕКРАСНУЮ СУПРУГУ ДОННУ МАРИАННУ.

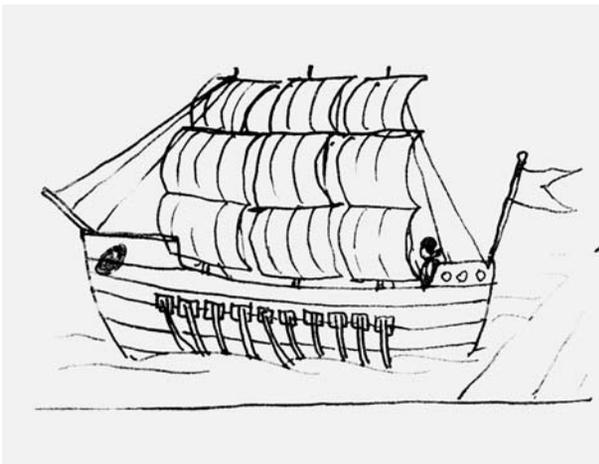




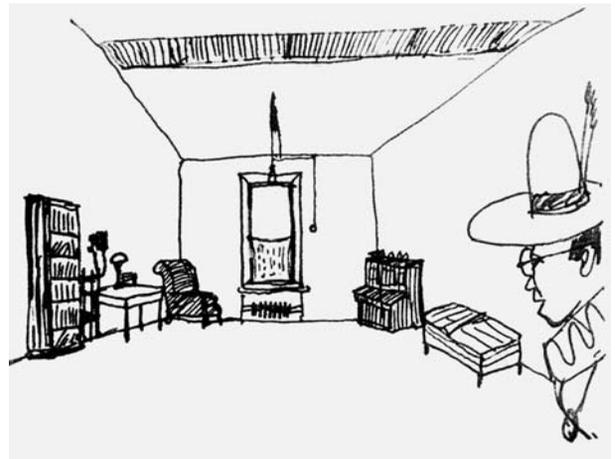
НЕ МОГШИ ВЫНЕСТИ СВОЛОЧНОЙ ХАРАКТЕР ГНУСНОГО ГИДАЛЬГО, ДОННА МАРИАННА РЕШИЛА УЕХАТЬ НА ТРИ ГОДА К СВОЕЙ ПОДРУГЕ — ДОННЕ РИТЕ САН-СТЕФАНО, ВЛАДЕЛИЦЕ ЗАМКА ДЕЛЬ-ТУБИНТО НА ОСТРОВЕ МАДАГАСКАРЕ.



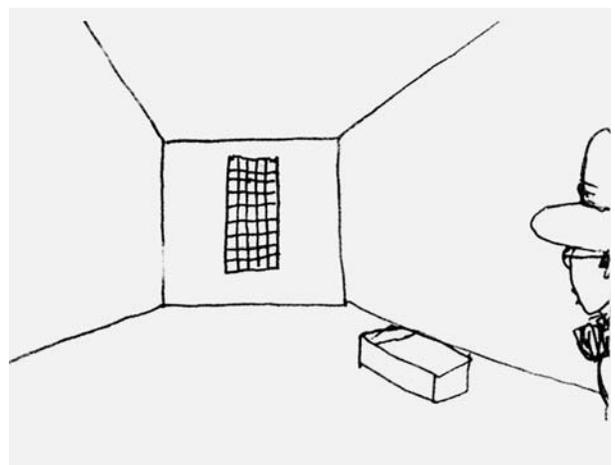
А ДОН РОМЕО В ДЕНЬ ОТЪЕЗДА СВОЕЙ СУПРУГИ ПОЕХАЛ НА ОХОТУ В СВОЕ ПОМЕСТЬЕ КОЛОНИО ДЕ КРИУКОВИО.

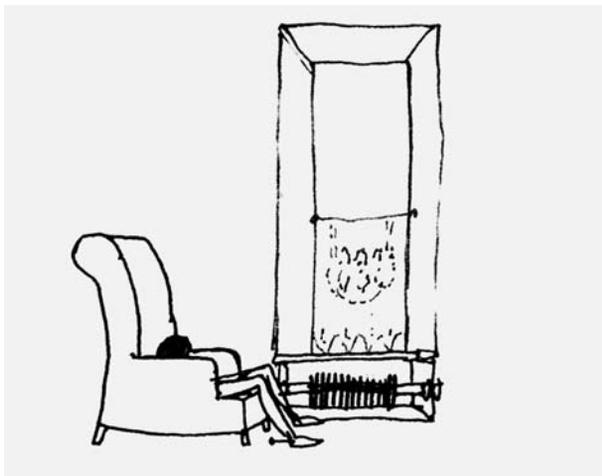


ПРЕДАННАЯ ДОННЕ МАРИАННЕ НЕГРИТЯНКА — РАБЫНЯ ПАРАНЕЛЛА ПРОЛИВАЛА ЧЕРНЫЕ СЛЕЗЫ НА МАДРИДСКОЙ ПРИСТАНИ.



ВЕРНУВШИСЬ С ОХОТЫ, ДОН РОМЕО ВДРУГ ПОЧУВСТВОВАЛ ОТЧАЯННУЮ ТОСКУ. РОСКОШНОЕ ПАЛАЦЦО НА УЛИЦЕ ТВЕРБУЛИОС, В ЦЕНТРЕ МАДРИДА (ОКОЛО ПАМЯТНИКА СЕРВАНТЕСУ), ПОКАЗАЛОСЬ ПУСТЫННЫМ И МРАЧНЫМ.

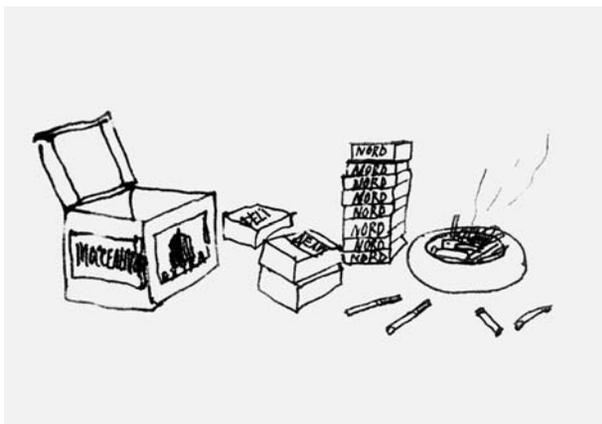




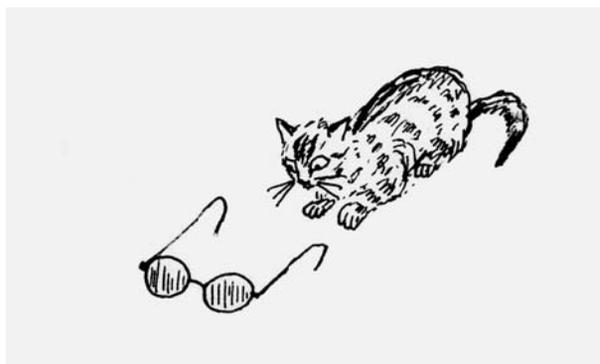
ДОН РОМЕО СТАЛ ДИКО ТОСКОВАТЬ, СИДЯ
В СВОЕМ ЛЮБИМОМ КРЕСЛЕ.



И В ОДИН ПРЕКРАСНЫЙ ДЕНЬ...



ОН СТАЛ ПРИБЕГАТЬ К НАРКОТИКАМ.



А ДОННА МАРИАННА НАСЛАЖДАЛАСЬ
ПРИРОДОЙ МАДАГАСКАРА ПОД ЯРКИМИ
ЛУЧАМИ ЭКВАТОРИАЛЬНОГО СОЛНЦА.
ВСЕ ОФИЦЕРЫ МЕСТНОГО ГАРНИЗОНА
ПЕРЕДРАЛИСЬ НА ДУЭЛИ ИЗ-ЗА НЕЕ.



ВСКОРЕ ОТ ТОСКИ ОН ПОТЕРЯЛ ПОЧТИ ВСЕ
КИЛО.



КОНЕЦ.

Правила для авторов

Журнал «Природа» публикует работы по всем разделам естествознания: результаты оригинальных экспериментальных исследований; проблемные и обзорные статьи; научные сообщения и краткие рефераты наиболее примечательных статей из научных журналов мира; рецензии; персоналии; материалы и документы по истории естественных наук. Поскольку статьи адресуются неспециалистам, желающим знать, что происходит в смежных областях науки, суть проблемы необходимо излагать ясно и просто, избегая узкопрофессиональных терминов и математически сложных выражений. Авторами могут быть специалисты, работающие в том направлении, тема которого раскрывается в статье. Без предварительной апробации научным сообществом статьи не принимаются, а принятые к публикации в «Природе» рецензируют-

ся и проходят редакционную подготовку.

Допустимый объем статьи — до 30 тыс. знаков (с пробелами). В редакцию статьи можно прислать по электронной почте прикрепленными файлами или на любом из следующих носителей: компакт-дисках CD-R или CD-RW; дисках DVD+R или DVD+RW; дисках Zip 100 Mb; на устройствах, поддерживающих USB. Для сжатых файлов необходимо представить свой архиватор. Самораспаковывающиеся архивированные файлы не принимаются.

Текст статьи, внутри которого библиографические ссылки нумеруются по мере цитирования, аннотация (на русском и английском языках), таблицы, список литературы и подписи к иллюстрациям оформляются одним файлом в формате MS с расширением doc, txt или rtf. Иллюстрации присылаются отдельными файлами. Если пере-

сылаемый материал велик по объему, следует архивировать его в формат ZIP или RAR.

Принимаются растровые изображения в форматах: EPS или TIFF — без LZW-компрессии. Цветные и полутоновые изображения должны иметь разрешение не ниже 300 dpi, черно-белые (B/W, Bitmap) — не менее 800 dpi. Принимаются векторные изображения в формате COREL DRAW CDR (версии 9.0—11.0) и Adobe Illustrator EPS (версий 5.0—8.0).

Редакция высылает автору статью для согласования только в виде корректуры. Все авторские исправления необходимо выделять цветом, курсивом, полужирным шрифтом и т.д. и не трогать формулы и специальные символы (греческие буквы, математические знаки и т.п.), в которых ошибки не допущены.

Поступление статьи в редакцию подтверждает полное согласие автора с правилами журнала.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

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

Литературный редактор
С.В.ЧУДОВ

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

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

Графика, верстка:
А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

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

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

Подписано в печать 15.03.2006
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 1213
Набрано и сверстано в редакции

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