

ПРИРОДА

9 02



В НОМЕРЕ:**3 Бородин П.М., Рогачева М.Б., Ода С.-И.****Домовая землеройка на пути к видообразованию**

Видообразование идет ежеминутно, всегда и везде, иногда обратимо, а иногда и нет, только мы не замечаем его, пока рука времени не отметит истекших веков.

13 Никонов А.А.**Крымские землетрясения 1927 года: неизвестные явления на море**

Извлеченные из забытых источников и «организованные» во времени и пространстве сведения о «кипении» моря, понижении его температуры, огненных столбах и завесах позволяют лучше понять ход крымских землетрясений.

21 Чесноков Н.И.**Ондатра: мифы и загадки вселения**

При вселении в нашей стране этого зверька всплеск численности сменялся резким падением, пока чужеземный вид не стал полноправным членом новых биоценозов.

Калейдоскоп**26**

Японские премии ученым (26). Космические планы Западной Европы (26). Экспериментальные исследования аэрозолей (27). Ежегодное пари на руку климатологам (27). Генеральная уборка Антарктиды (28). Не шутите с вулканом! (28). Будущий метеоспутник Венеры (68). Марсолеты готовятся в путь (68). «База смертности» (69). Военные губят китов (69). Античный Рим как живой город (69). Скандалы японской археологии (70). Опять фальшивка? (70).

29 Александровская Е.И., Панова Т.Д.**Экологическая ситуация и здоровье людей средневековой Москвы****33 Бебия С.М.****Сухумский субтропический дендропарк**

В 1988 г. VIII съезд Всесоюзного ботанического общества и Отделение общей биологии АН СССР обратились к правительству Грузинской ССР с просьбой вернуть Сухумскому ботаническому саду дендропарк, отнятый Лаврентием Берией 43 года назад.

Вести из экспедиций**42 Гладышев А.И.****Путешествие по уснувшей реке****51 Журавлев А.Ю.****Количественная палеонтология: кривое разнообразие**

Периоды роста разнообразия животных со времени их возникновения на Земле несколько раз сменялись массовыми вымираниями. И причины этого — чисто биотические, а не те фантазии, которые приходят в головы людей, не знакомых с количественной палеонтологией.

57 Алёшкина Е.Ю.**Лазерная локация Луны**

Тридцать лет продолжается уникальный космический эксперимент. Все более точная информация об относительном движении Луны и Земли позволяет отвечать на вопросы не только селено- и геофизические, но и космологические.

Научные сообщения**67 Басов И.А.****Аккреционная призма как модель горообразования (190-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»)****71 Тишкин А.А., Горбунов В.В.****Средневековые войны Алтая**

Современные сведения о том, как были вооружены войны народов, обитавших на территории Алтая в III—XIV вв., помогают оценить острые политические коллизии, которыми была богата Азия и которые наложили печать на историческое развитие Европы.

Новости науки**79**

Возвращение на Луну (79). «Кассини» и «Гюйгенс» полетят к Сатурну (79). Рентгеновские вспышки и гамма-всплески (80). Сколько астероидов угрожает Земле? (80). «Летающая тарелка» в созвездии Змееносца (81). «Полосатые» квантовые нанопроволоки (81). Полимеры из фуллеренов C₂₀ (82). Прочнее титана только наноструктурный титан (82). Углеродные нанотрубки в борьбе с диоксидами (82). Томография антарктической коры и мантии (83). Горячие точки Канарского региона (83). Статистика катастрофических извержений (83). Этна — «испытательный полигон» (84). Пульсирующие ледники (85). Климатологический прогноз совершенствуется (86). Ураганы, тайфуны, циклоны... (86). Наука в бюджете США на 2002 год (87).

Коротко (12, 20, 78)

Рецензии**88 Абелев Г.И.****Выдающийся ученый и гражданин****Новые книги****90****Встречи с забытым****92 Зеленин К.Н., Ноздрачев А.Д., Поляков Е.Л.****Взрывчатый порошок Нобеля**

CONTENTS:

- 3 Borodin P.M., Rogatcheva M.B., and Oda S.-I.**

The House Musk Shrew on Its Way to Speciation

Speciation occurs all the time and everywhere, sometimes reversibly and sometimes not so, but we do not notice it until the band of time marks the centuries that have passed.

- 13 Nikonov A.A.**

The Crimean Earthquakes of 1927: Unknown Phenomena at Sea

Extracted from forgotten sources and organized in time and space, the information on the «boiling» of the sea, its decreased temperature, and columns and screens of fire has led to a better understanding of how the Crimean earthquakes developed.

- 21 Chesnokov N.I.**

The Muskrat: Myths and Enigmas of Its Introduction

After this animal was introduced to our country, its population explosion had been followed by a sudden decline until that alien species finally became a full-fledged member of its new communities.

Kaleidoscope

- 26**

Japanese Prizes to Scientists (26). Space Plans in Western Europe (26). Experimental Studies of Aerosols (27). The Annual Wager Plays into the Hands of Climatologists (27). A Major Cleanup of Antarctica (28). Do not Play with a Volcano! (28). A Future Meteorological Satellite of Venus (68). A Mission to Mars in Preparation (68). The Base of Mortality (69). The Military Killing Whales (69). Ancient Rome as a Living City (69). Scandals in Japanese Archaeology (70). A Fake Again? (70).

- 29 Aleksandrovskaya E.I. and Panova T.D.**

The Environmental Situation and Public Health in Medieval Moscow

- 33 Bebiya S.M.**

The Sukhumi Subtropical Dendropark

In 1988, the VIIIth Congress of the All-Union Botanical Society and the General Biology Department of the USSR Academy of Sciences requested the Georgian Government that the Sukhumi Botanical Gardens regain possession of the dendropark that had been taken away by Lavrenty Beria 43 years earlier.

News from Expeditions

- 42 Gladyshev A.I.**

Journey along a Sleepy River

- 51 Zhuravlev A.Yu.**

Quantitative Paleontology: Diversity Curve

Periods of increased diversity of animals have given way to mass extinctions several times. This was due to purely biotic factors, which have nothing in common with the speculative ideas that occur to those unfamiliar with quantitative paleontology.

- 57 Aleshkina E.Yu.**

Lunar Laser Ranging

This unique space experiment has continued for 30 years. The increasingly accurate information on the relative motion of the Moon and Earth aids in elucidating not only seleno- and geophysical but also cosmological problems.

Scientific Communications

- 67 Basov I.A.**

Accretionary Prism as a Model of Mountain Building

(190th Cruise of the JOIDES Resolution)

- 71 Tishkin A.A. and Gorbunov V.V.**

Medieval Warriors of the Altai

The modern information on how the warriors of the peoples that inhabited the Altai region in the 3d to 14th centuries provides valuable insights into the fierce political conflicts that were plentiful in Asia, leaving their imprint on the historical evolution of Europe.

Science News

- 79**

Return to the Moon (79). *Cassini* and *Huygens* Will Fly to Saturn (79). X-Ray Flares and Gamma-Ray Bursts (80). How Many Asteroids Threaten the Earth? (80). A Flying Source in the Constellation Ophiuchus (81). Banded Quantum Nanowires (81). Polymers Composed of C₂₀ Fullerenes (82). Nothing Can Surpass Titanium in Strength except for Nanostructural Titanium (82). Carbon Nanotubes in the Fight against Dioxides (82). Tomography of the Antarctic Crust and Mantle (83). Hotspots of the Canary Region (83). The Statistics of Catastrophic Eruptions (83). Etna: A Testing Ground (84). Pulsating Glaciers (85). Climate Prediction Improves (86). Hurricanes, Typhoons, Cyclones... (86). Science in the 2002 US Budget (87).
In Brief (12, 20, 78)

Book Reviews

- 88 Abelev G.I.**

Outstanding Scientist and Citizen

New Books

- 90**

Encounters with the Forgotten

- 92 Zelenin K.N., Nozdrachev A.D., and Polyakov E.L.**

Nobel's Explosive Powder

Домовая землеройка на пути к видообразованию

П.М.Бородин, М.Б.Рогачева, С.-И.Ода

Дебаты о видообразовании

Трудно найти двух биологов, имеющих одинаковые взгляды на видообразование. В определенной мере эти разногласия обусловлены нечеткостью определений. Довольно часто смешивают две проблемы — возникновение новых форм и образование видов. В пределах одного вида может существовать множество форм, а разные виды часто морфологически неразличимы. В строгом смысле под видообразованием следует понимать разделение единого предкового вида на два или более новых, которые могут отличаться друг от друга и от общего предка, а могут и не отличаться [1].

Вопрос о том, что считать видом, а что разновидностью, не так прост, как кажется на первый взгляд. Дарвин рассматривал вид «как произвольный термин, присвоенный ради удобства для обозначения близко сходных между собою особей и не отличающийся в основном от термина «разновидность», которым обозначают менее отчетливые и более флюктуирующие формы. С другой стороны, термин «разновидность» по сравнению с простыми индиви-



Павел Михайлович Бородин, доктор биологических наук, заведующий лабораторией рекомбинационного и сегрегационного анализа Института цитологии и генетики Сибирского отделения РАН, профессор кафедры цитологии и генетики Новосибирского государственного университета. Занимается проблемами эволюционной генетики, генетики мейоза.



Маргарита Борисовна Рогачева, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории цитогенетики животных того же университета. Область научных интересов — сравнительная геномика.



Сен-Ичи Ода, руководитель Лаборатории разведения животных Нагойского университета (Япония). Область научных интересов — генетика животных.

© П.М.Бородин, М.Б.Рогачева, С.-И.Ода

дуальными различиями также применяется произвольно, ради удобства» [2].

Сейчас большинство исследователей сходятся во мнении, что вид не произвольный термин, а биологическая реальность, замкнутая генетическая система. Особи одного вида скрещиваются друг с другом и дают плодовитое потомство, представители же разных видов не скрещиваются вовсе, а если и скрещиваются, то потомства не дают, а если и дают, то потомство это бесплодно.

В такой трактовке проблема видообразования сводится к репродуктивной изоляции. Как и почему популяции одного вида перестают обмениваться генами и становятся видами? По этим вопросам идут бурные дискуссии. Одни считают видообразование прямым следствием естественного отбора и адаптации разных популяций одного вида к иным условиям существования. Другие полагают, что отбор тут ни при чем, и если две популяции долго географически изолированы друг от друга и «не сверяют» свои генофонды на совместимость, в конечном счете становятся генетически несовместимыми, даже если и живут в одинаковых условиях. Что касается механизмов, то многие до сих пор уверены, что в формировании репродуктивной изоляции между нарождающимися видами ключевую

роль играют хромосомные перестройки. Однако такая точка зрения в последнее время встречает все больше возражений. Не стихают дебаты и по поводу темпов видообразования.

Беда в том, что проблему видообразования обычно обсуждают в общем виде. Но то, что верно для бесполовых организмов, то неверно для размножающихся половым путем; что справедливо для растений, несправедливо для животных, т.е. что для мыши хорошо, то для мухи — смерть. Похоже, что в общем виде этот вопрос не только не имеет решения, но и теряет смысл. Поэтому не пускаясь в общие рассуждения о происхождении видов, мы расскажем о том, как сейчас образуются виды и что при этом происходит.

Естественная история домовый землеройки

Речь пойдет о домовый мускусной землеройке *Suncus murinus*. Она принадлежит к семейству насекомоядных млекопитающих и называется домовый, потому что обычно живет в домах человека или по соседству, а мускусной — потому, что уж очень скверно пахнет из-за выделяемого мускуса. Область ее распространения огромна: вся Южная Азия — от Аравии до Японии — и многие острова Океании. Такое широкое рассе-

ление обусловлено тем, что эта землеройка уже давно (одновременно с мышью и гораздо раньше крысы) стала домовый и последние десятки тысяч лет своей истории следовала за человеком. Где бы он ни поселялся, вскоре по соседству с ним появлялась домовый землеройка. Ее местные популяции сильно отличаются друг от друга по размеру тела, внешнему виду и по набору генетических и хромосомных маркеров. Например, бангладешские землеройки втрое больше японских. Окраска меха варьирует от популяции к популяции — от нежно-кремовой до почти черной, а различия в составе ДНК достигают подвидового ранга. Вопрос в том, что никто не знает, что такое подвид и чем он отличается от разновидности или географической расы, с одной стороны, и от вида — с другой.

Однако вернемся к мускусной землеройке и попытаемся понять, что собой представляют ее локальные подвиды (разновидности, географические расы) и можем ли мы их называть разными видами.

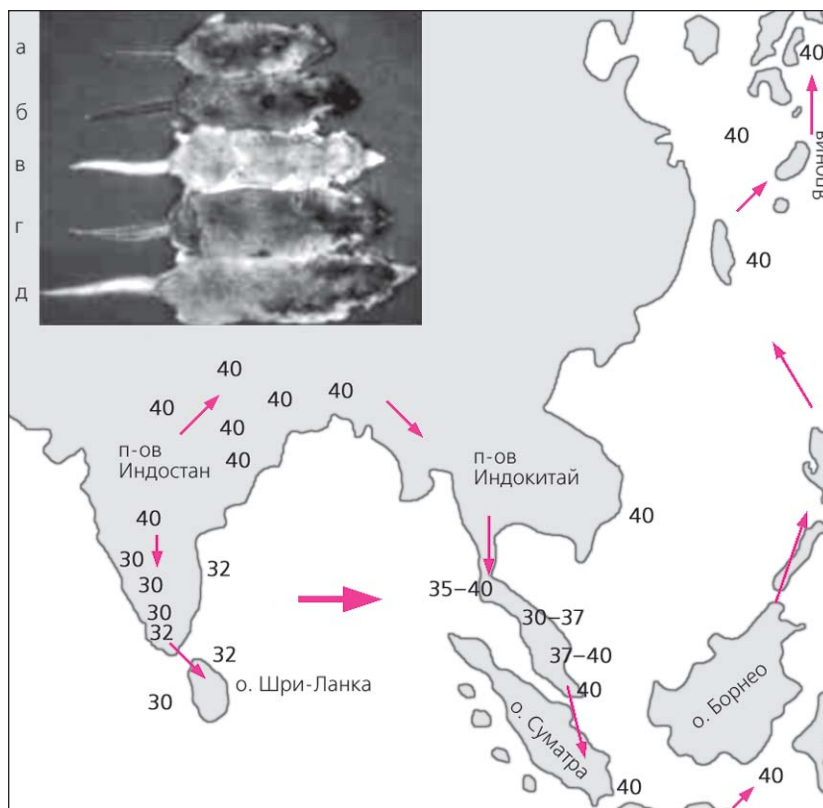
Принято считать, что различия в хромосомных наборах (кариотипах) служат надежным диагностическим признаком видов: у представителей одного вида кариотипы одинаковые, а у разных — различны. Так, все люди имеют 23 пары хромосом, а шимпанзе — 24. Мы не говорим, что только этим мы отличаемся, в данном случае число хромосом — самый объективный диагностический признак. Так вот по этому признаку разновидности мускусной землеройки отличаются друг от друга больше, чем человек от шимпанзе: животные, обитающие на юге Индостана и на о.Шри-Ланка, имеют в кариотипе 15 пар хромосом, а все остальные землеройки от Аравии до островов Океании — 20 пар.

С анализа этих различий и началась наша работа. Мы подробно описали стандартный кариотип мускусной землерой-



Домовый мускусной землеройка с потомством.

ки, для чего использовали представителей 40-хромосомной разновидности — потомков землероек, пойманных в Катманду, столице Непала. Мы научились узнавать каждую хромосому в лицо по характеру распределения в ней светлых и темных полос. Затем проанализировали кариотип землероек 30-хромосомной разновидности — с о.Шри-Ланка [3]. Оказалось, что число хромосом уменьшилось потому, что пять пар хромосом типичной разновидности слились друг с другом: 8-я — с 16-й, 9-я с 13-й и т.д. Кариотипы этих разновидностей отличались не только слияниями. В хромосомах 7 и X у шриланкийских землероек имелись добавочные темные полосы, которых не было в соответствующих хромосомах типичной разновидности. Шриланкийская Y-хромосома была совсем не похожа на стандартную Y-хромосому.



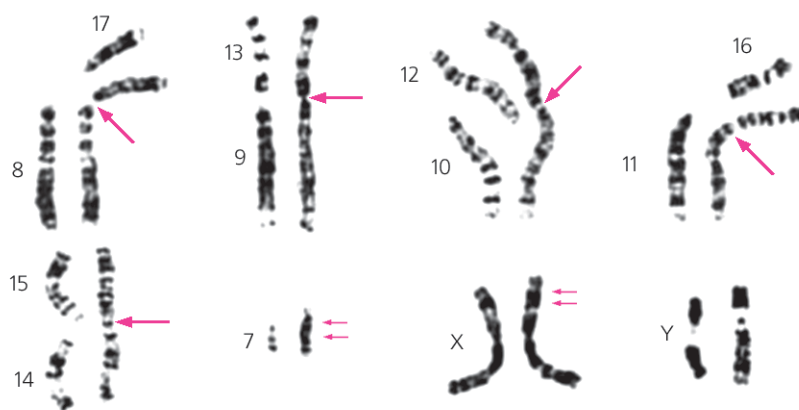
Гибриды землероек

Итак, хромосомы непальских землероек отличаются от шриланкийских больше, чем хромосомы шимпанзе и человека. Можно ли на этом основании считать их разными видами? Пока подождем. Сначала проверим, скрещиваются ли они друг с другом, и если да, будет ли их потомство плодовитым.

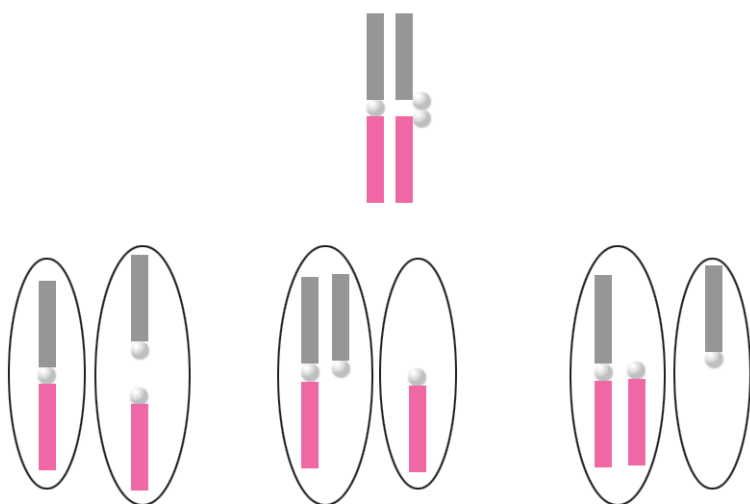
Оказалось, что разновидности скрещиваются и дают потомство. Пока оно подрастает, подумаем, каковы шансы для плодовитости потомства от родителей со столь разными кариотипами.

Понятно, что плодовитые потомки должны иметь полноценные половые клетки. В ходе их формирования каждая отцовская хромосома находит парную ей (гомологичную) материнскую, спаривается с ней, обменивается участками и затем расходится к разным полюсам деления клетки. Задача не из легких и в нормальном кариотипе, а уж тем более в гибридном.

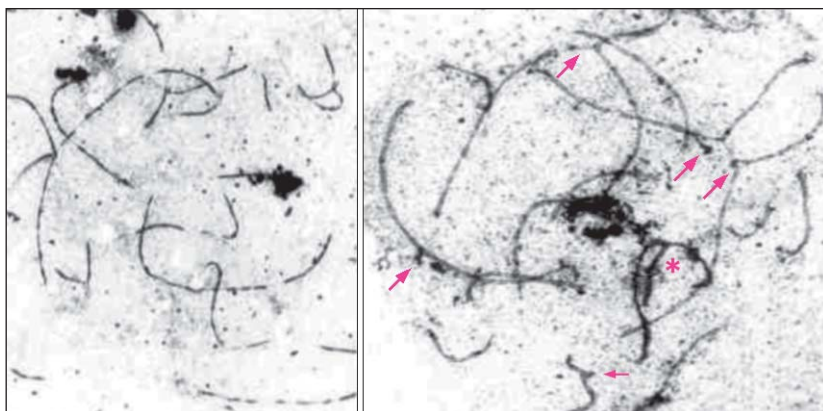
Фенотипическое и хромосомное разнообразие землероек в пределах ареала вида. Числами обозначено количество хромосом в кариотипе; буквами — фенотипы популяций в Бангладеш (а), Катманду (б), на о.Шри-Ланка (в), в Нагасаки (г) и на о.Окинава (д); стрелками указаны предполагаемые пути расселения вида.



Хромосомные различия между землеройками из Непала (слева в каждой группе) и с о.Шри-Ланка. Числами обозначены номера хромосом, большими стрелками показаны места слияний хромосом, маленькими — вставки сегментов.



Спаривание и расхождение хромосом у гетерозигот по хромосомным слияниям. Две трети гамет оказываются несбалансированными по числу хромосом.



Электронная микрофотография спаривания хромосом у стерильных (слева) и фертильных гибридов от скрещивания землероек.

У стерильного гибрида большинство хромосом не образуют пар, у фертильного же все спарены. Гетерозиготы по слияниям объединяются в тройки (показаны большими стрелками), гетерозигота по вставке образует пару с небольшой петлей (маленькая стрелка), остальные хромосомы, включая и половые (обозначены звездочкой) спарены.

Шриланкийская хромосома 7 отличается от парной ей у непальских землероек по присутствию добавочной полосы. Такие же различия между их X-хромосомами. Не мешает ли это им найти и опознать друг друга? У самцов еще более сложная задача. При образовании

сперматозоидов должны спариться хромосомы X и Y. Они и у родительских форм различны, но все же могут опознавать друг друга, а в гибридной клетке и вовсе X-хромосома не та, а Y-хромосома изменена до неузнаваемости. У непальских землероек хромосома 9 должна найти

хромосому 9, а хромосома 13 — хромосому 13; у Шриланкийских же хромосома 9.13 спаривается с хромосомой 9.13. А у гибридов хромосома 9 должна найти гомологичный ей участок в составе хромосомы 9.13, и то же самое и одновременно должна проделать хромосома 13. Не слишком ли много мы хотим от хромосом? Ведь они, как саперы, ошибаются один раз: если хромосома не найдет свою пару или запоздает с поисками, то клетка с высокой вероятностью погибнет.

Но даже если все хромосомы спарятся правильно, это еще полдела. Им еще нужно разойтись к полюсам делящейся клетки. В норме одна из каждой пары уходит к одному полюсу, а другая — к другому. А если их не пара, а тройка (как в случае слитых хромосом), тогда есть три варианта расхождения хромосом, из которых только один ведет к образованию полноценных половых клеток. В единственном благополучном варианте каждая из дочерних клеток получает генетический материал хромосом 9 и 13. В двух других одна из клеток получит двойную дозу генов хромосомы 9 или 13, а в другой их не будет вовсе. При оплодотворении такие генетически несбалансированные половые клетки дают начало нежизнеспособным зародышам. С какой частотой? Если все варианты расхождения хромосом равновероятны, то для каждой тройки частота возникновения сбалансированных половых клеток составляет 1:3. У наших гибридов таких троек должно быть 5, следовательно, вероятность образования полноценной половой клетки равна произведению вероятностей правильного расхождения для каждой тройки $(1:3)^5 \approx 0.0041$ [5]. Иными словами, только одна из 243 половых клеток даст начало полноценному потомку. Но мы рассматривали только проблемы в расхождении слитых хромосом, забыв о парах 7 и XY. Если мы вспомним еще и о них,

нам, похоже, придется оставить все надежды на то, что мы получим хоть что-то жизнеспособное от наших гибридных потомков.

Но вот гибридные потомки подросли, их скрестили, кого друг с другом, кого с родительскими разновидностями, и вопреки всем теоретическим расчетам, многие гибриды оказались плодовитыми. Не все, но многие. Но все же не все.

Среди гибридов первого поколения некоторые самцы были бесплодны. Мы обнаружили, что их семенники и семенниками назвать трудно. Были они ничтожного размера, и половые клетки в них, если и начинали образовываться, тут же и погибали. Парным хромосомам не удавалось найти друг друга, причем не только тем, которые отличались у родительских разновидностей, но и сходным. А у фертильных гибридов против теоретических ожиданий все было в порядке. Хромосомы верно опознавали друг друга, спаривались: нормальные образовывали пары, слитые — тройки, короткая хромосома 7 от непальского родителя соединялась с длинной шриланкийской хромосомой 7, и даже X с Y легко находили друг друга. А потом все они благополучно расходились, как положено, к полюсам, формируя жизнеспособные и генетически сбалансированные гаметы. Средняя плодовитость этих гибридов была примерно такой же, как и у их шриланкийских родителей [4].

Но почему же некоторые самцы-гибриды были стерильными? Может быть, из-за направления скрещиваний: если отец из Непала, а мать со Шри-Ланки — сын стерилен, а если наоборот — фертилен? Нет, стерильные сыновья появлялись в обоих вариантах. В чем же тогда дело?

Мы скрестили гибридов первого поколения друг с другом и с особями родительских разновидностей. И опять, как и в предыдущем случае, в потом-

стве обнаружили и фертильных, и стерильных самцов с микроскопическими семенниками. Поскольку здесь потомство было генетически разнообразнее, мы смогли проанализировать относительный вклад хромосомных различий в стерильность и обнаружили, что такового нет вовсе.

Ни тип, ни количество хромосом, различающих родительские формы, не играли роли. Среди фертильных самцов были такие, у которых все маркерные хромосомы, присутствовавшие в гетерозиготном состоянии, были разного происхождения. В то же время среди стерильных самцов попадались хромосомные гомозиготы, имеющие все маркерные хромосомы, полученные от одной родительской разновидности. Детальный генетический анализ показал, что их гибридная стерильность обусловлена мутацией единственного гена и не имеет никакого отношения к кариотипической дивергенции родительских форм [5]. Да если чуть-чуть подумать, то и не должна иметь.

Представим, как шриланкийские землеройки (15 пар хромосом) могли произойти от типичной предковой формы (20 пар хромосом). У первой же землеройки, решившейся на такой шаг, возникли бы проблемы с плодовитостью. Следовательно, шансы на то, что смелый экспериментатор оставит потомство и передаст ему слитые хромосомы, невысоки. Они тем ниже, чем больше хромосом вступило в слияния. Тем не менее перестройки возникли, передались потомству и даже заместили у шриланкийских землероек нормальные предковые хромосомы. Значит, они и в момент своего появления не вызывали стерильности их носителей. Тогда почему перестройки должны вызывать ее сейчас?

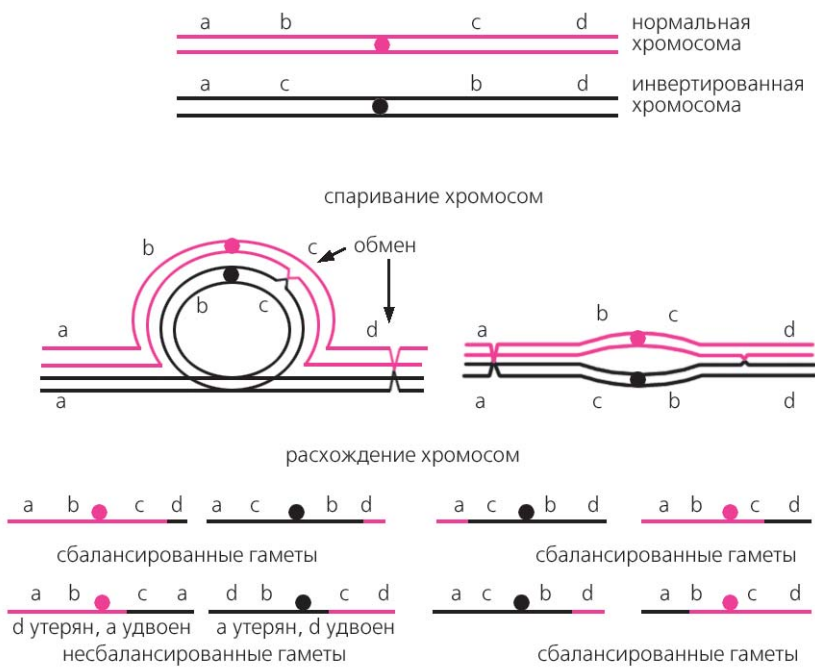
Нет ли в нашем рассуждении порочного круга? Действительно, мы сначала показали, что гетерозиготность по хромосомам не вызывает стерильности у ги-

бридов, а потом перенесли вывод в прошлое, на момент возникновения перестроек. Порочного круга здесь нет. Если даже при нынешнем уровне хромосомной дивергенции между двумя географическими разновидностями мы не наблюдаем гибридной стерильности, отчего бы ей быть раньше, когда дивергенция только начиналась. Порочного круга нет, но есть две очень интересные проблемы.

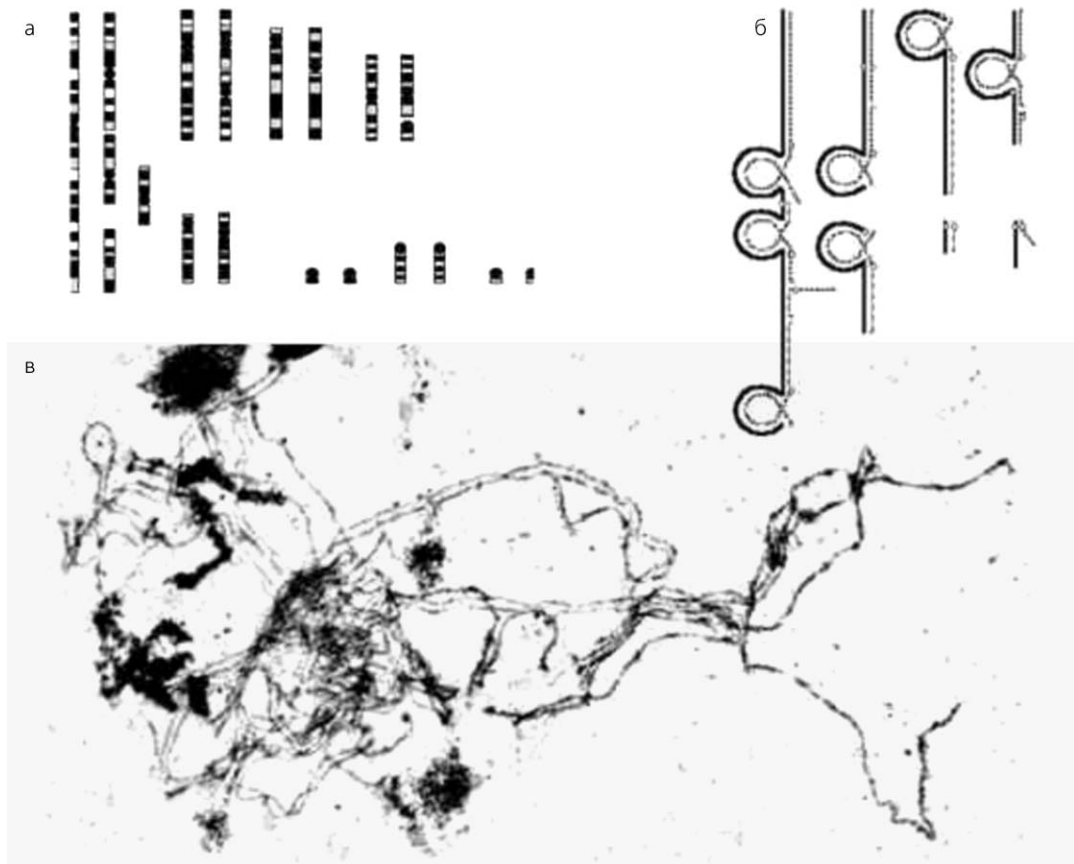
Толерантность к хромосомным перестройкам

Проблема номер один. Как и почему у гетерозигот по хромосомным перестройкам хромосомы умудряются найти друг друга, спариться и нормально разойтись вопреки всем теоретически верным ожиданиям? Почему вместо 0.4% нормальных гамет наши гетерозиготы по пяти хромосомным слияниям производили их практически 100%? В чем здесь ошибка — в теории? Нет, теория верная и подтверждается практикой у многих видов растений и животных. Например, у человека гетерозиготность по хромосомным слияниям наблюдается крайне редко и, как правило, ведет к репродуктивным нарушениям или рождению потомков с несбалансированным кариотипом. Понятно, что именно поэтому они и встречаются редко — быстро отметаются естественным отбором. Но есть довольно много видов млекопитающих, в популяциях которых хромосомные слияния происходят часто. И у них такая гетерозиготность по слияниям не снижает плодовитость. Значит, сами механизмы спаривания и расхождения хромосом у этих видов иные: они толерантны (понимайте это слово, как хотите — терпимы или устойчивы) к самым разным хромосомным перестройкам.

Особенно интересно, когда по этой толерантности различа-



Спаривание и расхождение хромосом у гетерозигот по инверсиям. Если нормальная и инвертированная хромосома спариваются точно по всей длине, то образуется инверсионная петля (слева). Обмены в пределах петли ведут к образованию несбалансированных гамет, несущих хромосомы с утерей одних районов и удвоением других. Если же хромосомы не спарены в пределах инверсии (справа), то обменов там не происходит, и все гаметы получаются сбалансированными.



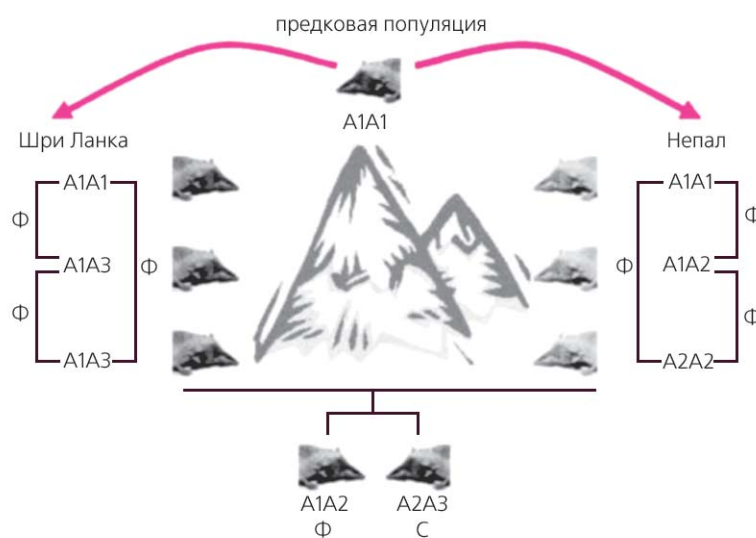
Спаривание хромосом у стерильного гибрида, полученного от скрещивания *Akodon cursor* и *A. montensis*. Кариотипы этих двух видов различаются по нескольким слияниям и инверсиям хромосом (а). Теоретически при спаривании хромосом у гибридов должны получаться множественные конфигурации с инверсионными петлями (б). Фактически же хромосомы безнадежно перепутываются (в).

ются два близких вида. Один из нас некоторое время работал в Бразилии с гибридами от двух видов местных грызунов. В популяциях вида *Akodon cursor*, у которого множество хромосомных перестроек (и никто от этого не страдает), мы обнаружили не только слияния, но и инверсии.

Инверсиями называются такие хромосомные перестройки, при которых участок хромосомы переворачивается на 180°. Как вы помните, для образования половых клеток парные хромосомы должны сначала спариться, а затем разойтись в разные гаметы. Нормальная хромосома может спариться с инвертированной, извернувшись в петлю, что само по себе достаточно сложно. Но на этом трудности не кончаются. Обмены участками гомологичных хромосом за пределами инверсионной петли вполне безвредны и даже полезны, но когда они возникают в петле, то одни участки удваиваются (дупликация), а других участков не хватает (делеция). Как правило, половые клетки, несущие дубликации и делеции, нежизнеспособны.

Так все происходит у видов, незнакомых с инверсиями (у человека, например). Но *A.cursor* с инверсиями хорошо знаком. У него гетерозиготы по инверсиям производят нормальные гаметы, нарушая всего одно теоретическое правило. Они спаривают гомологичные хромосомы не точно, а приблизительно: гомологично за пределами инверсий, и негомологично внутри них. Инверсионные петли не образуются, обменов внутри них нет, делеции и дубликации не возникают.

Итак, у *A.cursor* гетерозиготы и по слияниям хромосом, и по хромосомным инверсиям чувствуют себя прекрасно и успешно размножаются. Их хромосомы нормально спариваются и правильно расходятся. Рядом с *A.cursor*, иногда и вместе с ним, обитает другой вид, *A.montensis* — абсолютно моно-



Предполагаемый сценарий возникновения гибридной стерильности у землероек. Все особи предковой популяции были гомозиготны по гену A1. Затем эта популяция разделилась на две изолированные, и в одной из них ген A1 мутировал в A2, в другой — в A3. Гетерозиготы A1A2 и A1A3 были фертильны (Ф), а гибриды A2A3 оказались стерильными (С).

морфный. У сотен исследованных особей этого вида мы не нашли ни одной перестройки. Что же происходит с хромосомами у гибрида? Они стараются спариться точно и в результате безнадежно перепутываются. Ни о каком правильном расхождении мечтать не приходится. Почему? Пока можно лишь предполагать. *A.cursor* постоянно живет с перестройками, его хромосомный аппарат «привык» с ними обращаться. Для *A.montensis* любая перестройка — чрезвычайное событие, его хромосомный аппарат «не знает», что с ними делать. Гибрид от этих видов гетерозиготен не только по перестройкам, но и по генам, контролирующим работу хромосомного аппарата. В чем заключаются эти различия в хромосомном аппарате, как и почему одни виды толерантны к перестройкам, а другие нет — это крайне интересный вопрос, на который пока нет ответа. Более того, большинство цитогенетиков даже не видят этого вопроса. Можно только сказать, что у гибрида

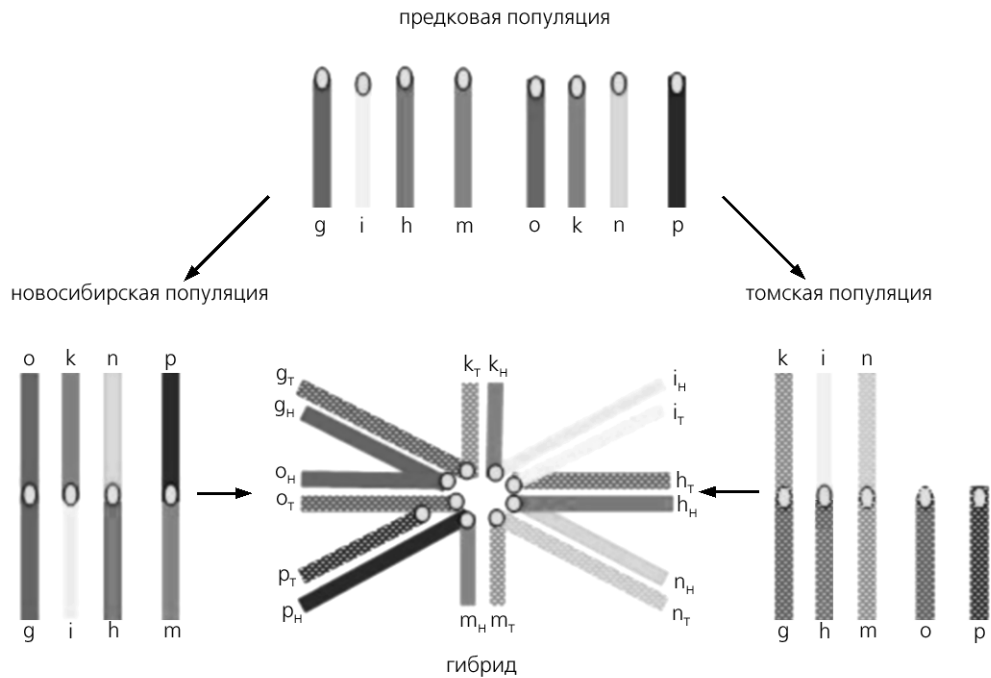
«знание» *A.cursor* встречается с «незнанием» *A.montensis*, и результат этой встречи оказывается плачевным. Гибриды от скрещивания этих двух видов полностью и безнадежно бесплодны.

Вывод один: если хромосомная перестройка стерилизует носителя, у нее нет шанса сохраниться в популяции, а если не стерилизует — она не может служить изолирующим механизмом, необходимым для видообразования. Отсюда вытекает проблема номер два.

Сценарий видообразования

Те же самые претензии, которые мы только что предъявили хромосомной стерильности, могут быть предъявлены генетической стерильности. Если генная мутация вызывает стерильность у гетерозигот, то как она может сохраниться и зафиксироваться в одной из популяций?

Ответ на этот вопрос был дан давно — в работах классиков эволюционной генетики Г.Мёл-



Эволюция хромосом обыкновенной бурсозубки. Хромосомы предковой популяции сливались друг с другом в разных комбинациях, в результате в кариотипах новосибирской и томской популяций возникли сильные различия. У гибридов от скрещивания особей из этих популяций при спаривании хромосом образуется очень сложная конфигурация. Латинскими буквами обозначены хромосомы, в гибриде индекс при латинской букве указывает на принадлежность хромосомы к томскому (т) или новосибирскому (н) кариотипу.

лера и Ф.Добжанского. Они показали, что если две популяции оказываются на долгое время географически изолированы друг от друга и не «сверяют» свои генофонды на совместимость, в конечном счете они могут стать генетически несовместимыми. В применении к нашим землеройкам можно предложить следующий сценарий.

Давным-давно где-то на севере Индостана существовала предковая популяция, в которой все особи были гомозиготны по гену A1, обеспечивающему правильное спаривание хромосом. Затем эта популяция разделилась на две изолированные — одна обосновалась на о.Шри-Ланка, а другая в Непале. В непальской популяции ген A1 мутировал в A2, а на о.Шри-Ланка — в A3. Гетерозиготы A1A2 (в Непале) и A1A3 (на о.Шри-Ланка) были плодовиты. При таких условиях мутантные аллели

могли сохраниться в изолированных популяциях или даже зафиксироваться в них, заместив нормальные гены. Два аллеля A2 и A3, которые никогда раньше не встречались и не «проверялись» на совместимость, вполне могут (хотя и не обязательно) вызывать стерильность в гетерозиготе.

Эта гипотеза вполне удовлетворительно и непротиворечиво объясняет, почему среди гибридов от скрещивания непальских и шриланкийских землероек обнаружены стерильные самцы, но не все самцы первого поколения стерильны. В одной из популяций (непальской) исходный ген A1 полностью заместился на A2, а в другой (на о.Шри-Ланка) A1 сохранился наряду с A3. Самцы A1A2 были фертильными, а A2A3 — стерильными. И хромосомы у этих самцов не спаривались потому, что был нарушен сам механизм,

а не потому, что хромосомы, полученные от родителей, были разными.

В принципе по сходному пути может возникать и хромосомная стерильность. Известно, что среди рас обыкновенной бурсозубки [6] также распространены хромосомные слияния, причем в разных популяциях попарно сливаются разные хромосомы. Так, у томской расы хромосома *o* ни с чем не слита, а у новосибирской слита с хромосомой *g*, которая у томской слита с *k*, которая у новосибирской слита с *i*, которая у томской слита с *h*, которая у новосибирской слита с *n*, которая у томской слита с *m*, которая у новосибирской слита с *p*, которая у томской ни с чем не слита, — одним словом, дом, который построил Джек. Похоже, мы окончательно запутали читателей, что с чем слито и у кого. А каково самим хромосомам,

которые у гибрида должны найти друг друга, образовать конфигурацию, поразительно напоминающую Юнион Джек (государственный флаг Великобритании), а потом еще правильно разойтись, чтобы получились сбалансированные гаметы! Каждое из этих слияний по отдельности не вызывало проблем у гетерозигот, поэтому они безболезненно накапливались в географически изолированных популяциях. Но что будет, когда эти две популяции встретятся, предсказать трудно. Уж на что обыкновенная бурозубка толерантна к перестройкам, но мы пока не знаем, хватит ли ее устойчивости, чтобы распутать клубок хромосом, возникающий у гибридов от хромосомно далеких рас.

Однако вернемся к вопросу, который мы задали в самом начале статьи: что собой представляют локальные подвиды (разновидности, географические расы) мускусной землеройки и можем ли мы рассматривать непальских и шриланкийских землероек как представителей отдельных видов? Повторим определение биологического вида. Особи одного вида могут друг с другом скрещиваться и давать плодовитое потомство, представители же разных видов не скрещиваются вовсе, а если и скрещиваются, то потомства не дают, а если и дают, то потомство это бесплодно.

Наши землеройки могут скрещиваться в лаборатории. Но из этого не следует, что они захотят того же в природе, если у них будет выбор — скрещиваться с представителями своего или чужого подвида. У многих животных репродуктивная изоляция действует именно на этом рубеже — или внешний облик чужого не нравится, или запах, или ритуал ухаживания. Причем несовместимость по этим параметрам может и даже должна возникать по механизму, описанному для гибридной стерильности. Особи A1A1, A1A2 и A2A2, как и A1A1, A1A3

и A3A3 друг другу нравятся, а вот A1A2 и A2A2 не любят A1A3 и A3A3, и наоборот. Мы не знаем, существует ли такого рода несовместимость между землеройками из Непала и о.Шри-Ланка. Пока, видимо, нет, а если есть, то неполная.

Гибридная стерильность уже есть, но она тоже неполная: наблюдается только среди самцов и не у всех. Так кто же они все-таки, непальские и шриланкийские землеройки, — разные виды, подвиды или разновидности? Думаем, что это разновидности, которые значительно продвинулись по пути видообразования.

К видообразованию идут не только непальские и шриланкийские землеройки. За ними следуют, хотя и совсем другим путем, бангладешские. Наши японские коллеги попытались скрестить в лаборатории бангладешских землероек со зверьками, пойманными в Нагасаки. Бангладешские землеройки почти вдвое больше японских, а внутри каждой популяции самцы в полтора раза больше самок. Самцы из Бангладеш (средняя масса 150 г) нормально скрещивались с самками из Нагасаки (30 г), появлялись нормальные и плодовитые потомки. Но бангладешские самки (90 г) японских самцов (50 г) за самцов не считали: в ответ на ухаживания наносили им побои средней тяжести и спариваться с ними категорически отказывались. Ни одна бангладешская самка не забеременела ни от одного японского самца. Не нравились они им.

Таким образом, даже в пределах одного вида географически изолированные популяции идут к видообразованию разными путями. Репродуктивный барьер между непальскими и шриланкийскими землеройками возник за счет случайной фиксации в разных популяциях разных генов, влияющих на формирование половых клеток. А между бангладешскими и японскими этот барьер образовался как по-

бочный результат естественного отбора, который в одной популяции увеличил, а в другой — уменьшил размер тела животных. У видообразования (как и у эволюции вообще) нет столбовой дорожки. Каждая популяция идет своим путем, со своим багажом генов и хромосом и в своих обстоятельствах.

И чем замечателен этот путь, так это тем, что невозможно точно указать, когда он начался и когда закончится. Он начался в день, когда предковая популяция разделилась на две дочерние? Но ведь не было такого дня. Та самая предковая популяция постоянно расширяла ареал своего обитания. Да и разделилась она не на две, а на множество дочерних популяций. И в момент возникновения, и сейчас их ареалы перекрываются, и обмен генами между ними происходит. Хотя понятно, что мутация, возникшая на о.Шри-Ланка, имеет очень небольшой шанс достичь Непала, Бангладеш, Японии и наоборот. Слитые хромосомы есть на о.Шри-Ланка и на юге Индии, но ни Бангладеш, ни Непала, ни Японии они до сих пор не достигли.

Может быть, видообразование началось, когда ген A1 мутировал в A2? Нет, ибо сам по себе ген A2 в комбинации с A1 не вызывает стерильности. То же можно сказать и о мутации A1 в A3, которая произошла в другое время и в другом месте и до своей встречи с A2 никакой стерильности не вызывала. И не вызывает до сих пор, поскольку в природе эти две мутации, скорее всего, никогда и не встречались. И неизвестно, встретятся ли они когда-нибудь в будущем.

Проведем мысленный эксперимент и представим, что будет, когда наши две популяции (разновидности, два подвида, полувида, почти вида) встретятся в природе. Если к тому времени обе родительские формы будут гомозиготными (одна по A2, а другая по A3), все самцы-гибриды окажутся стерильными. Следовательно, самки, вступив-

шие в брак с самцами чужой разновидности, произведут стерильных сыновей, и поэтому у них будет меньше внуков, чем у самок, предпочитающих своих самцов. Такой отбор против сексуально неразборчивых землероек будет способствовать формированию половой избирательности и у самок, и у самцов и создавать добрачные репродуктивные барьеры. Не важно, по какому признаку землеройки научатся отличать своих от чужих: по размеру тела, цвету, запаху или голосу (они уже и так отличаются друг от друга по множеству признаков). Любой новый и сколь угодно мелкий шаг по направлению к абсолютной репродуктивной изоляции (и следовательно, к видообразо-

ванию) будет подхватываться естественным отбором. И одновременно любой сколь угодно мелкий шаг назад, к половой неизбирательности, будет тем же отбором пресекаться. И вот тогда-то наступит настоящее видообразование.

Когда?! Когда первая землеройка сделает выбор в пользу представителя своей разновидности или когда умрет последняя неразборчивая? Мы можем между собой договориться о том, что считать видом, а что подвидом или разновидностью (хотя, как показывает опыт, даже этого мы сделать не можем — один считает так, а другой иначе, вплоть до перехода на личности), но какое это имеет отношение к реальности? А реаль-

ность состоит в том, что эволюция не делает резких движений. Видообразование не может начаться в 9 ч 34 мин 10 сентября 8491 г. до н.э. и закончиться 19 ч 59 мин 6 октября 1966 г. н.э. Оно идет ежеминутно и ежечасно, сейчас и всегда, по всей территории, которую занимает вид, иногда обратимо, а иногда необратимо, да только мы не замечаем его, пока, как сказал Дарвин, «рука времени не отметит истекших веков». ■

Исследования поддержаны Российским фондом фундаментальных исследований (проекты 99-04-49960 и 01-04-488756) и Программой «Университеты России» (проект УР.07.01.006).

Литература

1. Яблоков А.В., Юсуфов А.Г. Эволюционное учение. М., 1989.
2. Дарвин Ч. О происхождении видов путем естественного отбора или сохранении благоприятных рас в борьбе за жизнь / Пер. с 6-го изд. (Лондон, 1872). СПб., 2001.
3. Rogatcheva M.B., Borodin P.M., Oda S.-I., Searle J.B. // Genome. 1997. V.40. P.18—24.
4. Borodin P.M., Rogatcheva M.B., Zbelezova A.I., Oda S.-I. // Genome. 1998. V.41. P.79—90.
5. Ахенович Т.Л., Rogatcheva M.B., Oda S.-I., Borodin P.M. // Genome. 1998. V.41. P.825—831.
6. Поляков А.В., Бороздин П.М. Хромосомный «портрет» бурозубки на фоне ледников // Природа. 2001. №1. С.34—40.

С 1960 г. средняя температура вод в озерах Европы поднялась более чем на 1°C. По мнению нидерландского эколога М.Шеффера (M.Scheffer; Вагенингенский университет), это благоприятно сказало на развитии зоопланктона, фильтрующего воду, и, как следствие, на ее чистоте и прозрачности. В итоге эти озера стали намного активнее заселяться растительностью. Таким образом, потепление климата в некоторых случаях имеет и позитивные стороны, в частности ведет к восстановлению биоразнообразия в экологически неблагоприятных озерах.

Terre Sauvage. 2001. №166. P.27 (Франция).

При раскопках могильника, обнаруженного в кургане позднего неолита (между 2500 и 2200 гг. до н.э.), были найдены женские косы необычно сложного плетения: их начало составляют натуральные волосы умершей, а затем в них вплетены растительные волокна. Курган находится у г.Фрейссинель (департамент Лозер, Франция). Скорее всего во время кремации умершей ее косы отнесло ветром от кострища, а потом их закопали рядом. Этот своего рода парик, изготовленный на каркасе из растительного материала, похоже, говорит, что женское кокетство пришло из глубины веков.

La Recherche. 2002. №350. P.12 (Франция).

Статус природного резервата недавно придан водам и коралловым рифам архипелага Базаруто, у побережья Мозамбика. Под защиту взята акватория в 1400 км² вокруг островов, которые с 1971 г. приносят доход, как всякий национальный парк. Основанием для придания нового, более строгого статуса послужили материалы по биоразнообразию подводного мира этого архипелага, который включает дюгоней и черепах. За пребывание аквалангистов в резервате будет взиматься определенная плата, а доходы предполагается направлять на финансирование здешних школ и лечебных учреждений.

Terre Sauvage. 2002. №169. P.23 (Франция).

Крымские землетрясения 1927 года: неизвестные явления на море

А.А.НИКОНОВ

В течение полутора десятков лет автор этих строк собирал самые разнообразные данные о сейсмической истории Крыма. Не случайно большая их часть имеет отношение к 1927 г. Три четверти века назад полуостров потрясли два сильных землетрясения: одно произошло днем 26 июня (интенсивностью до 7 баллов на побережье), другое — ночью 12 сентября (7–8 баллов). Казалось бы, такое важное не только для самого Крыма, но и для всего юга Восточной Европы событие должно быть досконально изучено. Действительно, по горячим следам и позднее на суше было проведено немало исследований, опубликовано множество научных работ. Так, только в журнале «Природа» в 1927 и 1928 гг. появились две солидные статьи [1, 2]. Однако сегодня ясно, что для понимания сейсмических процессов в регионе и адекватной оценки опасности на современном уровне материалов не хватает. Особенно мало мы знаем о том, что происходило на дне моря, где, в 25–30 км от берега, располагались очаги обоих землетрясений. А вот о том, что случилось на поверхности моря, некоторые сведения имеются, и в какой-то мере они свиде-



Андрей Алексеевич Никонов, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Института физики Земли РАН. Область научных интересов — сеймотектоника, палеосейсмичность, долговременная сейсмическая опасность. Постоянный автор «Природы».

тельствуют и о глубинных процессах.

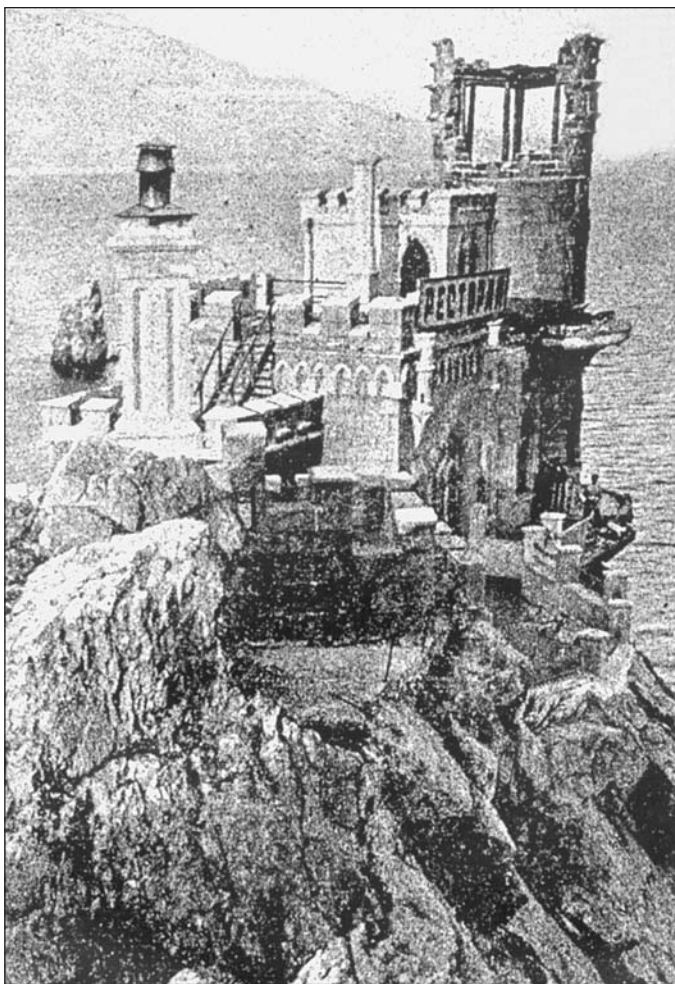
Поскольку мы не располагаем обычными сегодня при анализе поведения моря (до и после землетрясения) данными со спутников, исследовательских судов и подводных аппаратов, откроем мою папку 1927 г., в которой кроме научных материалов значительное место занимают нестандартные источники — письма очевидцев, вырезки из газет и журналов (позволим себе сослаться только на некоторые из них). Попробуем организовать эти сведения о необычных явлениях на море во времени и пространстве, что позволит лучше понять ход крымских событий 1927 г. Ныне считают, что крупное землетрясение —

это не только основные толчки. Важно знать все его стадии — от подготовки до полного прекращения, за период от нескольких месяцев до года, и на площади, далеко выходящей за рамки основных очагов. В нашем случае — это весь Крым вместе с северной частью акватории Черного моря.

Июньское землетрясение

Очаговая область землетрясения располагалась под дном моря, к югу от поселков Форос и Мшатка и, вероятно, вытягивалась поперек берега. За два часа до начала землетрясения в заливе между Аю-Дагом и мысом

© А.А.Никонов



Знаменитое «Ласточкино гнездо» после сентябрьского землетрясения. Башня разрушена, видны трещины в скале.



Крым. Ялта. Жители рабочего района без кровя. Почтовая открытка 1927 г.

Плака, примерно в 40 м от берега, появилась длинная полоса пены, которая через несколько минут исчезла. При этом море, как свидетельствовали очевидцы, оставалось спокойным. Несомненно, на дне и в толще вод уже возникли возмущения, а этот район расположен в 30 км северо-восточнее ближайшего края зоны, где произойдут самые большие сотрясения. Следовательно, процессы подготовки этого землетрясения охватили область не менее чем в два раза большую, чем та, в которой находился очаг.

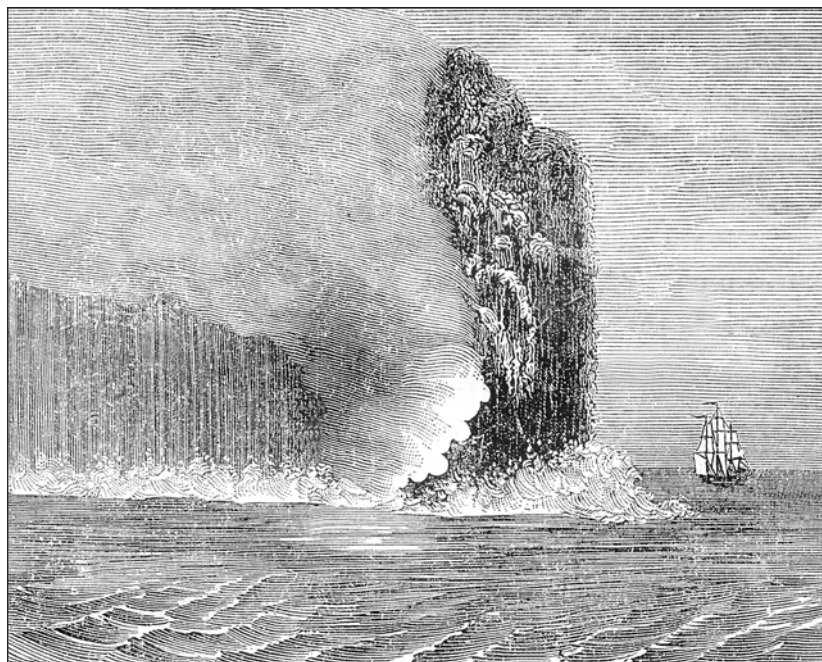
Уже во время самого землетрясения рыбаки, находившиеся 26 июня 1927 г. в 13 ч 21 мин в море, отметили необычное волнение: при совершенно тихой и ясной погоде на воде образовалась мелкая зыбь и море как бы кипело. До землетрясения оно оставалось совершенно тихим и спокойным, а во время толчков послышался сильный шум. Те, кто в это время купался и нырял, были оглушены подводным грохотом [3]. Глубина моря здесь заведомо составляла не менее нескольких десятков метров, и эти явления должны были отражать колебания дна моря или бурные эманации из глубин.

На морском участке близ Балаклавы (не в бухте) вслед за землетрясением сразу наступила тишина, прерываемая лишь шумом огромных накатов в море. Еще дальше от эпицентра, с пляжа Учкюевка близ Севастополя, в момент землетрясения многие увидели на море «водяное возвышение» и «пар», похожий на белый дымок, вскоре рассеявшийся. Вернувшиеся из дальнего заплыва люди рассказали, как почувствовали, что воду под ними начало крутить, и, поплыв назад, они попали сначала в горячую струю, а выбравшись из нее с большим трудом, — в очень холодную. Несомненно, что речь шла о локальном нагреве над источником возмущения и подъеме с глубины горячей воды (вероятно, на-

сыщенной паром, а возможно, и газами), а также о сильном и быстром перемешивании морских вод. Заметим, что пляж находится в 2–3 км к северо-западу от северного конца северной бухты Севастополя, т.е. все это произошло в 30–35 км от края эпицентральной зоны.

Одна из газет сообщала, что в середине лета 1927 г. (и без сгонных ветров) температура морской воды у берега упала до 12°C. Скорее всего произошел внезапный подъем придонных холодных вод (с глубины более десятков метров) из-за сильного подводного толчка. Теперь такого рода инверсии температуры над очагами тектонических землетрясений фиксируются со спутников.

Цунами. До сих пор мы мало знали о крымских цунами во время землетрясений [4]. Теперь можно эти сведения несколько пополнить. По крайней мере в трех пунктах — Алушке, Ялте и Гурзуфе, — т.е. на участке берега длиной не менее 25 км и, заметим, расположенном ближе всего к эпицентральной области, море вначале отступило от берега (уровень понизился на 0.1–0.5 м), а затем нахлынуло волной цунами. Максимальные высоты цунами отмечены на участке от Балаклавы до Алушты (90 км), но посередине его, в Ялте, подъем оказался незначительным. На восточном фланге волна была слабой (0.06–0.2 м). На мареограмме г.Туапсе высота подъема измерялась сантиметрами, между тем, со слов очевидцев, при спокойном море на берег набежала большая, высотой примерно в 0.7 м, волна и смыла одежду купающихся. Само по себе возрастание волны в Туапсе на порядок по сравнению с Феодосией, Керчью, Новороссийском может указывать на распространение фронта цунами от очага преимущественно к востоку. В этом направлении фронт волны двигался со скоростью 10 км/мин, между тем как ближе к очагу скорость была меньше: у Керчи —



Подводное извержение (со старинной гравюры).

5.6 км/мин, а у Новороссийска — 4 км/мин. Замедление хода и резкое ослабление амплитуды волны в этих пунктах, по-видимому, объясняется резким искривлением ее фронта на пути от очаговой области, а также мелководьем. Именно поэтому волна подходила к Алуште и Феодосии с юго-востока.

Несмотря на скудость данных, можно считать, что наиболее интенсивным цунами оказалось на морском берегу вблизи Балаклавы, т.е. к западу от очаговой области, и накат шел с юга. У Ялты и Гурзуфа волна была несравненно слабее, возможно, из-за значительно меньшей подвижки на восточном краю очага. У Алушты высота волны, пришедшей с юго-востока, снова возросла до 0.7 м, между тем как основной очаг, несомненно, располагался юго-западнее. Такое несоответствие можно понять, если считать, что произошел дополнительный сдвиг по поперечному Алуштинскому разлому.

Значительную волну, высотой не менее 0.5–0.7 м, на пляже

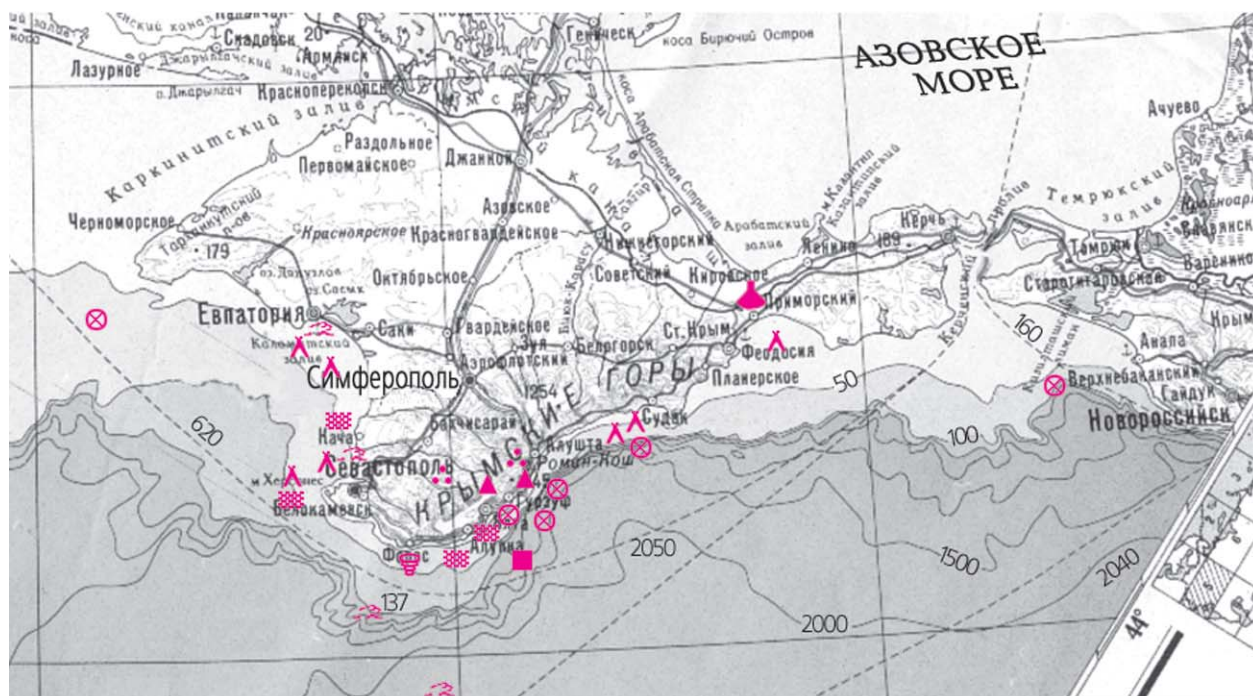
в Туапсе (на расстоянии 400 км от очага) можно объяснить прямым распространением через открытое глубокое море.

Сентябрьское землетрясение

Более сильное сентябрьское землетрясение сопровождали и более разнообразные явления на море. Очаг располагался под морским дном, южнее Ялты, и был вытянут вдоль побережья. В эпицентре сила, по-видимому, достигала 9 баллов.

Случаи моретрясения.

В местных газетах того времени я натолкнулся на сообщения нескольких капитанов судов. Так, пароход «Ильич» вышел из Анапы 11 сентября, и в середине дня судно находилось в 32 км от города (не менее чем в 250 км от будущего эпицентра) в открытом море, которое оставалось спокойным. Вдруг люди почувствовали толчки, казалось, пароход идет по камням. Многие предметы в каютах в момент удара подпрыгнули и упали на



- ⊗ Места ощущения моретрясений (на судах)
- ▲ Новые родники на суше
- ⚡ Огненные вспышки, факелы, завесы
- 🌋 Извержение грязевой сопки
- 🍷 Фонтаны водяные и выбросы пара
- ⋯ Места обнаружения «запаха серы» (сероводорода) на суше, в том числе из трещин в земле
- 🔥 «Кипение воды», толчея волн, зыбь на поверхности
- Эпицентр главного толчка
- 🚢 Места обнаружения на поверхности моря блоков жира и воска (с затонувших судов)

События на море в связи с землетрясением 12 сентября 1927 г.

пол — это типичные признаки моретрясения. По-видимому, это был результат какого-то местного толчка силой около 5 баллов.

По другую сторону от эпицентра землетрясения, примерно в 200 км от него, вблизи Тарханкутского п-ова, около половины первого ночи (с 11 на 12 сентября) на пароходе «Желябов» ощутили моретрясение, машина заработала сильнее. Казалось, судно движется по мелкому месту, хотя глубина была большая. Происходило ли это при первом толчке основного землетрясения или сразу следовавших за ним толчков в 0 ч 16 мин и 0 ч 46 мин, сказать трудно. Но несомненно, у этого

сотрясения должен быть самостоятельный очаг.

Уже упомянутый «Ильич» при приближении к Ялте утром 12 сентября опять несколько раз «шел по камням». По-видимому, это происходило около 5 и 8 ч, когда в Ялте зафиксированы толчки силой около 6 и 5 баллов соответственно. А команда буксира «Грядя» восточнее Аю-Дага в 14 ч 30 мин ощутила сильные толчки и дрожь всего корпуса и перепугалась, поскольку наблюдала эти же явления и раньше. Спустя примерно час толчки возобновились, но были слабее и, наконец, в 16 ч 15 мин вновь стали сильнее предшествующих. В машинном отделении трудно было устоять на ногах,

пароход несло в это время в море. При подходе к Ялте члены команды наблюдали, как город покрылся облаком пыли. Время сильных толчков, записанных в Ялте и сейсмической станцией в Макеевке, совпадает с отмеченными командой моретрясениями. А один толчок (14 ч 40 мин) скорее всего имеет собственный местный очаг (вблизи Алушты).

Таким образом, моретрясения происходили в нескольких сотнях километров от очага основного события, до него, во время него (вблизи очага) и при его афтершоках. Другими словами, сейсмическое возбуждение охватило близширотную полосу морского дна около

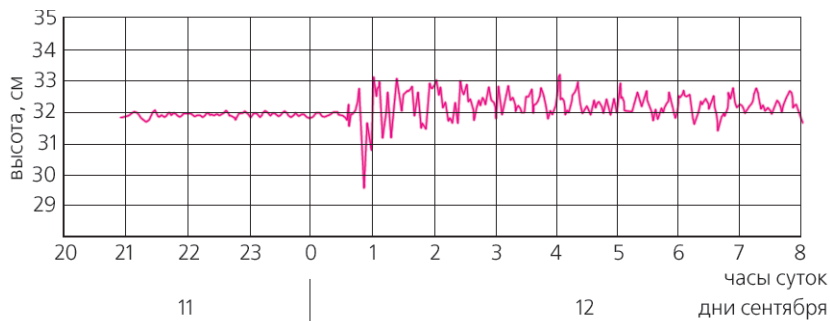
крымских берегов на протяжении 400—450 км и началось за 7—10 ч до главного события.

Огненные явления. Об огненных столбах и завесах в 30 км от берега, к западу и северо-западу от Севастополя, замеченных с трех-четырех маяков 12 сентября, сообщалось неоднократно [2, 3, 5, 6]. В самом городе также наблюдались сильные звуковые и световые эффекты при первом толчке. В местном архиве я обнаружил свидетельство жителей д.Нижний Керменчик, что в 35 км восточнее Севастополя. Ночью, во время землетрясения, они наблюдали «огонь красного цвета в виде сильной зарницы» в западном направлении, где грозовых туч тогда не было. Получается, что огненные вспышки действительно имели огромные размеры, поскольку были видны на расстоянии до 60—70 км.

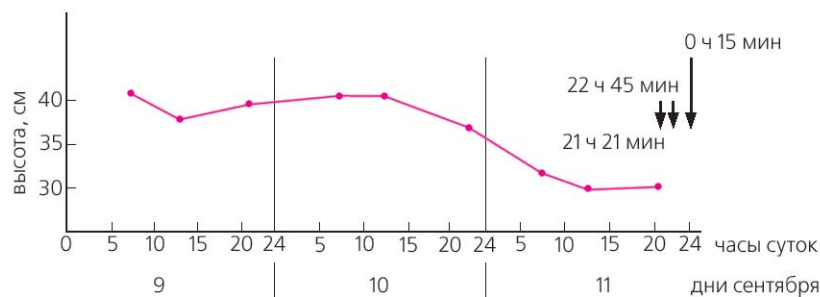
Сравнительно недавно стали известны сведения об огненных столбах в море западнее Севастополя 12 сентября 1927 г., содержащиеся в рапорте Гидрографического управления Черноморского флота [5]: «На мысе Лукулл (0 ч 42 мин) на протяжении 5 с зафиксирован столб пламени, в Евпатории (02 ч 48 мин) — вспышка огня белого цвета на море, в Севастополе (03 ч 31 мин) — вспышка огня высотой 500 м, шириной 2.7 км, на мысе Лукулл (03 ч 41 мин) — огненная вспышка высотой около 500 м, шириной около 1.8 км».

Если сопоставить время вспышек со временем известных толчков вблизи Севастополя и Евпатории, можно предположить, что они связаны между собой. Похоже, огненные и дымовые завесы следовали за колебаниями дна и могли быть связаны с разрывами пород на дне.

Близ Евпатории вспышки длиной 2 км видели два раза во время основного землетрясения, при этом в 01 ч 40 мин светящееся облако двигалось с севера на юг. В октябре (день в газете не указан) их наблюдали приблизительно с 3 ч ночи в те-



Изменения уровня моря в порту Ялты 11—12 сентября 1927 г. (мареограмма).



Изменение уровня моря на гидропосту в Алуште перед землетрясением 12 сентября 1927 г. Стрелками показаны основные толчки.

чение часа. В результате появилось фантастическое сообщение о том, что в 10 милях (18—20 км) от евпаторийского побережья в море образовался вулкан. Между тем продолжительность и сила вспышек позволяет предполагать, что они связаны с оживлением какого-то локального сейсмического источника. Если же учитывать данные о локальных толчках в Севастопольско-Евпаторийской зоне, можно считать, что существовала отдельная очаговая зона к западу от побережья близ Севастополя, вытянутая, по всей видимости, субмеридионально.

По рассказам очевидцев, из Феодосии, в 30 км по направлению к Анапе (т.е. по другую сторону от основного очага и также на большом от него уда-

лении), в море, тоже были замечены огненные столбы. Наиболее обстоятельное описание огненных явлений относится ко 2, 3 и 4 октября, когда ночью из Судака в стороне Алушты видели огонь и дым. Вот одно из них: «4 октября в начале 23 ч среди моря, примерно против д.Ускута (20—25 км к западу-юго-западу от Судака. — А.Н.), появилась сначала слабая белесоватая пелена, которая постепенно принимала все более ярко-красный цвет. Около 22 ч 40 мин со стороны берега замечено потускнение ее в виде задымления, которое подвигалось к центру полосы и охватило последнюю на 2/3. Оставшаяся часть в 23 ч 15 мин вспыхнула пламенем в виде снопа огня площадью около 0.75 м², от которого как бы отде-

лялись искры. Ярко-красный огонь продержался около 5 мин, а затем он погрузился в воду, оставляя след, видимый на большой площади освещенной водной поверхности. Через несколько секунд пламя снова быстро вспыхнуло в том же месте и на значительном пространстве, в виде большого зарева. Такие вспышки продолжались более часа. Огни имели ярко-красный цвет, причем вспышки повторялись очень часто, одновременно в нескольких местах, по направлению к Судаку. В промежутки между вспышками три раза наблюдались явления, напоминающие взрывы шрапнелей в воздухе, довольно высоко над морем (выбросы столбов воды и грунта? — А.Н.). Одна вспышка была настолько сильна, что осветила облака. Местные жители сравнивали эти огни в море с пожаром в степи. В бинокль были видны языки пламени» [2]. Логично соотнести эти явления с местными эпицентрами, при этом сила сотрясений в эпицентральной области, видимо, составляла не менее 4–5 баллов.

Таким образом, оказывается, что вспышки огня, в том числе линейно распространявшиеся, имели место в Севастопольско-Евпаторийской, Судакской (условно) и Феодосийской зонах. В первой они наблюдались при главном землетрясении и последовавших той же ночью толчках, затем в начале октября, во второй — в первых числах октября. Часть из них безусловно связана с землетрясениями.

Уже в 30-х годах допускали, что вспышки огня над водой связаны с загоранием метана, выходящего со дна моря через трещины, образовавшиеся при сейсмических подвижках. Ныне это подтвердили специалисты из Национального агентства морских исследований и технологий Украины [5]. Случаи возникновения огненных факелов над водой в результате горения метана хорошо известны при грязевых извержениях в Бакин-

ском архипелаге на Каспии. Следовательно, есть все основания считать, что вспышки огня в виде полос и пятен над водой маркируют трещины на дне, как это часто бывает на суше при сильных землетрясениях.

Другие явления. Утром 12 сентября близ берега против Симеиза на поверхности моря замечены цветные пленки на площади до одного гектара. Ясно, что здесь с небольших глубин (до 70 м) поднялся локальный столб воды, что предположительно можно соотносить с утренними толчками в Ялте и близ нее. После этого вдоль пляжа чувствовался запах тухлых яиц (сероводорода), подобный запаху ила с глубин свыше 180 м. То же самое происходило и в Алуште и других местах побережья.

14 сентября, в 17 ч 23 мин, в 7 км от берега против Кучукоя (близ Алупки) неизвестный наблюдатель заметил столб белого пара, поднявшийся на высоту примерно 200 м. Он держался 3–4 с, затем рассеялся, а на его месте сейчас же поднялся другой. В это время (до 17 ч 54 мин) в Ялте толчки не отмечались, поэтому этот выброс с землетрясением прямо не соотносится.

После землетрясения и его афтершоков на поверхности моря обнаружены целые глыбы белого вещества, о происхождении которого в первое время много спорили. Химические анализы показали, что это животные жиры и пчелиный воск, длительное время подвергавшиеся воздействию морской воды не иначе как в трюмах затонувших в древности у берегов Крыма кораблей. Этот груз мог всплыть на поверхность при достаточно сильных сотрясениях дна, способных развалить подгнившие острова.

Все отмеченные явления свидетельствуют о подвижках на дне во время зафиксированных на суше землетрясений. Некоторые из этих подвижек, возможно, связаны с подводными оползнями. Часть явлений (по-

мутнение воды, пленка на поверхности моря, фонтаны пара и воды) отмечены, на расстоянии до 7 км от береговой линии и соответственно на глубинах менее 100 м. Другие, указывающие на значительные, вероятно не менее чем шестибалльные, сотрясения дна, встречались на расстоянии 40–50 и 90 км от берега и соответственно на глубинах свыше 500 и 2000 м. Все это свидетельствует о сильном вертикальном, а частично и горизонтальном перемешивании толщ морской воды — как локальном, так и на больших площадях. Отсюда и понижение температуры воды у поверхности на отдельных участках, и появление у побережья запаха сероводорода, который мог поступить только с глубин 150–200 м и глубже.

Возмущения уровня моря у берега. По отдельным свидетельствам очевидцев и доступным мареограммам некоторых станций можно проследить изменения на море.

Самые ранние признаки неспокойствия водной поверхности наблюдал известный астрофизик М.С.Эйгенсон. В Ялте за несколько дней до основного толчка он отмечал необычное волнение в море: при отсутствии ветра шли волны длиной до 10 м и высотой около 1 м. Любопытное сообщение о похожих явлениях, относящееся скорее всего к алуштинскому (или ялтинскому?) участку, обнаружилось в одном из старых журналов. «За три дня до землетрясения вечером (около 9–10 ч) на море шума от воды никакого нет, а море колыбается, волны идут изрядные, и не то к берегу, не то от берега. С высоты поглядел — шума нет никакого, только шелест небольшой едва слышится, и тишина вокруг прямо смертельная... А когда спать полегли, внизу в темноте настоящий рев идет, камни по всему берегу заворочались» [7]. Такое поведение моря, видимо, вызвано сейсмотектонической активизацией ряда участков дна

вдоль Крымского побережья. Подобное происходило и после землетрясения.

До сих пор не обращали внимания на ход уровня моря за несколько суток и часов до главного толчка. В Алуште довольно резкое понижение (на несколько сантиметров) отмечено 9 сентября к 13 ч, затем до утра 10 сентября уровень восстанавливался. Но с 12 ч 10 сентября в течение суток он последовательно понижался, всего на 11 см. Затем в течение 10–11 ч до главного толчка уровень как будто оставался неизменным. Хотя мы располагаем далеко не полными данными, направленное понижение уровня за 36–12 ч до главного события не может быть случайным. Скорее всего, береговая полоса временно поднималась относительно прилежащего участка дна, что можно считать предвестником землетрясений. Учитывая структуру района, где черноморская впадина переходит в горное сооружение, можно считать, что в зоне их сочленения произошла деформация, которая разрешилась подвижкой на глубине 15–40 км. Сообщения из Ялты и Алушты о необычных явлениях на море, в том числе и о гуле за несколько суток до землетрясения, согласуются с данными о ходе уровня. Те и другие можно считать свидетельством роста напряжений на прибрежном участке земной коры.

Если днем 11 сентября, т.е. за 12 ч до землетрясения, у ялтинского побережья волны, как обычно, лениво накатывались на пляж, вечером ситуация изменилась. Близ Ялты уже в 20 ч отмечались «мелкая зыбь и кипение моря». В 22 ч 45 мин, т.е. за полтора часа до главного толчка, против Алушты был слышен довольно сильный гул и шум. Сведения о вечернем толчке и в других местах у побережья (вплоть до Балаклавы) недостаточно конкретны, во всяком случае они повторяют сообщения о слабых (2–3 балла) колебаниях, отмеченных некото-

рыми чувствительными людьми в Алуште, Ялте и Гурзуфе. У побережья, между Судакком и Алуштой, за 4.5 ч до главного толчка находившиеся в море рыбаки слышали гул и тоже наблюдали мелкую зыбь, или «кипение воды», при совершенно ясной погоде. За 2 ч до толчка гул усилился настолько, что даже самые отважные рыбаки, еще остававшиеся в море, прервав ночной лов, поспешили вернуться на берег.

Итак, не только за несколько часов, но и за несколько суток (до трех) до главного толчка на море против Ялты и Алушты наблюдались возмущения поверхности (и толщи) воды неатмосферного происхождения, более поздние из них по времени коррелировали со слабыми толчками на суше.

Возмущения уровня при главных толчках и после них. В Евпатории на море был штиль, но после толчка появился прибой средней силы, который мог быть вызван сотрясением морского дна западнее побережья, о чем говорит и сильный гул и шум оттуда же перед главным толчком. В Севастополе 12 сентября мареограф морской обсерватории весь день отмечал непрерывные изменения уровня воды в бухтах. Амплитуда колебаний уровня моря достигала 0.5 м. Резкие колебания уровня до 0.25 м в Севастопольской бухте отмечены мареографом 17 сентября примерно в полночь.

В Балаклаве 12 сентября, вскоре после главного толчка, при полном штиле вода в северной части бухты быстро опустилась на 0.7 м и отошла примерно на 40–60 м, так что на мели остались мелкие суда и стоявшие у берега шлюпки. По другим сведениям, уровень опустился на 1 м, и берег отступил на 15–20 м. Затем в средней части бухты (у ее восточного берега) вода постепенно поднялась на 0.5 м выше среднего уровня (т.е. амплитуда составила здесь примерно 1.2 м). В северном конце бухты подъем уровня вероятно был больше, так как набежавшая вода

покрыла набережную и часть базарной площади, смыв часть ларьков в бухту. Это значит, что возврат воды был достаточно энергичным.

В Ялте после первых толчков, в начале первой ночи, «у берегов моря был обычный осенний прибой» [3]. После главного толчка «море, до того времени выбрасывавшее волны в районе бетонной подушки, стихло...» [6]. По другим сведениям, уровень моря в ночь на 12 сентября резко понизился и его колебания доходили до 35–36 см вместо обычных 2–3 см.

Писатель Константин Федин, сам переживший землетрясение, утром 12 сентября узнал от моряков близ мола, что во время первого удара море в бухте отошло на 2–2.5 м так, что пришлось «травить концы», чтобы стоявшие у берега парусники не сели на дно [8]. Можно полагать, что понижение уровня составило не менее 0.7 м и длилось не менее нескольких минут. По свидетельству того же автора, после утреннего 5-балльного толчка море лежало покойно.

После главного толчка в 20 метрах за молом наблюдалось столкновение двух волн, в результате чего образовался бурун, «кипевший» около 5 мин, причем чувствовался запах сероводорода [3]. Необычный характер волн зафиксирован на фотографии, сделанной в дни землетрясения у берегов Ялты, по-видимому, в середине (возможно, второй половине) сентября — при ясном небе в море на расстоянии 0.3–0.5 км от берега почти поперек к нему с юго-запада на северо-восток шли волны высотой 0.5–0.7 м, гребни которых опрокидывались от берега.

* * *

Итак, нарушения нормального состояния уровня моря у Крымских берегов отмечалось еще до главного землетрясения в виде мелкой зыби, «кипения моря» и необычайно крупного волнения без всякого ветра.

Часть из этих явлений по времени коррелирует с известными толчками и подводным гулом. Необычные волны при штилевой погоде (прибой разной степени бурности) наблюдались в разных местах и после сильных толчков. За ними и некоторыми последующими слабыми толчками (в очаговых областях последних — у Севастополя, Балаклавы, Судака) следовали отход воды от берега и (или) налеты одиночных волн на берег (цунами), величина которых в общем оказывалась пропорциональной силе толчков, отмеченных в той же области. Изменения уровня в отмеченных случаях обычно не превышали 0.25—0.5 м.

Помимо цунами, по-видимому, имели место сравнительно медленные возвратные изменения уровня, связанные с движениями земной поверхности или коры. Если действительно, как писал П.А.Двойченко [2], «в мо-

мент главного толчка всюду на южном берегу от Судака до Севастополя море немного отхлынуло от берегов, а затем затопило пляж», можно считать, что это результат подвижки вдоль берегового участка дна вниз относительно суши. Она сопровождалась собственно землетрясением, очаг которого был вытянут вдоль берега на ялтинском участке.

Примечательно, что при более сильном сентябрьском землетрясении усиления цунами близ очага не отмечено, как можно было ожидать, но выяснилось, что слабые колебания уровня могут возникнуть и при 4—5-балльных землетрясениях вблизи их очагов.

В целом обнаруженные сведения о событиях на море значительно расширяют представления о размерах напряженной области, способной продуцировать землетрясения. На нескольких участках огромная полоса

морского дна (континентального склона) вдоль Крымского побережья, от Евпаторийско-Севастопольской до Судакской (или даже Анапской) зоны, на протяжении 400—450 км была готова вспороться. И это действительно происходило, но после главных толчков возникали только умеренные и слабые землетрясения (силой не выше 5—6 баллов). Благодаря замеченным в море явлениям удастся, пусть в первом приближении, локализовать вторичные очаговые участки, которые и в будущем способны продуцировать землетрясения, в том числе и крупные. Ведь произошедшими три четверти века назад разрушительными землетрясениями в Крыму сейсмическая история региона, конечно, не кончается. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 00-05-64274.

Литература

1. Вознесенский А.В. Землетрясения 1927 г. в Крыму // Природа. 1927. №12. С.958—974.
2. Двойченко П.А. Черноморские землетрясения 1927 г. в Крыму // Природа. 1928. №6. С.523—542.
3. Двойченко П.А. Землетрясения 1927 г. в Крыму. Симферополь, 1928.
4. Никонов А.А. // Физика Земли. 1997. №1. С.86—96.
5. Каленкин С. // Наука и религия. 1999. №11. С.20—21.
6. Кельвин Н. // Землеведение. 1928. Т.XXX. Вып.1/2. С.4—44.
7. Орешин П. // Красная нива. 1927. №40. С.11—13.
8. Федин К. В Ялте, 12 сентября // Писатели — Крыму: Лит. альм. М., 1928. С.157—166.

Коротко

То, что многие виды животных пользуются «подручными» орудиями труда, известно давно, однако у хищников (например, у львов) эту форму поведения ранее не отмечали. Впервые такой факт зафиксирован на севере Камеруна.

Одна из львиц занозила правую переднюю лапу и пыталась вырвать раздражавшую ее занозу зубами, но безуспешно. Тогда зубами же она оторвала от терновника большой шип, зажала его между клыками и, помогая себе им, принялась извлекать занозу левой лапой. По-

пытки продолжались около получаса, но окончания «операции» наблюдатели не дождались, поскольку своим присутствием испугали игравших рядом с матерью львят, и те убежали. Исследователи решили не мешать воссоединению семейства и покинули место событий. Когда шесть дней спустя наблюдение возобновили, заноза львицу уже не беспокоила. Terre Sauvage. 2001. №167. P.23 (Франция).

Ч.Де (Ch.De; Геологическое управление Индии в Калькутте)

обнаружил на территории штата Мадхья-Прадеш неплохо сохранившиеся в обнажении песчаника отпечатки капель дождя, шедшего около 1 млрд лет назад. Специалисты считают, что жидкие осадки впервые выпали на Земле не менее 4 млрд лет назад, но реальных свидетельств тому не было. На сегодня находка индийского ученого — одна из древнейших в своем роде, ее изучение позволит судить об атмосферных условиях на планете в те времена. Science. 2002. V.295. №5553. P.267 (США).

Ондатра: мифы и загадки вселения

Н.И.Чесноков

Вопрос о вселении иноземных видов животных возник в связи с необходимостью скорейшего восстановления пушных ресурсов России, подорванных годами войны и разрухи. Началось интродуцирование с ондатры, или мускусной крысы (*Ondatra zibethicus*), — небольшого грызуна, обитающего в озерах и болотах Северной Америки. Зверек с красивым и прочным мехом живет в угодьях, непригодных для сельского хозяйства, питается никому не нужной водной растительностью, быстро размножается. Столь полезные качества и определили выбор вида для первоочередного вселения в нашу страну.

В 1928 г. на Соловецких о-вах выпустили первых 20 ондатр, закупленных в Финляндии. Зверьки прижились, и это послужило сигналом для дальнейшего форсированного завоза. В 1928—1932 гг. было импортировано 1646 ондатр, которых расселили в областях и краях Севера и Сибири. После этого интродуцировали уже потомков, родившихся от иноземных особей. С выявлением безвредности ондатры для сельскохозяйственных культур ее стали выпускать в земледельческих районах. Особенно успешно



Николай Иванович Чесноков, кандидат сельскохозяйственных наук, до ухода на пенсию заведовал отделом Центральной научно-исследовательской лаборатории Главного управления охотничьего хозяйства и заповедников при Совете Министров РСФСР. Круг научных интересов — последствия направленных воздействий на дикую природу. Автор книг: «Экологические закономерности акклиматизации наземных млекопитающих» (Свердловск, 1982), «Дикие животные меняют адреса» (М., 1988), «Осторожно: живое!» (Свердловск, 1991).

она обосновалась в лесостепи Западной Сибири, в бассейнах Балхаша и Аральского моря. Удачное вселение и скорый эффект в виде пушных шкур способствовали расширению масштаба акклиматизации. Никакой другой завезенный вид не внедряли с таким размахом. За годы советской власти в стране было выпущено около 330 тыс. ондатр — это две трети от общего количества расселенных особей всех видов. Ныне зверек распространен повсеместно на территории бывшего

Советского Союза, за исключением гор и безводных пустынь.

В своих угодьях — озерах и займищах — ондатра устраивает норы в берегах или кучеобразные хатки на сплавинах. Основным кормом служат тростник, камыш и рогоз, хотя потребляются и другие высшие водные растения. За летний период самка ондатры приносит до трех пометов из пяти—восьми детенышей в каждом. Мех этого грызуна идет на изготовление шапок, воротников, дамских манто.

© Н.И.Чесноков



Ондатра — первый акклиматизированный иноземный вид.

Наибольшее количество заготовленных шкурок ондатры, вселенной в некоторые районы СССР

Вселение		Максимум заготовок	
место	год	год достижения	число шкурок (тыс. шт.)
Якутская АССР	1930	1963	869
Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий округа (низовья Оби)	1932	1957	547
Балхашское промысловое хозяйство (бас. оз.Балхаш)	1935	1956	1170
Курганская обл.	1936	1948	525
Амударьинское пром. хоз-во	1944	1957	1131

Необъяснимые всплески и обвалы численности

Во многих районах численность вселенной ондатры возрастала быстрыми, буквально взрывными темпами, о чем можно судить по заготовкам шкурок, число которых иногда превышало 1 млн (см. таблицу). Примечательно, что в суровом климате Якутии темпы роста поголовья зверька оказались почти столь же стремительными, как и в теплом климате. Отличия по крупным территориям были обусловлены площадью угодий,

объемами расселения, климатическими и гидрологическими условиями.

Бурное увеличение численности вселенного вида было неожиданным, ведь до этого никто не ввозил чужеземный вид и не знал, как быстро станет возрастать его поголовье. Загадка требовала научного объяснения. А кто мог дать такое объяснение? Вспомним, какое было время. Полное отрицание генетики, фактический запрет экологии, на которую навесили ярлык бесполезной науки.

Быстрый и высокий рост поголовья интродуцированной

ондатры посчитали закономерным явлением. Исходя из этого, увеличение пушных ресурсов за счет завоза новых видов животных казалось перспективным.

Однако взрывной рост численности сменился столь же резким ее падением, буквально обвалом. Нужно было найти приемлемое объяснение такого обвала, причем без привлечения генетики и экологии. Причинами посчитали усыхание озер, болезни, хозяйственную деятельность. В самом деле, эти факторы и их отрицательная роль были видны воочию. В Западной Сибири, например, в 50-х годах сильно снизилась увлажненность территории, площадь озер сократилась от усыхания в несколько раз. В лесостепи эпизоотии туляремии и омской геморрагической лихорадки безжалостно косили поголовье, сотни и тысячи трупов усеяли ондатровые угодья. Кроме того, их площади резко сократились из-за энергетических и сельскохозяйственных потребностей. Капчагайская плотина на р.Или обсушила тысячи гектаров местообитаний ондатры, воды Амударьи с каждым годом все больше разбирались на полив хлопчатника, обрекая на высыхание богатейшие ондатровые угодья в низовьях реки. Конечно, нельзя отрицать неблагоприятного влияния на поголовье этого зверька усыхания озер, осушения угодий, эпизоотий. Но ведь резко упала численность (о чем судили по количеству заготовленных шкурок) и в районах, где ничего этого не было, например на Обском Севере, в Якутии. Значит, в сокращении поголовья ондатры были главными не эти факторы, а другие, общие для всех районов акклиматизации вида. Тем не менее возник миф, что высокая численность — результат успешной акклиматизации ондатры, а снижение поголовья вызвано привходящими причинами.

Места для поселения ондатры выбирали, как правило, ученые, сведущие в биологии. Од-

нако жизненные потребности всеяемого вида в то время еще были слабо изучены, и люди часто ошибались. Так, инициатор завоза ондатры Б.М.Житков рекомендовал выпускать ее в северные болота. Освоение их этим зверьком, по мнению Житкова, дало бы миллионы шкурок. К рекомендациям маститого ученого прислушались, и первых мускусных крыс выпустили в северные болотистые местности Архангельской обл., левобережной части Красноярского края и др. Но болота там — преимущественно сфагновые, в них нет высших водных растений. А сфагновый мох ондатра не ест, и ей приходилось довольствоваться малоценными кормами: хвощом, осокой, ежеголовником и другой растительностью таежных озер и рек. В основном по причине малокормности угодий заселение таежных мест оказалось слабо эффективным.

В иных случаях ондатра сама находила более кормные угодья. Показательным примером может служить Обский Север. Пойма Оби с большим количеством заливных озер считалась непригодной для обитания мускусной крысы по причине значительных сезонных колебаний водного режима. Ондатру выпустили в глубинные таежные районы — в верховья Малой Сосьвы. Низкая кормовая ценность таежно-речных угодий понудила новоселов мигрировать вниз по течению обских притоков. В пойму Оби, где озера были богаты кормами, ондатра пришла сама. Зверьки адаптировались к колебаниям гидрорежима, и численность стала быстро расти. Высокий уровень заготовок ондатры в Нижнем Приобье получили только за счет пойменных животных, но с запозданием на несколько лет, потерянных из-за неэффективности первичного заселения. Все это указывает на важность кормового фактора для роста численности интродуцированного вида.



Ондатровая хатка на сплавине.

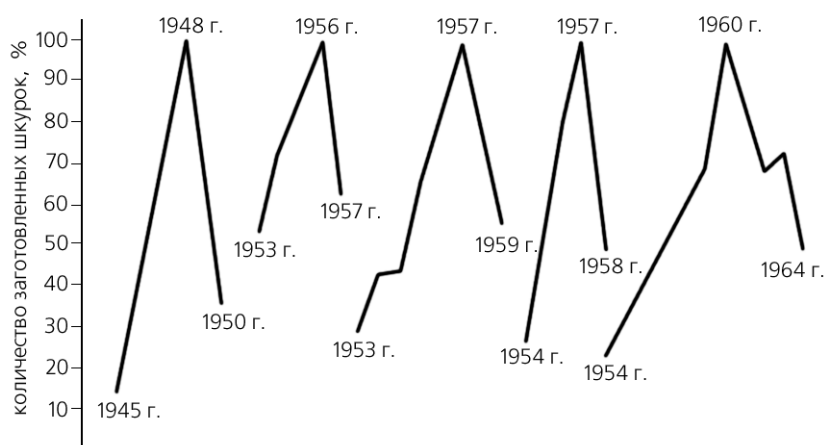


Озеро в пойме Оби — распространенный на севере тип ондатровых угодий.

Скрытый ресурс и переменчивый показатель

Считалось, что кормов для ондатры достаточно даже в пору ее высокой численности. Поэтому не возникал вопрос о соответствии естественного вос-

производства пищевых растительных ресурсов феноменальному взрыву поголовья всеяемого вида. Между тем в южных районах образуется намного больше биомассы кормовых растений, чем в северных. Понятно, что в Казахстане, Средней Азии ежегодный прирост



Динамика заготовок ондатровых шкурок в Курганской обл., бассейне оз. Балхаш, низовьях Амударьи, Ямало-Ненецком округе, Северо-Восточной Якутии (слева направо). За 100% принято максимальное количество зверьков, добытых в каждом районе акклиматизации.

водной растительности в какой-то степени обеспечивал высокий уровень поголовья ондатры. Однако на севере продукция водных растений определенно не могла покрыть энергетических затрат на увеличение численности. И тем не менее там ее подъем был сопоставим с тем, что наблюдался в южных районах. Откуда же ондатра черпала энергию? Анализ динамики заготовок ондатровых шкурок в разных местах вселения грызуна и кормовых характеристик водоемов (фоновых видов растительности, прироста биомассы, доступности и пр.) не выявил никакой взаимосвязи. Единственным неучтенным фактором мог быть запас растительной биомассы в стеблях, накопленный за ряд лет. Только подводными запасами кормов, видимо, и объясняются близкие темпы роста численности южной и северной ондатры. Отсутствие количественных данных о биомассе и энергетической ценности стеблей водных растений лишает возможности точно обозначить роль подводных запасов в обеспечении бурного роста ондатрового поголовья. Сейчас можно лишь утверждать, что со

времени достижения максимальной численности накопленные запасы кормов были полностью израсходованы, и из-за нехватки пищи она резко, обвально, снижалась. По-видимому, на севере именно бескормица служила главным мощным лимитирующим фактором, в то время как враги, конкуренты, болезни из-за слабой насыщенности биоценозов не играли существенной роли.

Принято считать, что показатель плодовитости — величина, специфичная для каждого вида. Это справедливо для животных в обычных условиях их существования. Ничтоже сумняшеся, данное положение распространили на ондатру в период ее вселения. Спорадическими и кратковременными (преимущественно экспедиционными) исследованиями ее плодовитости были получены данные, которые существенно различались по регионам, но оставались постоянными в каждом из них. Так, в работе В.С.Смирнова и С.С.Шварца говорилось, что в низовьях Оби в середине 50-х годов на самку приходилось в среднем около 22 детенышей [1]. Это больше, чем у лесостепных зверьков.

Миф о постоянной величине плодовитости как показателе, характерном для ондатры того или иного района, породил неправильные выводы. Во-первых, он дезориентировал Управление охотничьего хозяйства в размещении зверьков по территориям. К примеру, из данных Смирнова и Шварца следовало, что Нижнее Приобье весьма перспективно для разведения ондатры. Во-вторых, плодовитость сочли приспособительным, передающимся по наследству признаком, который соответствует условиям того или иного района. Это означало, что новые виды якобы можно вселять куда угодно, они адаптируются, приобретут нужные свойства, в том числе адекватную плодовитость.

В действительности же в период вживания вида на новой территории этот показатель довольно лабилен: повышается в начале освоения свободного пространства и снижается, когда процесс завершен. Однако и на этой стадии плодовитость не остается постоянной. В пойме Оби (Ханты-Мансийский р-н), например, в 1960—1963 гг. она менялась от 13,8 до 15,6 детенышей на самку, в зависимости от высоты и продолжительности весенне-летнего половодья.

Безуспешные попытки оздоровления и миф об инбридинге

С началом падения численности ондатры предпринимались меры, чтобы остановить его. В лесостепи Западной Сибири среди причин снижения поголовья немаловажная роль принадлежала болезням — туляремии и омской геморрагической лихорадке. Эти заболевания обычно возникают при высокой численности водяной крысы (*Arvicola terrestris*), а от нее заражается и ондатра. Изолировать виды друг от друга невозможно, так как в водоемах они соседст-

вуют и соприкасаются, в частности, на кормовых площадках ондатры. Мне неоднократно попадались водяные крысы в капканы, установленные в местах кормления ондатры.

Для профилактики эпизоотий применялись разные способы, но они оказались неэффективными. К сожалению, вакцинирование через подкормку не было проведено в связи с краткостью жизни ондатры (в естественных условиях поголовье зверьков обновляется через два года) и высокими затратами на осуществление этого мероприятия. Попытки защитить ондатру от эпизоотий еще одним методом. По периметру конкретного ондатрового озера, куда еще не проникли болезни, пропахивали борозду, на которой устанавливали капканы для отлова водяных крыс. Но этот способ не прижился.

Тщетность оздоровления поголовья ондатры от эпизоотий обусловлена непониманием природы болезней и их экологической роли. Ошибочен подход к болезням как внешнему неблагоприятному явлению, которое не зависит от численности ондатры и степени ее вживания в местные биоценозы. В связи с этим и решения, направленные на борьбу с туляремией и геморрагической лихорадкой, часто бывали неправильными, так же, как и меры по восстановлению поголовья после болезней. Считалось, что последнего можно добиться запретом промысла в районах распространения эпизоотий, однако это не всегда оправдано, и даже вредно, если запрет чрезмерно длителен. В южных лесостепных районах Тюменской обл., где регулярно возникали эпизоотии, промысел не проводился с 1970 по 1972 г. За это время численность ондатры возросла, но в результате новой вспышки эпизоотий опять упала до низкого уровня.

В места, где поголовье интродуцированной ондатры увеличивалось медленно или силь-

но снижалось, нередко завозили новых зверьков (по нашим подсчетам, их количество составляло 20% от 330 тыс. вообще расселенных в СССР). Так было в северных районах Вологодской обл., Коми АССР, северной части Свердловской обл. и в зоне западносибирской лесостепи (Курганской, Новосибирской, Омской, Тюменской областей). Повторным выпуском в основном преследовалась цель «освежения крови» для борьбы с инбридингом (близкородственным скрещиванием), угнетающим якобы воспроизводство поголовья ондатры. Однако нигде не получили ожидаемого результата. Ондатры как было мало, так и осталось. Затраты сил и средств оказались напрасными.

В то время ученые, отрицающие близкородственное скрещивание в дикой природе, не могли открыто выразить свое мнение. Сторонники же во всю старались уверить в существовании этого явления, опираясь на опыт зоопарков и спортивных охотничьих хозяйств, где практиковалось вольерное разведение копытных. В итоге мнение об инбридинге в природе утвердилось и было взято на вооружение ее «преобразователями», хотя никто и нигде не имел ни прямых, ни косвенных доказательств инбредной депрессии в дикой фауне. Миф о близкородственном скрещивании ондатры существовал до восстановления в правах генетики и экологии.

Развенчание мифов

Стремительный и высокий рост численности вида на новой территории Ч.Элтон назвал экологическим взрывом. Происходит он не мгновенно, а растягивается на несколько лет и обусловлен вполне естественными причинами. Вселенный вид не испытывает недостатка кормов в это время, он еще почти не связан с местным биоце-

нозом. И поголовье стремительно растет, пока позволяют кормовые ресурсы и пока не сформируются биоценотические факторы регулирования численности. Как только они сформировались, численность начинает быстро снижаться. Чрезмерно высокий уровень поголовья — это временное неустойчивое состояние нового вида. Биотические (в первую очередь кормовые ресурсы) и биоценотические (враги, конкуренты, болезни) регулирующие факторы держат его под контролем, не давая выйти за пределы равновесия биоценоза.

Таким образом, высокая численность ондатры в результате экологического взрыва не может служить показателем успешного вживания на новой территории, не может считаться окончательным результатом акклиматизации. Обвальное падение численности неизбежно, так как устраняется неравновесие в экологической системе, вызванное вселением вида. Если после резкого уменьшения поголовья численность стабилизируется, значит, вид включился в биоценоз и акклиматизация удалась.

Но в период вселения ондатры «лица, принимающие решения», руководствовались другим: успехом интродукции считали максимум численности. И все меры были направлены именно на его достижение. В результате усилия тысяч работников ондатровых хозяйств оказались напрасными. Падение численности ондатры связывали с излишним промыслом, однако его уменьшение не дало желаемого результата.

Бытовавшее в период покорения природы мнение о плодovitости ондатры как приобретенном признаке, сохраняющем постоянство в каждом конкретном районе вселения, не выдерживает никакой критики. Плодовитость, присущая ондатре, в процессе акклиматизации изменялась очень широко в зависимости от этапов вселения ви-

да и оказалась тем «инструментом», который обеспечивал внедрение зверька на новую территорию.

Миф, утверждающий возможность победить эпизоотии в лесостепи Западной Сибири, полностью абсурден. Вселенная туда ондатра оказалась в природных очагах туляремии и омской геморрагической лихорадки. Став сочленом очаговых биоценозов, она сохраняла и переносила очаговые болезни. В этих условиях побороть эпизоотии невозможно. Ондатровое хозяйство должно приспособиться к существующему положению и рационально управ-

лять численностью путем гибкого регулирования промысла.

Нет никакого научного обоснования и у последнего мифа — о наличии инбридинга у ондатры. Если бы его последствия столь пагубно сказывались в дикой природе, не возникли бы новые «островные» виды из единичных пар особей, попавших в новый ареал. Естественный отбор жестко отбраковывает организмы с пониженной жизнестойкостью и оставляет лишь жизнеспособных особей. При интродукции ондатры во время экологического взрыва неполноценные особи тоже отсеивались естественным

отбором, и популяция формировалась из жизнестойких зверьков, генотипы которых складывались уже в условиях панмиксии — свободного скрещивания.

Итак, неожиданности и загадки, которые сопровождали процесс внедрения ондатры в фауну СССР, оказались вполне объяснимыми. Акклиматизация любого вида состоит из нескольких фаз, и на каждой из них вселенцы отличаются по генетическим и экологическим характеристикам поголовья [2]. Почти в чистом виде эта модель реализовалась при вселении ондатры. ■

Литература

1. Смирнов В.С., Шварц С.С. Сравнительная эколого-физиологическая характеристика ондатры в лесостепных и приполярных районах // Вопр. акклиматизации млекопитающих на Урале. Тр. БИ УФАН СССР. Вып.18. Свердловск, 1959. С.91—137.
2. Чесноков Н.И. Акклиматизация диких животных // Природа. 1989. №4. С.59—68.

Организация науки

Японские премии ученым

Одним из лауреатов Японской премии по науке и технике за 2001 г. стал профессор Массачусеттского технологического института в Кембридже (США) Тим Бернерс-Ли (T.Berners-Lee) за вклад в развитие цивилизации — создание всемирной сети Интернет. Сейчас ему 46 лет; отмеченная работа была выполнена им в ЦЕРНе — Европейском центре ядерных исследований (Цюрих, Швейцария). Этот лауреат — самый молодой из всех, удостоенных Японской премии за ее 16-летнюю историю. Денежная часть награды составляет 50 млн йен (примерно 416 тыс. долл. США).

Вторая Японская премия разделена поровну между 74-летней Энн Мак-Ларен

(А. McLaren; Институт изучения рака, США) и 68-летним Анжем Тарковски (A. Tarkowski), директором Зоологического института при Варшавском университете. Они награждены за работы по изучению процессов эмбрионального развития млекопитающих.

Э. Мак-Ларен — первая из женщин, удостоенная Японской премии.

Science. 2001. V.294. №5551. P.2464 (США).

Космические исследования

Космические планы Западной Европы

В Западной Европе объем выделяемых на космические исследования средств остается вот уже в течение шести лет без изменений. Заявка Европейского космического агентства

(European Space Agency — ESA) на увеличение в 2002 г. ассигнований на 4% по сравнению с предыдущим годом была удовлетворена лишь наполовину. Однако такие программы, как «Galileo», создание европейской глобальной навигационной системы, аналогичной GPS, и план усовершенствования ракеты-носителя «Arian-5», получили щедрые ассигнования.

Собрание министров по делам космических исследований 15 западноевропейских государств, входящие в ESA, направило в ноябре 2001 г. правительству США довольно резкое послание, протестуя против его намерения урезать размер финансирования Международной космической станции (МКС). Из выделенных на выполнение европейских обязательств средств участники собрания «заморозили» 60% до

той поры, пока НАСА США не восстановит американскую долю расходов на МКС и не вернет к прежнему уровню число астронавтов, которые должны там жить и выполнять научные эксперименты.

Комитету по научным программам ESA предстоит заняться распределением тех 1.65 млрд долл., которые предназначены на исследовательскую деятельность в 2002—2006 гг. По-видимому, расходы на большинство запусков, намеченных до 2010 г., останутся нетронутыми. Некоторые из более поздних проектов, в том числе «Вері—Colombo» (запуск аппарата к Меркурию), а также «Gaia» с ее астрометрическими задачами, могут быть отложены. Под еще большей угрозой оказались проекты в стадии планирования.

Урезанию подверглась и программа «Аурога», в задачу которой входят поиски признаков внеземной жизни в Солнечной системе. Запрос на ее финансирование составлял 35 млн долл., которыми предстояло оплатить ряд экспедиций к планетам, их спутникам, астероидам и кометам. Фактически на это было выделено лишь 12 млн долл. Специалисты с огорчением констатировали, что научная сторона космических исследований привлекла меньше внимания, чем техническая. В частности, на модернизацию ракеты-носителя «Arian-5», увеличение ее вместимости и способности выводить на орбиту полезный груз ассигновано 620 млн долл. Кроме того, ESA намерено вывести на орбиту 21 навигационный спутник, позволяющий самолетам, морским судам и даже туристам ориентироваться в пространстве с точностью до 1 см. На проектирование и разработку этой системы представлено 470 млн долл. — больше, чем ESA запрашивало.

Science. 2001. V.294. №5547. P.1631 (США).

Химия атмосферы

Экспериментальные исследования аэрозолей

Четвертый международный эксперимент по изучению аэрозолей (IV Aerosol Characterization Experiment) был проведен в апреле—мае 2001 г. у берегов Китая, Японии и Корейского п-ова; активную роль в нем сыграли также австралийские метеорологи, климатологи и специалисты по химии атмосферы. Данный регион отличается большим разнообразием состава аэрозольных частиц как общего антропогенного происхождения, так и пылевых, которые переносятся воздушными потоками из обширных азиатских пустынь.

С аэродрома Кагосима в Южной Японии выполнялись десятки вылетов самолетов-лабораторий для забора образцов воздуха на различных высотах и в разных погодных условиях. Исследовались также аэрозольные процессы в атмосферных фронтах и облаках.

В 2002 г. в лабораториях стран-участниц эксперимента проводится обработка всей накопленной информации, что позволит получить более ясное понимание того, как происходящие ныне перемены в концентрации и составе аэрозолей могут повлиять на климат.

Atmosphere. 2001. №11. P.8 (Австралия).

Метеорология

Ежегодное пари на руку климатологам

Вот уже 84 года в пос.Ненана на Аляске (64°34'с.ш., 149°05'з.д.) проводится праздник под названием Ненанское классическое пари. В самом начале полярной весны его участники стараются угадать с точностью до 1 мин момент, когда заранее установленный на льду

р.Танана (бассейн Юкона) высокий деревянный тренажник упадет в воду, лишившись растаявшей или взломанной ледоходом опоры.

Впервые такое действо послужило в 1917 г. развлечением для строителей железной дороги, соединившей эти края с портом Анкоридж. Тогда победитель получил приз в 800 долл., немалую по тем временам сумму. Сейчас Ненанское пари переросло чуть ли не в общенациональное хобби; в нем участвуют сотни тысяч американцев, большинство которых никогда и не бывало на Аляске (в пос.Ненана едва насчитывается 500 жителей!), а главный выигрыш теперь превышает 300 тыс. долл.

Событие фиксируется с хронометрической точностью и запечатлевается в местных и далеких отсюда печатных органах. Сам «ряд наблюдений» — этот любимый специалистами показатель — достаточно долог. Правда, в конце 60-х годов движение по железнодорожному мосту, около которого воздвигают тренажер, стало очень интенсивным, и ее теперь водружают в нескольких метрах от первоначального пункта. Но этот отрезок речного русла прямой, и небольшой перенос результатов не искажает.

Все это на руку метеорологам, климатологам, гидрологам и гляциологам, старающимся выявить тенденцию изменения природных условий в Заполярье.

Архивные метеорологические и климатологические данные, собранные благодаря пари, используются сотрудниками Морской станции им.Гопкинса при Станфордском университете (США). Они сопоставили ненанскую информацию с полученной в 1949—2000 гг. на «казенной» метеостанции в Фэрбенксе, которая включает сведения об осадках, минимальной и максимальной тем-

пературах воздуха с января по апрель, т.е. в месяцы, предшествующие ледоходу на Танане. Анализ показал, что за 84 года начало ледохода на Танане стало более ранним примерно на 5.5 сут. Но климатический сдвиг осуществлялся неравномерно: в 1920—1940 гг. отмечалось заметное потепление, за которым последовало похолодание, длившееся до 1970 г. Новое значительное потепление шло до конца 90-х годов. При этом существенных изменений в объеме осадков не происходило. Исследователи сделали принципиально важный методологический вывод: данные о таянии речного льда — даже более точный долгосрочный показатель температуры воздуха, чем ее непосредственные измерения.

Так осуждаемый моралистами азарт послужил на этот раз строгим научным целям.

Science. 2001. V.294. №5543. P.741, 811 (США); www.ptialaska.net/~tripod/.

Экология

Генеральная уборка Антарктиды

За более чем столетнюю историю исследования Антарктиды там накопилось немало бытового мусора, выброшенного оборудования и материалов¹. Для хранения и транспортировки этих отходов фирма «Оникс» (филиал группы «Живая окружающая среда») предложила 240 контейнеров стоимостью в 1 млн евро. Первая партия доставлена на австралийскую станцию «Кейси» в декабре 2001 г. Генеральная уборка займет не менее 10 лет: 40 странам, имеющим южнополярные базы, предстоит вывезти около 300 тыс. т всевозможных отходов.

Договор о придании Антарктиде статуса природного

¹ См. также: Загрязнение Антарктиды продолжается // Природа. 1999. №2. С.111.

резервата обязывает государства демонтировать недействующие станции. Однако возникают проблемы. Например, база «Уилкс», построенная американцами в 1957 г., была передана в аренду австралийцам, но последние 30 лет на ней никто не работал. Ни те, ни другие не считают себя ответственными за станцию-«призрак». Российские же полярники предпочитают поддерживать работу своих баз, так как их демонтаж обойдется гораздо дороже эксплуатации.

Terre Sauvage. 2001. №167. P.25 (Франция).

Вулканология

Не шутите с вулканом!

В группе Липарских о-вов, лежащих в Тирренском море, к северу от Сицилии, два острова — Стромболи и Вулькано — издревле известны своим беспокойным нравом.

Среди ночи 20 октября 2001 г. на верхних склонах Стромболи раздался мощный взрыв. За четверо суток до него в двух из трех кратеров, на высоте около 750 м, появилось яркое свечение, послышалось бурление, и вулканологам стало ясно, что магма подступает к поверхности. Специалисты из Национального института геофизики и вулканологии в Риме, геологи из Римского и Цюрихского (Швейцария) университетов держат Стромболи под неусыпным наблюдением. Другое дело — туристы. Ежегодно не одна тысяча ищущих сильные ощущения людей прибывает сюда, чтобы на себе почувствовать неукротимый нрав стихии. Обычно местный гид, выбрав сравнительно безопасное время, доводит туристов до горного уступа, с которого удобно взирать на происходящее. Ближе к огнедышащей расщелине подходить не рекомендуется: прямо под уступом,

в сотне-другой метров, находится терраса с активными кратерами. Итальянские специалисты не раз предлагали построить здесь хотя бы небольшое укрытие, но местные власти ограничились лишь табличками на тропе, предупреждающими о возможной опасности.

Этого, разумеется, оказалось недостаточно, когда ночью 20 октября между старыми кратерами внезапно разверзся новый, диаметром в несколько десятков метров, и оттуда с огромной скоростью стали вылетать куски раскаленного шлака. Прямым попаданием одной такой «бомбы» была тяжело ранена туристка, отбившаяся от группы, чтобы лучше разглядеть происходящее. Срочно доставленная в ближайшую больницу г.Мессина на Сицилии, она вскоре скончалась. Существовать на уступе простейший навес, трагедии скорее всего можно было бы избежать.

На другом конце Земли, на о.Ява (Индонезия), на высоте 2910 м возвышается вулкан Мерапи. С природным высокомерием взирает он на лежащую у подножия густо населенную равнину и на один из крупнейших городов страны — Джокьякарту. Мерапи — вулкан молодой и в буквальном смысле полный огня. Он никак не может сохранить на своей вершине растительность: едва она пробьется, как новое извержение все наголо сжигает. И даже в предгорьях терпеливые крестьяне часто вынуждены пересевать свои поля, в очередной раз уничтоженные потоком раскаленных каменных глыб и грязевых селей. В августе 2001 г. образованный изверженными породами новый купол, не выдержав собственного веса, обрушился и похоронил под собой двух туристов, не внявших предостережению.

Bulletin of the Global Volcanism Network. 2001. V.26. №.10. P.2, 4 (США).

Экологическая ситуация и здоровье людей средневековой Москвы

Е.И.Александровская,
кандидат географических наук
Т.Д.Панова,
кандидат исторических наук
Музей-заповедник «Московский Кремль»

Существует устойчивое мнение, что экологическая ситуация в далеком прошлом значительно отличалась от современной в лучшую сторону. Однако многочисленные локальные исследования древних культурных слоев и погребенных почв это предположение подтверждают далеко не всегда [1].

Анализ микроэлементного состава культурных слоев выполнялся рентгенофлуоресцентным методом в Почвенном институте им.В.В.Докучаева РАН. Интерпретация данных химического состава проб из различных археологических объектов требует знаний как о среднем содержании каждого химического элемента (кларка) в земной коре, так и о его подвижности (миграции) в конкретных ландшафтно-геохимических условиях. Например, содержание марганца в культурных слоях во многом определяется застоем воды (марганец становится подвижным и легко выносится) или хорошей аэрацией (в этом случае он теряет подвижность и накапливается, но обычно в небольших количествах). Вместе с тем анализы вещества из древних печей часто показывают высокую концентрацию марганца. Это свя-

зано с тем, что в золе многих деревьев (особенно берез) среднее его содержание составляет 700 мг/кг, а если деревья росли во влажных условиях, концентрация этого элемента увеличивалась в десять раз. При сжигании растений накопившийся марганец частично улетал с дымом, а частично накапливался в золе (табл.1).

Выявленные в горизонте XVII в. в районе пер.Большого Головина повышенные концентрации мышьяка, свинца и меди несомненно связаны с металлургическим производством, которое было расположено ря-

дом. Об этом свидетельствует как совместное накопление этих элементов, так и появление циркония, поступающего с песком, обогащенным минералом цирконом. Такой песок особо ценится в формовочном литье.

В исследованном раскопе близ домов 17–19 по ул. Рождественка заметно высокое содержание цинка, меди и свинца. При этом содержание циркония — низкое (табл.1). Вероятно, такое распределение элементов также связано с металлургическим производством, но находившимся на значитель-

Таблица 1
Содержание микроэлементов (мг/кг) в почвах и культурных слоях из археологических раскопов

Элементы	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Pb	Rb	Sr	Zr
Кларк	700	99	30	76	2	13	78	384	162
БГ яма (XVII–XVIII вв.)	310	6	10	19	9	11	52	108	332
БГ КС2 (XVII в.)	966	18	296	139	26	696	83	129	340
БГ А1пахотн.	379	3	33	63	5	18	44	98	271
Р. КС черный (XVI в.)	985	33	84	180	2	89	58	144	142
Р. А1пахотн. 0–10	800	15	63	162	2	59	63	121	168
Р. А1пахотн. 10–15	449	17	22	76	7	9	51	94	183
Ц. Верхний горелый слой	1310	9	31	42	8	13	13	83	91
Ц. А1/углистый слой	3000	11	13	42	7	7	4	82	214
Ц. А1/КС (XIV–XV вв.)	4140	11	83	51	9	9	45	82	191
Ц. Исходная почва	230	9	15	21	5	2	2	79	145

БГ — район пер.Большого Головина, Р — ул.Рождественка (раскопки И.А.Бойцова); Ц — у церкви Живоначальной Троицы в Старых полях (раскопки А.Г.Векслера). Здесь и в других таблицах кларк элементов дан по [2], КС — культурный слой, А1 — гумусовый горизонт почвы.

Таблица 2
Содержание микроэлементов (мг/кг) в культурных слоях Московского Кремля

Элементы	Ni	Cu	Zn	Ga	Hg	As	Br	Pb	Rb	Sr	Y	Zr
Кларк	99	30	76	15	0.5	2	0.7	13	78	384	30	162
КС, 120 см (XV в.)	31	57	103	8	1.2	6	3	24	46	112	23	153
КС яма, 150 см (XV в.)	24	59	99	8	0.9	5	3	28	38	106	16	92
КС яма, 200 см (XIV в.)	13	26	57	6	0.7	5	1	10	37	87	15	129
Горизонт вымывания (накопления полуторных окислов), 150 см	14	12	14	5	0.5	10	0	2	41	73	12	35

Раскопки Н.А.Кренке, Т.Д.Пановой.

Таблица 3
Микроэлементный состав (мг/100г) костной ткани древних москвичей, похороненных на кладбище у церкви Живоначальной Троицы в Старых полях

Элементы	Ni	Cu	Zn	Mn	Pb	As	Ag	Hg
Среднее содержание в костной ткани современного человека	0.7	1.8	14	10	1.9	0.1	0.04	0.04
Объект 153	0.1	0.6	24	34.7	5.3	0.2	0.01	0.03
155	0.1	0.3	36	70.0	10.5	0.1	0.01	0.03
156	0.4	0.9	60	27.8	5.9	0.1	0.01	0.03
162	0.4	4.0	60	56.0	16.4	0.3	10.0	0.03
164	0.5	0.5	42	28.0	2.0	0.1	0.01	0.03
165	0.5	0.9	48	112	0.1	0.1	0.01	0.03
167	1.0	1.0	152	315	0.8	0.3	0.01	0.03
168	1.0	1.0	130	80.5	4.2	0.4	0.01	0.01
169	0.1	0.9	30	47.0	0.5	0.1	0.01	0.02
174	0.9	0.9	64	15.7	4.0	0.3	0.01	0.01
176	0.1	0.5	21	21.0	0.5	0.1	0.01	0.02
198	0.2	0.3	53	63.0	1.0	0.1	0.01	0.03
201	0.2	0.1	36	10.5	0.3	0.1	0.01	0.03

ном расстоянии. При выплавке меди цинк и свинец улетучиваются вместе с отработанными газами, однако затем конденсируются и осаждаются.

В других районах средневековой Москвы (например, в северо-западной части Китай-города) геохимическая ситуация была иной. Мы исследовали раскоп у церкви Живоначальной Троицы, что в Старых полях — сейчас это район Кучкова Поля. Исходное содержание макро- и микроэлементов в почвах у храма довольно бедное. Об этом можно судить по составу исходной почвы (табл.1). Концентрация меди, цинка, свинца и других микроэлементов в почвах меньше их средней концентрации в зем-

ной коре. Это связано с промывным водным режимом (преобладанием выпадения осадков над испаряемостью) и слабокислой реакцией почвенных растворов. Содержание меди в природных почвах 10—20 мг/кг (при кларке 65 мг/кг). Именно такие низкие значения и следует считать природным фоном.

В культурных слоях реакция меняется на слабощелочную. Медь и другие металлы в нейтральной среде малоподвижны и не могут поступать сверху. Увеличение концентрации меди в культурных слоях свидетельствует об активном ее использовании в древней Москве. В культурном слое у Троицкой церкви содержание меди колеблется от

39 до 83 мг/кг, что может быть связано со специфической хозяйственной деятельностью. Известно использование медного купороса для защиты стен зданий (в данном случае церкви) от плесени.

В изученных культурных слоях отмечается совместное накопление меди, цинка и мышьяка (табл.1, 2). В прошлые века активно выплавлялась мышьяковистая бронза — сплав меди и мышьяка с добавлением свинца, цинка и других металлов [3]. Кроме того, мышьяк использовался как депилятор при выделке кож и для защиты жилищ (особенно подвалов) от мышей и крыс.

Интересно, какая геохимическая ситуация в те далекие времена была на территории Кремля, где жили знатные люди? Результаты химических определений (табл.2) показывают незначительное повышение содержания микроэлементов в культурных слоях и других отложениях рядом с Архангельским собором.

В какой степени геохимическая среда, продукты питания, хозяйственная деятельность и особенности быта влияли на здоровье и поведение древних москвичей отчасти можно установить, изучая их костные останки. Костная система, участвуя в обмене веществ (особенно минеральном), способна быстро отдавать в кровь свои соединения и тем самым поддерживать гомеостаз внутренней среды.

Анализ микроэлементного состава костных останков также выполнялся в Почвенном институте рентгенофлуоресцентным методом, позволяющим полностью сохранить исследуемый объект. Сравним микроэлементный состав костной ткани простых и знатных москвичей средневековья (табл.3, 4). Для того чтобы выяснить влияние химического состава саркофагов, в которых были захоронены знатные женщины, был определен и химический состав сарко-

фагов (табл.5). Люди, похороненные у Троицкой церкви, проживали и работали на всей территории Кучкова Поля. Поэтому при интерпретации полученных данных следует учитывать также данные геохимических исследований слоев из раскопов в пер. Большой Головин и на ул.Рождественка.

Почти во всех захоронениях отмечается повышенное содержание марганца. Он присутствует во всех органах и тканях живых людей. Наиболее богаты им печень, щитовидная железа и скелет. Суточная потребность в марганце составляет 3–8 мг. Если продукты питания и вода не обеспечивают такое его содержание, может развиться анемия и нарушение минерального обмена костной ткани [4]. При постоянном избыточном поступлении марганца в организм возможно изменение психической деятельности: снижение активности, памяти, сужение круга интересов, нарастающие астения, возникновение насильственных эмоций (плача или смеха) [5].

В костной ткани простых москвичей часто устанавливалось повышенное количество цинка, что могло быть связано как со специфической диетой русских людей средневековья, часто употреблявших в пищу овес и горох, содержащие этот элемент (табл.6), так и с местом их обитания близ металлургических производств. Токсичность соединений цинка невелика. Он необходим для нормального роста и развития растений и животных. Пониженное же его содержание в московских почвах (30–40 мг/кг при норме 75 мг/кг) могло приводить к замедленному физическому развитию и некоторому снижению роста.

Свинец — элемент, поражающий печень, почки, периферическую и центральную нервную систему и, следовательно, влияющий на поведенческие реакции [4]. При небольших, но длительных поступлениях

Таблица 4
Микроэлементы в костной ткани людей, похороненных в Кремле (мг/100г)

Элементы	Ni	Cu	Zn	Mn	Pb	As	Ag	Hg
Среднее содержание в костной ткани современного человека	0.7	1.8	14.0	10.0	1.9	0.1	0.04	0.04
Евдокия Донская. 1407 г.	0.5	1.1	10.0	10.0	20.0	0.1	0.04	0.03
Вел. кн. Софья Палеолог. 1503 г.	0.1	7.1	27.0	0.4	58.6	0.3	0.04	0.05
Вел. кн. Елена Глинская. 1538 г.	0.1	3.8	40.6	0.4	56.4	0.8	0.04	0.05
Царица Анастасия Романовна. 1560 г.	0.3	9.1	24.9	0.3	160.0	0.8	6.0	0.13
Царица Мария Нагая. 1608 г.	0.8	1.9	24.3	1.2	19.3	0.1	0.04	0.60
Монах, захор. 905	1.2	3.6	23.9	18.0	8.7	3.0	–	0.03
Монах, захор. 906	1.0	3.9	39.8	14.0	32.0	5.6	–	0.09

Таблица 5
Микроэлементы (мг/100г) в саркофагах

Элементы	Ni	Cu	Zn	Mn	Pb	As	Ag	Hg
Среднее содержание в костной ткани современного человека	0.7	1.8	14.0	10.0	1.9	0.1	0.04	0.04
Саркофаг Евдокии Донской	0.2	0.1	2.0	3.0	0.3	–	0.01	0.01
Саркофаг Софьи Палеолог	0.2	0.8	9.0	1.0	0.3	–	0.01	0.01

Таблица 6
Содержание микроэлементов (мг/100г) в пищевых продуктах [6]

Продукт питания	Mn	Ni	Cu	Zn
Пшеница	3.700	0.216	0.530	2.810
Рожь	2.770	0.303	0.460	2.040
Овес	5.250	0.080	0.600	3.610
Ячмень	2.460	0.026	0.470	2.710
Гречиха	1.760		0.660	2.710
Горох	1.750	0.247	0.750	3.180
Капуста	0.170	0.005	0.075	0.400
Картофель	0.170	0.005	0.140	0.360
Морковь	0.200	0.006	0.080	0.400
Грибы	0.410–0.740		0.290	0.260
Молоко коровье	0.006		0.012	0.457
Молоко козье	0.017		0.020	
Свинина	0.029		0.096	2.070
Говядина	0.035		0.182	3.240
Баранина	0.035		0.238	2.820
Мозги	0.025		0.200	3.420
Печень	0.315	0.063	3.800	5.000
Гуси	0.018		0.243	2.450
Куры	0.019		0.076	2.055
Яйцо	0.029		0.083	0.996
Зубатка	0.028		0.070	0.500
Карп	0.150	0.007	0.134	2.000

свинца в организмы подопытных мышей, у последних возрастало число вертикальных вставаний и горизонтальных перемещений [5]. У людей такие поступления могут вызывать беспокойство, «охоту к перемещению мест».

Если повышенное содержание свинца в костной ткани простых москвичей встречается лишь периодически, то у знатных, особенно дам, оно постоянно. Одна из причин попадания в их организм вредных веществ — использование ток-

сичных косметических средств, широко распространенных в Европе в средние века. Кроме того, для оформления интерьера жилищ использовали свинцовые краски для оконных переплетов. Об этом писал в конце XVIII в. российский исследователь К.Ф.Борн: «А окрашивание деревянных частей свинцовыми красками должно происходить задолго до вселения, так как они загрязняют воздух» [7].

Опасны для людей были и мышьяковистые краски, которыми красили стены: королевская желтая (измельченный аурипигмент), желтая (мышьяк с серой), брауншвейгская зелень (100 частей медного купороса, 25 мышьяковистого ангидрида и 10 частей кальцинированного поташа), зелень Шееле (кислая медная соль мышьяковой кислоты). К тому же в сырых помещениях плесневый гриб *Penicillium brevicaulis* перерабатывал мышьяковистые краски в ядовитый газ с чесночным запахом — триметиларсин.

Мышьяк, как и любой другой микроэлемент, необходим для нормального функционирования организма. Он в небольших количествах благотворно влияет на процессы кроветворения,

обмен веществ, скорость роста тканей, толщину костей, но при его избытке поражается сердечная мышца, нервная система, нарушается обмен веществ. В картине хронического отравления соединениями мышьяка первое место занимают поражения кожи и слизистых оболочек верхних дыхательных путей, периферической нервной системы. Тем не менее в средневековые мышьяковистые лекарства широко применялись для лечения ангины и возвратного тифа.

Лекарства (в основном мази), при изготовлении которых использовали свинец, ртуть и мышьяк, были постоянным источником накопления вредных для средневекового человека веществ. Это были дорогие лекарства, и использовать их могли только состоятельные люди.

Начало применения ртути с лечебной целью в Европе относится к X в., а сравнительно широко ее стали использовать с XV—XVI вв. Следует упомянуть об одной редкой находке в Кремле. В 1843 г. при строительстве ледников в склоне Боровицкого холма (на Подоле, недалеко от церкви Константина и Елены) были найдены два сосуда. В первом, металличе-

ском, лежали грамоты времени правления Дмитрия Донского. Во втором, представлявшем собой сфероконус из закаленной глины, находилась ртуть [8]. Это говорит о том, что ртуть использовали на Руси, и в частности в Москве, уже в XIV в.

В костной ткани знатных людей отмечается значительное количество ртути. Небольшие ее поступления усиливают фагоцитарную активность лейкоцитов крови и повышают интенсивность теплообмена. Поэтому ртуть в средневековье применялась для лечения многих болезней. Однако накопление ее в организме чрезвычайно опасно. Она концентрируется в костном мозге, печени, селезенке, почках. При отравлении содержание ртути в мозге может увеличиваться в 20—30 раз!

Таким образом экологическая ситуация в Москве, как и в других городах средневековья, была непростой. Причем это связано не только с производствами, в которых отсутствовала какая-либо очистка, но и с бытом древних москвичей. Для определенных социальных групп свойственны избыточные поступления разных элементов, влиявших на здоровье и поведение людей. ■

Литература

1. Александровская Е.И. Ландшафтно-исторический аспект в вопросах загрязнения городских ландшафтов (на примере Московского региона) // Геоэкология урбанизированных территорий. М., 1996. С.89—102.
2. Emsley D. The elements. Oxford, 1991.
3. Яхонтова Л.К., Брызгалов И.А., Гак Е.И. Бронза из бронзового века // Природа. 2002. № 8. С.58—62.
4. Вредные химические вещества. Л., 1988.
5. Ogilvil D.M., Martin A.H. // Arch Environ. Contam. and Toxicol. 1982. V.11. №2. P.249—252.
6. Химический состав пищевых продуктов. М., 1979.
7. Мирский М.Б. Медицина в России XVI—XIX вв. М., 1996.
8. Панова Т.Д. Клады Кремля. М., 1996.

Сухумский субтропический дендропарк

С.М.Бебия

Всему миру известно о подвиге ученых Ленинграда, которые в блокадные годы умирали от голода, но не приоткрылись к зернам коллекции генофонда культурных растений, созданного академиком Н.И.Вавиловым. А многие ли знают о существовании другой уникальной коллекции, теперь уже живых растений, связанной также с именем Вавилова? Ей угрожала не война, а гибель от бюрократического крючкотворства. Речь идет об уникальном субтропическом дендропарке в Сухуми.

Уроженец Костромской губернии Николай Николаевич Смецкой, получив в наследство от своего брата-лесопромышленника небольшой земельный участок, прибыл в Сухум на постоянное местожительство. В 1893 г. им был заложен крупный субтропический дендропарк на площади 40 десятин, приобретенных у нескольких частных лиц. Он ставил целью собрать как можно более разнообразную коллекцию полезных растений из различных стран и акклиматизировать их, привлекая за краем большую будущность в лечебном, сельскохозяйственном и культурном развитии.

План парка был разработан в Италии. Растения покупались



Сергей Михайлович Бебия, доктор биологических наук, заведующий отделом интродукции растений Института ботаники Академии наук Абхазии. Руководит кафедрой лесного хозяйства Абхазского государственного университета. Область научных интересов — история и география горных лесов Евразии, динамика растительных сообществ, дендрология.

на французской Ривьере и в других садовых заведениях Европы [1].

Благодаря настойчивости и усилиям Смецкого, правильной посадке и хорошему уходу многие растения из Юго-Восточной Азии, Японии, Гималаев, Северной Америки, Австралии и других регионов земного шара успешно прижились здесь и дали полноценные семена.

Со временем парк, или акклиматизационный сад, как на-

зывал его Смецкой, стал одним из самых редкостных по видовому составу субтропических растений, число которых приближалось к 250, и приобрел международную известность [2].

В 1916 г. Смецкой обратился к министру народного просвещения России с просьбой принять сад в дар государству. Специалисты рекомендовали передать его в ведение Академии наук и открыть в нем ботаническое отделение и морскую био-



Сухумский субтропический дендрарий.

логическую станцию. Все это свидетельствовало о признании достоинства сада и необходимости его развития для пользы науки и отечества. По стечению обстоятельств дарственная не была оформлена. Последующие 5—6 лет оказались не самыми лучшими в истории дендропарка. Хотя с установлением Советской власти он перешел в ведение казны, тем не менее был предоставлен самому себе, не финансировался, не получал должного ухода и стал приходить в упадок. В апреле 1921 г. Наркомзем Абхазии принимает решение о передаче парка в ведение Сухумской садовой сельскохозяйственной опытной станции (Ботанического сада). К концу 1923 г. основная часть парка была обеспечена текущим уходом, однако содержание и развитие его также оказались не по силам опытной станции.

Лишь с организацией в 1925 г. на базе этого сада Сухумского субтропического отделения Института прикладной ботаники и новых культур, знаменитого ВИРа, руководимого Вавиловым, был дан мощный толчок для его развития на научной основе. Уникальный, бесценный сад стал, наконец, служить науке и отечеству. Институт прикладной ботаники сразу же приступил к закладке на территории сада значительных по производительности питомников. Обширные корреспондентские связи, многочисленные экспедиции Вавилова позволили собрать здесь за короткий период (8—10 лет) разнообразнейший материал, расширивший коллекцию до 900 видов и форм древесно-кустарниковых растений [3]. В те годы по видовому составу дендропарк был богаче Батумского и Сухум-

ского ботанических садов, Сочинского дендрария. По словам видного ботаника профессора Е.Баранова, «организованный Н.Вавиловым питомник субтропических культур под Сухуми является богатейшим в мире для соответствующей широты. Он сыграл огромную роль в развитии субтропического хозяйства на Черноморском побережье Кавказа». Ценно и то, что многие растения достигают здесь лучшего роста и развития. Академик Вавилов не зря назвал этот край «воротами интродукции растений в СССР». Многие растения, прошедшие здесь акклиматизацию, стали важнейшими пищевыми, техническими, лекарственными, декоративными культурами Юга нашей страны. Дендропарк стал ценнейшим собранием и хранилищем генофонда мировой субтропической дендрофлоры, ис-

точником семенного и вегетативного материала для размножения. К примеру, он и сегодня является единственным источником полноценных семян пальм в пределах бывшего СССР и Восточной Европы.

В парке была собрана уникальная и самая крупная коллекция магнолии, камелии, агав, саговника в открытом грунте. Здесь заложены аллеи пальм — слоновой и вашигтонии.

По мнению ряда видных зарубежных ученых, ознакомившихся с коллекцией дендропарка в разное время, она была одной из лучших в Европе [4].

Таким образом, благодаря Вавилову, субтропический дендропарк становится уникальной базой для проведения широкомасштабных исследований, для развития отечественной биологии и практического растениеводства.

В конце 30-х годов по своему развитию и научно-исследовательским работам дендрарий приобретает новый статус и с 1941 г. переходит в ведение Сухумского ботанического сада АН ГССР. К этому времени академик Вавилов уже был репрессирован, в 1943 г. он погиб в саратовской тюрьме. Уничтожив великого ученого, Берия расправляется и с его детищем. В 1946 г. по личной инициативе Берии дендрарий изъяли из Ботанического сада и превратили в закрытую госдачу МГБ СССР (Постановление СМ СССР от 10 декабря 1946 г., № 1132-С). В недельный срок сотрудников Ботанического сада выселили с территории дендрария, документация исчезла. В 50-х годах после разоблачения Берии, руководство Абхазской АССР ходатайствовало о возвращении дендрария Грузинской академии наук. Совет Министров СССР предоставил решить этот вопрос Правительству Грузии, и то приняло соломоново решение: изъяло закрытую госдачу у МГБ СССР и... оставило себе как дом отдыха «Сухуми». Интересы науки были игнорированы.



Плодоносящий побег клена Траутфеттера (*Acer trautwetteri*).



Цветonoсный побег фации многоплодной (*Fatsia polycarpa*). Эндемик о.Тайваня. Ценный декоративный, лекарственный кустарник до 4 м высоты.



Магония (*Mahonia*) — очень редкий вид о.Тайваня.

На территории дендрария появились новые корпуса, в результате чего, к примеру, была уничтожена коллекция растений австралийского фитогеографического участка, созданная в свое время видным ученым профессором С.Гинкулом. В парке появилось множество вспомогательных построек, приведших к сокращению площади под насаждениями, резкому ухудшению экологической обстановки и гибели многих растений. Значительная территория, где проходил первичное испытание ценнейшей растительный материал со всего мира, впоследствии была засажена мандаринами, что также значительно сократило дальнейшую интродукцию растений мировой флоры.

В результате дендрарий приходит в упадок: многие редкие растения погибли, коллекция значительно пострадала. К началу 80-х годов в парке насчитывается лишь около 600 видов и форм растений.

В 70-е годы на территории дендропарка сооружается подвесная канатная дорога, пуск которой требовал вырубку и обрезки более 20 уникальных деревьев. И только возмущение ученых, общественности республики привело к тому, что дорогостоящее сооружение было демонтировано.

На протяжении многих лет сотрудники Сухумского ботанического сада, видные ученые страны, в том числе президент АН СССР В.Комаров, академики А.Тахтаджян, Н.Цицин и др., общественность республики добивались возвращения дендрария на службу отечественной науке. Однако проблема так и не решалась. Лишь в 1980 г. Сухумскому ботаническому саду разрешили открыть отдел дендрологии на территории дендрария с целью инвентаризации и восстановления вымирающих растений. По настоянию дирекции парк открыли для ограниченного посещения. Но это не решило проблем дендрария полностью. Тог-

да же у центрального входа в парк воздвигали новую двухэтажную пристройку под видом лабораторного корпуса для отдела дендрологии, где в основном разместились руководство дома отдыха. Отделу дендрологии отвели всего несколько комнат нижнего этажа. Кроме того, пристройка нарушила композицию парка, закрыв собой знаменитую аллею пальм вашингтоний.

В начале 1988 г., на территории дендропарка вопреки здравому смыслу начато новое строительство, на этот раз — шестиэтажное здание спального корпуса на 60 мест, там, где была демонтирована нижняя станция канатной дороги, в окружении тех же редкостных растений. Уникальный дендрарий мирового значения вновь был превращен в строительную площадку для узковедомственных целей. Строительство начали без какого-либо экологического обоснования, без ведома природоохранных органов и руководства автономной республики. К сожалению, тогдашнее руководство Ботанического сада дало добро на строительство корпуса. И происходило это не в период застоя, а в период перестройки и гласности. Ясно, что ведомственное использование дендрария исключало возможность функционирования и развития его как крупнейшего интродукционного субтропического центра в СССР и наносило социально-экономический ущерб государству.

В начале 40-х годов территория дендропарка занимала 126 га, а в начале 70-х — менее 50 га. С восточной стороны дендропарк был потеснен пансионатом «Синоп», опытными цитрусовыми участками и лабораторией селекции и генетики Грузинского института субтропического хозяйства. В северо-восточной части возведены жилые дома для работников дома отдыха «Сухуми», в западной — тургостиница им. XV съезда ВЛКСМ, ведомственное жильё

и др. На всех этих территориях старые посадки декоративных растений почти погибли.

Чрезмерно напряженная экологическая обстановка, обусловленная хозяйственной деятельностью чиновников, значительно усугубляла и без того тяжелое состояние растений в дендропарке.

В связи со сложившейся чрезвычайной ситуацией в марте 1988 г. группа ученых Абхазии, в том числе и автор этих строк, обратилась в руководящие органы автономной республики с просьбой принять срочные меры по спасению ценнейшего парка, прекратить всякого рода строительство и возратить дендрарий в полном его объеме первоначальному подлинному хозяину — Сухумскому ботаническому саду. Строительство было приостановлено, дирекции дома отдыха «Сухуми» дано указание навести порядок в парке. Однако главная проблема — возвращение дендрария в систему Академии наук Грузии — так и не разрешилась, а значит, нет никакой гарантии, что в дальнейшем здесь не откроется новое строительство. Дирекция дома отдыха не хотела осознавать, какой непоправимый ущерб продолжает наносить ее хозяйственная деятельность уникальному парку и тем самым — государству. Количество отдыхающих в один заезд достигало 150 человек. Многие из них приезжали из Тбилиси на собственных автомобилях, которые наряду с городскими такси, а также многочисленным автотранспортом персонала дома отдыха, постоянно курсировали по территории парка, продолжая наносить вред его растительному миру.

В апреле 1988 г. руководство Абхазской АССР направило наше письмо о дендропарке в Сухумский ботанический сад на заключение. Научный коллектив на специальном собрании 20-го апреля 1988 г. единодушно поддержал мнение ученых и обра-



Сухумский субтропический дендрарий. На заднем плане — эвкалипт прутовидный (*Eucalyptus viminalis*) и пальма-финик канарский (*Phoenix canariensis*).

Платан кленолистный (*Platanus acerifolium*) до распускания листьев.

тился в Совет Министров Грузинской ССР с просьбой решить проблему. Но безуспешно. Был отклонен специально подготовленный нами материал редакцией республиканской газеты «Советская Абхазия».

В августе 1988 г. мы направили открытое письмо в редакцию газеты «Известия». В начале ноября были уже гранки статьи «Спасите вавиловскую коллекцию». Через несколько дней состоялось экстренное совещание по данной проблеме у первого секретаря Абхазского обкома партии с участием начальника Главного хозуправления СМ ГССР, Председателя СМ АССР, заведующего Отделом науки обкома партии, на которое были приглашены директор, секретарь парторганизации и заведующие отделами Сухумского ботанического сада. На этом совещании нас заверили в том, что Правительством Грузии, лично первым секретарем ЦК КП Грузии поручено решить судьбу дендрария окончательно в пользу науки. После долгого, напряженного обсуждения вопроса по нашему настоянию было решено, что дом отдыха «Сухуми» и его дендрарий полностью будет возвращен Академии наук Грузии, но при условии, что будет снята статья, набранная для опубликования в газете «Известия».

Мы тогда поверили обещаниям. В январе 1989 г. Правительство ГССР принимает иное решение, согласно которому большая часть территории дендрария возвращается Сухумскому ботаническому саду АН ГССР и ему выделяются некоторые средства для ухода за парком, однако Главное хозуправление СМ ГССР по-прежнему сохраняет за собой дом отдыха со всеми вспомогательными сооружениями и мандариновые плантации. В результате в дендрарии стали функционировать два разноведомственных учреждения с взаимоисключающими функциями. И произошло следующее. Потеряв былые льготные условия,

одни рабочие перешли в дом отдыха, другие ушли из дендрария. Ботанический сад оказался в крайне затруднительном положении, чего и следовало ожидать. Разумеется, при такой ситуации спасти дендрарий и наладить полноценную научную работу не представлялось возможным.

В начале февраля 1989 г. ученые обращаются повторно в редакцию науки и техники газеты «Известия» с просьбой опубликовать материал по проблеме дендрария, и... вот уж пути Господни неисповедимы! Редакция отказывается печатать статью по той причине, что сбор «Известий» в Тбилиси Т.Чантурия... против такой публикации. Такого, честно говоря, мы не ожидали. Автор этих строк связался по телефону с Чантурией, попросил приехать в Абхазию, чтобы встретиться с учеными и изучить проблему на месте. Однако сбор ответила, что консультировалась с представителями Совмина Грузии, Академии наук ГССР, считает принятое решение оптимальным и советует больше не заниматься дендрарием.

Собственно говоря, против спасения дендрария и возвращения его Академии наук никто публично не возражал. Но было мнение тех, кто решил, что у республиканской Академии наук не найдется средств на содержание дендрария. Средства у АН Грузии нашлись бы — ведь могла же она в 40-х годах содержать дендрарий площадью, в два раза превышающей нынешнюю. В крайнем случае можно было создать Общественный фонд спасения. Причина проволочек в другом: в нежелании дирекции дома отдыха «Сухуми» и ее покровителей из Тбилиси расставаться с уникальным, райским уголком на берегу моря.

Несмотря на всю сложность и неопределенность ситуации, коллектив Ботанического сада не мог занимать выжидательную позицию. Отдел дендрологии, получив доступ к коллек-

ции живых растений, предпринял все меры для ее спасения. Уже к концу 80-х удалось осуществить необходимые агротехнические работы. Коллекция, при непосредственном участии автора этих строк, была значительно пополнена более чем на 300 таксонов и общее число их доведено до 900 наименований, в том числе ценных и редких видов.

Отдел также приступил к изучению отдельных систематических групп интродуцированных растений для разработки научных основ сохранения, размножения и восстановления исчезающих видов. Подходила к концу и работа по полной инвентаризации растений, осуществляемой под руководством кандидата биологических наук Т.Гуланян.

В феврале 1990 г. Сухумский ботанический сад вновь обращается в Совмин Грузии с просьбой, на этот раз передать саду хотя бы нижний корпус, построенный как лабораторный для отдела дендрологии. Сад давно испытывал затруднения из-за отсутствия рабочих помещений. Новый начальник Главного хозуправления Совмина ГССР обосновал свой отказ тем, что «дом отдыха был и остается ведомственным, обслуживающим сотрудников ряда ведомств республики». Он указывает, что «перевод дирекции дома отдыха из лабораторного корпуса в другой нецелесообразен, так как это может вызвать сокращение количества коек отдыхающих».

Безусловно, судьба бесценного наследия Вавилова беспокоила не только ботаников, но и каждого ученого страны. Потерю его для будущих поколений нам бы никто не простил. Но мы наивно полагаем, что Совмин Грузии пересмотрит свои половинчатые решения, найдет смелость отказаться от дома отдыха во имя науки и, наконец, долголетняя, почти детективная история получит свое логическое завершение.

Тайвания криптомериевидная (*Taiwania cryptomerioides*). Эндемик о.Тайвань. Ценная лесная древесная декоративная порода до 50 м высоты и 2 м в диаметре.



Шишконосный побег тайвании криптомериевидной.



Мы тогда еще не могли даже представить какие страшные, трагические события ожидают дендрарий, Ботанический сад и всю Абхазию.

В конце 80-х Академия наук перестала содержать Сухумский ботанический сад и, как следствие, — дендрарий. В 1991 г. распался СССР, смутные, переломные, тяжелейшие времена докатились и до Абхазии. В 1992-м здесь началась жестокая война, которая практически парализовала всю деятельность Сухумского ботанического сада. В дендрарии был размещен

штаб грузинской армии. К тому же, зима 1992/93-го выдалась здесь на редкость суровой, глубина снежного покрова в дендрарии достигала 90 см. Деревья из коллекции пошли на дрова. Многие растения пострадали от тяжести снега. Спасать их было некому, сотрудников туда не пускали. Часть растений погибла, другие были повреждены осколками разорвавшихся снарядов. Коллекции вновь был нанесен урон, число таксонов в ней существенно сократилось. Многие растения нашей новой интродукции и закрытого грунта по-

гибли. Лабораторный корпус, в котором размещался отдел дендрологии, а также оранжереи были серьезно повреждены.

Война длилась 411 дней, оставив нам разруху, голод, мародерство.

Работы в дендрарии практически были свернуты. Его сотрудники и рабочие парка ушли в поисках средств к существованию. Послевоенная блокада, объявленная Абхазии (ассоциируется с Ленинградской) и, как следствие, тяжелейшая экономическая ситуация окончательно лишили Сухумский ботани-



Пихта Каваками (*Abies kawakamii*) и бамбук Юшани Нитакаменси (*Jushania nitakamensis*) — обитатели о.Тайвань.

Шишконосный побег пихты Каваками.



ческий сад (с 1994 г. Институт ботаники Академии наук Абхазии) каких-либо средств и возможностей для содержания дендрария. Его сдали во временную аренду ведомственной организации, чтобы та могла проводить хотя бы минимальный агротехнический уход за растениями.

Несмотря на пережитые разрушения и всю трагичность положения, дендрарий и сегодня остается уникальным объектом мирового значения, бесценным научным наследием. До сих пор там произрастает и дает полно-

ценные семена араукария узколистная, самый крупный женский экземпляр в Европе (высота более 20 м, диаметр 60 см, возраст 75 лет). Величественные стволы сосны канарской превзошли все ожидания (высота более 45 м, диаметр 92 см, возраст 90 лет). У себя на родине (Канарские о-ва) этот вид не достигает таких больших размеров. Пристального внимания, глубокого изучения и охраны требуют такие ценнейшие уникамы, как можжевельник китайский желтый, цедрела китайская, кипарис кашмирский, сциадопитис

мутовчатый, кальмия широколистная, лжелиственница прелестная, магнолия голая и многие другие. Произрастающая здесь в открытом грунте пальма рапидофиллум иглистый, интродуцированная из Северной Америки, не встречается в парках и садах ни Восточной Европы, ни бывшего СССР. Произрастают также и другие ценные растения, полезные свойства которых еще далеко не изучены.

Впечатляют своим ростом и развитием такие интродуценты, как кедр гималайский, секвойя вечнозеленая, сосна ка-

Фигус мелкоцветковый
(*Ficus multiflorum*) — тропическое,
очень декоративное растение.

рибская, лириодендрон тюльпаный, кипарис лузитанский, таксодий обыкновенный, эвкалипт прутьевидный, дуб каштанолистный и другие, диаметр которых достигает более 1 м. По темпам роста и производительности они в 2–3 раза превосходят многие лесообразующие древесные породы на территории бывшего СССР. Эти интродуценты в возрасте 30–50 лет дают здесь свыше 700 м³ на 1 га технически спелой древесины. Максимальная производительность буковых и пихтовых лесов Кавказа — 700–1000 м³ на 1 га в возрасте 140–270 лет. Важно и то, что многие интродуценты достигли своего критического возраста в новых условиях произрастания и безусловно являются ценным объектом. Уже сегодня результаты интродукций могут служить научной основой для разработки практических рекомендаций по выращиванию высокопроизводительных лесных культур и зеленому строительству. По существу речь идет о крупном, уникальном эксперименте под открытым небом.

Со временем дендрарий может стать самостоятельным и высокорентабельным научным учреждением, но сегодня его судьба висит на волоске. Пока политики решают свои амбициозные проблемы в Абхазии, дендрарий может погибнуть. И этого допускать никак нельзя.

Автор этих строк призывает ученых всего мира объединить свои усилия для спасения дендрария. Сегодня, когда на терри-



ториях стран Восточной Европы и бывшего СССР складывается новая система, особая ответственность ложится на ученых тех регионов, где сосредоточены уникальные объекты научного наследия, представляющие общечеловеческую ценность. Институт ботаники Академии

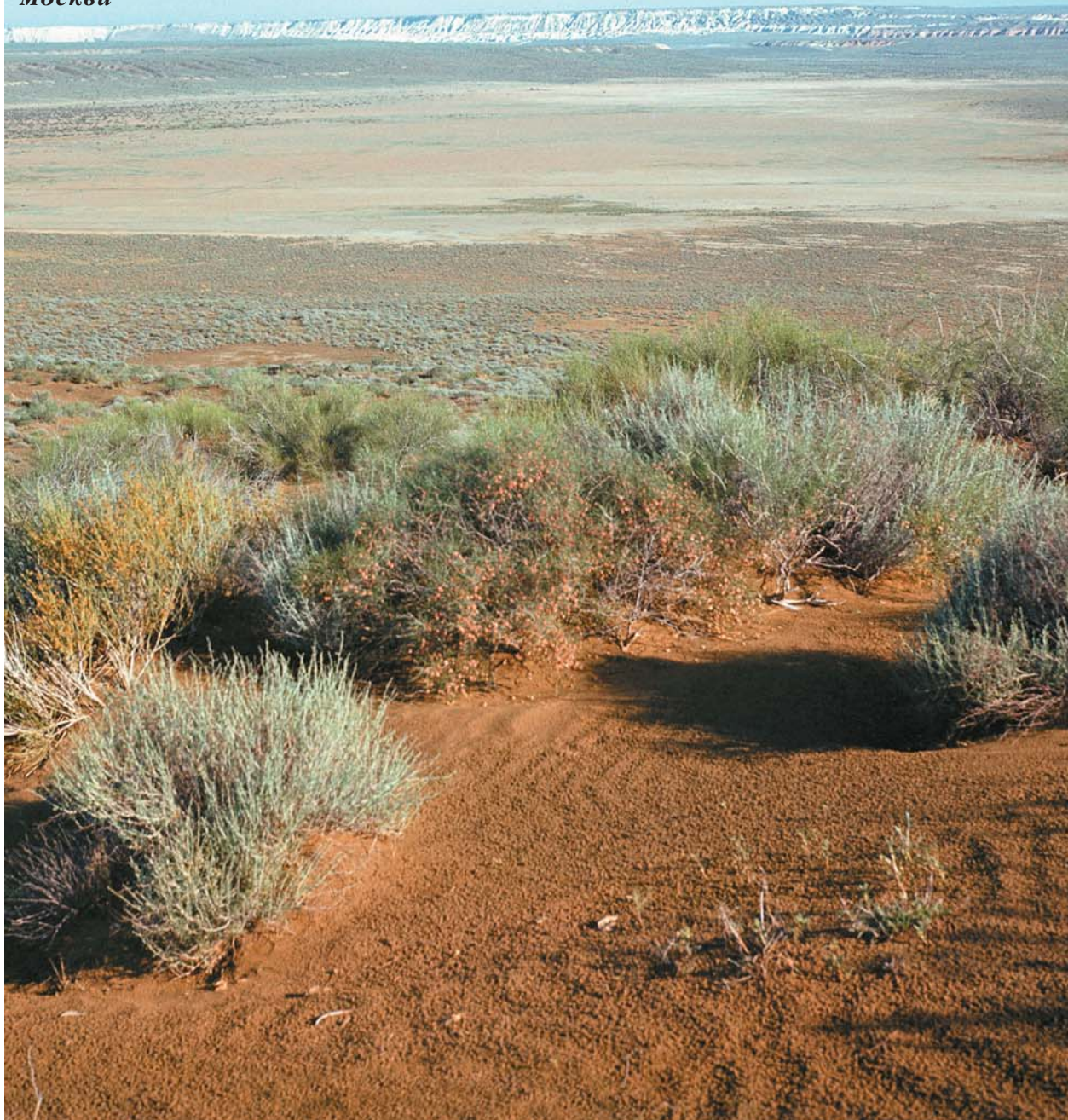
наук Абхазии готов принять любые разумные рекомендации и предложения. Мы также не исключаем возможности появления «нового Смецкого», готового на благородный поступок — вложить средства в несомненно прибыльное дело — восстановление и развитие дендрария. ■

Литература

1. Васильев А.В. // Тр. Сухум. бот. сада АН ГССР. 1980. Вып.26. С.5–11.
2. Гуланян Т.А., Бебия С.М. // Тр. Сухум. бот. сада АН ГССР. 1984. Вып.29. С.3–28.
3. Гуланян Т.А. // Тр. Сухум. бот. сада АН ГССР. 1984. Вып.28. С.17–26.
4. Рубцов Л.И. // Тр. интродукционного питомника субтропических культур. 1937. Вып.2. С.1–54.

Путешествие по уснувшей реке

А.И.Гладышев,
доктор биологических наук
Российская академия сельскохозяйственных наук
Москва



«Капля воды — крупица золота», — так говорят жители пустынных районов, благополучие и надежды которых связаны с источниками пресных вод. В Средней Азии — это немногочисленные реки и озера, почти полностью используемые на орошение, подземные водоводы-кяризы, собирающие в горах драгоценную влагу. Два года назад в бывшем советском, а ныне независимом Туркменистане принято президентское постановление о разработке проекта грандиозного Каракумского озера — накопителя дренажных вод, которые в дальнейшем вновь будут использоваться для орошения. Не вдаваясь сейчас в подробности этого судьбоносного плана, обратим внимание на одну деталь: на последнем этапе вода в новый водоем поступит по сухому руслу р. Узбой. Когда-то она несла свои воды в Каспийское (Хвалынское) море и на протяжении тысячелетий наряду с другими редкими водными артериями этого обширного региона во многом определяла судьбы народов.

В 1996 г. мне повелось совершить путешествие по Узбою в составе экспедиции Института ботаники Академии наук Туркменистана (а всего таких поездок в 70—90-е годы у меня было пять). В преддверии иной судьбы древней реки хотелось бы вспомнить об истории исследований этого края и о его уникальных природных объектах, среди которых Узбой стоит особняком. Благодаря сухому пустынному климату хорошо сохранилась его долина, русло и следы былой деятельности.

Загадочный Узбой

Некогда река эта была самостоятельной водной артерией, пересекавшей западную часть Туранской равнины от южной оконечности Сарыкамышской котловины до Каспийского моря. В.А.Обручев, совершая свою пер-

вую экспедицию по Закаспийской области в 1886 г., так описывает встречу с древним водотоком: «В двустах шагах к западу от колодца Бала-Ишем, лежащего на караванной дороге из Кизыл-Арвата в Хиву под 40°15'с.ш. и 57°в.д. от Гринвича, за рядом невысоких песчаных холмов обнаруживается незначительная впадина, представляющая знаменитый Узбой, возбуждавший столько толков и споров в ученом мире, столько надежд в мире техническо-коммерческом и до сих пор не исследованный окончательно» [1]. Речь здесь идет о планах строительства в его долине Закаспийской железной дороги. Видный гидрогеолог В.Н.Кунин, много работавший в Средней Азии уже в XX в., заметил, что ни об одной реке мира, вероятно, столько не писали, как об этой умершей реке [2].

Пустыни Западного Турана, где зародился и существовал Узбой, на протяжении многих веков служили ареной жестоких столкновений народов и завоевателей. Расцвет и гибель таких могущественных государств древнего Востока, как Бактрия, Согд и Хорезм в разной степени коснулись судьбы этого края. По его пустыням прошли римские легионеры, племена кочевников, христианские миссионеры, арабские завоеватели и полчища Чингизхана. Следы этих нашествий, а также древних цивилизаций и земледельческой культуры открыты практически по всей долине Узбоя.

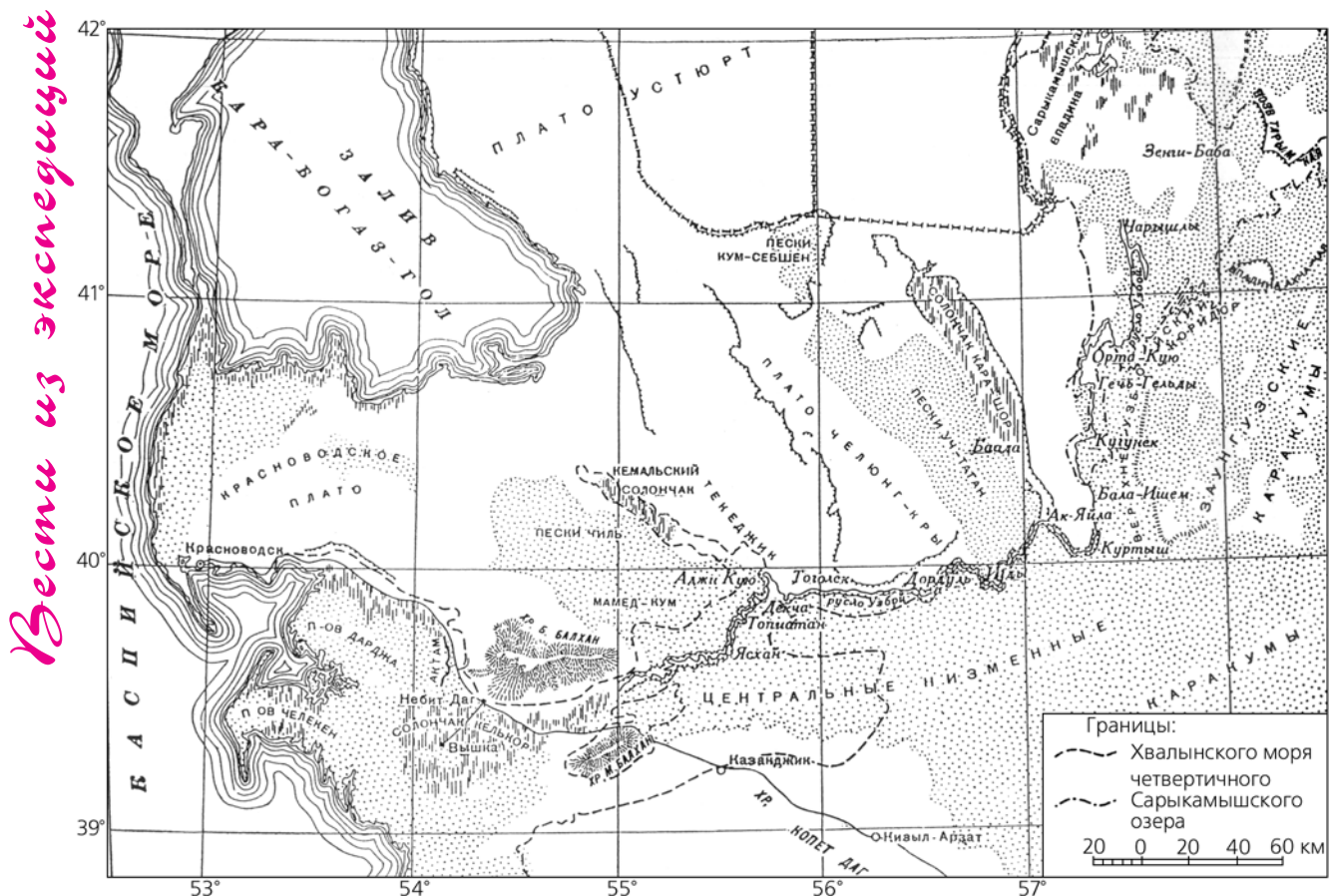
Долгое время земли, лежащие восточнее побережья Каспийского моря, были труднодоступными и малоизученными. Постоянные экспедиции русских исследователей в Центральную Азию начинаются только с эпохи Петра Великого. Изучение образования и развития горных систем и пустынь Туранского бассейна послужило основой для освоения минеральных богатств и месторождений углеводородного сырья этого региона и строительства упомянутой дороги. В крае работали такие известные

ученые, как А.П.Федченко, И.В.Мушкетов, В.А.Обручев, Н.А.Северцов, В.Л.Комаров и многие другие. Как же представляется в геологическом и орографическом плане район, в котором зародился, жил и закончил свое существование Узбой?

Основные элементы рельефа оформились, по-видимому, между концом миоцена и началом плиоцена, когда на территории Турана, постепенно освободившейся от морских вод, образовалась обширная Каракумская равнина, в западной части которой в ходе активных тектонических процессов возникли впадина Аральского моря и Сарыкамышская котловина. Последняя, будучи в дальнейшем заполнена водами одного из рукавов древней Амударьи, стала истоком Узбоя.

На юго-восток от Сарыкамышской впадины простираются песчаные гряды Заунгузских Каракумов. На западе и северо-западе ее окаймляют крутые обрывы — чинки плато Устюрт. В восточной и юго-восточной части, там где Сарыкамышская дельта переходит во впадину, весьма характерны многочисленные платообразные возвышенности, небольшие, а порой значительные по площади останцы. Эти плоские образования, резко выделяясь на фоне ровного горизонта, придают ландшафту особый колорит. В коренных породах дельтовой части впадины сильно развит карст, образующий провалы, воронки и пещеры.

От подножия чинков на запад местность имеет почти горизонтальный профиль, слегка нарушаемый неглубокой ложбиной Узбоя. Еще западнее начинается значительный подъем на Каплан-Кыр. Величественный ландшафт этой возвышенности, ее растительный и животный мир в наши дни стали заповедными. В 30—50 км от Узбоя резким 150-метровым уступом обрывается к огромной бессточной солончаковой впадине Кара-шор (Черный солончак), протянувшейся вдоль подножия Каплан-Кыра более чем на 100 км.



Схематическая карта современного района долины Узбоя [3].

На север и восток от Сарыкамьшской котловины распространены невысокие песчаные гряды, понижения между которыми заняты аллювиальными отложениями бывшей дельты Амударьи. На севере граница четко очерчена чинками, образованными деятельностью древней Амударьи.

От юго-восточного угла Сарыкамьшской котловины местность постепенно повышается до 100 м, а затем грандиозным обрывом, свыше 200 м, падает к глубокой впадине. Здесь в районе плато Эшекрен-Кыр в 1914 г. Н.А. Димо были открыты две огромные бессточные впадины Акчакая, западная из которых имеет отметку -92.5 м по отношению к уровню океана, а для всей территории Туранской низменности — это вторая

по глубине точка, уступающая лишь впадине Карагие на Мангышлаке (-130 м).

История возникновения

Место зарождения долины Узбоя связывают с Верхне-Узбойским коридором, ограниченным на западе Устюртом, на востоке — уступами Заунгузских Каракумов, на севере он упирается в Сарыкамьшскую впадину, на юге — в Каракумскую аллювиальную равнину.

Возраст, состав и происхождение пород Верхне-Узбойского коридора разнообразны (грядовые и дюнные пески, глинистые плоские такыры, солончаки, эрозионные останцы, высокие кыры и др.). Долина и русло Уз-

боя — самая молодая поверхность, врезанная в эту систему. Ее предыстория начинается с заполнения Сарыкамьшской впадины водами древней Амударьи.

Когда Акчагыльский бассейн, находившийся некогда на территории Каспия, из-за глобальных изменений климата и мощных тектонических подвижек резко сократился в размерах, во впадине появился ряд обособленных бассейнов, среди которых был и Сарыкамьшский. Один из притоков древней Амударьи начал заполнять его еще в верхнем плиоцене, а во второй половине четвертичного периода сама река, не в силах преодолеть свои наносы на просторах Каракумской равнины, повернула на север и стала изливать воды в сторону Арала и через Кундарью в Сарыкамьшскую котловину.



Дарьялык — древнее русло Амударьи.

Здесь и далее фото автора.



Крепость Ак-Кая на левом берегу Дарьялыка (XIII в.).



Чинки плато Устурт в пределах Верхне-Узбойского коридора.



Следы Бургунско-Аджикуинских порогов в приустьевой части Узбоя.

Это одна из крупнейших депрессий Средней Азии: в меридиональном направлении она прослеживается на 150 км, в широтном — на 90 км. Дно наиболее глубоких котловин на ее территории расположено на 40—45 м ниже уровня океана. Воды Амударьи в верхнечетвертичное время, постепенно заполняя ее, довели уровень Сарыкамышского бассейна до абс. выс. +58 м,

что вызвало перелив воды через южные заливы водоема далее на юг в местные понижения рельефа. Так, в послехвалынское время в районе горы Кугунек, что в западной части Верхне-Узбойского коридора, зародилось русло Узбоя.

Сток, начавшийся из котловины, вызвал снижение уровня воды в бассейне и стабилизацию его на отметке +56 м.

При таком уровне приток вод в Сарыкамыш сбалансировался испарением с его водной поверхности и стоком в Узбой. Как указывал Л.С.Берг, истоки Узбоя за все время существования стока по нему находились в 13 км к северу от возвышенности Северный Кугунек.

Путь к Каспию

Река начала свое существование, когда древнее Хвалынское море уже значительно сократилось и продолжало стремительно отступать на запад. Порожистые участки русла, перепады со следами деятельности бывших водопадов, сформировавшиеся террасы с многочисленными остатками раковин пресноводных моллюсков и органическими остатками былой флоры и др. позволили утверждать, что Узбой — это типичная речная долина, сформированная постоянно и длительно действующим речным потоком [3].

Прежде чем преодолеть 500-километровый путь до Каспия, Узбой должен был произвести огромную эрозионную работу, и прежде всего в верховьях долины в пределах Верхне-Узбойского коридора. Ландшафты здесь величественны: плато и откосы возвышенностей ограничивают грандиозные, нередко почти отвесные обрывы. На западе они сопровождаются правобережье реки вплоть до солончака Кара-Шор.

За плато Челюнг-Кры Узбой пересекает впадину, занятую Кемальским солончаком, затем — песчаный массив Чиль-Мамед-Кум. Левобережье Узбоя от южной оконечности Верхне-Узбойского коридора (урочище Куртыш-Баба) до Малого Балхана образовано единой геоморфологической областью, сложенной мощной толщей песчано-глинистых отложений древней Амударьи.

От Куртыш-Баба до урочища Ак-Яйла долина реки идет по равнине. После Ак-Яйлинской



Озеро Топиатан.



Озеро Ясхан.

излучины река, начав прокладывать русло среди рыхлых песчано-глинистых отложений и плотных коренных пород сармата и акчагыла, сформировала узкую и глубокую долину, переходящую местами в каньоны. Река, сильно петляя, низвергала здесь свои воды с семиметрового водопада.

Последний участок, где Узбой проходит через коренные породы, расположен между урочищами Тоголек и Декча. Здесь русло реки круто падает и несколько ниже пересекает крупные Аджикуйские пороги. Ниже русло Узбая полностью заложено в рыхлых, песчано-глинистых отложениях Каракумской свиты.

Участок долины от урочища Куртыш-Баба до солончака Келькор считается средним течением Узбая. Здесь русло и сегодня производит впечатление живой реки с берегами, обрамленными зарослями тамарисков или тростника южного. Только

интенсивно голубой цвет воды и ослепительно белая канва солей по побережью говорят о том, что перед нами мертвые озера с соляной рапой и даже иногда мощными скоплениями солей. Было бы ошибкой считать, что они — остаток некогда протекавшей здесь реки. Если бы русло было лишено постоянного притока, вода давно и бесследно бы испарилась. Долина сильно углублена и действует как дрена, собирая грунтовые воды с прилегающей территории. Соленые озера Узбая издавна служили «курортом» хивинцам и туркменам, они приезжали сюда, чтобы испытать лечебную силу здешней глины и соленой воды: ее пили и в ней купались [1]. В урочище Куртыш-Баба В.А.Обручев наблюдал «кладбище» брошенной одежды: перед отъездом больные развешивали ее по кустам и облачались в новую. Усиленное безмолвие и безлюдность пустыни, это зрелище со-

хранилось в памяти исследователя. В низовьях Узбая и в наши дни работает старейшая грязелечебница Молла-Кара.

Но кроме соленых озер в среднем течении Узбая имеются и пресные: Ясхан, Тоголок и Топиатан. Встречу с наиболее красивым из них описал мой учитель, известный знаток Средней Азии Л.Е.Родин: «После нескольких дней пути перед нами открылась будто настоящая синяя река в золотых берегах, то с зеленой полоской тростников и туранги, то со сверкающей белизной солончаковой оторочки. А надо всем этим безоблачное небо и вокруг бескрайний простор безлюдной пустыни. Все так ярко вписалось в память, что и сейчас вижу это как наяву... Шли годы, я побывал во многих краях и странах, очень ярких и, по общему признанию, красивых, но очарование пустыни навсегда залегло где-то в глубине души и не покидало меня никогда. Та «синяя река», что мы



Культовые могилы предков на Узбое (Куртыш-Баба).

увидели в песках, — озеро Ясхан, старица, сохранившаяся в бывлой долине Узбой» [4].

В настоящее время установлено, что существование этих озер поддерживается пресными грунтовыми водами, скапливающимися в линзах под барханными песками, которые пополняет сток с гор Большого Балхана и Западного Копетдага. Приток пресных грунтовых вод бывает столь значительным, что, несмотря на испарение (порядка 2000 мм/год), озерной водой пользуется местное население, а также пополняется водовод Ясхан—Балханабад.

Своеобразна флора и фауна этой части долины. Здесь на такыровидных старотугайных почвах, в комплексе с тамарисковыми и черносаксауловыми сообществами произрастают настоящие тугайные виды: тополь сизолистный, туранга, лох восточный, дереза русская, здесь же нашел себе пристанище мягкоплодный критмолистный — единственный представитель древнейшего, вымирающего рода *Malacosagrus*. Когда Узбой был живой рекой, на его террасах произрастали настоящие тугайные леса, оставившие в почвен-

ном профиле характерные следы пойменного почвообразования. В водах Ясхана обитает эндемичный вид карликового леща, а в Топиатане — узбойская плотва и водяная черепаха.

Ниже Ясхана характер долины Узбой постепенно меняется. Пересекая с северо-востока Балханский коридор, его русло врежется в обширные песчаные комплексы и солончаки, в итоге полностью сливаясь с последними. Особый интерес представляет солончак Кель-Кор, лежащий примерно на уровне Каспийского моря и бывший в недалеком прошлом его заливом. Когда уровень Каспия стал падать, здесь образовалась большая лагуна, в которую с востока впадал Узбой, а из лагуны в сторону Балханского залива Каспийского моря протянулся устьевый его участок Актан.

Исторические связи

Большинство исследователей Западного Турана считают, что Узбой зародился, существовал и прекратил свой сток в доисторические времена, всего за 10 тыс. лет. Экспедиции под ру-

ководством археолога С.П.Толстова установили, что сток вод по Узбою прекратился не менее 2—3 тыс. лет назад в связи с трансгрессией Каспийского моря и понижением уровня Сарыкамышского озера из-за сокращения притока в него амударьинских вод [5]. Однако весьма вероятно, что сток по Узбою прерывался и возобновлялся не раз. По водности река значительно уступала древней Амударье, а поскольку Сарыкамыш являлся грандиозным отстойником, то Узбой не имел паводков и нес осветленную воду.

Чередование в высохшем Узбое системы озер и чисто русловых участков объясняется динамикой стока: воды, переливавшиеся из Сарыкамышского озера, заполняли в первую очередь пониженные участки местности, образуя озеро или систему озер, после заполнения которых происходил прорыв последних в очередную впадину. Так озеровидные расширения чередовались с относительно узкими долинами. По этой же причине Узбой не мог сформировать единой для всей долины террасы, и для каждого ее комплекса характерна своя собственная.

Как любая река, Узбой на протяжении всей своей активной фазы был неразрывно связан с культурой, традициями и хозяйственными интересами народов, заселявшими его берега (в основном это были хивинцы и туркмены). Следы этой цивилизации были открыты и сохранились до наших дней практически по всей долине реки, в особенности в ее истоках и на террасах Сарыкамышского озера [6].

Здесь обнаружены остатки своеобразной ирригационной системы, представляющей собой густую сеть водопроводящих каналов, радиально расходящихся от центральной части котловины к ее периферии. Массивы орошаемых земель располагались между этими каналами, а для подачи воды на поля использовалась чигирная система [7].

С.П.Толстов считает, что эта система действовала в XV — начале XVII в., когда Сарыкамышская котловина заполнялась водами Амударьи до уровня около +50—53 м абс. выс., озеро распространялось далеко на юг, что не исключало частичный слив воды в русло Узбоя [5]. Возможно, грандиозный (видимо, последний) прорыв амударьинских вод к Сарыкамышу произошел благодаря огромнейшим разрушениям, произведенным в Хорезменском оазисе при его завоевании Тимуром в 1388 г. Его войска разрушили не только города (включая столицу Ургенч), но практически и всю ирригационную систему края [6].

Эпизодическое обводнение в средние века сыграло существенную роль в накоплении мощных отложений солей в русле Узбоя, но уже не могло оживить и поддержать в долине развитие цивилизации. Поэтому в то время постоянное население на его берегах отсутствовало [7].

Когда сток по Узбою прекратился — люди покинули его долину и в дальнейшем она привлекала их больше как культовый символ, корнями связанный с историей некогда заселявших ее народов. В древности через Устюрт и Узбой проходили старинные караванные пути, например дорога, соединявшая Хиву с низовьями Эмбы и Волги. Сохранилось много старинных кладбищ, одиночных святых могол, культовых памятников, мавзолеев-мазаров, крепостей, следов ирригационной культуры от истоков Узбоя до Каспия. Они волнуют воображение и не оставляют равнодушным путника в наши дни.

Современная история

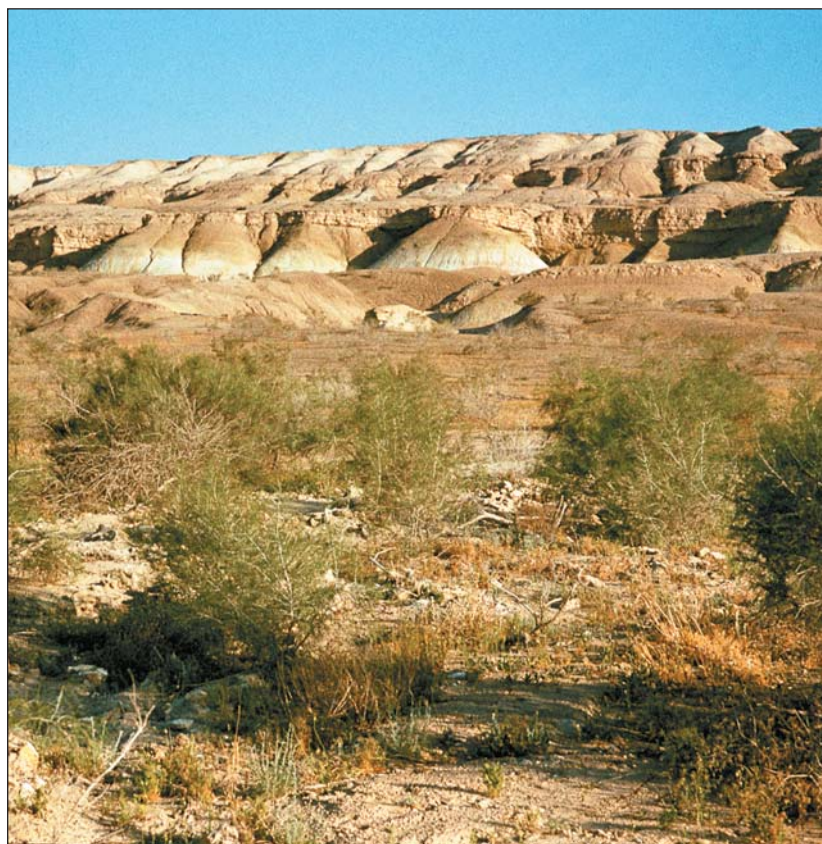
Поскольку в упомянутом становлении президента Туркменистана С.А.Ниязова речь идет о новом озере в пустыне, уместно вспомнить о судьбе Сарыкамыша. К концу XVI в. приток воды в него заметно умень-

шился, уровень его стал понижаться, а вода засоляться. Система орошения пришла в упадок и более не возобновлялась. Озеро разбилось на отдельные небольшие соленые водоемы, приуроченные к наиболее глубоким котловинам, эти небольшие озера с весьма неустойчивым уровнем просуществовали, по-видимому, долго [6], поддерживаясь периодическими прорывами амударьинских вод (один из последних случился в 1878 г.). Затем озера стали носить сезонный характер, летом большинство из них полностью пересыхало и превращалось в солончаковую пустыню.

С 1963 г. в Сарыкамышскую котловину по Дарьялык и Даудану стали сбрасывать дренажные воды из Амударьинского и Хорезмского оазисов (от 5 до 7 км³ в год). Постепенно образовалось огромное озеро, площадь которого превышает 3 тыс. км², а глубина более 20 м.

Оно стало одним из крупнейших современных сбросовых водоемов в Средней Азии. Промывные воды стока, содержащие стойкие хлорорганические ядохимикаты высокой концентрации, оказывают тяжелейшее влияние на природу региона, в первую очередь на флору и фауну самого озера.

А по более раннему (1950) проекту строительства канала Амударья—Красноводск часть стока вод Амударьи через Сарыкамышскую впадину и далее перебрасывалась по древнему руслу Узбоя на юг, к Каспийскому морю. При этом в зоне этого Главного Туркменского канала планировалось оросить и обводнить 1300 тыс. га земель, организовать интенсивное использование огромных пустынных пастбищ Южного Устюрта и Каракумов, стабильную и высокопродуктивную кормовую базу. Эта грандиозная водная магистраль должна была связать



Впадина Акчакая (−92.5 м) — самая низкая точка Каракумов.



Озеро Сарыкамыш в наше время.

животноводческие районы Западной Туркмении с другими районами Средней Азии. Именно тогда выполнены детальные комплексные исследования региона и долины Узбоя в частности. Однако проблема оказалась гораздо сложнее, чем предполагалось, и от проекта отказались. Позднее (с 1954 г.) начал сооружаться Каракумский канал, ир-

ригационное сооружение века, о достоинствах и недостатках которого написано немало. И вот — создание крупнейшего в Туркменистане накопителя коллекторно-дренажных вод — Каракумского озера.

Предполагается собрать все дренажные воды, начиная с восточных оазисов Амударьи до предгорий Западного Копет-

дага и Большого Балхана, а также с юга и севера страны, и по трем крупным коллекторам (один пересечет пустыню Каракум с юга на север, другой с востока на запад по южной кромке Каракумов, третий соберет дренажную воду низовий Амударьи) отвести их в одну из крупнейших солончаковых впадин на севере республики — Кара-шор, позволяющую накопить до 140 км³ воды, что во много раз больше, чем собрано во всех искусственных водоемах страны, включая оз.Сарыкамыш. В нее будет отводиться до 10 км³ воды в год. На последнем этапе дренажные воды будут заполнять Кара-шор по руслу Узбоя с пропускной способностью 450 м³ воды в секунду (для сравнения: среднегодовой сток Амударьи у г.Керки составляет 1900—1970 м³/с).

По мнению специалистов, реализация проекта, рассчитанная на 20 лет, позволит рационально использовать сбросные коллекторные воды, значительно увеличить водные запасы страны и вторично их использовать для народнохозяйственных нужд, улучшить мелиоративное состояние 2240 тыс. га орошаемых земель в оазисах [8].

Как отразится переброска огромного количества дренажной воды через Каракумы на экологии региона? Пустыни (в частности, Каракумы) — уникальное природное явление, сбалансированное и одновременно очень шаткое и ранимое. И здесь, думается, нужно крепко подумать, прежде чем отводить. Узбою роль не созидателя, а скорей всего разрушителя. ■

Литература

1. Обручев В.А. Избранные работы по географии Азии. М., 1951. Т.1. С.45—180.
2. Очерки природы Каракумов / Под ред. В.Н.Кунина. М., 1955. С.159.
3. Кесь А.С. // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1952. №1. С.14—26.
4. Родин Л.Е. На разных широтах. Путевые очерки ботаника и географа. М., 1988. С.63.
5. Толстов С.П. // Вестн. древ. истории. 1953. №2. С.8—14.
6. Толстов С.П., Кесь А.С., Жданко Т.А. // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1954. №1. С.41—50.
7. Ямнов А.А. // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1953. №4. С.61—63.
8. Нейтральный Туркменистан. 2000, 26 июля. №181; 2001, 9 ноября. №286.

Количественная палеонтология: кривое разнообразие

А.Ю.Журавлев

Лет десять назад, когда полевые выезды перешли в разряд счастливых воспоминаний и прочего мемуарного творчества, палеонтологи начали думать... Осмысливать все, что набралось за время поездок. Ведь когда-то среди показателей «веса» ученого значилось даже количество привезенных из полей ящиков. (Сколько же их так и сгнило на складах в нераспечатанном виде!..) Впрочем, и обработанный по всем правилам материал, т.е. описания и изображения ископаемых организмов, собранные в толстые (и не очень) талмуды, прочно застревал на полках ведомственных библиотек, покрываясь пылью, разводами от прорвавшейся канализации и следами тараканьей жизнедеятельности, вопреки всяческому заклинаниям о важности данного труда для практики и о его несомненной теоретической ценности.

На западе, где каждый цент, пенни, сантим и т.д. сотрудники университетов и музеев научились ценить несколько раньше, некоторые ученые попытались понять, а можно ли из бесчисленных палеонтологических описаний, накопившихся к тому времени, извлечь какую-нибудь пользу? Этим вопросом задались около 20 лет назад, и заслуга

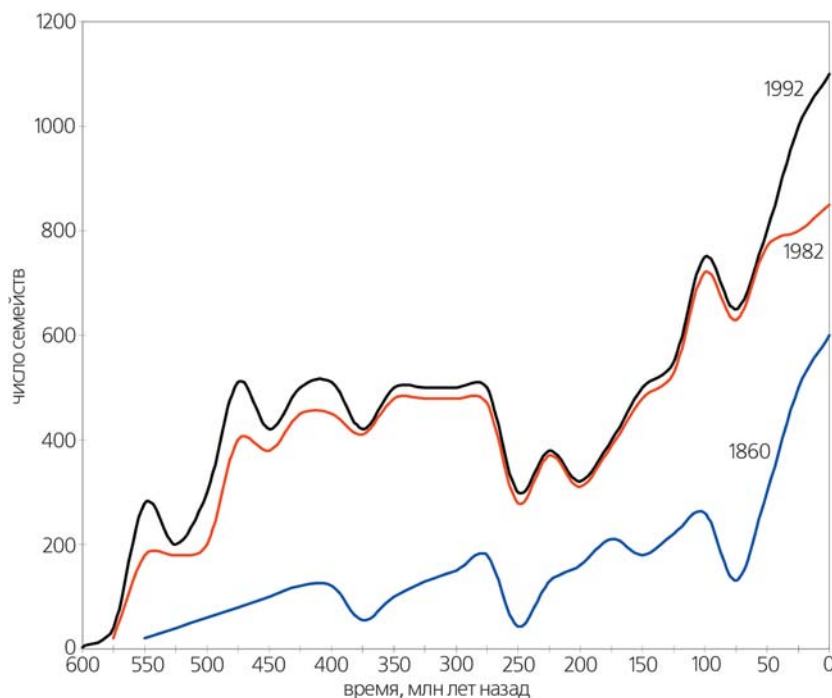


Андрей Юрьевич Журавлев, доктор биологических наук, специалист в области палеонтологии кембрия. До 2001 г. был ведущим научным сотрудником Палеонтологического института РАН, сейчас работает в Министерстве природных ресурсов Российской Федерации. Монографии: «Экология» (М., 2001); «Cassel's Atlas of Evolution» (L., 2001); «До и после динозавров» (Новосибирск, 2002).

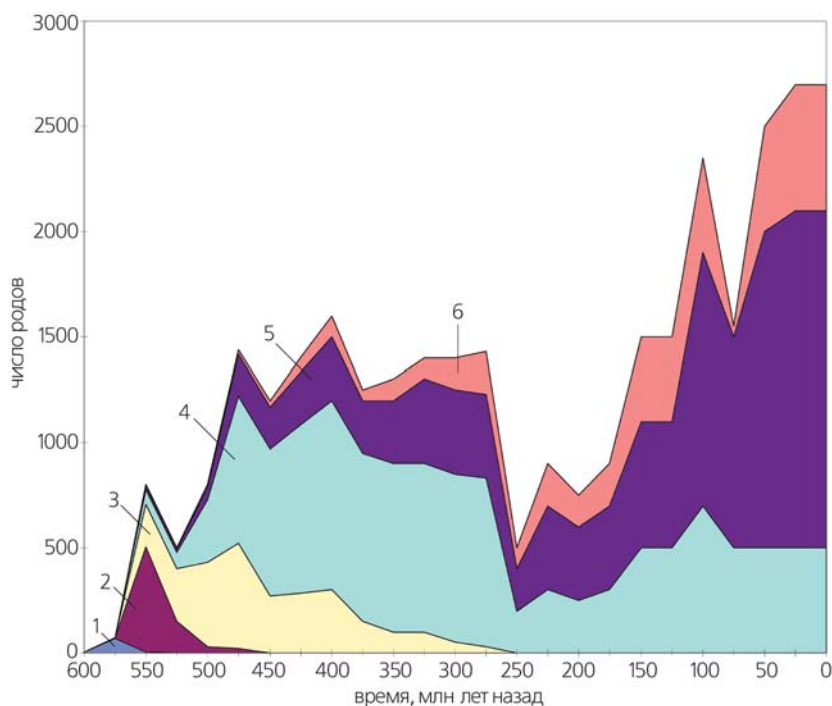
в «количественном» осмыслении палеонтологических трудов не в последнюю очередь принадлежит американцу Дж.Сепкоски [1], к сожалению, недавно, в расцвете сил, ушедшему от нас. Именно он прочертил по количественным данным первую кривую разнообразия морских организмов за весь фанерозой и самый конец криптозоы, т.е. начиная примерно с 600 млн лет назад до ныне. Сначала для отрядов, а затем для семейств и родов. Сведения для своих построений он почерпнул из палеонтологических изданий,

собранных в американских книгохранилищах. (Одна из его статей на эту тему так и называлась «Десять лет в библиотеке: новые данные подтверждают палеонтологические модели».) Скрупулезно собранные им данные ныне служат основой для исследований многих зарубежных и отечественных ученых.

Сама кривая тоже имеет собственную историю. Уже в 1860 г. англичанин Дж.Филлипс, племянник и ученик «первого стратиграфа» У.Смита, начертил график разнообразия фанерозой-



График, отражающий качественную оценку разнообразия организмов Дж.Филлипсом (1860), и кривые, построенные Дж.Сепкоски в 1982 и 1992 гг. для семейств морских животных.



Кривая разнообразия родов морских животных и эволюционные фауны Дж.Сепкоски: эдиакарская (1), томмотская (2), кембрийская (3), палеозойская (4) и современная (6). Приведена также микрофауна — микроскопические скелетные ископаемые (5).

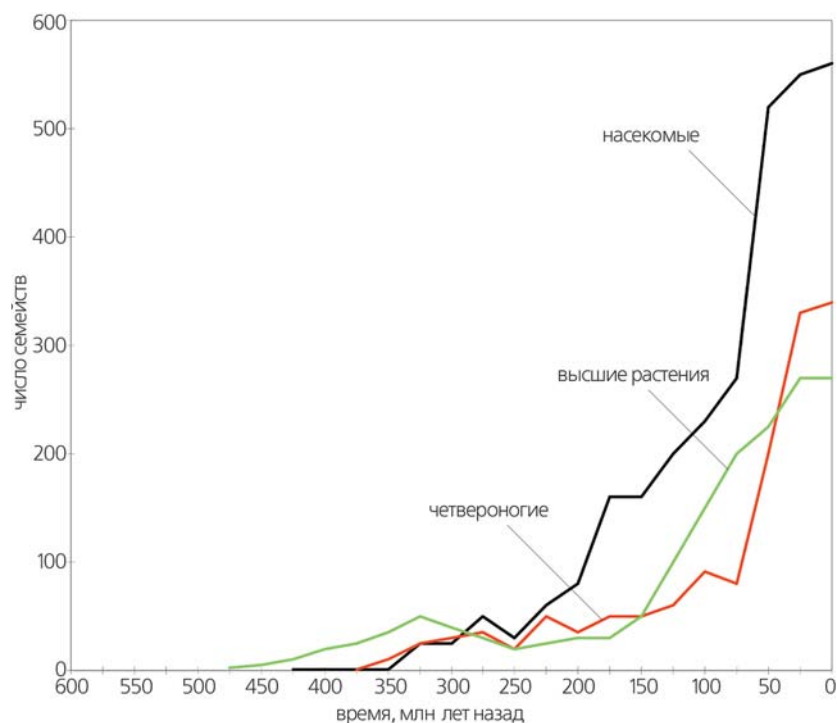
ских организмов. Удивительно, что его сугубо эмпирическая кривая напоминает ту, что почти 120 лет спустя была вычерчена на количественной основе: относительно низкое палеозойское плато и мезо-кайнозойский взрывной рост разнообразия, прерванный на границе мелового и палеогенового периодов. В 1952 г. Н.Ньюелл, собрав данные о времени существования 9000 родов, впервые показал, что общий рост разнообразия прерывался массовыми вымираниями в конце трех периодов — девонского, пермского и мелового.

Однако лишь с наступлением компьютерной эры Сепкоски смог по-настоящему перейти от качественных показателей к количественным, опираясь на летопись морских скелетных животных как наиболее полную. В результате он выявил три вала нарастания разнообразия (раннекембрийский, среднеордовикский и мезо-кайнозойский) и подтвердил наличие по крайней мере пяти массовых вымираний: позднеордовикского, позднедевонского, пермско-триасового, позднетриасового и мел-палеогенового. Кроме того, Сепкоски обнаружил, что фанерозойская история морского животного мира представляла собой наложение относительно независимых летописей трех эволюционных фаун — кембрийской, палеозойской и современной. Кембрийскую фауну слагали трилобиты, беззачатковые брахиоподы, хиолиты, иглокожие эокриноидеи, мелкие моллюски, считавшиеся тогда моноплакофорами, и многочисленные животные, не имевшие современных потомков. Эти группы преобладали в кембрийском периоде и почти все исчезли к концу палеозоя. Палеозойская фауна состояла в основном из кораллов, замковых брахиопод, головоногих, рачков остракод, покрыторотых мшанок, морских лилий и вымерших полухордовых граптолитов. Все они доминировали в ордовикс-

ком и пермском периодах. Наконец, современную фауну образовали различные мезозойские и кайнозойские раковинные амебы, двусторчатые и брюхоногие моллюски, высшие раки, голоротые мшанки, морские ежи, хрящевые и костные рыбы, морские рептилии и млекопитающие [2].

Позднее в довольно разнообразной кембрийской фауне Сепкоски выделил эдиакарскую фауну из совсем непонятно каких организмов; томмотскую фауну, куда попало большинство животных неясной систематической принадлежности; и собственно кембрийскую, к которой отнес трилобитов и всяческих примитивных членистоногих, а также брахиопод и иглокожих. Каждая последующая в этом ряду фауна (от эдиакарской до современной) достигала максимального разнообразия медленнее предыдущей, но сам его пик был в 3–5 раз выше.

Конечно, выкладки Сепкоски далеко не всеми были встречены с энтузиазмом. Некоторые критики предполагали, что вся фанерозойская кривая, и особенно ее мезо-кайнозойский отрезок бурного экспоненциального роста разнообразия, мало отражает действительность. Ведь показатели разнообразия фаун по отдельным периодам могут зависеть от объема горных пород, сохранившихся от осадочных накоплений, площади выхода этих пород и даже от количества ученых-специалистов, описывающих ископаемые организмы. (Последний фактор был назван монографическим эффектом.) Не исключалось также, что эволюционные фауны Сепкоски только лишь артефакт, поскольку не все анализируемые им группы животных представляют собой настоящие таксоны. Такой таксон не включает всех потомков ближайшего общего предка, а сходство по тому или иному признаку унаследовано от довольно отдаленного предшественника. Правда, сам метод деления



Кривые разнообразия наземных организмов: насекомых (по В.Ю.Дмитриеву и др.), четвероногих позвоночных (по Н.Н.Каландадзе и А.С.Раутиану) и высших растений (по И.Джаржембовски и А.Россу).

таксонов на «чистые» и «нечистые» не всем кажется таким уж непорочным.

Впрочем, дальнейший анализ факторов, определяющих форму кривых разнообразия, подтвердил правоту Сепкоски. Оказалось, что родственные связи в пределах анализируемых таксонов на суть эволюционных фаун не влияют. Как их ни объединяй-разъединяй и ни называй, а облик каждой следующей в ряду определяют те же самые группы животных. Вместе их сводят сходные темпы вымирания и диверсификации (количество таксонов, образовавшееся за определенный интервал). Каждая последующая фауна диверсифицировалась и вымирала все медленнее. Сепкоски с коллегами проанализировали разнообразие для всех периодов фанерозоя по пяти относительно независимым выборкам, а именно: ископаемым следам; примерному числу видов животных вообще, исклю-

чая наземных насекомых; видам в морских донных сообществах; приблизительному количеству родов и по семействам. Результаты получились практически сходные — рост разнообразия со всеми уже оговоренными особенностями [3]. Интересно, что донные морские сообщества опеределенных интервалов формировались из элементов соответствующих им эволюционных фаун, а остатки прежних фаун выталкивались в глубины океана.

В дальнейшем многие палеонтологи подсчитывали разнообразие наземных организмов — позвоночных, насекомых и высших растений, — а также водорослевого планктона. И всякий раз картина вырисовывалась очень близкая к той, что была у Сепкоски: резкий рост разнообразия от позднего мезозоя до кайнозоя включительно (этот феномен часто именуют «тягой современности») и вымирание в пермско-

триасовое и мел-палеогеновое времена. Примечательно, что данные по обилию молекулярных органических остатков, свойственных водорослям, тоже укладываются в кривую разнообразия Сепкоски [4].

Мел-палеогеновое вымирание, впрочем, мало сказалось на насекомых и высших растениях. К примеру, среди последних стали убывать голосеменные, но покрытосеменные с лихвой восполнили недостаток. Подсчитывались изменения разнообразия по отдельным регионам или сериальным изданиям, таким как «Палеонтологический журнал», «*Treatise on Invertebrate Paleontology*». Результат оставался неизменным. Форма кривых разнообразия наземных позвоночных тоже оказалась постоянной, независимо от того, к какому году относились построения — 1900, 1945, 1966 или 1987 [5, 6]. Такие кривые были получены только в 1987 г. при использовании литературных данных.

Из чего складывается поступательный рост разнообразия, специалисты определили довольно быстро. Во-первых, увеличивается разнообразие в пределах сообществ (за счет дробления внутри гильдий, ярусов и т.д.). Например, раннекембрийские рифовые сообщества, занимавшие около 10 км², содержали всего 25–65 видов животных, в девонских рифах той же площади насчитывалось уже до 400, в юрских — до 1000, ныне их вмещается до 5000. Во-вторых, увеличивается число самих сообществ. В ордовикском периоде, когда разнообразие выросло в три раза по сравнению с кембрийским, добавились глубоководные сообщества, более населенной стала толща воды, возникло очень плотно «упакованное» сообщество твердого грунта. В-третьих, неуклонно нарастает количество провинций с разными фаунами и флорами, несмотря на то, что временами исчезали барьеры между провинциями и возникали суперконтиненты.

Проверки с использованием поистине массовых количественных данных по палеозойским донным сообществам мягкого грунта и кембрийским рифовым сообществам показали, что неоднородность самих сообществ и их географическая разобщенность действительно сильно влияли на прирост разнообразия [7]. Впрочем, А.В.Марков, воспользовавшись данными Сепкоски, вычислил, что важной составляющей роста разнообразия также было поступательное увеличение продолжительности существования таксонов [8]. Роды в среднем существовали от 18.6 млн лет в кембрийском периоде до 136.1–151.5 млн лет в кайнозойской эре. Понятно, что чем дольше «живет» каждый в отдельности таксон, тем больше таксонов будут сосуществовать друг с другом. Наверное, и это еще не все механизмы роста разнообразия.

Однако основные силы палеонтологов, ведущих подсчеты, сосредоточились вокруг интервалов массовых вымираний (или кризисов). Довольно скоро кризисы стали подозревать в любых отрицательных изгибах кривой разнообразия. Из этого был сделан вывод, что в мезозое—кайнозое вымирания повторялись с периодичностью в 26 или 30 млн лет. Такие события связывали с метеоритными ударами. Далее последовали рассуждения, достойные пера почетных членов клуба «Неопознанные летающие снежные люди имени Лохнесского чудовища». Например, предполагалось, что у Солнца есть невидимая, но очень коварная звезда-двойник или не менее опасный десятый спутник, обращающийся за орбитой Плутона. Особенности орбиты звезды Немезиды или планеты X вызывают периодические возмущения в кометном облаке Оорта (правда, есть от чего возмутиться)... Но дальше обо всех этих построениях можно не вспоминать, поскольку они не соответствуют ни астрономической, ни геологической, ни палеонтологической действительности. «Периодичность» вымира-

ний вызвана исключительно неудовлетворительными радиометрическими датировками (которые называются абсолютным возрастом) и еще менее удовлетворительными статистическими выкладками на тему вымиравших организмов.

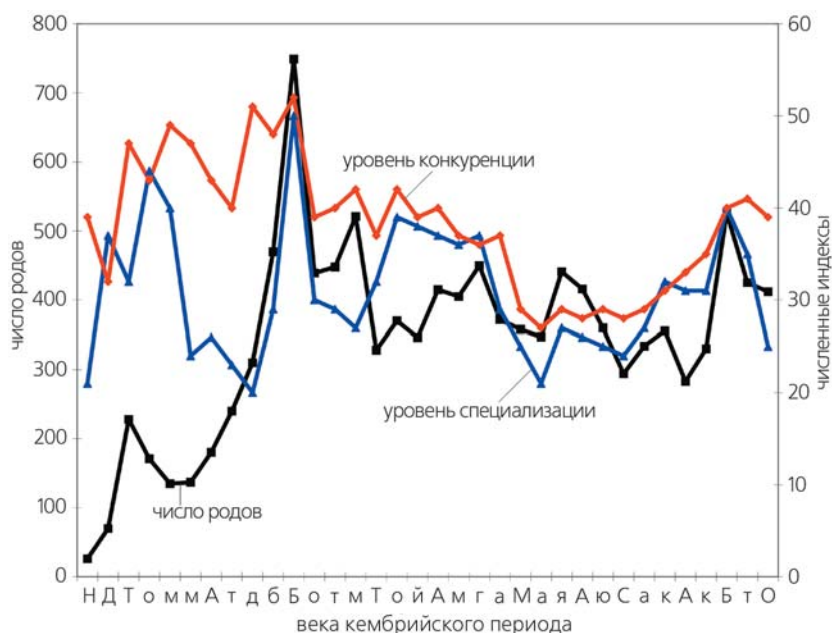
Более достоверные статистические построения доказали, что ни один вид не исчез внезапно и что даже самые массовые вымирания были длительными — в несколько сотен тысяч и миллионов лет — процессами, начавшимися задолго до падения того или иного небесного тела на Землю [9]. Гораздо более интересными и оправданными представляются поиски вполне земных и сугубо биотических причин этих явлений.

Здесь следует отметить разработки именно отечественных специалистов, особенно Н.Н.Каландадзе и А.С.Раутиана с их симптоматикой экологических кризисов [10], а также А.В.Маркова и Е.Б.Наймарк, которые ищут макроэволюционные закономерности в развитии надвидовых таксонов [11]. Но поскольку остроумные построения Каландадзе и Раутиана пока что нуждаются в подкреплении надежными палеонтологическими данными (в первую очередь использованием более полной летописи морской биоты), остановимся на разработках Маркова и Наймарк. (К их оригинальным мыслям о том, что, проследившая изменения некоторых показателей во времени, можно определить целостность того или иного таксона, вряд ли стоит относиться все-речь. Например, томмотская эволюционная фауна отнюдь не была целостным таксоном. Но поскольку судьба слагавших ее групп организмов была единой, то и изменения любых показателей, рассчитанных для отдельных таксонов, оказываются сходными и одновременными.)

Главная заслуга Маркова и Наймарк — создание методики подсчетов таких показателей, которые позволяют определить степень специализации биоты

и уровень конкуренции в конкретные доисторические времена. Степень специализации можно в какой-то мере оценить по средним (для всей биоты) индексам географического распространения и продолжительности существования таксонов. Первый индекс рассчитывается по среднему числу регионов, занимаемых какими-либо таксонами на данном временном отрезке. Второй индекс вычисляется по продолжительности существования таксонов, известных в изучаемом интервале. Поскольку «специалисты», как правило, жили недолго и на ограниченной территории, то, чем ниже эти индексы, тем, видимо, сильнее давил на биоту груз специализации. Уровень конкуренции можно представить через индекс монотипности, который определяется по процентному количеству монотипных семейств (или других таксонов), представленных в том или ином временном интервале. Ведь наиболее жесткая конкуренция обычно бывает между близкородственными формами.

Посмотрим, как меняются названные показатели в течение массовых вымираний, например во время раннекембрийского, урон от которого для разнообразия морской биоты вполне сравним с отрицательным воздействием прочих главных кризисов [7]. Оказывается, что вымирания (а в течение кембрийского периода произошло еще несколько не столь заметных событий того же плана) случаются в тот момент, когда все три показателя — средние индексы географического распространения, продолжительности существования и монотипности — стремятся к минимуму. И чем сильнее их падение, тем значительнее доля исчезнувших существ. Если высказанные предположения верны, то предпосылкой вымирания послужил избыток в биоте «специалистов», вынужденных к тому же конкурировать между собой. (Даже Козьма Прутков отмечал, что «специалист подобен флюсу». Впрочем, не будем дальше развивать мысль



Динамика разнообразия родов морских животных в кембрийском периоде и колебания уровней конкуренции и специализации (выражены через обратную величину численных индексов). Крупнейшему массовому вымиранию предшествует резкое повышение обратных значений уровней конкуренции и специализации в начале ботомского века. Века кембрийского периода: НД — немакит-далдынский, Томм — томмотский, Атдб — атдабанский, Ботм — ботомский, Той — тойонский, Амга — амгинский, Мая — майский, Аю — аюсокканский, Сак — сакский, Ак — аксайский и Бт — батырбайский. О — ордовикский период.

о сходстве биотических кризисов с положением современной науки, страдающей от избытка узких специалистов.) Чтобы вывести такую биоту из равновесия, достаточно любого внешнего толчка, даже столь незначительного в другие времена, как метеоритный удар. Но не станем забывать, что это всего лишь допущение и оно требует подтверждения иными методами.

Интересно, что после массовых вымираний освободившиеся ниши не заполнялись со стремительностью, пропорциональной степени опустошения. Темпы диверсификации в такие времена ничуть не отличались от фоновых, видимо, из-за действия сдерживающих, сугубо биотических факторов. Эти факторы, вычисленные с применением спектральных рядов Фурье, еще предстоит назвать [12].

Марков, высчитав увеличение продолжительности существования родов в течение фанерозоя, связал эту тенденцию с ростом в морской биоте доли широко распространенных видов, приспособленных к относительно разнообразным обстановкам. Именно такие виды, как правило, и живут дольше других. Не забывая о значимости этих особенностей, нельзя исключать и иные факторы «долгожительства». Одним из них могла быть устойчивость сообществ. Ведь за ней кроется не только постоянство сосуществующих видов, но и способность быстро восстанавливаться после нарушения, вызванного внешним воздействием. А лучше «притираются» друг к другу именно долгоживущие виды. По-видимому, не случайно средняя продолжительность существования



Животные рифа в кембрийском периоде (слева, Монголия) и в неогеновом (Пуэрто-Рико): увеличение числа и размеров налицо.

родов и сообществ в кембрийском—девонском интервале совпадают: от эфемерных сообществ раннекембрийской эпохи, каждое из которых практически неповторимо по своему составу, до силурийских и девонских сообществ, пребывавших в неизменности по 6—8 млн лет [13, 14].

Наверное, следует подчеркнуть, что раннекембрийские ассоциации организмов были именно сообществами, хотя их облик определялся не постоянством видов, а постоянством совокупности признаков, носителями которых эти виды были. Подобное своеобразное единство форм (а не единство содер-

жаний) вполне олицетворяет выражение: «Незаменимых видов не бывает». Впрочем, это верно только для сообществ, а не для тех, кто их исследует, и не для того чудом сохранившегося материала, который изучается. Удивительно, что экспертная комиссия Палеонтологического института РАН, призванная вроде бы охранять уникальные объекты от разворывания и распродажи, спокойно выдает разрешения на вывоз сотен килограммов палеонтологических образцов, происходящих из одного и того же местонахождения под предлогом того, что это массовый (!) материал. Видимо, только что народив-

шейся в нашей стране количественной палеонтологии суждено захиреть на корню, хотя она по существу и есть один из основных источников сведений о макроэволюционных процессах прошлого. Так же, как настоящего и будущего.

Пока же только палеонтологи способны ответить на действительно серьезные вопросы эволюционной науки, которые требуют больших баз данных. Но важно не только то, что именно считать, но и как считать, и для чего. И, конечно, — чем. Поскольку то, что проверяемо, но не важно, так же бесполезно, как и то, что важно, но не проверяемо. ■

Литература

1. Sepkoski J.J., Jr. // *Paleobiology*. 1978. V.4. P.223—251.
2. Sepkoski J.J., Jr. // *Paleobiology*. 1979. V.5. P.222—251.
3. Sepkoski J.J., Jr. et al. // *Nature*. 1981. V.293. P.435—437.
4. Jarzembowski E.A., Ross A.J. // *Biotic recovery from mass extinction events*. L., 1996. P.65—78.
5. *Numerical palaeobiology. Computer-based modelling and analysis of fossils and their distributions* / Ed. D.A.T.Harper. Chichester, 1999.
6. Алексеев А.С., Дмитриев В.Ю., Пономаренко А.Г. Эволюция таксономического разнообразия. М., 2001.
7. Zburavlev A.Yu., Riding R. *The Ecology of the Cambrian Radiation*. N.Y., 2001.
8. Марков А.В. // *Палеонтол. журн.* 2002. №2. С.3—13.
9. *Meteorites: Flux with time and impact effects* / Eds: M.M.Grady et al. L., 1998.
10. Каландадзе Н.Н., Раутиан А.С. // *Стратиграфия. Геол. корреляция*. 1993. Т.1. №5. С.3—8.
11. Марков А.В., Наймарк Е.Б. Количественные закономерности макроэволюции. Опыт системного подхода к анализу развития надвидовых таксонов. М., 1998.
12. Kirchner J.W. // *Nature*. 2002. V.415. P.65—67.
13. Ivany L.C. // *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 1996. V.127. P.239—256.
14. Zburavlev A.Yu., Wood R.A., Naimark E.B. // *Paleobiology*. 2002. In press.

Лазерная локация Луны

Е.Ю.Алёшкина

Луна — наш ближайший и пока единственный в Солнечной системе космический сосед, где побывали астронавты. Казалось бы, знания о Луне исчерпывающи — по крайней мере в том, что касается ее видимой стороны. Но это не так: исследования не прекращаются и дают все новую информацию о динамике и физике не только самого спутника, но и Земли.

Среди современных высокоточных астрономических наблюдений, таких как радиоинтерферометрия, лазерная локация спутников, слежение за навигационными искусственными спутниками Земли, особое место занимает лазерная локация Луны. Это единственный активный лунный эксперимент, который продолжается уже более 30 лет после посадок там советских и американских космических аппаратов. Такой продолжительный интерес к нему объясняется междисциплинарным характером результатов, получаемых на основе эксперимента.

Лунные «осветители»

Луну, как давно известно, мы видим в отраженных солнечных лучах. А если попытаться освещать ее с Земли — конечно,



Екатерина Юрьевна Алёшкина, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник лаборатории эфемеридной астрономии Института прикладной астрономии РАН (Санкт-Петербург). Область научных интересов — селенодинамика и селенодезия, теория движения небесных тел, вращение Земли.

не для того, чтобы что-то рассмотреть, а в целях локации? Такая фантастическая на первый взгляд идея родилась в начале 60-х годов минувшего века в группе гравитационных исследований Принстонского университета США [1]. Реальную почву для нее обеспечило то, что к этому времени были созданы принципиально новые источники направленного излучения — лазеры. Для целей лазерной локации в университете Мерилленда и Годдардовском космическом центре США было разработано и построено оборудование, которое затем раз-

местили на 2,7-метровом оптическом телескопе обсерватории Макдональд Техасского университета.

Параллельно с 1963 г. работа по созданию аппаратуры для аналогичных наблюдений активно велась в Физическом институте им. Лебедева АН СССР в Москве [2] и во Франции в Политехнической школе Парижа совместно с обсерваторией Пикдю Миди [3].

В 1970 г. НАСА организовало специальную экспериментальную группу по лунной локации (LURE — Lunar Ranging Experiment), и с этого времени начали проводиться регулярные



Рис. 1. 2.6-метровый зеркальный телескоп им.Г.А.Шайна Крымской астрофизической обсерватории.

наблюдения в обсерватории Макдональд. Планировалось проводить наблюдения в США и на других станциях, однако попытки оказались не очень удачными.

В Японии в астрономической обсерватории Токио совместно с компанией Хитачи было установлено оборудование для лазерной локации на 188-сантиметровом телескопе, где в 1971 г. удалось осуществить сеансы, после чего работы были приостановлены [4] в связи с прекращением финансирования компанией «Хитачи».

В течение 1971—1981 гг. периодические сеансы лазерной локации Луны проводились у нас с использованием 2.6-метрового телескопа им.Г.А.Шайна в Крымской астрофизической обсерватории (рис.1). С 1981 г. регулярные наблюдения стали вестись во Франции в Центре геодинимических исследований CERGA (Centre d'Etudes et de Recherches Geodynamiques et Astrodynamiques) недалеко от Ниццы. Серия успешных наблюдений была осуществлена на Гавайских о-вах в обсерватории

Халиакала. В обсерватории Макдональд локационное оборудование дважды меняло свое расположение после модификации лазера и увеличения его мощности, что позволило использовать менее крупные телескопы. Наиболее полными являются регулярные наблюдения во Франции и в США, которые ведутся и по сей день. Однако понятно, что всего две станции составляют минимальную сеть для использования локационных данных, и, безусловно, необходимо расширение этой сети.

Лазерный импульс, посланный с Земли и отраженный просто от лунной поверхности, оказывается очень слабым, чтобы его можно было зарегистрировать. Поэтому для реализации разработанной программы на лунную поверхность в ходе нескольких экспедиций были доставлены пять уголкового отражателей: в июле 1969 г. — на американском корабле «Аполлон-11»; в ноябре 1970 г. — с помощью советской автоматической лаборатории «Луноход-1», привезенной на космическом аппарате «Луна-17»; в феврале 1971 г. — на «Аполлоне-14»; в июле 1971 г. — на «Аполлоне-15»; в январе 1973 г. — с помощью «Лунохода-2», прилетевшего на «Луне-21» (рис.2).

Каждый лунный отражатель (рис.3) — это панель из небольших уголкового призм, кварцевых (размером 3.8 см) в американских конструкциях и покрытых серебром (размером 10.6 см) — в доставленных «Луноходами». Отражатели с «Аполлонов-11 и -14» содержали по 100 уголкового рефлекторов, с «Аполлона-15» — 300, с «Луноходов» — 14. Отражатели, размещенные на советских станциях, были сделаны во Франции. Еще шесть рефлекторов были изготовлены в СССР, но на Луну не попали в связи с сокращением лунных программ. К сожалению, отражатель с «Лунохода-1» быстро вышел из строя, зато четыре остальных продолжают работать и сегодня.

На основе анализа локационных данных проводится определение и уточнение большого числа селено- и геодинимических параметров. Такими исследованиями занимаются в Лаборатории реактивного движения JPL (Jet Propulsion Laboratory) НАСА и Университете Техаса в США, Центре геодинимических исследований CERGA и Парижской обсерватории во Франции, в обсерватории Шанхая в Китае, в Институте прикладной астрономии РАН. Чтобы достаточно точно измерять параметры вращения Луны, отражатели на лунной поверхности следовало расположить как можно дальше друг от друга и с возможно большим разбросом по диску. Положение уголкового отражателей на диске показано на рис.4.

Экспериментальный материал можно разделить на три части по точности наблюдений. Первая группа охватывает 1970—1976 гг. и имеет формальную точность регистрации 1 нс. Наблюдения 1976—1986 гг. проводились с точностью 0.5 нс. В последней группе, включающей наблюдения 1986—2000 гг., точность регистрации достигает 0.1 нс.

Немного подробностей

Техника локации космических объектов позволяет с высокой точностью определять расстояние между станцией наблюдения на Земле и интересующим нас объектом. Для объяснения принципа локации достаточно простой геометрической схемы (рис.5). Эксперимент в данном случае — просто измерение временной задержки между испусканием светового сигнала и приемом отраженного. Этот интервал соответствует времени распространения света от лазера на станции до уголкового отражателя на Луне и обратно от него до принимающего сигнал телескопа, т.е. про-

Рис.2. Модель советской автоматической лаборатории «Луноход-2», работавшей на поверхности спутника в 1973 г.



Рис.3. Панель уголкового отражателя, доставленного на Луну экспедицией «Аполлон-11» в 1969 г.

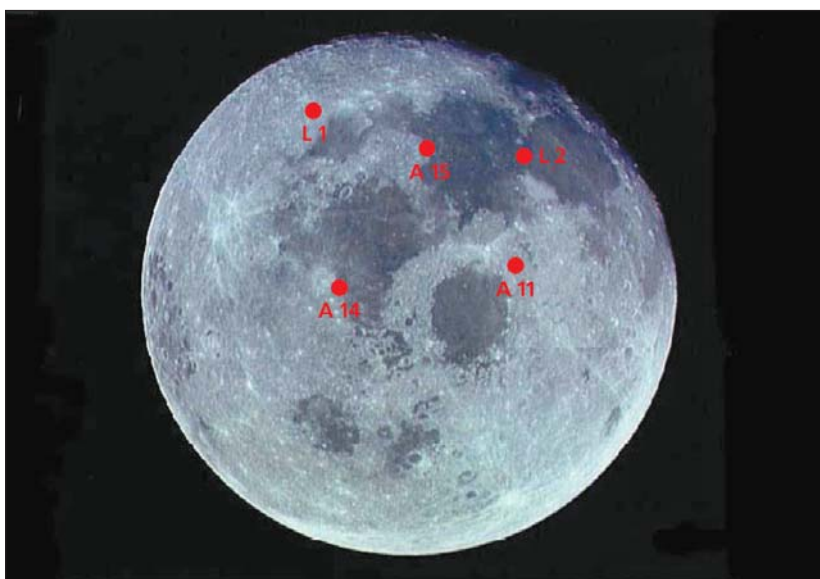


Рис.4. Положение на диске Луны пяти уголковых отражателей, размещенных в 1969—1973 гг.

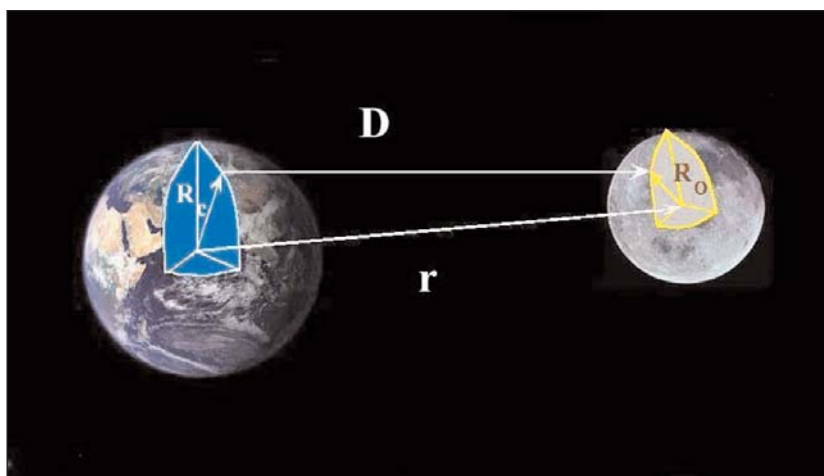


Рис.5. Геометрическая схема проведения локации лунных уголкового отражателей.

хождению двойного расстояния от станции до отражателя (D). Среднее расстояние Луны от Земли (384 000 км) свет проходит за 1.25 с, т.е. временная задержка между посылкой и приемом лазерного импульса составляет 2.5 с. Ясно, что фактическая временная задержка зависит от места станции на поверхности Земли (R_c), от расположения отражателя на лунной поверхности (R_o) и положения Луны на геоцентрической орбите (r) в моменты посылки, отражения и приема сигнала.

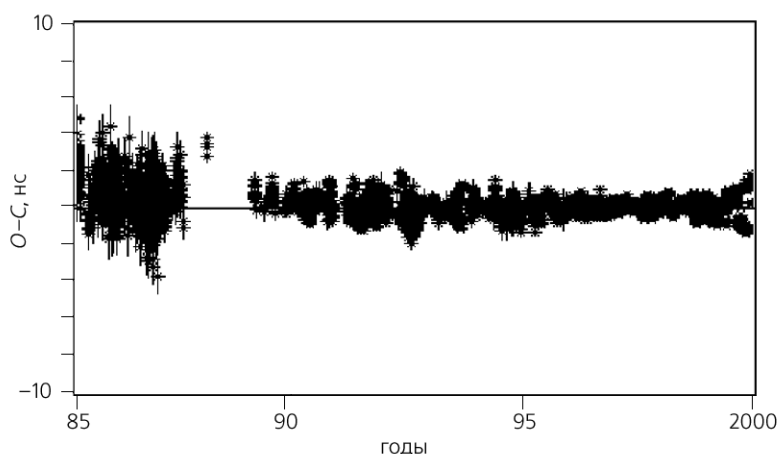
В эксперименте использовались лазеры двух поколений с разными характеристиками. Первые рубиновые лазеры излучали световые импульсы с энергией 3 Дж и длительностью 3 нс. Второе поколение лазеров на основе неодима имело хоть и меньшую излучаемую энергию — 120 мДж, но зато и менее длительный импульс — 200 пкс. Более короткий импульс дает улучшение точности локационных данных, которая обратно пропорциональна длительности лазерного импульса. Законы дифракции заставляют расширяться даже прекрасно коллимированный в начале лазерный пучок: на пути к Луне расхождение возрастает до нескольких километров. Уголкового отражатель захватывает и отражает только часть испускаемой энергии,

которой тем не менее достаточно, чтобы ее можно было зафиксировать на станции (прием одного фотона требует в среднем 10—20 лазерных «выстрелов»). Отраженный луч также претерпевает расхождение и создает на Земле пятно размером порядка 16 км. За время распространения сигнала телескоп из-за вращения Земли и ее движения по орбите перемещается на расстояние ~ 1.6 км от места излучения, но значительно больший размер пятна позволяет телескопу принимать почти столько же энергии, как если бы его движения не было. Для уменьшения шумов в приемной системе предпринимаются специальные усилия: используются узкий спектральный фильтр с полосой 1 Å, пропускающий практически только излучение с длиной волны лазера, пространственный фильтр для ограничения поля приема; играет свою роль и то, что мы можем предсказать момент возвращения сигнала. Наблюдения проводятся при высоте Луны над горизонтом $>20^\circ$, в моменты прохождения Луны через меридиан, а также за 3 ч до прохождения и через 3 ч после него. Такое расписание наблюдений особенно важно для определения особенностей вращения Земли на основе изменения расстояний Земля—Луна. Помимо это-

го, для каждого наблюдения фиксируются атмосферные условия: температура, давление и влажность — чтобы иметь возможность использовать математическую модель атмосферы с целью учета задержки в ней лазерного импульса. На достигаемом уровне точности измерения расстояний в несколько сантиметров это очень существенно, поскольку величина атмосферной задержки в наносекундах $\sim b/\cos(z)$, где z — зенитное расстояние Луны.

Вычисление теоретического времени возвращения света производится с высокой точностью. Считать, что Луна движется вокруг Земли по эллиптической орбите, можно лишь в очень грубом приближении. На самом деле перемещение Луны в пространстве и ее вращение вокруг своей оси имеют крайне сложный характер. Факторы, оказывающие влияние на ее движение, обусловлены положением Луны в солнечной системе и ее формой. Массивное Солнце расположено достаточно близко к системе Земля—Луна, чтобы оказывать значительное возмущающее действие. Плоскость орбиты спутника наклонена к плоскости эклиптики на угол, среднее значение которого $5^\circ 08' 43''$, а ее экватор в свою очередь — на средний угол $1^\circ 31'$. Форма Луны аппроксими-

Рис.6. Невязки (O–C) во временных задержках лазерного импульса для наблюдений в Центре геодинимических исследований Франции (2 нс соответствуют 30 см в расстоянии).



руется несимметричным трехосным эллипсоидом.

Сложность теоретического описания лунного движения осознали еще во времена Ньютона. Кроме притяжения Луны «точечными» Землей и Солнцем, которое рассматривается в так называемой задаче трех тел, пришлось учитывать притяжение других планет Солнечной системы. По мере того как возрастала точность и совершенствовались методы наблюдений, теория Луны нуждалась все в больших дополнениях, чтобы на ее основе можно было получить положения спутника сопоставимой с наблюдениями точности. Потребовалась разработка орбитально-вращательной теории Луны, учитывающей большое количество возмущающих факторов: размеры и формы Земли и Луны, особенности их гравитационных полей, силы тяготения со стороны малых планет, силы приливного взаимодействия и диссипации энергии вращения наших объектов под действием этих сил. Для построения таких теорий невозможно использовать аналитические методы. Единственным способом достичь нужной точности остается метод численного интегрирования уравнений движений.

Суть обработки наблюдений лазерной локации заключается

в вычислении невязок (O–C) — разностей между наблюдаемой временной задержкой светового импульса O и теоретической задержкой C, найденной на основе теории движения Луны. Получаемые отклонения экспериментальных значений от расчетных (O–C) говорят о степени совершенства теории (рис.6). Анализ этих отклонений, например, с помощью решения уравнений методом наименьших квадратов, позволяет определить ошибки теории. В результате удается решать очень широкий спектр задач, которые можно разделить на несколько групп. Сначала обратимся к самым фундаментальным из них.

На службе космологии

Строго говоря, с самого начала методика лазерной локации как раз и разрабатывалась, чтобы найти ответы на принципиальные космологические вопросы. К последним можно отнести такие: справедлив ли принцип эквивалентности Эйнштейна в космических масштабах? Изменяется ли величина гравитационной постоянной G со временем?

Принцип эквивалентности связан с законом равенства гравитационной m_g и инертной m_i массы тела и постулирует, что отношение этих масс одинаково

во для всех тел независимо от их строения. В лабораторных условиях этот принцип проверялся, но для достаточно массивных тел такая проверка не проводилась. На уровне сантиметровой точности в расстояниях, которую дает лазерная локация, существует возможность обнаружения так называемого эффекта Нордвекта (рис.7). Суть его заключается в том, что если принцип эквивалентности нарушается, то лунная орбита вокруг центра масс системы Земля–Луна должна быть смещена в сторону Солнца в радиальном направлении на величину $\Delta r = \text{Const} \cdot \eta \cdot \cos D$, где D — угловое удаление Луны от Солнца,

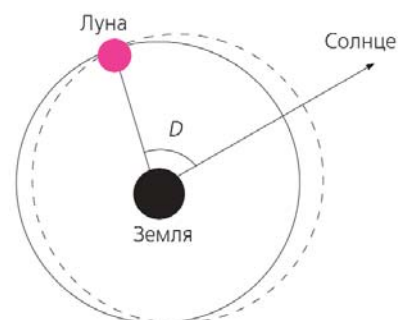


Рис.7. Смещение геоцентрической орбиты Луны вследствие эффекта Нордвекта (пунктирная линия) в случае нарушения принципа эквивалентности.

Const — некоторая постоянная, величину которой дает теория (~13 м). Безразмерный параметр η , определяемый из анализа лазерных наблюдений, характеризует возможное отклонение отношения гравитационной массы к инертной от единицы ($m_g/m_i - 1$). Недавние исследования [5] не обнаружили нарушения принципа эквивалентности и дали оценку параметра $\eta = -0.0005 \pm 0.0011$.

Современные лазерные лунные наблюдения наряду с оптическими, проводимыми на протяжении столетий, использовались для оценки величины \dot{G} — возможного изменения гравитационной постоянной со временем. Согласно идее Т.Ван Фландерна [6], проверить эту гипотезу можно, используя значение приливного замедления Луны \dot{n}_m . Если величины \dot{n}_m , определенные на основе оптических наблюдений в шкале динамического времени и на основе лазерных наблюдений в шкале атомного времени, имеют расхождение, то его можно интерпретировать как результат изменения G . Полученная на основе лазерной локации Луны оценка $\dot{G}/G = (-0.5 \pm 0.5) \cdot 10^{-11}/\text{год}$ [7] в пределах точности результата не подтверждает гипотезу уменьшения гравитационной постоянной.

Возвращаясь на Землю

В экспериментах по лазерной локации задействованы точки и на Луне, и на Земле, т.е. мы имеем дело с относительным движением обоих тел. Поэтому разумно попытаться извлечь информацию о вращении нашей планеты. И действительно, на основе лазерной локации Луны можно оценивать целый ряд геодинамических параметров: удастся изучать нерегулярность земного вращения, определять постоянные прецессии и нутации, устанавливать изменения координат станций, следить за

движением материковых плит. Поддаются оценке эффекты переноса углового момента между твердой Землей и атмосферой, приливная диссипация в океанах, а также влияния последней на вращение Земли.

Локационные наблюдения предоставляют полезную геодинамическую информацию о долгопериодических составляющих вращения Земли. Параметры вращения Земли — это скорость ее вращения и движение полюса. На коротком периоде времени лунный отражатель можно использовать как опорную точку и рассматривать изменение в расстоянии, измеряемом при наблюдении, как следствие вращения Земли. Ось вращения перемещается относительно земной поверхности. Это явление называется движением полюса, и его величина определяется на основе средств космической геодезии с высокой точностью. Из лазерной локации Луны обычно определяется одна из компонент движения полюса, которая вызывает изменение широт станций и поправки к всемирному времени.

Приливные взаимодействия проявляются в динамических свойствах системы Земля—Луна. Они вызывают как замедление движения Луны по орбите, приводящее к изменению ее среднего движения, так и вековое замедление осевого вращения Земли и Луны. Величины приливной диссипации на обоих объектах определяются из анализа наблюдений лазерной локации. При приливных взаимодействиях существенную роль играет отклонение свойств вещества тела от идеальной упругости или идеальной текучести. Это отклонение характеризуется параметром добротности Q , который определяет эффективную диссипативную функцию при приливных деформациях, т.е. величину рассеяния вращательной энергии. В зависимости от эластичных свойств вещества происходит смещение приливного горба, возникающего под

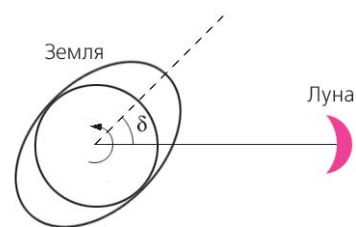


Рис.8. Угол запаздывания приливного горба. Приливной горб при наличии трения выносится вперед вращением Земли, и максимум прилива наступает в более поздний момент, чем при отсутствии трения.

действием притяжения, от направления на притягивающее тело (рис.8). Смещение сопровождается диссипацией энергии, т.е. необратимым переходом механической энергии вращения в другие виды, в частности в тепловую. Величина Q связана с фазовым углом запаздывания приливного горба δ_E соотношением: $Q = 1/\text{tg}(2\delta_E)$. Уточнение фазового угла запаздывания приливного горба δ_E позволяет охарактеризовать диссипацию энергии вращения Земли, обусловленную суммарным действием приливов в океанах и в твердой коре. Приливные взаимодействия в системе достаточно велики и играют важную роль в вопросе ее эволюции. Аналогично есть и возможность уточнить величину угла δ_m для Луны, а следовательно, и значения Q для нее.

В астрометрии использование лазерных измерений совместно с наблюдениями покрытий Луной внегалактических радиоисточников (т.е. исчезновения источников за лунным диском) позволяет уточнить ориентацию динамической системы координат, используемой при построении теорий движения планет и Луны, по отношению к радиоастрометрической координатной системе, которая основана на высокоточных координатах квазаров. С 1998 г. в Институте прикладной астроно-

мии (ИПА) РАН ведется подготовка программы и разработка методики наблюдений радиопокрытий на телескопах его обсерваторий «Светлое» и «Зеленчукская» [8].

Новости о Луне

Лазерная локация дает информацию для исследования динамики и структуры Луны, что позволяет развивать наши представления о физической либрации Луны, о ее гравитационном поле, о распределении масс в Луне и ее внутреннем строении, о приливных эффектах.

Луна обладает синхронным вращением, т.е. период ее обращения по орбите вокруг Земли в среднем совпадает с периодом оборота вокруг своей оси. Поскольку Земля со спутником представляют собой сложную взаимодействующую двойную систему, орбитальное движение Луны не может быть представлено с хорошей точностью без учета особенностей ее вращения. Физическая либрация характеризует отклонение осевого вращения Луны от равномерного, описываемое тремя известными законами Кассини. Лазерные наблюдения позволяют уточнять параметры физической либрации, в которой в свою очередь можно выделить две составляющие — вынужденную и свободную. Последняя аналогична земной и может быть обусловлена неэластичностью реакции лунного вещества на приливы, вязким трением на границе твердой мантии и жидкого железного ядра, а также падением крупных метеоритов.

Вопрос о наличии тяжелого ядра у Луны долгое время оставался открытым. Сегодня с большой степенью достоверности можно говорить о существовании такого ядра, и верхний предел его диаметра оценивается в 400 км. Теоретическое ограничение на размеры тяжелого железного ядра накладывает вели-

чина относительного момента инерции Луны $I = C/MR^2$ (где C , M и R — главный осевой момент инерции, масса и радиус Луны соответственно). Из совместного использования данных лазерной локации и измерений доплеровских сдвигов для искусственных спутников Луны [5] определено значение $I = 0.3935 \pm \pm 0.0011$. Теоретическое значение для случая однородной Луны со средней плотностью 3.4 г/см^3 составляет 0.4, а наличие тяжелого ядра плотностью 8 г/см^3 с радиусом 700 км уменьшает это значение до 0.391. По видимому, плотность реального ядра имеет среднее значение, и достоверность оценки в 400 км подтверждается также сейсмическими данными, полученными в ходе проведения искусственных лунотрясений. Диссипация вращения Луны обусловлена двумя факторами: с одной стороны, приливами в твердом теле Луны, а с другой — взаимодействием жидкого ядра и твердой мантии, которое также может быть оценено из анализа локационных наблюдений.

Как устроена Луна, каково там распределение масс, есть ли ядро — вопросы, тесно взаимосвязанные; для ответа на них нужно знать значения чисел Лява для Луны. Три числа Лява k_2 , b_2 , l_2 описывают пластические свойства лунного вещества. Число k_2 характеризует изменение гравитационного потенциала Луны из-за приливного воздействия Земли и Солнца и учитывается в уравнениях орбитально-вращательного движения при численном интегрировании. Числа b_2 и l_2 определяют

величину смещения из-за приливов точки поверхности Луны в вертикальном и горизонтальном направлении соответственно и учитываются при редукции наблюдений (т.е. при внесении поправок на влияние атмосферы, на движение материковых плит и приливов в твердой земле, на переход от небесной системы координат к земной и т.д.).

Задачи уточнения координат точек на лунной поверхности в ближайшее время будут важны не только для фундаментальной науки, но и в практическом отношении, при построении и уточнении лунных карт. Для построения селенодезических опорных сетей наиболее удобна селенодинамическая система отсчета, оси которой совпадают с главными осями инерции Луны. Практическая реализация селенодезической системы — это координаты некоторой совокупности точек лунной поверхности, определяемые из наблюдений. На сегодняшний день эта система координат задана четырьмя опорными точками — лунными отражателями. Лазерная локация позволила определить их координаты с точностью, на несколько порядков превышающей все предшествующие методы. Например, координаты отражателей определены с точностью до 0.1 м (табл.1), в то время как методы наземной оптической астрономии, а именно — определение координат кратеров Луны на основе ее фотографий на фоне звезд, дают точность вдоль поверхности до 500 м, а в направлении Земли до 2 км [9]. Однако следует учитывать: хотя расположе-

Таблица 1

Координаты отражателей на поверхности Луны в селенодинамической системе отсчета

Отражатель	X (км)	Y (км)	Z (км)
с «Аполлона-11»	1591.955	690.724	21.005
с «Аполлона-14»	1652.697	-520.972	-109.729
с «Аполлона-15»	1554.675	98.120	765.007
с «Лунохода-2»	1339.349	801.893	756.360

ние отражателей на лунной поверхности достаточно удачно, но, как видно на рис.4, все четыре опорные точки практически находятся в северном полушарии. Таким образом, точность селенодизической системы координат в южном полушарии ниже. Кроме того, из анализа локационных данных не удается уточнить координаты всех четырех отражателей одновременно, и один из них обычно фиксируется.

Насколько предсказуема Луна?

Совершенствование теорий движения и вращения Луны, т.е. возможность более точного предсказания положения Луны в пространстве, а значит, и видимого ее положения на небе, — это задача, которую на протяжении долгого времени решают астрометрия и небесная механика. Существует большое число теорий движения Луны, которые в той или иной степени учитывают различные эффекты и используют разные модели ее строения, отталкиваясь от тех

или иных наборов параметров. Процесс развития теорий, увеличения учитываемых в них возмущающих факторов и соответственно их точности представлен диаграммой на рис.9. Сегодня самой точной и широко используемой во многих национальных астрономических ежегодниках считается теория движения больших планет и Луны DE403/LE403, разработанная в Лаборатории реактивного движения (США) JPL [10]. Она построена на основе численного интегрирования уравнений движения больших планет, астероидов, Луны и лунных либраций на интервале в 600 лет (1600—2200).

О степени правдоподобности теорий судят по их предсказательной способности. Современные теории позволяют предсказывать движение Луны с высокой точностью. Например, моменты наступления солнечных или лунных затмений вычисляются с точностью до сотых долей секунды, а вероятные отклонения в моментах реальных затмений в основном связаны не с теориями движения, а с неровностями лунного края,

которые могут достигать 2'', что соответствует 4 с времени. Иначе говоря, мы сегодня можем утверждать, что на коротких в астрономических масштабах интервалах времени, охватывающих десятки лет, мы знаем положение Луны практически точно. Если же говорить о более значительных промежутках времени в столетия и тысячелетия, то в этом случае можно оценивать не «абсолютную» точность теорий, определяемую из сопоставления с наблюдениями, а их внутреннюю точность. Последняя для численных теорий контролируется сравнением результатов интегрирования в разном направлении — вперед и назад — на нужном интервале времени. На этой внутренней точности сказываются как ошибки самого математического метода численного интегрирования, так и неопределенность значений тех постоянных, которые используются в интегрируемых уравнениях. Понятно, что точность теоретических предсказаний ухудшается при экстраполяции на интервал времени вне рамок имеющихся наблюдений. В случае Луны, например, для интервала времени лазерных наблюдений точность вычисления долготы составляет ~ 0.005''. Вне этого интервала ошибка в долготе Луны накапливается из-за возможной неточности одной из постоянных интегрирования — значения приливного замедления \dot{n}_m , значение этой ошибки за тысячу лет может достигать нескольких десятков секунд дуги, что соответствует ошибке в расстоянии в десятки метров.

В России работа по анализу данных лунной локации и их использованию на протяжении долгого времени велась в Институте теоретической астрономии АН СССР [11]. В ИПА РАН построение численной теории Луны и ее уточнение на основе локационных наблюдений проводятся с 1995 г. группой профессора Г.А.Красинского. На начальном этапе с помощью



Рис.9. Совершенствование теорий движения Луны по мере увеличения учитываемых в них возмущающих факторов. 1 — теории А.К.Клеро (1747), Ж.Л.Д'Аламбера (1756), П.С.Лапласа (1802); 2 — теории П.А.Ганзена (1857), Ш.Э.Делоне (1862), С.Ньюкома (1875), Э.У.Брауна (1919); 3 — теории У.Эккерта (1952), К.Остервинтера и Ч.Коэна (1972); 4 — современные численные теории LE403 (1995), EM-2 (2000).

Таблица 2

Число экспериментальных значений времени задержки, полученных с помощью различных отражателей в разных обсерваториях

Станция	McDonald	MLRS	MLRS2	Haleakala	CERGA	Всего
Интервал	1970–1985	1986–1988	1988–2000	1985–1990	1984–2000	
Отражатель						
с «Аполлона-11»	468	10	156	20	730	1384
с «Аполлона-14»	494	26	189	23	648	1380
с «Аполлона-15»	2349	236	1746	633	5959	10923
с «Лунохода-2»	131	3	12	18	262	426
Всего	3442	275	2103	694	7599	14113

численного интегрирования была построена теория орбитально-вращательного движения Луны без учета приливных взаимодействий, и на основе локационных наблюдений уточнялось приливное замедление Луны [12].

Анализ лазерных наблюдений 1970–1995 гг. позволил построить промежуточную теорию, представляющую современные наблюдения с формальной точностью для остаточных невязок 2 нс, что соответствует 30 см в расстоянии от станции до отражателя. Позднее в связи с необходимостью улучшения динамической модели и расширением наблюдений была проведена работа по построению уточненной эфемериды Луны (т.е. численных значений геоцентрических координат и либраций), с учетом ряда дополнительных факторов при моделировании возмущающих сил. Эта работа велась в рамках построения единой теории движения больших планет и Луны ЕРМ-2000, осуществляемой в лаборатории эфемеридной астрономии ИПА РАН [13, 14]. При построении теории динамическая модель в уравнениях движения включала помимо главных дополнительных возмущающих силы: притяжение 300 крупнейших астероидов и приливное взаимодействие в системе Земля–Луна. В уравнения Эйлера для физической либрации были включены по сравнению с предшествующей теорией приливные возмущения вращения Лу-

ны, обусловленные следующими факторами: изменением потенциала и моментов инерции Луны, во-первых, из-за приливов, вызванных притяжением Земли и Солнца, а во-вторых, вследствие сжатия под действием центробежной силы; наличием диссипации — запаздывания приливов, вызванного неупругими свойствами тела Луны. Представление наблюдений на 30-летнем интервале дает определение расстояния от станции до отражателя с точностью до 3–5 см, при этом уточняются значения нескольких десятков параметров.

Статистика использованных в анализе данных лазерных наблюдений Луны приведена в табл.2.

В результате проведенного анализа с использованием новой теории были уточнены значения основных селенодинамических параметров.

Получена оценка фазового угла запаздывания приливов на Земле $\delta_E = (9004.33'' \pm 2.61'')$ = 0.04365 ± 0.00001 и соответствующего ему значения приливного замедления Луны в расчете на столетие в квадрате $\dot{n}_M = -(26.4 \pm 0.7)''/ст^2$.

Были уточнены коэффициенты Стокса разложения лунного гравитационного потенциала по сферическим функциям. На сегодняшний день существует несколько десятков различных моделей лунного гравитационного поля, полученных по различным данным. Уточнение этих моделей особенно важно

для планирования полетов космических аппаратов. Как показывают исследования, гравитационное поле Луны сложное и неоднороднее земного, его гармоники убывают не так быстро. Существенной компонентой лунного потенциала является его вторая гармоника, которая отражает отклонение тела от гидростатического равновесия. Она включает пять составляющих: зональную C_{20} , две секториальные C_{22} , S_{22} и две тессеральные C_{21} , S_{21} . Важным результатом проведенного анализа лазерных наблюдений оказалось уверенное определение гармоник C_{21} , S_{22} , до этого полагаемых равными нулю. Эти значения характеризуют небольшие отклонения осей используемой системы координат от главных осей инерции Луны.

Приведем полученные величины:

$$C_{20} = (2.02351 \pm 0.000013) \cdot 10^{-4},$$

$$C_{21} = (0.0175 \pm 0.0007) \cdot 10^{-7},$$

$$C_{22} = (2.2699 \pm 0.00006) \cdot 10^{-5},$$

$$S_{22} = (0.0017 \pm 0.0001) \cdot 10^{-7}.$$

Величина числа Лява k_2 для Луны была найдена равной 0.0205, что подтверждает другие аналогичные определения. Угол запаздывания приливов на Луне оценивается из анализа наблюдений величиной $\delta_M = (9204.4'' \pm 17.2'')$ = $0.0446 \pm \pm 0.0001$, что соответствует значению параметра, характеризующего диссипацию вращательного движения Луны, $Q_M = 11.18$. Это удивительно низкое значение, поскольку для твердых планет типичное значение Q имеет

порядок 100. Земля, имеющая $Q = 11.5$, представляет собой исключение, по-видимому, из-за наличия в первую очередь значительного трения в мелких морях, в то время как для Луны такая величина Q не совсем понятна на сегодняшний день.

Не останавливаться на достигнутом!

Дальнейшее уточнение теорий и накопление наблюдательного материала позволяет

определять значения тех или иных физических характеристик с возрастающей точностью и на основе новых уточненных значений делать более обоснованные выводы о движении и строении Луны. Это особенно важно, поскольку данные о лунном строении являются в основном косвенными (если не считать тех краткосрочных экспериментов, которые проводились во время реализации лунных программ), и чем точнее определяемые характеристики, тем более достоверны на-

ши заключения. Луна — богатейшая лаборатория и великолепный полигон для будущих исследований. Отсутствие атмосферы, т.е. условия практически полного вакуума, — это прекрасная возможность для проведения астрономических наблюдений и различных физических и химических экспериментов. Поэтому как дистанционные наблюдения, так и непосредственные исследования на поверхности в будущем принесут еще много новой информации. ■

Литература

1. Alley C.O., Bender P.L., Dickey R.H. et al. // J. Geophys. Res. 1965. V.70. № 9. P.2267—2269.
2. Кожурин Ю.Л. Лазерная локация Луны // Тр. ФИАН им.Лебедева. 1976. Т.91.
3. Orszag A., Rosch J., Calame O. La station de telemetre laser de l'observatoire du Pic-du-Midi et l'acquisition des cathodotes francais de Luna 17 // Space Research XII / Eds S.A.Bowhill, L.D.Jaffe and M.J.Rycroft. Berlin, 1972. V.1. P.205—209.
4. Tachibana A., Yamamoto Y., Takatsuji M. et al. A preliminary system of lunar ranging // Space Research XII / Eds S.A.Bowhill, L.D.Jaffe and M.J.Rycroft. Berlin, 1972. V.1. P.187—195.
5. Dickey J.O., Bender P.L., Faller J.E. et al. // Science. 1994. V.265. P.482—490.
6. Van Flandern T.C. IAU Coll. 63 / Ed. O.Calame. Dordrecht, 1982. P.207—212.
7. Алешкина Е.Ю., Красинский Г.А., Питьева Е.В. и др. // Успехи физ. наук. 1987. Т.151. Вып.4. С.720—724.
8. Алешкина Е.Ю. Предварительная программа наблюдений покрытий Луной квазаров // Проблемы современной радиоастрономии. СПб., 1997. Т.2. С.270.
9. Алешкина Е.Ю., Красинский Г.А., Рахимов Л.И. и др. Уточнение селенодезической системы координат из обработки крупномасштабных снимков Луны // Тр. ИПА РАН. Сер. Астрометрия и геодинамика. 1998. Вып.3. С.88—95.
10. Standish E.M., Newball X.X., Williams J.G., Folkner W.M. JPL planetary and lunar ephemerides, DE403/LE403 // IOM 314.10-127. Pasadena, 1995.
11. Бойко В.Н., Фурсенко М.А. Лазерная локация Луны // Препринт ИТА РАН, 1994. №36.
12. Алешкина Е.Ю., Васильев М.В., Красинский Г.А. Некоторые результаты анализа лазерных наблюдений Луны 1970—1995 гг. // Тр. ИПА РАН. Сер. Астрометрия и геодинамика. 1997. Вып.1. С.262—274.
13. Питьева Е.В. Новая численная теория движения планет ЕРМ98 // Тр. ИПА РАН. Сер. Астрометрия и геодинамика. 1998. Вып.3. С.5—23.
14. Алешкина Е.Ю., Васильев М.В., Красинский Г.А. Построение численной теории орбитально-вращательного движения Луны с учетом приливных эффектов на основе лазерных наблюдений // Астрометрия, геодинамика и небесная механика на пороге XXI века. СПб., 2000. С.235—237.

Аккреционная призма как модель горообразования

(190-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»)

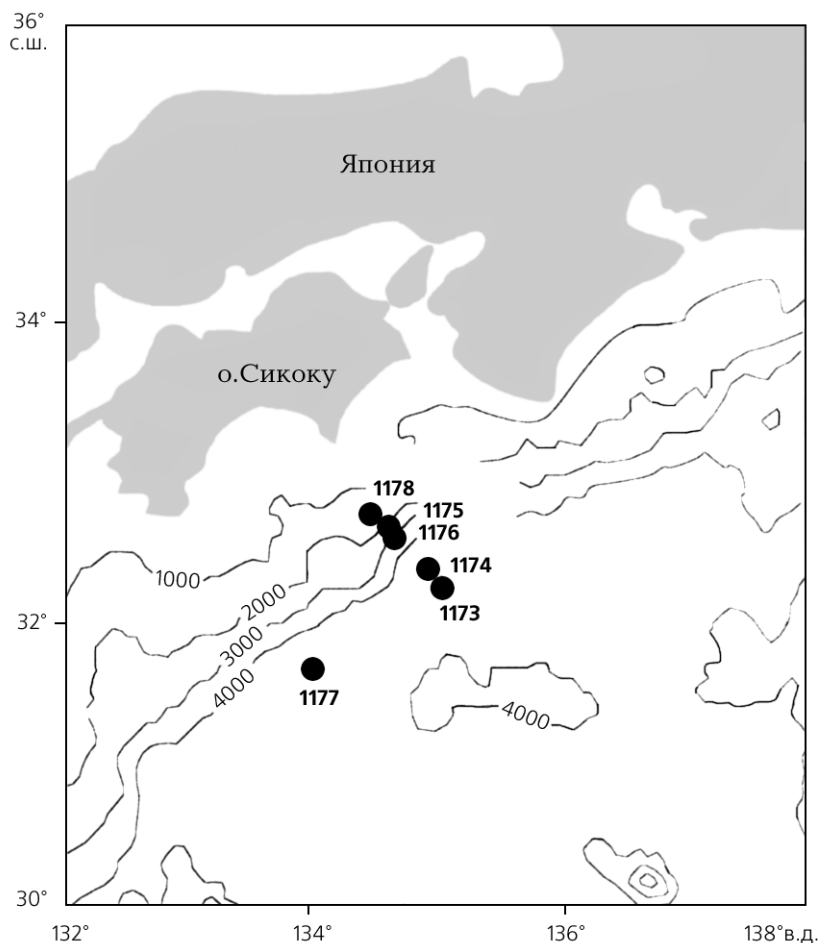
И.А.Басов,

доктор геолого-минералогических наук

Институт литосферы окраинных и внутренних морей РАН
Москва

Структуры, формирующиеся в зоне субдукции при соскабливании верхних слоев одной океанской плиты и приращении их к фронтальной части другой (континентальной), называют аккреционными призмами. Их образование сопровождается тектоническими срывами, надвигами и деформациями — т.е. процессами, характерными для начальных стадий формирования горных сооружений. Таким образом, аккреционные призмы могут служить природной моделью для изучения горообразования, в которой все составляющие элементы системы претерпели лишь незначительные изменения и могут быть исследованы по отдельности и во взаимодействии друг с другом.

Изучению строения аккреционной призмы и процессов, происходящих в ее недрах, был посвящен 190-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн», который состоялся в мае—июле 2000 г. в районе желоба Нанкай, примыкающего к о.Сикоку (Японский архипелаг). Рейс проводился под руководством Г.Ф.Мура (Отдел геологии и геофизики Гавайского университета, Маноа, США), А.Таиры (Институт океанских исследований Токийского университета, Япония) и А.Клауса, представите-



Положение скважин, пробуренных в 190-м рейсе «ДЖОИДЕС Резолюшн» Программы океанского бурения (залитые кружки с номерами).

ля Программы океанского бурения [1].

Проведенные ранее геофизические исследования показали, что аккреционная призма желоба Нанкай характеризуется довольно простым строением, представляя собой классическую структуру такого рода, находящуюся на ранней стадии развития. Здесь имеются возможности для изучения разреза, геофизических измерений внутри скважин, а в дальнейшем и для долгосрочного мониторинга механических напряжений и поведения флюидов. Это важно для понимания физических и химических процессов, происходящих над зонами субдукции и в конечном итоге для разработки адекватной модели формирования и эволюции аккреционных призм как элемента активной границы океан—континент и зарождающихся горных сооружений.

Были пробурены скважины в шести точках (1173—1778) в интервале глубин 1742—4844 м, пять из которых образуют профиль, пересекающий внутренний склон желоба Нанкай, а од-

на расположена в пределах впадины Сикоку на некотором удалении от желоба. Наибольшее проникновение в тело призмы было достигнуто в скв. 1174В (глубина забоя 1119.8 м), получено около 2.5 км керна, изучение которого в береговых лабораториях позволит прояснить многие аспекты формирования и эволюции аккреционной призмы. Однако уже в процессе бурения получены данные, заставляющие по-новому взглянуть на историю ее развития. Так, установлено, что аккреция миоценовых и плиоценовых турбидитов, которые сформировали так называемую большую надвигово-покровную зону, сопровождалась полным изменением системы транспортировки обломочного материала. Если до этого события терригенный материал поступал вниз по склону с островной дуги, то после аккреции — вдоль оси желоба из коллизионной зоны Идзу, расположенной восточнее. В результате за последние 2 млн лет призма увеличилась по ширине приблизительно на 40 км.

Подтверждено существование хорошо выраженной отрицательной аномалии хлоридов, обнаруженной ранее в поровых водах нижней части осадочного разреза впадины Сикоку. Проведенные в рейсе измерения показали, что ее магнитуда последовательно увеличивается при движении от аккреционной призмы во впадину, хотя пока не ясно, связано ли это с преобразованиями внутри призмы или с миграцией флюидов. Не исключено, что такое распределение хлоридов обязано обоим факторам.

Отмечены значительные изменения в преобразованиях осадков, строении их разрезов и геохимических свойствах по простиранию призмы, что может быть обусловлено вариациями в тектоническом и гидрологическом режимах. Одновременно установлено, что, несмотря на эти различия, поверхность срыва в основании призмы, которая хорошо регистрируется по резкому уменьшению пористости осадков выше нее (благодаря большему уплотнению), простирается практически на одном уровне: 6—7 млн лет. ■

Литература

1. Moore G.F., Taira A., Klaus A. et al. Proceedings of the Ocean Drilling Program. Initial Reports. 2001. Leg 190.

Космические исследования

Будущий метеоспутник Венеры

Японский институт космических и астронавтических наук готовится к запуску в феврале 2007 г. аппарата, предназначенного для изучения Венеры. Условное название — «Метеоспутник Венеры». Ему предстоит выйти на околовенерианскую орбиту в сентябре 2009 г., но сначала, в июне 2008 г., совершить гравитационный ма-

невр вокруг Земли для дальнейшего полета к цели.

Бортовое научное оборудование предназначено для изучения характеристик вращения верхних и нижних слоев венерианских облаков и крайне быстрых (до 100 м/с) движений вещества в них, для сбора информации о сильных фонтанообразных электрических разрядах, полярных сияниях и свечении атмосферы.

Известно, что весьма плотная атмосфера планеты создает на ее поверхности интенсивный парниковый эффект, в ре-

зультате чего температура достигает 470°C. Атмосферное давление на Венере примерно в 100 раз превышает нормальное земное.

Spaceflight. 2001. V.43. №12. P.491 (Великобритания).

Космические исследования. Техника

Марсолеты готовятся в путь

Инженеры Национального агентства США по аэронавтике и космическим исследованиям

(НАСА) проводят испытания нескольких малых беспилотных летательных аппаратов, предназначенных для изучения Марса с воздуха. Проект имеет название «Kitty Hawk-3» (Китти-Хок — поселок в штате Северная Каролина, около которого братья Орвилл и Уилбур Райт совершали первые полеты на сконструированном ими аэроплане); его осуществляет коллектив Научно-исследовательского центра им.Эймса НАСА, расположенного в штате Калифорния.

Один из двух таких аппаратов — «Orville» — представляет собой существенную модификацию дистанционно управляемого планера «NASA-731». Длина его корпуса 1.2 м, а размах крыльев 2.4 м. Во время аэродинамических испытаний прототип будущего марсолета был сброшен над территорией штата Орегон (крайний северо-запад США) с наполненного гелием воздушного шара, находившегося на высоте 30.8 тыс. м. Управление полетом осуществлялось с Земли по радио. Ранее аналогичные испытания проведены на более низких высотах при полете другого аппарата — «Wilbur», — построенного на основе планера «NASA-729». Оба эксперимента позволили инженерам внести необходимые изменения в конструкцию машин.

Предполагается, что марсолеты будут доставлены на Красную планету с помощью орбитального или посадочного отсека очередного космического аппарата. Затем они смогут совершать длительные полеты в разреженной и насыщенной CO₂ атмосфере этой планеты. Среди бортового оборудования упоминают фотокамеры высокой разрешающей способности. Сейчас конструкторы строят окончательную масштабную модель марсолета для испытаний в атмосфере Земли.

Spaceflight. 2001. V.43. №11. P.450 (Великобритания).

Социология

«База смертности»

Демограф Дж.Уилмот (J.Wilmoth; Университет штата Калифорния в Беркли, США) собрал информацию, важную для статистики, медицины, социологии и экологии. Этот массив данных, хотя и называется «Базой смертности», содержит множество сведений о численности населения, а также о здоровье, семье и других аспектах жизни среднестатистического человека, причем не только в Америке, но и в других странах. Например, данные о демографической динамике в Швеции охватывают период начиная с 1749 г., в Северной Америке — с 1900 г., а в Японии — с 1950 г. Имеются сведения о средней продолжительности жизни: для француза, родившегося на грани XIX и XX вв., она составляла около 43 лет; афроамериканцы, появившиеся на свет в США в 1968 г., проживут на 16 лет больше. Всю эту информацию можно найти в Интернете по адресу:

www.demg.berkeley.edu/wilmoth/mortality/index.html

Science. 2002. V.295. №5553. P.239 (США).

Охрана природы

Военные губят китов

В марте 2000 г. на берега Багамских о-вов выбросились десятки китов, среди которых были и очень редкие антильские ремнезубы (*Mesoplodon euro-phaeus*) из семейства клюворылых. Большую часть животных спасти не удалось. Это вызвало серьезную тревогу в природоохранных организациях США и стран Карибского бассейна. Была создана комиссия, в состав которой вошли представители Военно-морских сил и Национальной службы рыболовства США.

Выяснилось, что как раз во время трагедии военный флот США проводил в этом регионе крупные учения, в ходе которых широко использовались сонары (их мощное звуковое излучение позволяет обнаружить вражеские подводные лодки). В отчете, опубликованном лишь в начале 2002 г., эксперты признали, что самоубийство китов могло быть вызвано «необычным сочетанием факторов (специфические очертания морского дна, физические характеристики воды и т.п.), которое привело к концентрации акустического сигнала и усилению действия сонаров».

Руководство флота обещало избежать использования этих устройств при учениях, проводимых в сходной обстановке. Однако согласно мнению специалиста по морским млекопитающим Н.Роуз (N.Rose; Общество гуманистических действий, Гейтерсберг, США), отчет составлен так, что оставляет за военными право использовать низкочастотный сонар новой конструкции, испытания которого предстоят в ближайшее время.

Science. 2002. V.295. №5553. P.251 (США).

Археология

Античный Рим как живой город

Античный Рим зачастую воспринимают как скопление архитектурных исторических памятников. Однако государство, господствовавшее в Средиземноморье, должно было исполнять множество административных функций и, стало быть, иметь налаженное делопроизводство и архивы. Где же находились административные здания и какие органы в них располагались? В текстах и на сохранившихся настенных досках сведений об этом почти

нет; изредка встречаются надписи общего характера: «приемная», «делопроизводство». Чаще всего такие вывески устанавливали под доской с именем бога-покровителя или человека, финансировавшего строительство здания (например, «дом Минуциуса»).

И вот при раскопках на Капитолийском холме обнаружено место хранения документации по рынку и других архивов. Наличие нескольких входов указывает, что здесь размещались различные по роду деятельности административные органы. Выяснилось, например, что в I в. до н.э. государственная казна, первоначально располагавшаяся в квартале Сатурна, переехала в здание архива и разместилась рядом с Монетным двором, а тот в конце I в. н.э. переехал в большее по размерам здание неподалеку от Колизея.

La Recherche. 2002. №350. P.12 (Франция).

Археология

Скандалы японской археологии

Тридцать лет назад японский археолог М.Кагава, проводя раскопки в пещере Хидзиридаки на о.Кюсю, обнаружил кости человека и животных, а также каменные орудия труда, возраст которых, по мнению участников работы, не менее 10 тыс. лет. Другие специалисты такую древность ставили под сомнение. Однако пещера Хидзиридаки — единственное место в Японии, где каменные орудия были найдены вместе с останками людей, а столь раннее заселение островов очень нравилось широкой общественности, и это событие надолго стало как бы хрестоматийным фактом.

В декабре 1999 г. эту предполагаемую стоянку первобытного человека заново изучила группа сотрудников Национального музея японской истории во главе с археологом Х.Ха-

рунари. Их подробнейший отчет вызвал по опубликовании бурную дискуссию.

Древесный уголь из пещеры, датированный радиоуглеродным методом, оказался не старше 600—700 лет. Некоторые из каменных орудий труда, найденных как в 60-х годах, так и теперь, относятся к позднему палеолиту, однако имеют ряд «странностей». Дело в том, что предметы возрастом от 2 до 20 тыс. лет лежат здесь вперемешку, а слой почвы непосредственно над одной из таких находок никак не старше 600—700 лет. Кроме того, многие орудия сделаны из обсидиана, а поблизости он не встречается. Мог ли древний человек доставлять его сюда с дальней окраины о.Кюсю? Иное дело — предметы, изготовленные из кремневого сланца, риолита, или липарита, которых вокруг пещеры вполне достаточно. Исходя из этого, Харунари предположил, что скорее всего речь идет о фальшивке. Несколько менее жесткое суждение у археолога М.Тачибана: он не исключает, что люди могли пользоваться этой пещерой в средние века и занести туда полезные им каменные предметы. Так или иначе, большая древность стоянки не подтверждается. Сам же ее первооткрыватель Кагава вне подозрений: он еще вначале настаивал на новом тщательном исследовании стоянки.

Тем не менее один еженедельник поднял шум вокруг «новой фальсификации», напомнив читателям о том, что археолог-любитель С.Фудзимура был пойман с поличным, когда подкладывал древние предметы в чуждую им среду¹. Было опубликовано четыре статьи, утверждавшие, что руководитель раскопок 60-х годов в пещере Хидзиридаки — такой же жулик. И хотя его имя прямо названо не было, Кагава,

¹ Скандал в японской археологии // Природа. 2001. №11. С.34.

в лучших японских традициях, покончил с собой, оставив записку с протестом против опорожнения своего имени.

Science. 2001. V.294. №5547. P.1634 (США).

Палеонтология

Опять фальшивка?

В конце 2001 г. канадский торговец ископаемыми редкостями М.Шмидт (M.Schmidt) распространил в Интернете цветную фотографию, вызвавшую среди специалистов всеобщее возбуждение. Картинка изображала отпечаток тела динозавра, возможно, принадлежащего пситтакозавру (*Psittacosaurus*) — роду птицетазовых ящеров, обитавших более 100 млн лет назад в Азии. Новый экземпляр отличался наличием необычной крупной щетины на хвосте. Этот странный пучок неизвестного назначения украшал всю заднюю часть мускулистого хвоста ящера.

Можно понять желание экспертов взглянуть на раритет в натуре. Однако картинка в Интернете сопровождалась кратким пояснением, что торговец получил ее от партнера-француза, который якобы сам знаком с владельцем находки, но оба предпочитают оставаться анонимами. Эта таинственность возбудила подозрения у палеонтолога Л.Уитмера (L.Witmer) и многих его коллег.

Представитель Института палеонтологии позвоночных и палеоантропологии Академии наук КНР профессор Чжоу Чжунхэ полагает, что образец, возможно, и подлинный, но был похищен и незаконно вывезен из Китая — отсюда и засекреченность его нынешнего местонахождения. Научная общественность в своем большинстве пока опасается делать какие-либо заключения.

Science. 2001. V.239. №5535. P.1573 (США).



Средневековые войны Алтая

А.А.Тишкин, В.В.Горбунов

В настоящее время российская, да и всемирная история в основном рассматриваются через призму событий, происходивших в Европе. На это есть объективные причины, среди которых главными можно считать существование письменных источников и изученность территории. Между тем влияние событий, связанных с историей народов Востока, на судьбы многих этносов весьма значительно. Это особенно относится к истории многонациональной евроазиатской России.

Мы работаем над созданием единой картины этнокультурного развития Алтая в эпоху средневековья, основываясь на археологических и других данных. В этой статье отражен главным образом опыт реконструкции военного дела и комплекса вооружений. И то, и другое уточняет представления об уровне развития культуры рассматриваемых обществ. Вооружение средневекового населения Алтая уже оказывалось в поле зрения специалистов, однако степень его изученности неравномерна. Наибольшее освещение получили средства нападения. Анализ доспехов привлекал гораздо меньше внимания. Современные сведения



***Алексей Алексеевич Тишкин**, кандидат исторических наук, доцент кафедры археологии, этнографии и источниковедения Алтайского государственного университета. Автор и соавтор более 150 публикаций (в том числе одной монографии), в которых нашли отражение результаты исследований от эпохи камня до позднего средневековья.*



***Вадим Владимирович Горбунов**, кандидат исторических наук, директор Музея археологии и этнографии Алтая при Алтайском государственном университете. Автор и соавтор более 60 научных публикаций по средневековью Алтая и военному делу восточно-азиатских кочевников.*



Этнополитическая ситуация в Евразии в середине IV в. 1 — одинцовская культура; 2 — булан-кобинская культура; 3 — кенкольская культура; 4 — Византийская империя. Здесь и далее объединения племен и государства представлены на фоне современной карты.



Горноалтайские воины. III—V вв. (Все приводимые в статье рисунки выполнены Д.В.Поздняковым на основе реконструкций, сделанных В.В.Горбуновым.)

по вооружению, относящиеся к территории Лесостепного и Горного Алтая, позволяют реконструировать панораму событий периода III—XIV вв. Публикуемые факты помогают также оценить острые политические коллизии, которыми была богата Азия и которые наложили печать на историческое развитие Европы.

Напомним, что средневековью предшествовал своеобразный переходный период, получивший название эпохи великого переселения народов. В Восточной Азии он начался в III в. с распада крупных объединений кочевников-хуннов (215) и сяньби (235), а также империи Хань в Китае (220). Череда миграций кочевых племен к V в. совершенно перекроила этническую и политическую карту Восточно-Азиатского региона.

Произошли значительные изменения и на Алтае. В лесостепной зоне к середине IV в. (см. схему) появилось население, пришедшее из Средней Азии (носители кенкольской археологической культуры) и Горного Алтая (носители булан-кобинской археологической культуры). В результате контакта с местными племенами (кулайская археологическая культура) образовалось объединение племен, получившее в археологии название одинцовской культуры.

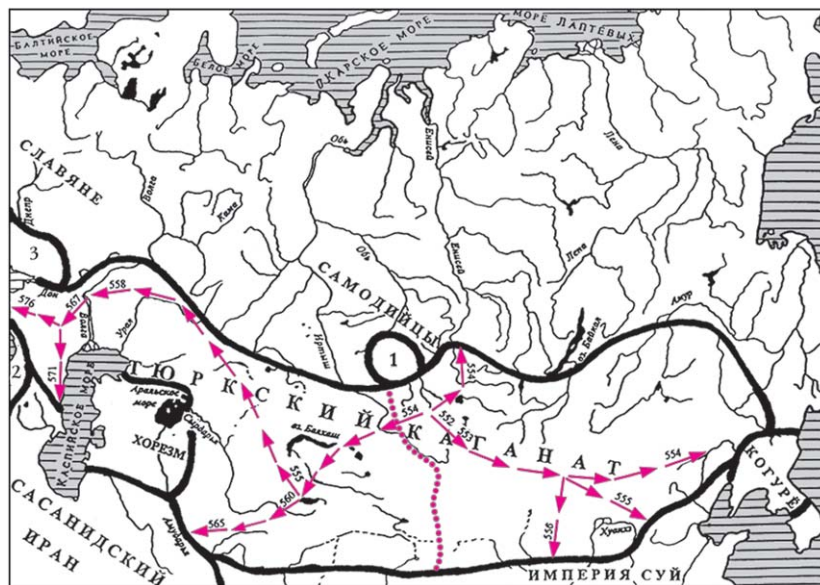
Территория Горного Алтая также испытала в этот период сильное внешнее влияние. После возникновения в Центральной Азии Жужаньского каганата (359) земли Горного Алтая вошли в его состав. В 460 г. жужане переселили сюда из Гаочана (Восточный Туркестан) племя *ашина*, которое славилось искусными кузнецами. Ашина сумели консолидировать вокруг себя местное население (булан-кобинская археологическая культура), в результате чего возникла новая этнокультурная общность, вошедшая в историю под самоназванием *тюрок* (тюрки).

Тюркская эпоха

Сложившийся в горах Алтая новый народ в 552 г. разгромил Жужаньский каганат и в течение трех лет завоевал господство в Центральной Азии. Так было положено начало кочевой империи — I Тюркского каганата (552—604)*. Ставка (столица) каганата находилась в Монголии на р. Орхон. В 554 г. тюрки покорили государство Цигу в Минусинской котловине и племена киданей в Юго-Западной Маньчжурии. К 558 г. граница каганата пролегла по Волге, в него входили казахстанские и приуральские степи. В 565 г. тюрки разгромили державу эфталитов в Средней Азии. В результате Тюркский каганат включился в систему политических и экономических отношений с крупнейшими государствами того времени — Византийской империей, Ираном, северо-китайскими царствами — и вел борьбу за главенство на торговом (Великом шелковом) пути, связывавшем Дальний Восток со странами Средиземноморья. В момент своей наибольшей территориальной экспансии (576) Тюркский каганат простирался от Маньчжурии до Боспора (таково название древней Керчи) и от верховьев Енисея до верховьев Амударьи. Таким образом, тюрки стали создателями первой евразийской империи, которая оказала существенное влияние на политическую и культурную историю Средней Азии и Юго-Восточной Европы (см. схему).

Армия тюрков состояла из тяжелой вооруженной конницы. Всадник и конь были защищены доспехами из железных пластин и кожаных полос, связанных

* Позднее это государство распалось на два самостоятельных каганата — Восточный (его называют I Восточнотюркский каганат) (604—630) и Западный (604—657), которые были последовательно разгромлены империей Тан (Китай). В конце VII в. произошло возрождение тюркской государственности. На востоке возникает II Восточнотюркский каганат (682—744), а на западе Тюркешский каганат (699—756).



→ направления завоевательных походов тюрков в 552-576 гг.
 линия распада Тюркского каганата на Западный (604-657 гг.) и Восточный (604-630 гг.)

Этнополитическая ситуация в Евразии во второй половине VI в.
 1 — одинцовская культура; 2 — Византийская империя; 3 — Аварский каганат.



Тюркские воины. VI—VIII вв.

между собой ремешками. Воин одевался в панцирь, закрывающий грудь, спину, ноги и руки, и шлем с бармицей, предохраняющий голову и шею. На коня надевали попону, прикрывающую шею, грудь, бока и круп; морду защищала железная маска.

Панцирные пластины от доспехов находят в могилах и оградах. Наскальные рисунки показывают всадников в полном облачении. Сражалась такая конница плотно сомкнутым строем. При сближении с противником турки осыпали его стрелами, затем наносили таранный удар копытами с последующим переходом к кавалерийскому бою на мечах и топорах. Оружием дальнего боя служил сложносоставной лук, деревянная основа которого укреплялась накладками из рога. Стрела состояла из деревянного древка, снабженного оперением, костяным ушком для упора в тетиву и железным наконечником. Наконечники были разными: трехлопастными для поражения большей площади тела, с отверстием в лопастях для нанесения рваных ран, и гранеными для пробивания вражеских доспехов. Часть наконечников снабжалась костяными свистунками, издающими в полете шум, пугающий коней противника. Воины носили стрелы в берестяных колчанах, а луки в кожаных налучьях, которые, как и колчаны, подвешивались к поясу. Все это снаряжение часто изображалось на камне и кости, а вот в погребениях сохраняются только накладки лука и наконечники стрел, иногда колчаны. Находят также железные наконечники от копий. На рисунках видно, что они имели длинные (2,5–4 м) деревянные древки. Копья носили за спиной на ремнях, накидывая их на плечо и щиколотку. Оружием ближнего боя служили мечи, с одним или двумя лезвиями, боевые топоры и кинжалы. Делались они из железа. Мечи и кинжалы прикрепляли к поясу в деревянных ножнах, скрепленных металли-

ческими обоймами, топоры насаживались на деревянные древки, снабженные петлей для руки, и приторачивались к седлу. Все эти виды оружия встречаются в могилах, а мечи и кинжалы очень часто изображаются на каменных изваяниях. Тюркское войско состояло из профессионалов, специально подготовленных бойцов.

Самодийские племена и сrostкинская культура

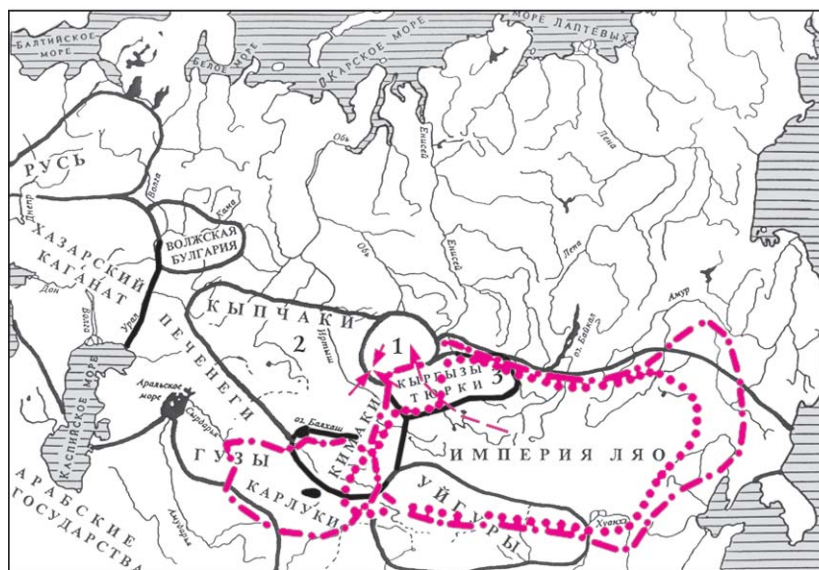
Западная Сибирь и ее южная часть, в которую входит территория Лесостепного Алтая, не подчинялась Тюркскому каганату. Культура населения, проживавшего здесь, развивалась вполне самостоятельно вплоть до середины VIII в. Влияние тюркских государств, конечно, проявлялось, но не имело решающего значения до тех пор, пока тюркские племена не продвинулись на земли Западной Сибири. Как уже было сказано, в Лесостепном Алтае за вторую половину IV — первую половину V в. сформировалась одинцовская культура, носителями которой было самодийское население, растворившее в своей среде небольшую часть пришельцев из Средней Азии и Горного Алтая. К середине V в. одинцовские племена занимали северные предгорья Алтая и его лесостепную часть. Их взаимоотношения с тюрками Горного Алтая не отражены в письменных источниках. Археологические находки позволяют говорить о некотором культурном воздействии тюрков на самодийцев, но тюркские памятники в Лесостепном Алтае времен одинцовской культуры не встречаются. Это свидетельствует о политической независимости самодийских племен, что, очевидно, связано с распространением границ тюркских каганатов по естественным для их основателей горно-степным ландшафтам.

Среди одинцовских погребальных комплексов попадаются захоронения с полным набором вооружения. Эти могилы позволяют говорить о выделении в обществе особой прослойки воинно-дружинников. Исследование «княжеского» погребения дает представление о существовании «знати» и вождя — предводителя дружины. Одинцовские воины использовали развитый комплекс вооружения, в который входили защитные доспехи воина и наступательное оружие. Их войско состояло из двух родов: легкой и средневооруженной конницы. Первая применяла панцири-кирасы из железных пластин, соединенных ремешками, двух- и однолезвийные мечи, кинжалы, сложносоставной лук с костяными накладками и стрелы с железными наконечниками (трехлопастными с прорезями и бронебойными). Вторая — такое же оружие, копьё с железными наконечниками и более полный набор доспехов, состоящий из шлема с бармицей, панциря, закрывающего грудь, спину, ноги до голени и руки до локтей, и круглого деревянного щита, оббитого по краю железным кантом. Из военного снаряжения известны берестяные колчаны для стрел, которые носились с помощью железных крючков, деревянные ножны мечей, снабженные обоймами или скобами для портупейных ремней. Ножны, рукояти меча и кинжала из могилы «князя» отличаются богатством отделки. Это золотые и серебряные оковки, выполненные в технике полихромного стиля: гнезда, напаянные рядами на оковках и окруженные зернью, инкрустированы полированными алмадинами, сердоликом, цветной пастой и стеклом. Кинжал крепился к поясу при помощи двух серебряных пряжек.

Политическая ситуация на Алтае кардинально изменилась после падения в 744 г. последнего тюркского государства — II Восточнотюркского каганата. Основная часть тюрков закрепилась

Этнополитическая ситуация в Евразии в середине X в.

- 1 — сrostкинская культура;
2 — Кимакский каганат;
3 — Кыргызский каганат.



- район пограничных столкновений между кимаками, кыргызами и "сrostкинцами"
- переселение части тюркских племен в Лесостепной Алтай в середине VIII в. н.э.
- границы II Восточнотюркского (682-744гг.) и Тюргешского (699-756 гг.) каганатов
- границы Уйгурского каганата (745-840гг.)

лась в Горном Алтае, но довольно значительная их группа (племя или несколько племен) продвинулась далее на север и заняла земли Лесостепного Алтая. Население одиновской культуры было покорено. За вторую половину VIII — первую половину IX в. в результате контактов между тюрками и самодийцами в Лесостепном Алтае сформировалась новая общность, получившая название сrostкинской культуры. Местное население (самодийцы) численно превосходило пришельцев. Однако культура приобрела тюркский облик. Господство в степях Центральной Азии Уйгурского каганата не отразилось на развитии сrostкинской культуры. Как раз в то время формируются ее самобытные черты. При этом нельзя отрицать возможное участие сrostкинских племен в антиуйгурской коалиции (с горноалтайскими тюрками и кыргызами).

Несмотря на расширение границ Кыргызского каганата, Лесостепной Алтай сохранил самостоятельность. Памятников

кыргызов на его территории нет, исключая приграничный район Алейской степи. Во второй половине IX в. к западу от Лесостепного Алтая, в Верхнем Прииртышье, складывается еще одно государство кочевников — Кимакский каганат. Политическая ситуация того времени (вторая половина IX — первая половина XI в.) для населения сrostкинской культуры была сложная (см. схему). Почти не прекращалась пограничная война между кимаками и кыргызами. Одним из районов их столкновения стала Алейская степь, где оставлено множество курганных могильников с захоронениями воинов из дружин кыргызов, кимаков и местного сrostкинского населения. Но несмотря на существование сильных соседних государств, племена сrostкинской культуры не были поглощены ни одним из них.

Война и военное дело были важнейшей сферой занятия сrostкинского населения. Войско состояло из средневооруженной конницы, использовав-

шей в своем арсенале развитые средства защиты и нападения. Воин облачался в доспехи из железного шлема с кольчужной бармицей и панциря из железных пластин, связанных ремешками. Дополнительной защитой служил круглый деревянный щит диаметром 80 см. Для дальнего боя применялся сложносоставной лук с костяными накладками в средней части, стрелы с железными наконечниками разных форм, часть которых снабжалась костяными свистунками. Конница атаковала противника плотно сомкнутым строем для нанесения таранного удара копьями. Воинам полагалось иметь длинные деревянные древки с железными гранеными наконечниками. В ближнем бою применялись мечи с двумя или с одним лезвием. С середины IX в. распространяется слабоизогнутая сабля. Использовались также кинжалы и кистени (железные и бронзовые гири, закрепленные на рукоятке при помощи цепи или сплетенных ремней). Из снаряжения известны

берестяные колчаны с бронзовыми тройниками под ремни портупей, деревянные ножны с металлическими обоями для скрепления и ношения. На сrostкинских бронзовых бляхах-подвесках встречаются изображения конных и спешенных воинов в полном снаряжении. Одни стреляют из лука, другие мчатся с копьями наперевес в обеих руках. Справа — мечи в ножнах, слева — колчаны, подвешенные к поясу, за спиной — щиты. Есть могильники, в которых похоронены только воины (дружинные кладбища).

После распада Кимакского каганата усилился племенной союз кыпчаков, входивший ранее в Кимакское государство. Широкое движение племен кыпчаков привело к проникновению их на западные земли Лесостепного Алтая (Кулундинскую степь). Значительным было культурное воздействие кыпчаков на сrostкинское население. Во второй половине XI в. и в XII в. территория сrostкинской культуры значительно сокращается, ограничиваясь Барнаульско-Бийским Приобьем.

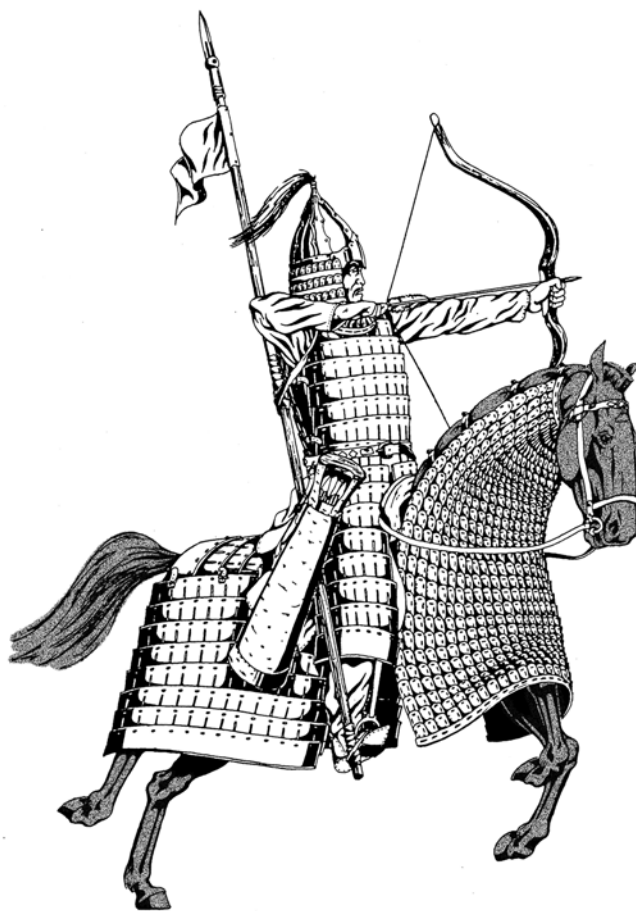
Монгольская эпоха

Начиная с X в. в Центральной Азии господство переходит к монголоязычным этносам. Главной политической силой становятся кидани. После падения империи Ляо в 1125 г. часть киданей двинулась на запад и образовала на территории Средней Азии и Южного Казахстана новое государство — Западное Ляо (1125—1218). Западную Монголию заняли племена найманов, которые в начале XII в. отвоевали у Кыргызского каганата Горный Алтай, а в 1199 г. — Туву (см. схему).

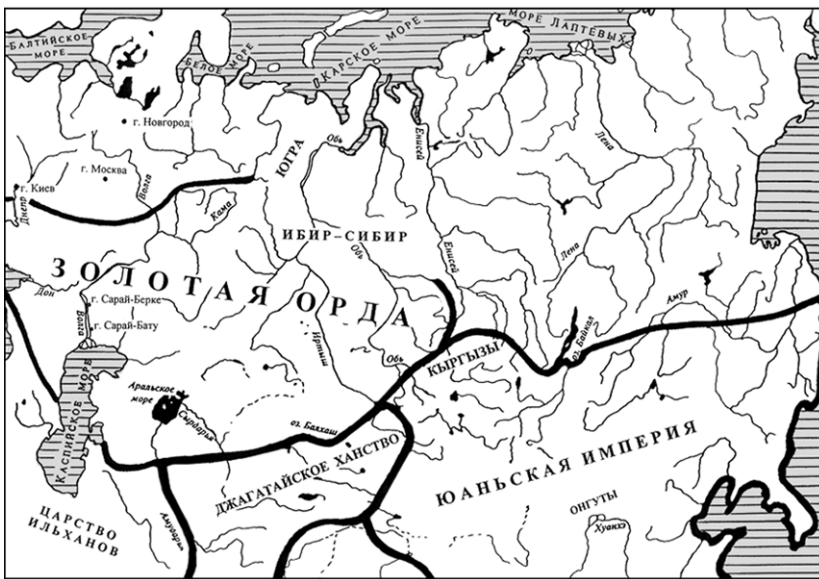
С начала XIII в. народы Центральной Азии начали объединяться под властью монголов. В 1204 г. монголы разбили войско найманов. Однако найманские владения в Горном Алтае и Туве, видимо, сохранили неза-



Этнополитическая ситуация в Евразии в конце XII в. 1 — сrostкинская культура.



Горноалтайский воин. XII—XIV вв.



Монгольские государства в конце XIII — начале XIV в.
(по: Козин В.Н. Сокровища Золотой орды. СПб., 2000. С.127—128).



Воин Лесостепного Алтая. XIII—XIV вв.

висимость, и монголам потребовался специальный большой поход в Южную Сибирь для ее покорения. В 1207 г. монгольская армия под командованием Джучи, сына Чингисхана, обрушилась на племена Саяно-Алтайского нагорья. Горный Алтай, Тува и Минусинская котловина были включены в состав улуса Джучи, столица которого находилась на Иртыше. Но уже в 1218 г. вспыхнуло антимонольское восстание, которое возглавили кыргызы. Джучи разбил и вновь покорил повстанцев. После смерти Джучи (1227) земли Южной Сибири отошли во владения к улусу великого хана Тулуя, а затем к Юаньской империи, созданной великим ханом Хубилаем (см. схему). Новое восстание 1273 г. вернуло независимость населению Южной Сибири на 20 лет. Только в 1293 г. монгольская армия кыпчака Тутуха (полководца Хубилая) разбила кыргызов и их союзников. Территория Саяно-Алтайского нагорья вошла в состав Юаньской провинции Лин-бей. Частые войны XIII в. привели к сокращению населения Горного Алтая и других земель, что подтверждается небольшим количеством археологических памятников того времени. С целью ослабить местные племена юаньские власти прибегали к насильственному переселению. Для закрепления территорий организовывались военные поселения выходцев из внутренних районов империи. В 1368 г. империя Юань пала в результате восстания в Китае. На территории Центральной Азии и Южной Сибири возник целый ряд мелких ханств, управление в которых принадлежало местной аристократии.

Предметы монгольского времени, обнаруженные археологами в Горном Алтае, дают определенное представление о материальной культуре оставившего его населения. К вооружению относятся: железные наконечники стрел, берестяные колчаны, железные наконечники копий, сабли, шлемы. Имеющиеся

изображения позволяют говорить об использовании воинских и конских доспехов. Войско состояло из тяжеловооруженной конницы. Конь был защищен попоной из железных пластин и кожаных полос, воин — шлемом с бармицей и панцирем из кожи или железа. На древках копий всадники носили квадратные флажки.

Лесостепной Алтай после 1207 г. также был завоеван монголами и вошел во владения улуса Джучи. На его землях не велось таких упорных войн, как в Южной Сибири, и археологических памятников здесь больше, чем в Горном Алтае. Однако иноземное влияние привело

к изменению культуры, а возможно, и состава населения. Памятники этого периода локализируются в основном на территории Барнаульско-Бийского Приобья. Изучены только могильники. Инвентарь, помещенный с умершими, довольно стандартен. Из предметов вооружения — это роговые накладки на сложный лук, железные наконечники стрел, копьа, сабли, шлемы, панцирные пластины, колчаны из бересты и дерева, ножны с обоями. Такой набор вооружения характерен для средневооруженной конницы.

Земли Лесостепного Алтая определенное время оставались за улусом Джучи, позднее пере-

именованном в Золотую Орду. Распад Золотой Орды на самостоятельные ханства в конце XIV в. привел к обособлению Западной Сибири. В XV в. здесь образовалось Сибирское ханство, в сферу влияния которого входил и Лесостепной Алтай.

Монгольская эпоха ознаменовалась для народов Алтая гибелью обществ, основанных на древнетюркских традициях, сменой культурного облика и утратой местной культурой присущего ей своеобразия. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 01-06-99509.

Акватория вокруг о-вов Кука (20° ю.ш., 160° з.д., владение Новой Зеландии) площадью 2 млн км² станет по решению местной администрации убежищем для китов. Соседние государства восприняли эту новость с одобрением и предлагают распространить охранные меры на всю южную часть Тихого океана.

Terre Sauvage. 2001. №166. P.27 (Франция).

Проведенная в рамках специальной программы Всемирной организации здравоохранения борьба с онхоцеркозом сохранила за 20 лет зрение 9 млн человек. Возбудитель этого заболевания — круглый нитевидный червь из паразитических нематод *Onchocerca volvulus*, а переносчик — мошка из рода *Simulium* (семейство комаров), в слюне которой содержатся личинки (микрофилярии) этого червя. Они-то, попав с кровотоком в глаза, и по-

ражают их, что в дальнейшем грозит слепотой.

Уничтожение личинок химическими и биологическими средствами было начато с наиболее крупного очага заболевания — бассейна р.Вольга. Сейчас аналогичные мероприятия проводятся в 11 государствах Западной Африки.

Sciences et Avenir. 2001. №654. P.12 (Франция).

На о-вах Новая Каледония (Тихий океан) насчитывается 36 видов пальм, все они — эндемики, причем с крайне ограниченными ареалами. Произраставшие еще во времена прамаатерика Гондваны, эти виды сохранились в глубине влажного тропического леса, несмотря на все колебания климата. По данным специалистов Французского института изучения развития и Лаборатории экологии суши, расположенной в Тулузе, видовое разнообразие эндемиков

наиболее выражено в тех местах, где уровень осадков превышает 300 см/год.

Terre Sauvage. 2001. №167. P.22 (Франция).

Все загрязняющие вещества, источники которых находятся на суше и в атмосфере, в конце концов попадают в океан, поэтому осознание важности защиты морских вод становится все более актуальным. Из доклада Программы ООН по окружающей среде следует, что в странах Европы и Северной Америки нормы концентраций загрязнителей в водотоках перед сбросом в море неудовлетворительны. Это угрожает здоровью людей: по оценкам Всемирной организации здравоохранения, после купания даже в разрешенных местах заболевает один человек из 20.

Terre Sauvage. 2002. №168. P.24 (Франция).

Новости науки

Космические исследования

Возвращение на Луну

После того как в 1972 г. полет американского пилотируемого космического корабля «Apollo-17» завершил программу изучения Луны, научный и общественный интерес к естественному спутнику Земли несколько поостыл. За истекшие десятилетия осуществлялись лишь запуски непилотируемых аппаратов «Clementine» (1994) и «Lunar Prospector» (1998), задачи которых были менее амбициозны. Теперь, похоже, пришло время снова заняться лунной проблематикой. О новых планах в данной области сообщили делегации Японии и Европейского Союза на конференции Международной астронавтической федерации (Тулуза, Франция, октябрь 2001).

Самая крупная из предполагаемых миссий — японский проект «Selena», осуществляемый Институтом космических и астронавтических наук совместно с Агентством по изучению космоса (Токио). Согласно плану, аппарат «Selena» будет запущен в 2005 г. Общая масса научных приборов составит 200 кг, среди них спектрометры для регистрации рентгеновского и γ -излучения, а также α -частиц; бортовая стереокамера позволит построить подробную топологическую карту Луны. По мнению возглавляющего проект Х.Мидзутани, объем и точность новых данных должны будут значительно превысить полученные в прежних исследованиях. На осуществление проекта выделено 350 млн долл.

Согласно еще одному лунному проекту Японии — «Lunar-A», — в 2005 г. одноименный аппарат с высоты всего 40 км сбросит на

противоположных сторонах Луны два пенетратора. Этим тяжелым контейнерам длиной по 80 см предстоит при падении углубиться на несколько метров. Находящиеся внутри контейнеров сейсмометры будут регистрировать лунотрясения и собирать информацию о строении и размерах лунного ядра. Измерения теплового потока, идущего из недр через лунную кору, позволят судить о внутренней температуре этого тела.

Несколько более скромными представляются намерения Европейского космического агентства. Среди них — планируемый в конце 2002 г. запуск аппарата «Smart-1», который в первую очередь предназначен для испытания принципиально нового ионного двигателя. Если испытания пройдут успешно, таким двигателем будет оснащен космический зонд «Veni—Colombo», направляемый к Меркурию, и некоторые другие. «Smart-1» преодолеет расстояние до Луны за 16 мес, пользуясь лишь солнечной энергией, аккумулируемой специальными панелями. Двигатель этого аппарата работает на реактивной силе ионизованных атомов ксенона.

Научная программа аппарата «Smart-1», который обойдется в 80 млн долл., будет выполняться с помощью комплекта приборов массой всего 15 кг. Главная цель — собрать данные о происхождении Луны. Согласно наиболее распространенной точке зрения, она образовалась при столкновении прото-Земли с чужеродным телом размером примерно с Марс. Если эта гипотеза верна, то количественные соотношения между лунными элементами — железом, магнием и алюминием — должны совпадать с земными. Приборы «Smart-1» позволят построить гло-

бальную карту распределения этих элементов на Луне, причем особую важность имеют соотношения магния и железа, которые помогут ответить на вопрос, имеют ли единое происхождение наша планета и ее спутник.

Science. 2001. V.293. №5539. P.2366 (США).

Космические исследования. Техника

«Кассини» и «Гюйгенс» полетят к Сатурну

Европейское космическое агентство обнародовало окончательный план миссии «Кассини—Гюйгенс»: этому космическому аппарату предстоит выйти на орбиту вокруг Сатурна¹ 1 июля 2004 г. и затем дважды, 26 октября и 13 декабря того же года, облететь вокруг его спутника Титана. Находящийся на борту «Кассини» исследовательский отсек «Гюйгенс» отделится 25 декабря и спустя 25 сут войдет в атмосферу Титана.

Предполагалось провести этот маневр на семь недель раньше, но обнаружился инженерный просчет: оказалось, что система связи «Гюйгенса» не учитывала необходимость компенсировать доплеровский эффект — сдвиг радиосигнала, происходящий при его прохождении от спускаемого отсека к основному аппарату, где расположены главные регистрирующие и командные приборы. В связи с этим орбитальный отсек «Кассини» будет пролетать над верхними слоями облаков Титана не на малой высоте (около 1200 км), как планировалось, а в 65 тыс. км над поверхностью спутника. Помимо этого, система связи «Гюйгенса» потребовала некоторых

¹ См. также: «Кассини» идет своим курсом // Природа. 2000. №6. С.77.

усовершенствований: на борту будет работать оборудование для предварительного разогрева, что должно улучшить настройку радиоаппаратуры и непрерывное получение команд от «Кассини».

Spaceflight. 2001. V.43. №11. P.449 (Великобритания).

Астрофизика

Рентгеновские вспышки и гамма-всплески

Несколько десятилетий астрономы заняты разрешением тайны гамма-всплесков — кратковременных (до нескольких минут) вспышек гамма-излучения, происходящих приблизительно раз в сутки в разных точках неба¹. После открытия слабого послесвечения гамма-всплесков в рентгеновском, оптическом и радиодиапазонах большинство ученых уверилось в том, что происходят они в далеких галактиках, однако природа вспышек остается неясной. Не менее загадочны и рентгеновские вспышки (x-ray flashes), которые тоже обычно длятся меньше минуты.

Уже давно была высказана гипотеза, что рентгеновские вспышки и гамма-всплески — сходные явления, но первое подтверждение она получила лишь теперь. Доказательство их генетической связи было представлено М.Киппенем (M.Kippen; Лос-Аламосская национальная лаборатория, США) на конференции Отделения астрофизики высоких энергий Американского астрономического общества в Альбукерке.

Эти события с частотой около четырех раз в год наблюдались с 1997 г. в ходе совместного проекта Италии и Нидерландов группой астрономов под руководством Дж.Хайзе (J.Heise; Национальный институт космических исследований, Нидерланды). Они использовали космический телескоп Верро SAX (Верро — имя, SAX — Satellite per Astronomia X). В рентгеновском диапазоне вспышки выглядели почти так же, как и гамма-

всплески, но при этом в гамма-диапазоне оставались невидимыми.

Обнаружить гамма-излучение рентгеновских вспышек и определить приблизительный вид его спектра удалось с помощью прибора BATSE (Burst And Transient Source Experiment — Эксперимент по исследованию вспыхивающих и транзиентных источников), который установлен на борту Космической гамма-обсерватории им.А.Х.Комптона (НАСА). Сравнив свойства этого гамма-излучения со свойствами тысяч гамма-всплесков, которые наблюдались на BATSE с 1991 по 2000 г., Киппен и его коллеги обнаружили, что вспышки удивительно похожи на гамма-всплески почти во всех отношениях, за исключением того, что большую часть энергии они излучают в рентгеновском диапазоне. Спектры вспышек напоминают типичные спектры гамма-всплесков, смещенные в область меньших энергий. В них наблюдается и типичная для всплесков тенденция: чем меньше полная энергия, тем мягче излучение.

Эти открытия привели исследователей к предварительному заключению, что рентгеновские вспышки действительно являются низкоэнергетичными «родственниками» гамма-всплесков и порождаются схожими или теми же самыми процессами. Однако этот вывод необходимо подтвердить дополнительными наблюдениями. <http://www.lanl.gov/worldniew/news/releases/archive/02-038.shtml>

Астрономия

Сколько астероидов угрожает Земле?

Хотя астероидная опасность — одна из самых «горячих» астрономических проблем, ее масштабы остаются в значительной степени неопределенными. В частности, до сих пор не известно, сколько именно астероидов находится на потенциально опасных для Земли орбитах. Имеющиеся оценки колеблются от 700 до 1500 и часто пересматриваются.

Дж.Стюарт (J.Stuart; Массачусетский технологический институт, США) предложил свою оценку числа астероидов диаметром свыше 1 км, орбитальные параметры которых не исключают столкновения с Землей. Его работа основана на данных, которые получены в ходе выполнения проекта LINEAR (Lincoln Near-Earth Asteroid Research — Исследование околоземных астероидов в Лаборатории им.А.Линкольна), организованного Массачусетским технологическим институтом. За три года осуществления проекта было открыто более 600 новых околоземных астероидов, что предоставило Стюарту более широкую наблюдательную базу.

Построив модель семейства околоземных астероидов, Стюарт определил, при каких ее параметрах будет наблюдаться именно то количество астероидов, что реально обнаружено в ходе выполнения проекта LINEAR. Оказалось, что их число должно составлять от 1100 до 1400. При этом существенная часть объектов должна находиться на орбитах со значительным наклоном к плоскости земной орбиты. Это подчеркивает правильность стратегии, выбранной организаторами проекта LINEAR, — проводить поиск околоземных астероидов по всему небу, а не только вблизи плоскости эклиптики. Правда, на наклонных орбитах вероятность столкновения с Землей у астероидов гораздо меньше.

Несколько лет назад руководство НАСА пообещало Конгрессу США к 2008 г. найти 90% всех околоземных астероидов поперечником более 1 км. Сейчас таких километровых глыб внесено в каталоги уже около 600, однако без знания полного их числа процент выполнения поставленной задачи остается неясным. В этих условиях определение количества крупных околоземных астероидов становится не только научной, но и политической задачей. Если принять за основу минимальную оценку, т.е. около 700 объектов, то цель можно считать практически достигнутой, причем со значительным опережением графика. Одна-

¹ Новикова О.А. Гамма-всплеск на краю Вселенной // Природа. 2001. №9. С.71—72.

ко работа Стюарта приводит к более пессимистическим выводам. Учитывая, что темп обнаружения околоземных астероидов постепенно снижается, приходится признать, что на внесение в каталоги 90% от 1200—1300 объектов может уйти не один десяток лет. Science. 2001. V.294. №5547. P.1691(США).

Астрономия

«Летающая тарелка» в созвездии Змееносца

Планеты формируются в пылевых дисках вокруг молодых звезд, а поскольку такие диски чаще всего находятся в самых плотных областях молекулярных облаков, их очень сложно наблюдать. Но иногда астрономам улыбается удача. В 2001 г. группа ученых под руководством Н.Гроссо (N.Grosso; Институт внеземной физики Общества им.М.Планка, Германия) с помощью установленного в Чили (Европейская южная обсерватория) 3.5-метрового NTT (Телескопа новой технологии) наблюдала рентгеновские источники в инфракрасной части спектра. На окраине области звездообразования, расположенной в облаке ρ Змееносца, они случайно обнаружили странный объект, который по первому впечатлению окрестили «летающей тарелкой» и который при ближайшем рассмотрении оказался околозвездным газово-пылевым диском.

Чтобы подтвердить это открытие, Гроссо и его коллеги провели дополнительные наблюдения диска с использованием 8.2-метрового VLT/Anty¹. На новых снимках четко видны две туманности и разделяющая их темная пылевая полоса. В области звездообразования ρ Змееносца подобные туманности с поперечной темной полосой (предположительно, пылевые диски) имеются еще у семи молодых звезд, но они погружены глубоко в недра плотного облака. Вероятно, это протозвезды, окруженные остаточной аккрецирующей обо-

лочкой, их возраст не превышает 100 тыс. лет. Авторы полагают, что возраст «летающей тарелки» немного больше — около 1 млн лет. Важная особенность этого диска в том, что он располагается на периферии темного облака и в меньшей степени, чем молодые объекты, укрыт поглощающим веществом, это позволяет разглядеть в нем намного больше деталей.

Околозвездная «летающая тарелка» имеет радиус около 300 а.е., а масса ее диска — не меньше двух масс Юпитера. Она наклонена к лучу зрения всего на 4°, т.е. видна практически с ребра. Освещается диск молодой солнцеподобной звездой с температурой 3000 К. Ученые считают, что «летающая тарелка» — это портрет нашей Солнечной системы в раннем возрасте. Последующие наблюдения помогут составить подробную карту распределения газа и пыли вокруг молодой солнцеподобной звезды и позволят изучить химические процессы, происходящие в типичном протопланетном диске.

<http://www.eso.org/outreach/press-rel/pr-2002/pr-09-02.html>

Физика. Техника

«Полосатые» квантовые нанопроволоки

Квантовые проволоки — квази-одномерные объекты с поперечником примерно в десяток (десятки) нанометров — один из самых популярных объектов в мире «нано». Существуют проволоки разных видов: сплошные и полые, металлические, полупроводниковые и оксидные, не говоря уж о чрезвычайно популярных углеродных нанотрубках¹, которые в проволоках не числятся, хотя остаются их ближайшими родственниками.

Надо отметить, что в подавляющем большинстве случаев, связанных с успехами нанотехнологии,

проволоки не создаются непосредственно человеком, но самоформируются при определенных условиях, которые воспроизводятся в технологических установках. Уже с 1995 г. получают нанопроволоки методом лазерной абляции. Кусок материала, содержащий катализаторы и предварительно разогретый до температуры, близкой к температуре плавления, помещают в фокус импульсного лазера. Возникающие продукты абляции уносятся током газа и оседают на коллекторе, имеющем относительно низкую температуру. Этот осадок состоит в основном из нанопроволок, иногда длиной до долей миллиметра. Механизм их образования при таком методе не тривиален. Полагают, что наночастицы катализатора, выброшенные из области лазерного фокуса, пролетают через облако паров основного материала и вызывают конденсацию паров вещества по следу пролета с последующим затвердеванием в виде квантовой проволоки.

Группа Ч.М.Лейбера (Ch.M.Leiber; Гарвардский университет) сумела удачно вмешаться в этот процесс и заставить последовательно кристаллизоваться вдоль следа каталитической частицы различные материалы. Исследователям удалось получить чередующиеся слои (вдоль квантовой проволоки) арсенида и фосфида галлия, а также добиться чередования областей с различным легированием на кремнии. Причем если раньше добивались единичного p - n -перехода на контакте двух разных нанопроволок, то теперь можно компоновать сверхрешетки, гирлянды светодиодов или гетеропереходов в пределах одной квантовой проволоки. Это в свою очередь означает, что резко уменьшается необходимое число соединений между наноэлементами или, другими словами, сборка наноэлементов в прибор — пока самое непонятное в будущей наноразмерной технологии — уже частично совершается путем самоорганизующегося процесса, т.е. силами самой природы.

Nature. 2002. V.415. № 6872. P.617—620 (Великобритания).

¹ О названии подробнее см.: Сурдин В.Г. Крестины восьмиметровых телескопов // Природа. 2000. №1. С.62—64.

¹ См., напр.: Нановесы из углеродных нанотрубок // Природа. 2002. №3. С.78; Углеродные нанотрубки в рентгеновском аппарате // Там же. 2001. №11. С.79—80; Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки — материал для компьютеров XXI века // Там же. 2000. 311. С.23—32.

Физика

Полимеры из фуллеренов C₂₀

В последние годы огромное внимание уделяется исследованию фуллеренов C₆₀. Молекула (или кластер) C₆₀ представляет собой сферу, на поверхности которой соседние атомы углерода соединены ковалентными связями так, что образуют сетку из чередующихся шестиугольников и пятиугольников. Молекулы C₆₀ могут образовывать кристаллы с гранцентрированной кубической решеткой за счет сравнительно слабого их взаимодействия. Существуют также полимерные фазы, в которых соединены прочными ковалентными связями молекулы C₆₀. Таким образом, кластеры C₆₀ можно рассматривать как созданные природой суператомы, которые, как и обычные атомы, могут объединяться в твердые тела.

Недавно был синтезирован «шарик» C₂₀ – самый маленький из всех теоретически возможных фуллеренов: его поверхность образована только пятиугольниками атомов углерода; ни одного шестиугольника на ней нет¹. По этой причине кластеры C₂₀ (в отличие от C₆₀) характеризуются повышенной реакционной способностью, и сделать из них твердое тело пока

¹ Prinzbach H. et al. // Nature. 2000. V.407. №6800. P.60.

не удастся. А жаль, потому что есть веские основания считать, что такое твердое тело могло бы оказаться сверхпроводником с очень высокой критической температурой перехода в сверхпроводящее состояние и оставить далеко позади медно-оксидные высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП).

Однако чего не могут (пока) сделать экспериментаторы, под силу теоретикам (а точнее – имеющимся в их распоряжении мощным компьютерам). Японские специалисты из Университета Цукубы и фирмы «Nippon Electric Company»² рассчитали полную энергию нескольких кристаллических структур на основе C₂₀. Оказалось, что наиболее устойчива орторомбическая фаза. В ней энергия связи между кластерами C₂₀ составляет около 15 эВ/кластер. Чуть менее устойчива тетрагональная фаза. По расчетам японских ученых, такие кристаллы являются полупроводниками с энергетической щелью около 1.5 эВ, однако вблизи потолка валентной зоны имеется высокий пик плотности электронных состояний, поэтому легирование по дырочному типу этих кристаллов может привести к возникновению высокотемпературной (возможно, даже комнатотемпературной) сверхпроводимости. Теперь дело за экспериментом.

<http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/>

² Okada S. et al. // Phys. Rev. B. 2001. V.64. Paper.245405.

Материаловедение. Медицина

Прочнее титана только наноструктурный титан

Благодаря высокой биосовместимости и отсутствию вредных легирующих добавок, титан технической чистоты широко применяется в качестве имплантируемого материала, длительно работающего в живом организме. Однако для идеального имплантата ему не хватает механической прочности. Поиск привел специалистов к наноструктурированному титану.

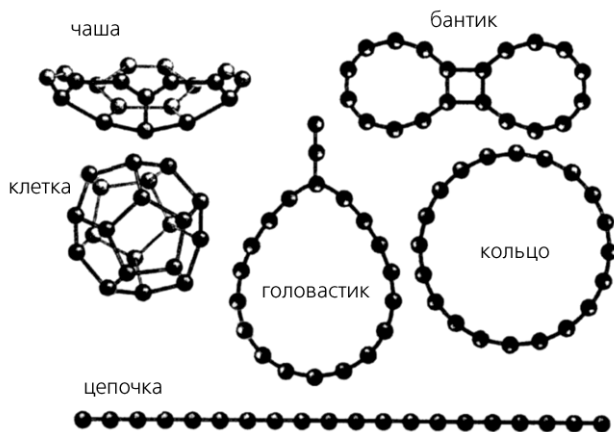
Сотрудники Института физики прочности и материаловедения СО РАН (Томск) Ю.Р.Колобов, О.А.Кашин и другие разработали технологию формирования наноструктурированного состояния в технически чистом титане на основе равноканального углового прессования, приводящего к повышению прочности в несколько раз при сохранении хорошей биосовместимости. Получен идеальный медицинский материал для применения в травматологии и ортопедии. Немаловажно и то, что технология позволяет создавать заготовки с теми размерами, которые необходимы для производства медицинских изделий широкого спектра назначения.

http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/2_07/index.htm

Химия. Экология

Углеродные нанотрубки в борьбе с диоксинами

Как известно, диоксины и другие хлорорганические соединения – весьма токсичные и стойкие загрязняющие агенты. Они отрицательно влияют на иммунную и эндокринную системы, на развитие плода, раздражают кожу, поражают печень, некоторые вызывают раковые заболевания. В основном диоксины образуются при сжигании органических соединений в печах, не только промышленных, но и бытовых (поэтому никогда не следует бросать в костер пластиковые бутылки из-под напитков и т.п.).



Изомеры фуллерена C₂₀.

Начиная с 1991 г. в Европе и Японии для нейтрализации возникающих в мусоросжигательных печах диоксинов стали использовать активированный уголь. Однако такая очистка все же недостаточна. Американские исследователи из Мичиганского университета обнаружили, что более эффективными сорбентами для удаления диоксинов могут служить углеродные нанотрубки¹.

В экспериментах степень адсорбции диоксинов разных концентраций определяли при температурах от комнатной до 800°C. В области низких концентраций количество диоксида, адсорбированного на углеродных нанотрубках, оказалось во много раз выше, чем при использовании активированного угля. Основной вклад в сорбцию, считают авторы, вносит взаимодействие двух бензольных колец диоксида с углеродными шестиугольниками на поверхности нанотрубок.

Примечательно, что углеродные нанотрубки устойчивы в окислительной среде, и потому возможна их регенерация при высоких температурах для повторного использования.

http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/2_08/index.htm

Геофизика

Томография антарктической коры и мантии

Новую томографическую карту, показывающую строение верхней мантии под Антарктидой и Южным океаном, опубликовали геофизики во главе с Ритцволлером (Ritzwoller). В Южном полушарии, и особенно под Антарктидой, земная кора и мантия изучены в наименьшей степени. Между тем именно этот регион весьма важен в геотектоническом отношении, так как в состав Ледового континента входят крупнейшие провинции земной коры, а процесс образования рифтов (ее разломов) вокруг материка играл

значительную роль в формировании основных океанических бассейнов. Кроме того, современный вулканизм и возникновение новых рифтов могут влиять на стабильность ледового покрова, от которой зависят многие современные климатические, океанографические и метеорологические характеристики.

Построенная на основе совокупности данных о скоростях сейсмических волн, карта говорит о том, что мантия Земли под Восточной Антарктидой — это область с их высокими скоростями, и, следовательно, недра здесь относительно холодные и жесткие. Под Западной Антарктидой сейсмические волны проходят в мантии медленно, свидетельствуя о более высокой температуре недр. Однако и здесь их скорость оказалась не столь низкой, как в районах активного спрединга и образования молодой океанической коры.

Карта подтверждает существование вулканических процессов в пределах «дремлющей» рифтовой зоны.

Journal of Geophysical Research. 2001. V.10. P.1029 (США).

Геофизика

Горячие точки Канарского региона

Специалисты Атлантического отделения Института океанологии РАН во главе с Д.В.Ерошенко проверили гипотезу о возникновении Канарских о-вов, о.Мадейра и о-вов Зеленого Мыса в результате действия восходящих мантийных струй в районе горячих точек¹. В ее пользу свидетельствует увеличение возраста вулканических пород на Канарских о-вах с запада на восток, т.е. по мере удаления от зон активного вулканизма. Однако считать это тенденцией можно лишь с большой натяжкой, к тому же острова не находятся на едином хребте, да и на Африканском побережье

¹ См. также: Закономерности расположения вулканических островов // Природа. 2000. №5. С.85.

подобных пород более древнего возраста не обнаружено.

Мантийные струи оставили на движущейся над ними плите следы в виде вулканических образований, вытянутых дугами в меридиональном направлении и не заходящих на континент. Изучив данные из отчетов DSDP (Deep Sea Drilling Project — Международного проекта глубоководного бурения) и ODP (Ocean Drilling Program — Программы океанского бурения) по пирокластическому материалу, ученые обнаружили, что положение и вытянутость островных дуг совпадают с распределением пеплопадов в этом районе. Очевидно, о-ва Зеленого Мыса и Канарские о-ва возникли в результате неравномерного и разнонаправленного перемещения плиты над горячими точками. Отсутствие же связанного с этим движением единого хребта можно объяснить наличием сети разломов в месте расположения островов.

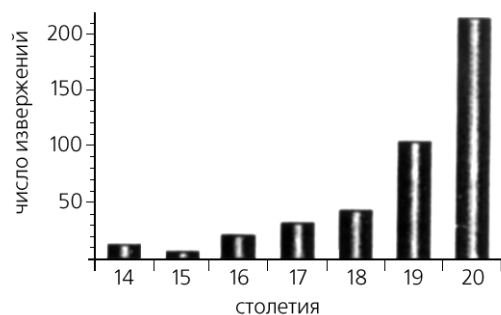
Геология морей и океанов. Тезисы докладов XIV Международной школы морской геологии. М., 2001. Т.1. С.165.

Вулканология

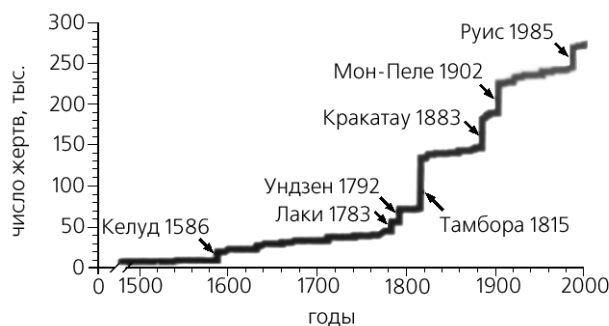
Статистика катастрофических извержений

Американо-австралийская группа исследователей природных катастроф во главе с Т.Симкин (T.Simkin; Национальный музей естественной истории при Смитсоновском институте в Вашингтоне, США) провела статистический анализ последствий вулканической активности за последние века. Находя в хрониках и летописях (куда попадают в основном события с фатальными последствиями) расплывчатые сведения о количестве жертв, исследователи дали им условные численные значения («несколько» — семь, «много» — 30, «сотни» — 300, «тысячи» — 3000 и т.д.), однако к таким допущениям пришлось прибегнуть лишь в 2.6% случаев.

Выяснилось, что в XX в. произошло более 200 извержений, приведших к гибели людей (в XIV в.,



Распределение числа катастрофических извержений по векам (XIV–XX вв.).



Рост общего числа жертв.

например, зарегистрировано лишь около 10 таких событий). По мнению ученых, этот всплеск реален и обусловлен повсеместным ростом численности населения, а не только активизацией недр.

Гибель людей может быть связана с разными причинами. Наибольшее число жертв вызывают пирокластические потоки, скатывающиеся по склонам с огромной скоростью. Часто люди погибают под обломками обрушившихся зданий; нередки случаи смерти от прямого попадания вулканической бомбы. Далее по степени опасности следуют вызванные активностью недр катастрофические цунами и грязевые потоки — сели.

Анализ времени, проходящего между началом извержения и первыми жертвами, показал, что в силу фактора неожиданности наибольшее число смертей приходится на первые часы. Но масса людей гибнет и более чем через месяц после начала события; это связано с длительно протекающими извержениями, которые характерны

для вулканов Попокатепель¹ (Мексика), Суффриер² (о.Монтсеррат, Карибское море) и др. Вначале население соглашается на эвакуацию, но затем бдительность притупляется и многие возвращаются домой, когда опасность не только не миновала, но иногда и усилилась.

Как видно из приведенной диаграммы, почти неизменное на протяжении почти всего XVI в. число жертв заметно увеличилось в 1586 г. при извержении индонезийского вулкана Келуд³. За этим скачком следует медленный, но неуклонный подъем в XVII—XVIII вв., пока в 1783 г. в результате извержения вулкана Лаки (Исландия) число смертей не дошло до примерно 50 тыс. Спустя девять лет, после взрыва японского вулкана Ундзен (вместе с другими не столь сильными извержениями), этот показатель перешагнул от-

¹ Попокатепель салютует новому тысячелетию // Природа. 2001. №10. С.84.

² Активность вулкана Суффриер // Природа. 1998. №8. С.116.

³ См. также: «Усмирение» вулкана Келуд // Природа. 2001. №11. С.34.

метку 60 тыс. В XIX в. индонезийские вулканы Тамбора (1815) и Кракатау⁴ (1883) увеличили общее число жертв примерно до 190 тыс. В 1902 г. раскаленные газы и пепел, выброшенные вулканом Мон-Пеле на о.Мартиника (Карибское море), стали причиной ухода из жизни более 29 тыс. человек, а грязевые потоки, образовавшиеся при извержении вулкана Руис (колумбийские Кордильеры) погубили 23 тыс. жителей г.Армеро.

Science. 2001. V.291. №5502. P.255 (США); <http://zeus.wdcb.ru/wdcb/sep/strong>

Вулканология

Этна — «испытательный полигон»

17 июля 2001 г. на о.Сицилия снова пробудилась Этна — один из активнейших вулканов планеты. Из пяти разверзшихся расселин на склоне горы потекли языки раскаленной лавы. У вершины возник новый конус изверженных пород, всего за 10 сут достигший 150-метровой высоты; каждые несколько секунд из него вылетали вулканические бомбы размером с автомашину. Удивить или испугать таким «фейерверком» 400-тысячное население г.Катания, расположенного у подножия Этны, трудно: на памяти любого из местных поколений подобные явления случались не раз, а геологи определяют возраст беспокойной горы примерно в полмиллиона лет.

Нынешнее извержение представляет незначительную угрозу (если, конечно, не находиться непосредственно в опасной зоне): изливающаяся магма не слишком вязкая и, остывая, не образует в жерле пробку, которая позже может вылететь со взрывом. Пользуясь этим, Национальный институт геофизики и вулканологии Италии развернул обширную программу исследований, к которой привлечены также специалисты Франции, Великобритании и США. На южном склоне, поверх уже за-

⁴ Кракатау вновь напоминает о себе // Природа. 2000. №1. С.72—73.

стывшей лавы, на высоте 2600 м круглосуточно работает передвижная лаборатория. Ведутся радиолокационные наблюдения за излияниями магмы, регистрируется объем выделяющихся газов — это позволяет определить количество энергии, «вырабатываемой» вулканом. Сейсмические приборы отмечают подземные толчки, свидетельствующие о глубинных перемещениях магматических масс; наклонометры фиксируют поднятия земной поверхности; гравиметры собирают данные о локальных колебаниях силы тяжести.

Насколько существенна такая комплексная информация, говорит пример вулкана Суффриер на о.Монтсеррат в Карибском море. В 1997 г. его яростное извержение полностью уничтожило лавовым потоком островную столицу — г.Плимут. В марте 1998 г. активность вулкана резко снизилась, и, казалось, вовремя эвакуированное население может возвращаться в родные места. Об этом будто бы свидетельствовали сейсмические данные и показания наклонометров. Однако анализ отходящих газов, выполненный в лабораториях Кембриджского университета (Великобритания), говорил об обратном: магма все еще остается в верхнем резервуаре вулкана. По настоянию ученых возвращение жителей было отменено, а в ноябре 1999 г. Суффриер с новой силой возобновил свою активность, продолжавшуюся и в конце 2001 г.

Ныне вулканологическая геохимия получает в свое распоряжение новые приборы, часть которых ранее имела лишь военное предназначение. Среди них — портативные инфракрасные спектрометры Фурье, использовавшиеся для обнаружения и идентификации боевых отравляющих веществ в полевой обстановке. Теперь же они опробуются на склонах Этны по методике, разработанной К.Оппенгеймером и П.Френсисом (С.Оппенгеймер, Р.Франсис; Кембриджский университет) с участием М.Бертон (М.Буртон; Национальный институт геофизики и вулканологии Италии). Измеряя

степень поглощения солнечных лучей облаком извергнутого Этной газа, ученые определяют соотношения между диоксидом серы, хлористым водородом, фтористым водородом и другими выделяющимися веществами. Сравнение с более ранними данными позволило установить важный факт: за четверо суток до начала извержения отношение количества диоксида серы к хлористому водороду возросло более чем вдвое. Возможно, это послужит совершенствованию прогноза будущих извержений.

Science. 2001. V.293. №5531. P.774 (США).

Гляциология

Пульсирующие ледники

О существовании горных ледников, которые после длительного покоя внезапно «пускаются в путь», стало известно в 1937 г., когда американский геолог Э.Н.Патти (E.N.Patty) впервые наблюдал за поведением ледника Блэк-Рapidс, расположенного в центре Аляски, примерно в 200 км к югу от Фэрбенкса. На двухкилометровой поверхности «пробудившегося» ледника начали появляться трещины и гребни высотой до 150 м, а отколовшиеся «айсберги», переворачиваясь, с грохотом скатывались вниз по дну долины. Скорость сползания ледника превышала 70 м/сут, что тогда казалось рекордным. Однако движение Блэк-Рapidс вскоре застопорилось, и сейчас ледник выглядит вполне спокойно.

Дальнейшие наблюдения показали, что из тысяч больших и малых аляскинских ледников подобным «нравом» характеризуются лишь около сотни¹. Среди них в 2000 г. ожил ледник Янерт, вновь поставив перед специалистами вопрос: что заставляет гигантские скопления льда после десятилетий стабильности прийти в движение?

Как теперь установлено, пульсирующий ледник подчиняется

¹ Отечественным гляциологам хорошо известен, например, ледник Медвежий на Памире, тоже принадлежащий к числу пульсирующих. — *Примеч. ред.*

некоему циклу: в период покоя в его верховьях постепенно накапливаются массы снега и льда. Фаза активного движения обычно продолжается один-два года и заканчивается очень резко, всего в течение двух суток — чаще всего это происходит в середине лета. Затем в течение десятилетий ледник весьма медленно сползает по склону, позволяя пополниться своим запасам в верховьях. Но потом опять внезапно, чаще всего весной, скорость его движения сильно возрастает.

Эти явления начали в летний сезон 1997 г. изучать гляциологи из Геофизического института при Университете штата Аляска в Фэрбенксе. Пробурив тело ледника Блэк-Рapidс струями горячей воды на глубину 600 м, они обнаружили древние морены — оставленные прежними ледниками слои несортированных каменных обломков и валунов, включенных в глинистую массу. Толщина такого слоя составляет от 5 до 10 м. Ученые полагают, что именно он и создает условия для движения ледника: поглощая воду, слой становится подобием смазки, по которой гигантская масса начинает ускоренно сползать вниз.

Летом 2001 г. эта же группа гляциологов вернулась на ледник Блэк-Рapidс с новым оборудованием для работ по усовершенствованной методике. Теперь измерительные приборы были внедрены в самые глубокие слои мелкопесчаных илов; благодаря электронной системе датчиков можно следить за состоянием слоев, измерять давление в подледных водах, получая представление о степени «плавучести» всего ледникового тела.

Гигантский вес верхней части ледника оказывает на слои валунной глины мощное давление. Предполагается, что при достижении некоей критической величины под ледником образуются водные озера. Когда они становятся достаточно крупными, ледник всплывает на поверхность и начинает быстро проскальзывать вниз. Если естественная дамба, ограничивающая подобное озеро, рушит-

ся, вода истекает и ледник садится на дно, прекращая ускоренное движение. Это означает завершение стадии его бурного нисхождения — до начала нового пульсационного цикла.

Анализ данных, полученных в 2001 г., говорит о том, что потоки воды из-под пульсирующего ледника действительно насыщены продуктами, образующимися вследствие эрозии лежащих под ним моренных пород. На образование из них подледной дамбы может уходить от 50 до 60 лет, что соответствует периоду покоя.

Geophysical Institute Quarterly. 2001. V.17. №3. P.3 (США).

Климатология

Климатологический прогноз совершенствуется

По заказу Всемирной метеорологической организации климатологи Ф.Джигорджи (F.Giorgi; Международный центр теоретической физики им.А.Салаяма, Триест, Италия) и Б.Хьюстон (B.Hewiston; Кейптаунский университет, ЮАР) собрали и опубликовали мнения ведущих специалистов из различных стран по поводу грядущих изменений климата¹. В отличие от прежних подобных начинаний, предпринята попытка решить задачу не только в глобальном масштабе, но и на уровне отдельных крупных регионов. Кроме того, выявлены противоречия друг другу мнения специалистов, представляющих различные научные школы.

Впервые стало возможным сопоставить климатические прогнозы, полученные с помощью девяти достаточно совершенных компьютерных моделей для одних и тех же регионов, по которым данные об атмосферных процессах имеют хорошее разрешение. Сравнение почти единогласно подтверждает прежние прогнозы: в высоких широтах уровень потепления в зимний се-

зон будет намного большим, чем в среднем по земному шару. Сильное потепление грозит теперь и средним широтам Северного полушария. Единства среди прогнозистов относительно значительной части тропиков и субтропиков не наблюдается: разные коллективы называют весьма сильно различающиеся значения температур. Не менее противоречив прогноз в отношении атмосферных осадков (за исключением высоких широт). Правда, большинство экспертов согласны в том, что летние муссоны на значительной части Азии станут интенсивнее и что в Австралии и Южной Африке зимние сезоны будут суше.

Некоторые специалисты высказали дополнительные соображения. Так, метеоролог К.Тренберт (K.Trenberth; Национальный центр атмосферных исследований США в Боулдере) предупреждает, что сходные выводы на основе различных математических программ не обязательно означают, что они верны: одинаковый итог относительно вариаций климата в том или ином регионе может быть следствием одной и той же ошибки (например, в моделях должным образом не учитывается воздействие явления Эль-Ниньо—Южная осцилляция).

Science. 2001. V.294. №5543. P.765 (США).

Метеорология

Ураганы, тайфуны, циклоны...

К числу наиболее пагубных природных катастроф относятся циклоны (в разных регионах их именуют ураганами или тайфунами). Как известно, они сопровождаются разрушительными ветрами, чрезвычайно интенсивными осадками и мгновенно наступающими наводнениями, что приводит к гибели людей и колоссальным убыткам. Ущерб, наносимый только США, оценивается примерно в 5 млрд долл. в год, и эта величина имеет тенденцию к росту — по мере того как в прибрежных районах растет численность

населения и стоимость его имущества.

С точки зрения метеорологии тропический циклон — это атмосферная система с низким давлением, обычно формирующаяся над тропической или субтропической экваторией океана. Она обладает «организованной» конвекцией и четко определенной циклонической циркуляцией.

Если устойчивая скорость ветра превосходит 17 м/с, такое явление именуют тропическим штормом или тропическим циклоном, а при 33 м/с и более — ураганом (это название принято для Северной Атлантики, Индийского океана и северо-восточной части Тихого океана; в северо-западной части его называют тайфуном).

Подробный анализ таких явлений за весь XX в. в Атлантике и бассейне Карибского моря завершила группа специалистов, возглавляемая С.Б.Голденбергом (S.B.Goldenberg; Океанолого-метеорологическая лаборатория в Майами, США).

Динамика процессов, порождающих ураганы, пока еще недостаточно ясна, так как данные о его начальном периоде скудны, а взаимодействие разномасштабных факторов носит весьма сложный характер. Стоит возникнуть даже слабой циклонической циркуляции, как она может перерасти в полноценный ураган. Для этого необходимо, чтобы в приводном слое атмосферы воздушные массы образовали спираль, направленную к центру штормовой системы. Облака вблизи центра выстраиваются в спиральные полосы и порождают «глаз бури» с мощной вращающейся воронкой. По мере усиления ветра и падения давления возрастает испарение. Воздушные массы, поднимаясь вверх, начинают охлаждаться, а захваченные водяные пары конденсируются, выделяя латентное тепло. Разогрев центральной области бури приводит к ее интенсификации — дальнейшему усилению ветра на поверхности и активному испарению влаги. Такое самоподдержание урагана продолжает-

¹ Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group 1 to the 3rd Assessment Report of the Intergovernmental Panel of on Climate Change. Cambridge, 2001.

ся до тех пор, пока тепловая энергия испарения не уравновесится охлаждением океана, связанным с перемешиванием его вод.

Наблюдения, проведенные несколько лет назад Л.Р.Шейдом (L.R.Schade; Массачусетский технологический институт, Кембридж, США), показывают, что подобное взаимоотношение стихий может, с учетом температуры поверхностного слоя океана и состояния атмосферных масс, служить для определения верхнего предела скорости ветра и интенсивности урагана. Делу, однако, мешает недостаток информации об условиях, отвечающих за развитие ураганов.

Этот пробел теперь и пытаются заполнить Голденберг с коллегами, проводя эмпирическую оценку и анализируя существующие математические модели. В результате определены ключевые условия зарождения тропического шторма: он возникает над теми акваториями океана, где поверхностная температура достигает как минимум 26°C — при этом уже возможно хотя бы небольшое снабжение системы тепловой энергией. Кроме того, требуется, чтобы вертикальный ветровой сдвиг был незначительным, а также присутствовала крупномасштабная циклоническая циркуляция в нижней тропосфере. Вероятность образования урагана увеличивается при неустойчивой стратификации воздушных паров по всей глубине атмосферы.

Хотя причины, по которым одни факторы усиливают ураган, а другие — нет, все еще неясны, многие из них могут теперь с известной точностью прогнозироваться на основе уже существующих математических моделей. Не изучена и причина того, почему одни тропические циклоны почти достигают своего теоретического максимального потенциала, а другие — нет. Известно, что наиболее мощные ураганы, во время которых скорость ветра превышает 50 м/с, составляют не более 20% всех выходящих на сушу; в среднем ежегодно 45 тропи-

ческих циклонов достигают тех скоростей ветра, при которых их по праву можно называть ураганами. Из них около 30% случаются в северо-западной акватории Тихого океана.

Анализ, проведенный Голденбергом и его соавторами, указывает на существование долгосрочных (в масштабе многих десятилетий) изменений в частоте крупных ураганов над Карибским морем и собственно Атлантикой. Вслед за высоким уровнем циклонической активности, наблюдавшимся с 1920 по 1960 г., последовало его снижение с середины 60-х годов, завершившееся в начале 90-х, а затем — возврат к интенсификации. На эту динамику, осуществляющуюся в медленном темпе, накладываются значительные межгодовые вариации, нередко связанные с явлением Эль-Ниньо—Южная осцилляция в Тихом океане.

Все эти положения особенно важны при учете социальных и демографических процессов второй половины XX в.: заселенность прибрежных районов США изменилась настолько, что, если бы ураганы, случавшиеся в 1925 г., происходили в конце 90-х, они обошлись бы экономике не в несколько миллиардов долларов, как это было, а в 75 млрд долл. (даже с учетом инфляции). С другой стороны, число человеческих жертв в США начало постепенно снижаться благодаря совершенствованию систем предупреждения и методов спасения людей.

Science. 2001. V.293. №5529. P.440, 474 (США); www.sciencemag.org/cgi/content/full/293/5529/440.

Организация науки

Наука в бюджете США на 2002 год

При рассмотрении бюджетных ассигнований Национальному научному фонду на 2002 г. Белый дом попытался сократить расходы на 0.5%, однако Конгресс даже добавил 7.7% к тем 3.6 млрд долл., которые первоначально намечались

для этой цели. Следует отметить, что наукам о Земле (как и на инженерные исследования) были выделены дополнительные ассигнования в размере 9%. Конгресс предложил Национальному научному фонду «придать высокий приоритет» математике, на развитие которой было запрошено 20 млн долл.

Получило отпор законодатель намерение правительства блокировать строительство новых исследовательских установок. Были одобрены планы развития вычислительной техники высочайшего быстродействия, в частности для моделирования землетрясений.

Целевым назначением 15 млн долл. направлены на создание сети по регистрации нейтрино на площади 1 км² на Южном полюсе. На строительство астрономической сети, работающей в миллиметровом диапазоне волн в пустыне Атакама (Чили), ассигновано 12.5 млн долл. Создание специального высотного самолета-лаборатории для атмосферных исследований обеспечено в бюджете суммой в 35 млн долл. Повышены также расходы на подготовку аспирантов в области точных наук и на выпускников вузов, давших согласие работать учителями по этим дисциплинам в средней школе.

Ассигнования на нужды НАСА вне Национального научного фонда составляют 14.8 млрд долл., что на 3.8% больше по сравнению с предыдущим годом. Однако Конгресс отказался в полной мере финансировать в 2002 г. намеченный на 2006 г. запуск космического аппарата к Плутону; на это выделено лишь 30 млн долл. Зато на изучение Солнца ассигнования несколько увеличены. На поддержание и строительство Международной космической станции расходы сокращены на 75 млн долл. Крупнейшего в рамках НАСА финансирования удостоились проекты изучения Европы — спутника Юпитера: в 2002 г. на эти работы разрешено потратить до 1 млрд долл.

Science. 2001. V.294. №5546. P.1430 (США).

Выдающийся ученый и гражданин

Академик Г.И.Абелев

Москва

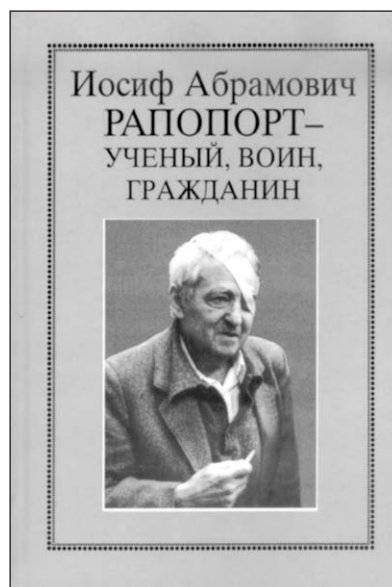
Имя Иосифа Абрамовича Рапопорта (1912–1990) пользуется особым уважением в отечественной биологической науке, и не только в ней. Ученый нобелевского ранга, герой Отечественной войны, гражданин, в одиночку выступивший против мракобесия вопреки всеобщему безумию и руководящим идеям Сталина, — другой такой судьбы в истории нашей науки нет.

Понять, как могут сочетаться столь разные качества в одном человеке, — задача безусловно важная для духовной истории страны. Книга о Рапопорте, составленная с любовью и уважением О.Г.Строевой (Институт биологии развития РАН), как нельзя более полно соответствует этой задаче. Воспоминания самого Рапопорта, его переписка, отзывы его учителя Н.К.Кольцова, а также Н.Н.Семёнова, выступления и интервью, воспоминания однополчан, коллег и родных, очерки о разных этапах работы дают весьма полную картину жизни и творчества этого удивительного человека.

Жажда знаний с детства, необычайные способности к языкам, любовь к естествознанию и лингвистике поставили юного Рапопорта перед выбором: по-

ступать в Ленинградский университет на естественный факультет или в Ленинградский институт философии, литературы и истории. Он стал студентом биологического факультета ЛГУ, но продолжал изучать и языки — немецкий, французский, английский и восточные. Со 2-го курса на кафедре генетики, созданной Ю.А.Филипченко, начал заниматься научными исследованиями и развивал их уже в Москве, в аспирантуре у классика экспериментальной биологии Кольцова.

Любимый ученик Кольцова после аспирантуры остался работать в созданном учителем институте, но уже без своего руководителя. В то время главный интерес Рапопорта — изучение пути от гена к признаку (выявление химических веществ, влияющих на реализацию этого пути) и отсюда — влияния химических веществ на сам ген (впоследствии это привело к открытию химических мутагенов). Защиту докторской, назначенную на 17 июня 1941 г., перенесли на несколько дней, но началась война. В первую же неделю Рапопорт идет добровольцем на фронт. Всю войну, вплоть до ее окончания, он на передовой. В ходе войны трижды возвращается в строй: сначала после первого тяжелого ранения; затем в 1943 г., когда во



ИОСИФ АБРАМОВИЧ РАПОПОРТ — УЧЕНЫЙ, ВОИН, ГРАЖДАНИН. Очерки, воспоминания, материалы. Отв. редактор В.Г.Митрофанова. Составитель О.Г.Строева.

М.: Наука, 2001. (Из серии «Ученые России»)

время короткого пребывания в Москве он защитил докторскую диссертацию и получил предложение Л.А.Орбели вернуться к научной работе, и, наконец, в 1944 г., после второго тяжелого ранения, — несмотря на потерю глаза, он сбежал из госпиталя в свою часть, с которой и закончил войну. Он стремился на фронт потому, что это была *его* война, против *его* врагов, и думал он не о себе, а о том, чтобы быть в гуще событий. «Если не я, то кто за меня? И если не сегодня, то когда?» И не было для него вопроса — идти или оставаться.

Воевал Рапопорт так, что заслужил признание у профессиональных военных. Об этом красноречиво говорят отзывы однополчан, их переписка и представления к наградам.

Согласно общему мнению, военный и гражданский героизм — поступки совершенно различные. В военном героизме система ценностей однозначна: враг, которого надо уничтожить, свои, которых надо защищать, приказ, который надо выполнять. Храбрость, находчивость, мужество — основа военного героизма. Гражданский подвиг — подвиг одиночки на фоне инертного, а чаще противостоящего большинства, высокоморальный поступок, совершаемый вопреки традиции, общепринятому мнению, всеобщему страху и подчинению.

Военная биография Рапопорта показывает неразделимость гражданского и военного мужества в его характере. Наиболее отважные поступки — переправа через Днепр во время Черкасской операции и взятие г.Мезекомаром в Венгрии, осуществленные по его *личной* инициативе и даже *вопреки* приказам. В этих операциях он, командир батальона, брал на себя ответственность, противостоящую общепринятому порядку, но оправданную военной целесообразностью. И именно за эти операции его трижды представляли к званию Героя

Советского Союза. Третий раз — после взятия Вены за прорыв через отступающие немецкие войска для соединения с войсками союзников. Будучи командиром батальона, он был награжден полководческим орденом Суворова — случай отнюдь не ординарный.

Та же цельность характера, та же *естественность подвига* определила поведение Иосифа Абрамовича во время и после сессии ВАСХНИЛ. С самого начала погромной кампании он буквально рвался в бой. Получив слово, знал, что сессия одобрена лично Сталиным и ее решение уже им подписано. Товарищи просили быть осторожным, но он сказал все, как думал, вопреки настроению толпы «мичуринцев», заполнявших зал, вопреки мнению Сталина и вопреки дисциплине партии, к которой принадлежал. Это стоило ему немедленного увольнения с работы с «волчьим билетом» и исключения из партии. Однако в своих научных взглядах Рапопорт не поколебался, от генетики не отказался, о выступлении на сессии ВАСХНИЛ никогда не жалел!

В 1948 г. Рапопорту было всего 36 лет, всего семь-восемь лет научной работы, включая аспирантуру и подготовку докторской. Обычно такое время достаточно только для того, чтобы начать, нащупать свою линию, а он делает работу нобелевского масштаба — открывает химический мутагенез.

Химические вещества, чрезвычайно эффективно вызывающие мутации (мутагены), заняли свое место рядом с рентгеновскими лучами и стали наряду с ними мощным средством исследования природы гена. С помощью химических мутагенов были разработаны новые пути для выведения сортов сельскохозяйственных растений и поиска лекарственных веществ.

Открытие химического мутагенеза не было случайным в научной биографии Рапопорта. Анализируя действие хими-

ческих веществ на развитие дрозофилы, он показал, что они вызывают фенотипические изменения, внешне неотличимые от известных мутаций. В дальнейшем он существенно расширил спектр мутагенов, ввел их классификацию и, что особенно важно, открыл более эффективные химические *супермутагены*.

По мнению Рапопорта, эти результаты открывали путь к исследованию природы гена и мутаций. Но сессия ВАСХНИЛ все перечеркнула. Отстраненный от научной работы, Рапопорт смог поступить только лаборантом-микрорепродуктором по определению возраста нефтяных залежей, да и то лишь по временным договорам.

В 1953 г., уже после смерти Сталина, он пишет Н.С.Хрущеву письмо (обращаясь к нему «Гражданин Хрущев!») с просьбой принять его для обсуждения положения в генетике. Ясно, что ничего кроме увольнения из очередного геологического учреждения в ответ на его письмо не последовало. Иосиф Абрамович был вынужден еще не однажды менять место работы и в хрущевскую «оттепель», когда почти все ученые, уволенные после сессии ВАСХНИЛ, уже вернулись в биологию, а с 1956 г. — в генетику.

Только в 1957 г. академик Н.Н.Семенов смог взять его в свой Институт химической физики, где Рапопорт, сначала с очень маленькой группой, вновь стал заниматься химическим мутагенезом. Затем, благодаря поддержке директора, в институте был организован большой отдел химического мутагенеза, в котором Рапопорт продолжил фундаментальные и прикладные исследования по мутагенезу и выведению новых сортов сельскохозяйственных растений.

В начале 60-х годов Нобелевский комитет, помня горький опыт присуждения премии Б.Л.Пастернаку, сообщил советским властям о выдвигании

кандидатуры Рапопорта (совместно с Ш.Ауэрбах) на премию за открытие химического мутагенеза. Иосифа Абрамовича вызвали в Отдел науки ЦК КПСС и как условие предложили ему восстановиться в партии. Рапопорт отказался. Думаю, что проявить такую принципиальность сумел бы не каждый ученый.

Работая в Институте химфизики, Иосиф Абрамович много размышлял над общими вопросами генетики. Этот период совпал и с бурным развитием молекулярной биологии. Свои исследования Рапопорт начал, опираясь на кольцовскую модель хромосомы, в основе которой лежал ген белковой природы. До 1948 г. его исследования по химическому мутагенезу не выходили за пределы этой модели. Глубоко анализируя структуру, свойства и биологические эффекты химических мутагенов, он стремился объяснить феномен генетических мишеней, по-

ражаемых химическими веществами. Пути к пониманию мутаций искал в физико-химических особенностях химических мутагенов.

Подход, который Рапопорт продолжал углублять и развивать и в новую эпоху, не находил поддержки у современных генетиков. Его взгляды существенно расходились с общепринятыми в молекулярной генетике того времени. Но его жизнь и творчество давали право на собственные взгляды — они были безусловно ценны и опирались на развитие его предшествующих идей и представлений. Кто-то из великих физиков сказал, что ошибки больших ученых столь же важны для науки, как и их гениальные прозрения. Это вполне относится к Рапопорту. Все, что он сделал — от экспериментальных и теоретических исследований до выведения новых сортов и создания медицинских препаратов, равно как и последовательная борьба

с лженаукой, заслуживают глубокой признательности современников и самого тщательного изучения. Рецензируемая книга представляет для этого бесценный материал.

Государственное признание пришло к Рапопорту к началу 80-х годов: в 1979 г. его избрали членом-корреспондентом АН СССР; в 1984 г. присудили Ленинскую премию; а в 1990 г., по инициативе Н.Н.Воронцова (тогда члена правительства) Рапопорту и группе классиков генетики за мужественную защиту отечественной генетики присвоили звание Героя Социалистического Труда.

Книга о Рапопорте будет интересна самым широким кругам ученых и всей интеллигенции, студентам и преподавателям биологии и генетики. Перевод ее на английский язык был бы крайне желательным, так как исследования и судьба Рапопорта относятся к явлениям мировой науки. ■

Астрономия

В.Г.Сурдин. АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ С РЕШЕНИЯМИ: Учебное пособие. М.: Едиториал УРСС, 2002. 240 с.

За последние годы было опубликовано несколько сложных задачник по астрономии — результат проведения всесоюзных, всероссийских, московских, международных и других крупных олимпиад. Но для начинающих эти задачки, как правило, трудны.

Новая книга подготовлена автором, который придерживается ранее избранного принципа: решение задач — это не только испытание,

но и увлекательное обучение. Для любителей физики, географии и космонавтики в разделе «Вокруг астрономии» собраны интересные задачи из соседних областей естествознания.

В книгу вошло около 430 задач с подробными решениями. Часть из них — классические, часть — совершенно новые. Все решения составлены автором книги и нередко дополняют и даже исправляют ошибки классических. Уровень в среднем ниже олимпийского, хотя отдельные задачи «с изюминкой» потребуют упорной работы: не торопитесь давать ответ, даже если на первый взгляд задача покажется простой.

Гидробиология

И.Л.Хранович. УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ. ПОТОКОВЫЕ МОДЕЛИ. М.: Научный мир, 2001. 296 с.

Вода — основа всего живого на Земле. Средства получения, перераспределения, доставки и очистки воды объединяются в водно-ресурсные системы (ВРС), которые призваны обеспечивать общество водой приемлемого качества в необходимом количестве.

Книга посвящена проблемам рационального использования водных ресурсов. Рассмотрены методология и аппарат потокового моделирова-

ния в ВРС. Модели, в которых качество воды почти не учтено, образуют базу управления транспортными, энергетическими, информационными, технологическими и другими потоковыми системами. Иные модели, описывающие рациональное использование водных ресурсов и управление их качеством, не имеют аналогов; они образуют самостоятельный класс.

Рассмотрены свойства и методы решения задач математического программирования, с помощью которых можно описать любые модели. Процессы их взаимодействия обоснованы стратегией развития и режимами функционирования ВРС.

География

МОРЕ ПРОБЛЕМ. Опыт системного исследования Каспийского региона. М.: СОПС, 2001. 183 с.

Эта книга — итог комплексного исследования Каспийского региона, выполненного в 1997—1999 гг. с точки зрения национальных интересов и экономического возрождения Российской Федерации. В ней обобщены материалы большого коллектива исследователей, занимающихся использованием пространств и ресурсов Каспийского моря.

В книге собран обширный фактологический материал, включающий природно-географические, экономические и экологические характеристики, оценки ресурсов (биологических, топливно-энергетических, культурно-рекреационных) и инфраструктуры Каспийского региона. Детально анализируются социально-экономические, военно-политические, этнические, правовые и другие проблемы на фоне процессов глобализации. Особое внимание уделено прибрежным государствам, выявля-

ются основные направления их ресурсной политики.

Каспию посвящены сотни книг и тысячи статей, авторы настоящей работы вовсе не хотят «повторения пройденного». Их цель — показать, что только твердая и последовательная позиция государства способна сохранить и усилить положение России в Каспийском регионе.

Геология

В.И.Попков. СКЛАДЧАТО-НАДВИГОВЫЕ ДИСЛОКАЦИИ: Закаспий, Предкавказье, Азовско-Черноморский регион. М.: Научный мир, 2001. 136 с.

В ряду первоочередных фундаментальных проблем на современном этапе развития теоретической геологии одно из ведущих мест принадлежит вопросам внутриплитной тектоники.

Автор книги попытался синтезировать разрозненные сведения о структурах горизонтального сжатия Арало-Каспийского, Предкавказского и Азовско-Черноморского регионов. В тектоническом отношении район исследований относится к эпипалеозойской молодой платформе (Туранская, Скифская плиты) и зонам ее сочленения с Альпийским складчатым поясом и древней Русской плитой. Учитывая, что в пределах платформ надвиги в большинстве случаев оказываются погребенными, для их картирования наряду с традиционными методами (геологической съемкой, полевыми наблюдениями, бурением, космическими и аэрофотоснимками и др.) широко привлечены материалы геофизических исследований.

В книге детально описаны дислокации осадочного чехла, образовавшиеся под воздействием сил бокового сжатия. На конкретных примерах пока-

зана роль этих структур в геологическом строении обширных территорий, прилегающих к Альпийскому поясу. Рассмотрен возможный механизм, а также истории развития данного типа дислокаций. Намечены пути решения некоторых прикладных вопросов нефтегазовой геологии.

Антропология

М.Б.Медников. ТРЕПАНАЦИИ У ДРЕВНИХ НАРОДОВ ЕВРАЗИИ. М.: Научный мир, 2001. 304 с.

Самое раннее упоминание о трепанации содержится в сочинении Гиппократов «О ранах головы», где подробно описаны швы и кости черепа, шесть главных видов ран и способы их лечения.

Автор книги, специалист в области физической антропологии, на протяжении ряда лет работает в Институте археологии РАН. Основная его цель — исследовать феномен трепанации черепа, самой древней операции в истории человечества. Отдельная тема — распространение подобной практики у народов, населяющих территорию современной России.

Эта работа сочетает многочисленные фактические сведения в области физической и культурной антропологии, палеопатологии, археологии, истории медицины, в большинстве своем ранее недоступные отечественным специалистам. Для того чтобы оценить медицинские и ритуальные аспекты, пришлось затронуть такие далекие на первый взгляд составляющие духовной жизни древних обществ, как религиозный обряд жертвоприношения или скальпирования. В научный оборот вводятся новые материалы, которые описывают этнокультурные процессы, протекавшие в Евразии.

Взрывчатый порошок Нобеля

К.Н.Зеленин, А.Д.Ноздрачев, Е.Л.Поляков
 Санкт-Петербургский государственный университет

История семьи Нобелей теснейшим образом связана с Россией [1, 2]. В Петербурге с 1837 по 1859 г. жил Эммануэль Нобель (1801—1872); здесь с 1842 г. проходили детство и юность его сыновей, в том числе и Альфреда (1833—1896).

Деятельность Нобеля-отца в России состояла главным образом в испытаниях изобретенной им контактной мины; в 1846 г. он основал и возглавил предприятие «Литейные заводы и механические мастерские. Иммануил Нобель и сыновья». Механический завод стоимостью свыше 600 тыс. руб. был в числе крупнейших в России.

Средства позволили Нобелю привлечь в 1848—1850 гг. в качестве учителя для своих детей выдающегося химика Н.Н.Зинина [3] с кафедры химии Медико-хирургической академии. Именно Зинин сообщил отцу и сыну Альфреду об открытии нитроглицерина, сделанном в 1846 г. итальянским химиком Асканио Собrero. Он же рекомендовал отправить Альфреда за границу в лабораторию известного парижского химика Пелуза, где юноша мог бы научиться работе со взрывчатыми веществами. Альфред провел за границей

всего два года (1850—1852), но успел познакомиться с самим Собrero.

Таким образом, по возвращении в Петербург весной 1852 г. он был готов к практической работе с нитроглицерином. Само собой разумеется, что Нобель-отец намеревался вместе с ним осуществить задачу превращения этого взрывчатого вещества в коммерческий продукт для технического и военного использования. Однако их планам помешала начавшаяся Крымская война. Осенью 1853 г. Зинин предложил Военно-инженерному ведомству снаряжать бомбы и гранаты вместо черного пороха нитроглицерином. Зинин готовил его для полигонных испытаний у себя в лаборатории вместе с адъюнктом химии Ю.К.Траппом, будущим крупным фармацевтом.

Здесь же начались и первые опыты: в небольшую медную трубку, диаметром с мизинец, наливали около 2 мл нитроглицерина и помещали ее в большой тигель, наполненный песком и установленный на толстой каменной плите. В результате взрыва нитроглицерина, произведенного с помощью воспламенительной нитки, не только тигель, но и подставка на десяток сантиметров вглубь превратились в мелкий порошок.

Вот что говорил об этих опытах Альфред: «Профессор Зинин показал это вещество нам с отцом, положив на навальню и ударив по нему. При этом профессор Зинин высказал уверенность в возможности практического использования нитроглицерина. Да, нитроглицерин открыл Собrero, обнаружив, что это вещество взрывчато. Профессор Зинин и профессор Трапп в Санкт-Петербурге пошли дальше Собrero, выяснив, что нитроглицерин может быть практически использован. Они привлекли к нему внимание моего отца, который тогда, в связи с Крымской войной, фабриковал морские мины для русского правительства». В ходе исследований Зинин установил температуру воспламенения нитроглицерина и разработал основные правила безопасного обращения с ним.

В том, что Нобель присутствовал при опытах, ничего удивительного нет. Важно другое: Альфред был знаком с описанными взрывными эффектами нитроглицерина задолго до их публичной демонстрации, еще даже до встречи с Собrero.

Полигонные испытания нитроглицерина, полученного в лаборатории Зинина, начались в марте 1854 г. и проводились артиллерийским отделением

Военно-ученого комитета под руководством В.Ф.Петрушевского.

После окончания Крымской войны, разорения отца и его отъезда в Стокгольм Альфред предпочел остаться в Петербурге, так как наконец-то мог вплотную заняться нитроглицерином: научился получать его в приемлемых количествах, смешивать с черным порохом и поджигать смесь. Его опыты на льду Невы оказались удачными, и удовлетворенный результатами Альфред направляется в Стокгольм к отцу, а оттуда в Париж для поиска кредитов. Нобель-младшему это вполне удалось. Теперь, располагая средствами, отец и сын смогли в 1862 г. наладить кустарное производство нитроглицерина в Хеленборге под Стокгольмом.

В 1863 г. Альфред изобретает инжектор-смеситель для азотной кислоты и глицерина (из них производился нитроглицерин), что в принципе и решало проблему безопасного промышленного производства в будущем. Теперь можно было приступить к созданию сети заводов в различных странах. Летом 1863 г. Альфред Нобель предложил русскому правительству изобретенный им новый порох — смесь черного пороха с нитроглицерином.

Военно-инженерное ведомство выделило Нобелю для опытов 48 кг пороха, корпуса мин и деньги (1 тыс. 290 руб.), сообщив, что в настоящее время в России в широком масштабе изучаются физико-химические и взрывные свойства нитроглицерина и методы его воспламенения. Опыты, которые велись в Кронштадте с 1862 г. под научным руководством Петрушевского, были успешными, и в мае 1863 г. он предложил Главному инженерному управлению применить нитроглицерин для увеличения пробивной силы мин*.

* Результатом опытов явилась впоследствии мина с кольцевыми сосудами с нитроглицерином.

Все испытания проводил специалист по минно-подрывным средствам капитан М.М.Боресков. Для намеченных опытов требовались сотни килограммов вещества. Начальник Военно-инженерного ведомства генерал Э.Н.Тотлебен поручил решение этой задачи Петрушевскому. В его распоряжение было выделено три офицера (И.Черниловский-Сокол, В.Афанасьев, М.Шах-Назаров) и 42 солдата. Эта команда в течение 40 дней приготовила около 3 т нитроглицерина. Вот как оценило их работу Главное артиллерийское управление: «Несмотря на ту опасность и трудность, с которыми сопряжено изготовление столь большого количества нитроглицерина и притом в короткий срок, полковник Петрушевский блестящим образом исполнил это поручение и тем самым показал Европе первый пример приготовления нитроглицерина в больших количествах способом, приближающимся к фабричному». Конечно же, производство представляло серьезную опасность: в 1866 г. в Петергофе произошел несчастный случай, когда взорвалось свыше 300 кг этого вещества.

Нобели еще раньше на собственном опыте убедились в том, насколько велика опасность работы с нитроглицерином. 3 сентября 1864 г. в Хеленборге прогремел взрыв чудовищной силы — взорвалось около 100 кг нитроглицерина — погибло несколько человек, среди них младший брат Альфреда — Эмиль.

Жители Стокгольма еще долго отсчитывали городскую хронологию по тому, когда происходили те или иные события — до или после этого взрыва. Через две недели после катастрофы Нобеля-отца разбил паралич, и до самой смерти в 1872 г. он был прикован к постели. Его дело возглавил Альфред.

Тем временем полученные в России три тонны нитрогли-



Альфред Нобель в молодости.

церина позволили широко развернуть опыты по исследованию его взрывчатых свойств и различных смесей на его основе. Опыты продолжались почти пять лет. В Кронштадте, в частности, в 1862—1863 гг. взрывали 10-килограммовые заряды нитроглицерина. Спустя четыре года, в 1867-м, когда Нобелем был запатентован динамит, выработка его по всей Европе не превышала 11 т.

В докладе Главного инженерного управления военному министру Д.А.Милютину «О вознаграждении полковника Петрушевского» отмечено: «До 1863 г. нитроглицерин приготавливался в самых незначительных количествах, по золотникам, в лабораториях, и полковник Петрушевский первый приготовил этот продукт в таком значительном количестве, он первый показал способ мгновенного воспламенения большого количества нитроглицерина и первый применил его для взрывов. Между тем через год после описанных работ Петрушевского (в 1864 г.) шведский поддан-

ный А.Нобель взял в государствах Западной Европы привилегии на употребление нитроглицерина для взрывов всякого рода. В следующем 1865 г. потребление этого продукта быстро распространилось в Европе и Америке, его применяли в различных отраслях частной промышленности, и А.Нобель воспользовался теми материальными выгодами, которые были бы в руках полковника Петрушевского, если бы интересы государства не требовали сохранения в тайне применения нитроглицерина» [4].

В конце 1866 г. за практическое применение нитроглицерина в гражданских и военных целях Петрушевский получил денежную премию; ему была назначена пожизненная пенсия.

На протяжении XIX в., да и в наше время, отечественные авторы, от беллетриста В.Пикуля до ученых-профессионалов, указывают, что Нобель заимствовал свои идеи у Зинина и Петрушевского. В январе 1869 г. в газете «Деятельность» Д.И.Менделеев писал: «Расточать похвалы нитроглицерину у нас едва ли нужно. Десять лет тому назад он уже готовился у нас для взрыва мин, его свойства изучены были нашими химиками, едва ли не ранее, чем где-либо. В настоящее время в Европе уже стали видеть те недостатки нитроглицерина, которые были известны у нас давно». Такова была позиция российской общественности. В то же время западные авторы, как правило, игнорируют вклад русских ученых в развитие этого научного направления.

По наблюдениям же самого Альфреда, «возможно нагреть довольно быстро несколько грамм этого вещества, что мне и удалось уже сделать несколько времени тому назад. Но вскоре практика привела меня к тому, что показала теория, а именно, — что невозможно в одну секунду нагреть жидкость в количестве от 4 до 5 фунтов до 170°».

Следовательно, должно быть иное решение проблемы. Нужно не нагревать нитроглицерин, а использовать его способность к детонации. Это соображение привело А.Нобеля к созданию детонатора. Вот как он сам описывал первый успех: «Впервые я поставил свой удачный опыт с нитроглицерином в 1862 году. Это случилось возле канала (или сточной канавы), который вытекал с территории механического завода, принадлежавшего моему брату Людвигу. При опыте присутствовали оба моих брата. В одну пробирку, поменьше, я поместил немного нитроглицерина и очень осторожно закупорил ее. Эту пробирку я поместил в другую, побольше, она была заполнена порохом и в ней находился запал. Закупорив и ее, я зажег запал и бросил все это в воду. Мощнейшее сотрясение почвы и фонтан воды, вызванные взрывом, как нельзя лучше показали, что нитроглицерин эффективен не меньше, чем черный порох».

В 1863 г. Альфред Нобель изобрел устройство, состоящее из деревянного запала, вставленного в большой заряд нитроглицерина, который находился в металлическом контейнере; взрыв небольшого заряда черного пороха в запале служил детонатором для мощного заряда жидкого нитроглицерина. По сути это было развитием идеи отца, который использовал сходный принцип в конструкции детонатора своей пороховой мины ударного действия. Изобретение детонатора было большим достижением. В 1865 г. Альфред его улучшил и назвал запалом. Он представлял собой маленькую металлическую емкость, содержащую заряд гремучей ртути, который можно было взорвать в результате удара или нагревания. Так появился на свет всем известный капсюль.

Обратимся теперь к истории возникновения динамита. Все знают, что в результате поиска

удобных в работе смесей на основе нитроглицерина Альфред использовал безопасную комбинацию нитроглицерина с кизельгуром*, назвав ее динамитом. Конечно же, в этом случае следовало немедленно оформить и правовую сторону дела. В 1867 г. он патентует динамит (или безопасный взрывчатый порошок Нобеля) в Англии, а затем в Швеции, России, Германии и других странах.

В 1868 г. Главное инженерное управление поручило Петрушевскому заняться приготовлением магнезиального динамита. Им были построены и запущены аппараты для непрерывного получения нитроглицерина, а затем обращения его в порошок. В Кронштадте был собран достаточный запас этого магнезиального динамита.

Результаты исследований позволили Петрушевскому использовать нитроглицерин для взрывных работ. Следует отметить, что до сих пор для подобных нужд было доступно единственное взрывчатое средство — черный порох, который стали применять в мирных целях в XVII в. Вероятно, это произошло впервые еще в 1613 г. в Германии, однако достоверные данные относятся к 1627 г., когда его использовали в рудниках Шемнитц в Венгрии. Впервые в гражданском строительстве порох применили в 1679 г. во Франции при прокладке туннеля Мальпа для канала дю-Миди. В середине 19-го столетия стремительно растет горнодобывающая промышленность, требуя все возрастающего количества сильных взрывчатых веществ. Порох уже не обеспечивал требуемой мощности взрывов. Петрушевский (да и не он один) понимал, что нитроглицерин может сполна удовлетворить промышленные запросы.

Сила действия нового соединения заинтересовала владельца золотых приисков в Восточной Сибири Пермикина, кото-

* Рыхлая кремнистая осадочная горная порода из панцирей диатомовых водорослей.

рый обратился к правительству с просьбой оказать содействие в применении нитроглицерина для облегчения добычи золота. Предполагалось, что взрывами удастся разрушить слои вечной мерзлоты и торфа.

На прииски был командирован один из помощников Петрушевского — капитан Черниловский-Сокол. Несмотря на пожар, во время которого сгорела часть реактивов, в течение четырех дней было приготовлено более сотни килограммов нитроглицерина и произведено 32 взрыва 200—800-граммовых зарядов. Целесообразность применения взрывчатки на золотых приисках была подтверждена на практике, о чем сообщалось в «Дневном журнале по испытанию употребления нитроглицерина при разработке золотоносных россыпей в Восточной Сибири», а Восточно-Сибирское отделение Русско-технического общества в 1867 г. заслушало сообщение помощника Петрушевского — С.П.Петухова — «Об улучшении в золотом промысле при помощи гидравлического процесса и употреблении нитроглицерина». Еще один помощник — Шах-Назаров — в 1870 г. изготовил 65,5 кг нитроглицерина и использовал его для взрыва порогов на р.Волхов и опытных взрывных работ в каменоломнях. Нитроглицерин был также успешно применен на постройке Тамбовско-Козловской железной дороги.

Работы команды Петрушевского завершились в 1870 г. А каков был их окончательный результат в России? Мешки с магниезальным составом пролежали позабытыми в одном из погребов Кронштадта более 12 лет.

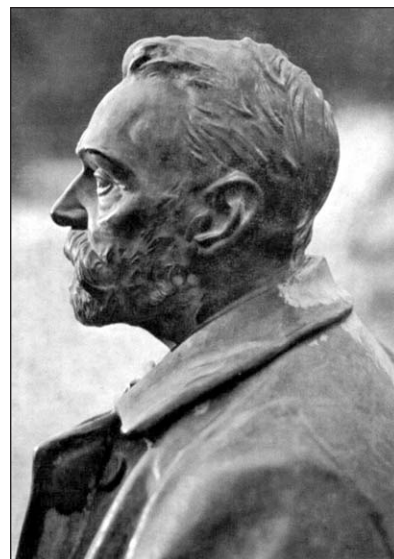
Ситуация с патентным делом в России находилась в зачаточном состоянии. Когда же речь шла о военных секретных открытиях, получение патента выглядело совершенно нереальным. Работы Зинина и Петрушевского были рассекречены только в 1881 г. С 1814 г. — почти за 70 лет существования па-

тентного права в России — выдано лишь семь «привилегий» в области взрывчатых веществ. Таким образом, магниезальный динамит Петрушевского не был защищен патентом.

Итак, Собrero синтезировал нитроглицерин уже в 1846 г., а Зинин предложил использовать его в технических целях в 1853-м. Спустя 10 лет инженер Петрушевский первым начал производить его в больших количествах, под его руководством нитроглицерин был применен в горном деле в 1867 г. Таковы факты. Альфред Нобель изобрел инжектор-смеситель для производства нитроглицерина и капсюль-детонатор в 1863 г., а в 1867 г. — динамит.

В истории создания динамита нет места случайностям, как часто пишут в различных источниках: дескать, нитроглицерин протек из бутылки и пропитал внешнюю оболочку из кизельгура, положенную сверху для надежности при транспортировке в металлической упаковке. И тут сметливый Нобель будто бы и сообразил, как поступить дальше... Сам Альфред отрицал случайность своего открытия. Его изобретение — результат многолетних исследований и интенсивной работы. Здесь удачно сочеталось все: и собственный талант, и постоянное влияние предприимчивого и изобретательного отца, и обучение у Зинина, и приобретенный навык у Пелуза, и данные об опытах Петрушевского. А сколько экспериментировал, не покладая рук, сам Нобель!

В 1887 г. он сделал свое очередное изобретение (а их было 355): создал новую разновидность бездымного пороха — баллистит. Если смешать нитроклетчатку с нитроглицерином, получится мощная, но управляемая взрывчатая смесь. Десять лет Нобель искал, как усмирить ее, — решение оказалось простым: надо добавить совсем немного третьего компонента, камфоры. Получается спокойно сгорающая смесь, к тому же лег-



Бюст Альфреда Нобеля на фабрике «Dynamit Nobel AG» в Тройсдорфе (Германия).

ко подвергаемая механической обработке.

Нобель предложил свое изобретение английскому правительству. Создали специальную проверочную комиссию, руководителем которой был назначен известный соперник Нобеля — Фридрих Абель. Имея доступ к баллиститу, Абель провел с ним некоторые дополнительные исследования и в результате запатентовал свою разновидность нитроглицеринового пороха, немногим отличающуюся от баллистита, назвав ее кордитом. Между Нобелем и Абелем возник судебный процесс, затянувшийся на три года. Казалось, все права находятся на стороне Нобеля, к тому же его широко поддержала общественность, но суд решил дело не в его пользу. Один из судей, лорд Кэй, сказал в заключительной речи на процессе: «Совершенно ясно, что карлик, которому удастся забраться на плечи гиганта, может видеть дальше, чем гигант». Подведем итог словами Альфреда Нобеля: «Справедливость можно найти лишь в воображении». Признав правоту Нобеля, одна из английских фирм, про-

изводившая кордит, добровольно выплатила ему значительную сумму [5].

Альфред Нобель создал широкую мировую сеть предприятий по производству динамита. Только в 1896 г., в год смерти Нобеля, 93 его завода изготовили 66 500 т взрывчатых веществ. Его посмертный капитал, ставший основой Нобелевского фонда, составлял 33 233 792 шведских крон, из которых 5 232 773 крон — российского происхождения. Эта сумма была целиком передана в Фонд, что, по мнению шведского историка Э.Бергенгрена, «явилось решаю-

щим фактором того, что Нобелевские премии вообще смогли возникнуть».

30 июля 1888 г. товарищество нефтяного производства «Братья Нобель» учредило специальную премию Людвигу Нобеля для выдающихся деятелей техники и промышленности России. Первые премии были присуждены в 1895 г. В состав жюри для определения лауреатов входили Д.И.Менделеев, Н.С.Курнаков и другие виднейшие специалисты. Альфред, один из учредителей товарищества, не мог не знать о существовании такой премии. Можно

предположить, что это определенным образом повлияло на его решение учредить международную премию, которую весь мир знает как Нобелевскую.

Россия стала для Альфреда Нобеля страной, которая дала ему образование, снабдила (хотя бы частично) средствами и наделила научными и техническими идеями. Долгое время ничто не свидетельствовало о его пребывании в Петербурге. 20 октября 1991 г. на Петроградской набережной, около дома 24, где жили первые российские Нобели, в память об Альфреде был установлен мемориальный знак. ■

Литература

1. Орландо Р.де. Альфред Нобель. Ростов-на-Дону, 1997.
2. Сульман Р. Завещание Альфреда Нобеля: История Нобелевской премии. М., 1993.
3. Bergengren E. Alfred Nobel. Eine Biographie. München; Esslingen, 1965.
4. Авербух А.Я. Василий Фомич Петрушевский // Тр. Ин-та истории естеств. и техн. Т.35: История хим. наук. М., 1961. С.167—184.
5. Красногоров В. Жизнь замечательных идей. Подражающие молниям. М., 1977.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

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

Литературный редактор
М.Я.ФИЛЬШТЕЙН

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
П.А.ХОМЯКОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Л.М.ФЕДОРОВА

Графика, верстка:
Д.А.БРАГИН

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредители:
Президиум РАН,
Издательско-производственное
и книготорговое
объединение «Наука»
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-26-33
Подписано в печать 20.08.2002
Формат 60×88 1/8
Бумага типографская №1,
офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 6535
Набрано и сверстано в редакции

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