

ПРИРОДА

4 05



В НОМЕРЕ:**3** **Калинкин А.М., Калинкина Е.В.****«Магма» в ступке**

Оказывается, обыкновенная агатовая ступка с пестиком и электромеханическим приводом может быть серьезным научным инструментом, с помощью которого удастся получить новые и неожиданные результаты.

9 **Тетельбаум Д.И., Баянкин В.Я.****Эффект дальнего действия**

На какой глубине изменяются свойства вещества при внедрении ионов? Казалось бы, размеры области воздействия ионов должны ограничиваться их пробегом. Но эксперимент показывает, что это не всегда так.

18 **Рянжин С.В.****Много ли на Земле озер?**

Создана не имеющая аналогов компьютерная база WORLDLAKE. В ней собраны разнообразные сведения об озерах 157 стран мира.

25 **Калейдоскоп**

Открытие астронома-любителя (25). Диклофенак и грифы (25). Скелет гигантского человека (36). Медвежья спячка и... космические полеты (36). Левши и правши среди осьминогов (36). Пещерная живопись в Англии (37). Второй международный геофизический год (37). Сохранится ли Мертвое море? (37). Аргентинские муравьи-агрессоры (37).

Апрельский факультатив**26** **Расцветаева Р.К.****Конкурс красоты
Минералогическая сказка****33****Из научных трактатов (33)
Следы жизнедеятельности (34)****38** **Акатов В.В.****Видовая насыщенность
современных биот**

Можно ли считать плейстоценовые оледенения, приведшие к вымиранию множества биологических видов, единственной причиной видовой насыщенности современных биот?

43 **Муронец В.И., Плетень А.П.****Нобелевская премия получена –
загадки остались**

(История открытия инфекционных прионов)

Понять, что лежит в основе прионовых заболеваний, помогают эксперименты с искусственными белковыми системами.

48 **РАДИОДНЕВНИК УССУРИЙСКОЙ КОШКИ****Смирнов Е.Н., Гудрич Дж.****Гонка с антенной (48)****Гудрич Дж.****У самого Японского моря (52)****55** **Березкин Ю.Е.****Мифы глубокой древности**

Записанные у народов мира мифологические тексты — как совершенно разные по содержанию, так и сходные между собой — исчисляются десятками тысяч. Знание их позволяет понять духовный мир древнего человека.

Заметки и наблюдения**62** **Булавинцев В.И.****Журавли****Биография современника****67** **Лукин А.Е.****Контур жизни и творчества зоолога
Е.И.Лукина****75** **Аронова Е.А., Александров Д.А.****Дарвинизм, ламаркизм или что-то
между?****78** **Новости науки**

Древние звезды еще больше постарели (78). О чем говорят планетные диски (78). Ньютон опять прав (79). Спор о марсианском магнетизме (80). Как взаимодействуют аэрозоли с облаками (80). Нанокристаллы памяти уже на подходе (80). Наноматериалы на марше (81). Стресс беременных ящериц (81). Ранний этап ВИЧ-инфекции (82). Численность леммингов определяют хищники (82). Неожиданные потери углерода в экосистемах тундры. **Гиляров А.М.** (83). Первая в России медаль международной вулканологической ассоциации. **Короткевич Г.В.** (83). Территория Аляски продолжает подниматься (84). Пожары и атмосфера (85). Как и когда зародилось земледелие в Индии? (85). **Коротко (17)**

Рецензии**86** **Сурдин В.Г.****«Космос» Карла Сагана****89** **Новые книги****91** **Встречи с забытым****Бородин П.М.****Первая любовь Чарльза Дарвина**

CONTENTS:

3 **Kalinkin A.M., Kalinkina E.B.** **«Magma» in a Mortar**

It turns out that usual agate mortar with a pestle and electromechanic driving gear can be a serious scientific instrument which allows to obtain new and unexpected results.

9 **Tetelbaum D.I., Bayankin V.Ya.** **Distant Effects of Ion Implantation**

Up to what depth properties of substances are affected by ion implantation? One can expect that the size of the domain of ion influence must be limited to their path. But experiment shows that it is not always so.

18 **Ryanzhin S.V.** **How Many Lakes Are There on the Earth?**

An unique computer database WORLDLAKE has been created. It includes diverse information about lakes situated in 157 countries of the world.

25 **Kaleidoscope**

Discovery of Amateur Astronomer (25). Diclofenac and Vultures (25). Skeleton of a Giant Hominid (36). Ursine Hibernation and Manned Space Flights (36). Left and Right-handedness Among Octopuses (36). Cave Paintings in England (37). The Second International Geophysical Year (37). Will the Dead Sea Remain? (37). Argentinian Aggressive Ants (37).

April Lectures

26 **Raszvetaeva R.K.** **The Beauty Contest** A Mineralogical Fairytale

33 **From Scientific Treatises (33)** **Traces of yaffil activity (34)**

38 **Akatov V.V.** **Specific Nonsaturation of Modern Biotas**

Can pleistocen glaciations leading to extinction of many biological species considered as the only cause of specific nonsaturation of modern biotas?

43 **Muronetz V.I., Pleten A.P.** **Nobel Prize Won – The Riddles Remain**

(History of Discovering Infectious Prions) Experiments with artificial protein systems help understand what underlies prion diseases.

48 **RADIODIARY OF AN USSURIAN CAT**

Smirnov E.N., Goodrich J. **Race With Aerial (48)**

J. Goodrich **At The Shores of Japan Sea (52)**

55 **Beriozkin Yu.E.** **Mythes of Extreme Antiquity**

Mythological texts written-in from nations of the world – both quite different in their content and resembling each other – amount to myriad. Their analysis allow to comprehend inner world of an ancient human.

Notes and observations

62 **Bulavintzev V.I.** **Cranes**

Biography of Our Contemporary

67 **Lukin A.E.** **Outlines of Life and Works of Zoologist E.I. Lukin**

75 **Aronova E.A., Alexandrov D.A.** **Darwinism, Lamarckism or Something Between?**

78 **Science News**

Ancient Stars Became Even More Ancient (78). What Planetary Disks Have Told (78). Newton Is Right Again (79). Controversy on Martian Magnetism (80). How Aerosols Interact With Clouds (80). Memory Nanocrystals Are Approaching (80). A Parade of Nanomaterials (81). Stress of Pregnant Lizards (81). Early Stages of HIV-infection (82). Numbers of Lemmings Are Controlled by Predators (82). Unexpected Losses of Carbon In Tundra Ecosystems. Ghilyarov A.M. (83). Medal of International Volcanology Association – First in Russia. Korotkevitch G.V. (83). Alaska Continue to Rise (84). Fires and Atmosphere (85). When and Where Agriculture in India Arose? (85).

Book Reviews

86 **Surdin V.G.** **«Cosmos» by Carl Sagan**

89 **New Books**

Encounters with Forgotten

91 **Borodin P.M.** **The First Love of Charles Darwin**

«Магма» в ступке

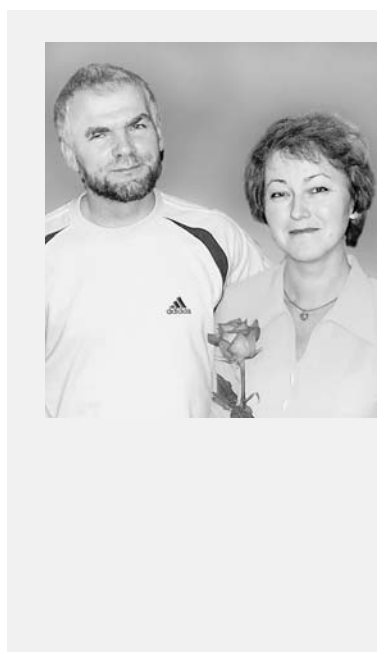


А.М.Калинкин, Е.В.Калинкина

Загадочная полоса

Можно ли обыкновенную агатовую ступку с пестиком, пусть даже снабженную электромеханическим приводом, рассматривать как серьезный научный инструмент, позволяющий получить новые неожиданные результаты? Ответ на этот вопрос не столь очевиден. Особенно сегодня, когда научное приборостроение достигло небывалых успехов, а вокруг столько разговоров о новых нанотехнологиях и наноматериалах. Наша история началась с измельчения минералов в этой самой агатовой ступке — рутинной процедуры подготовки образцов для дальнейших исследований. Мы работали с природными и синтетическими силикатами: диоксидом $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$, окерманитом $\text{Ca}_2\text{Mg}[\text{Si}_2\text{O}_7]$, энстатитом $\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Чтобы получить фракции частиц меньше 70 мкм, приходилось по несколько часов истирать образцы в механической ступке. Потом, вполне естественно, нужно было проверить, то ли удалось получить, что планировалось.

Один из методов контроля чистоты веществ — инфракрасная (ИК) спектроскопия. Совершенно неожиданно ИК спектры поглощения всех измельченных



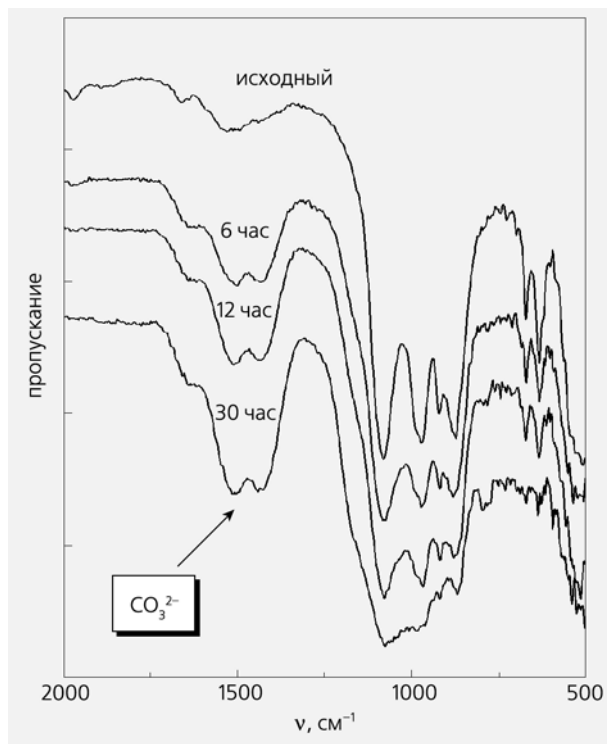
Александр Михайлович Калинкин, кандидат химических наук, старший научный сотрудник Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им.И.В.Тананаева Кольского НЦ РАН. Научные интересы — механохимия, физическая химия поверхности, термодинамика фазовых равновесий.

Елена Владимировна Калинкина, кандидат технических наук, научный сотрудник того же института. Научные интересы связаны с физической химией поверхностных явлений, адсорбцией, механохимией.

и отсеянных силикатов дали довольно интенсивную раздвоенную полосу в области $1430\text{--}1515\text{ см}^{-1}$. Нас это насторожило, потому что образцы готовились для последующих экспериментов. В качестве исходных они должны были удовлетворять определенным требованиям по чистоте. Полоса же явно не соответствовала данному классу минералов, ее интенсивность монотонно росла с увеличением времени истирания.

Положение полосы указывало на присутствие в минералах карбонатной группы CO_3^{2-} . Мы подтвердили это качественной реакцией на карбонат, хорошо известной из школьного курса химии: добавив каплю соляной кислоты к порошку истертого силиката, увидели, как интенсивно выделяются пузырьки газообразного CO_2 . Откуда же взялся ион CO_3^{2-} , ведь загрязнение образцов карбонатными минералами полностью исключалось? Выходит, карбонат образовался за счет поглощения CO_2 из воздуха?

© Калинкин А.М., Калинкина Е.В., 2005



ИК спектры исходного диопсида и образцов, измельченных в течение разного времени. Уже через шесть часов истирания образца в его ИК спектре появляется карбонатная полоса, которая монотонно растет с увеличением длительности измельчения.

Вообще говоря, сорбция газов твердыми веществами, в том числе минералами, при механических воздействиях хорошо известна. В частности, подробно исследовано механохимическое взаимодействие металлов с кислородом, оксидом углерода, поверхностные реакции кварца с различными газами. Известно также, что дробление гранитов, нефелиновых сиенитов, базальтов сопровождается поверхностной сорбцией CO_2 , H_2O и других газов [1, 2]. Но во всех случаях их поглощение ничтожно мало — доли процента по массе. У нас же количество карбоната в образцах продолжительно измельченных силикатов было неправдоподобно высоким. Удивляла и избирательность поглощения углекислого газа из воздуха, где его среднее объемное содержание составляет 0.03%. В дальнейших опытах мы подвергали диопсид механической обработке в атмосфере чистого CO_2 и установили, что содержание диоксида углерода в образцах может достигать 25% от общей массы измельченного минерала. Это означает практически полный переход силиката в карбонат (кислотный оксид CO_2 реагирует только с основными оксидами CaO и MgO , которые входят в состав диопсида. В пределе, т.е. при 100%-ой кар-

бонизации, 1 моль диопсида теоретически поглощает 2 моля CO_2 , что соответствует 28.9 мас.% CO_2 в карбонизированном силикате). Надо иметь в виду, что многие горные породы сложены исследованными нами силикатными минералами; в обычной «спокойной» обстановке они весьма инертны. В том числе в отношении углекислоты.

Неожиданности одна за другой

Что же происходило с нашими силикатами при их истирании? Если бы они превращались в карбонаты, на рентгенограммах проявились бы пики кальцита CaCO_3 , магнезита MgCO_3 или других кристаллических карбонатов кальция и магния. В частности, для диопсида поглощение углекислого газа при измельчении соответствовало бы реакции:



Но здесь опять неожиданность. При длительном истирании из-за перехода образцов в аморфное состояние, судя по данным рентгенофазового анализа, вполне закономерно уменьшались интенсивности пиков исходных силикатных минералов. И при этом — ни малейших рефлексов новых соединений. В пределе образцы становились полностью аморфными. Напрашивалась мысль об образовании аморфного карбоната кальция, синтез и свойства которого описаны в литературе. Однако это соединение, будучи нестабильным, довольно быстро переходит в кристаллическое состояние, причем нагревание значительно ускоряет кристаллизацию. Когда температура повышается до 3500°C , аморфный CaCO_3 полностью кристаллизуется [3]. В нашем же случае при хранении механически обработанных аморфных силикатов с высоким содержанием карбоната кристаллические фазы не образуются в течение по крайней мере двух-трех лет. Нагревание образцов также не вызывает кристаллизацию карбонатов, так как CO_2 исчезает из механохимически карбонизированных силикатов в интервале $600\text{--}800^\circ\text{C}$, после чего наступает термическая релаксация, т.е. кристаллизация структуры исходного силиката.

И еще одно требовало объяснения — расщепленная полоса карбонатного пика в ИК спектрах измельченных силикатов. Косвенно и она указывала, что в наших механохимически карбонизированных образцах отсутствуют такие распространенные карбонатные минералы, как кальцит CaCO_3 , магнезит MgCO_3 , доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$: ведь в их ИК спектрах карбонатный пик не расщеплен. Это означает, что в упомянутых минералах присутствуют группы CO_3^{2-} , в которых все связи $\text{C}\text{--}\text{O}$ эквивалентны. Если представить карбонатные группы в виде симметричного трилистника, то в центре окажется углерод, а на концах одинаковых листьев — атомы кислорода. Нарушение

симметрии, т.е. изменение углов и длин связей, отражается в ИК спектре — появляется расщепленный карбонатный пик. Чем больше геометрическое искажение, тем больше расщепление. А из этого следует: силикаты при измельчении поглощают диоксид углерода в виде искаженных карбонатных групп. Нарушение симметрии карбонатных ионов подтвердилось также в спектрах ядерного магнитного резонанса (ЯМР) на ядрах изотопа углерода ^{13}C , который присутствовал в наших образцах в естественном содержании. Спектры ЯМР — чуткий индикатор локального окружения атомов.

Надо отметить, что искаженная карбонатная группа присутствует и в нечасто встречающейся форме кристаллического CaCO_3 — ватерите. В его ИК спектре карбонатная полоса раздвоена. Нарушение симметрии иона CO_3^{2-} в ватерите связано с особенностями его кристаллической решетки. Но если бы эта форма CaCO_3 образовалась, она неизбежно обнаружила бы себя пиками кристаллической структуры в рентгенограммах насыщенного карбонатом продолжительно измельченных силикатов. А мы уже знали, что в результате их длительного истирания рентгенограмма полностью «обезличены». К тому же положение максимумов двойной карбонатной полосы в ИК спектрах наших образцов и ватерита не совпадают.

Мы провели множество опытов, чтобы понять, не связано ли с увеличением поверхности измельчаемых материалов количество поглощенного ими CO_2 . Зависимость не обнаруживалась, все указывало на то, что молекулы «растворенного» углекислого газа никоим образом не смогли бы разместиться только на поверхности диспергированных частиц. Для этого им пришлось бы сформировать слой толщиной 200 (!) и более молекул CO_2 .

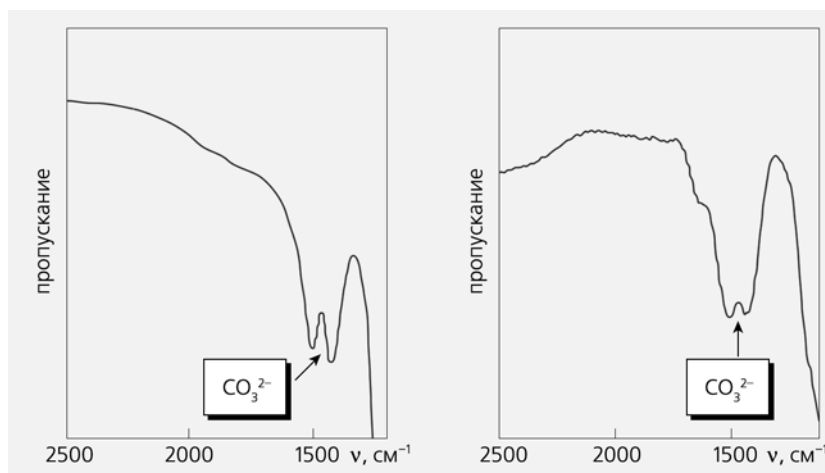
Таким образом, полученные результаты не вписывались ни в один из известных сценариев механохимического синтеза карбоната как самостоятельной фазы. Исключалась и хемосорбция диоксида углерода на поверхности измельчаемо-

го силиката. Так мы пришли к мысли, что молекулы CO_2 при механических воздействиях каким-то образом в очень больших количествах проникают в глубь частиц, одновременно превращаясь в карбонатные ионы, но не образуя индивидуальных соединений.

Помощь извне

А далее получилось так, что мы обнаружили статью геохимического профиля [4]. Она касалась изучения растворимости CO_2 в природных и синтетических силикатных расплавах, содержащих кальций и магний и близких по составу к нашим минералам. Интерес к механизму растворимости углекислого газа в силикатных расплавах обосновывался важной ролью, которую играет CO_2 в образовании магматических горных пород. Авторы статьи американцы Дж. Файн (G.Fine) и Э. Столпер (E.Stolper) использовали ИК спектроскопию для изучения форм, в которых растворенный диоксид углерода находится в стеклах. Получали их закалкой, т.е. быстрым охлаждением искусственных и естественных магматических силикатных расплавов. Растворение в них CO_2 происходило в чрезвычайно жестких, почти как в земной магне, условиях: при температуре 1400–1600°C и давлении 15–25 тыс. атмосфер. Наше внимание привлек ИК спектр содержащего карбонат силикатного стекла. Так вот, его ИК спектр очень напоминал спектр нашего диоксида, измельченного в механической агатовой ступке и поглотившего углекислый газ из воздуха лаборатории! Положение, форма и степень расщепления карбонатного пика в этих образцах, полученных столь разными способами (продолжительным измельчением минерала с образованием аморфизированной фазы и плавлением его с образованием стекла), были очень похожи. А значит, должны быть сходны степень разупорядоченности вещества, форма частиц, углы связей.

ИК спектры силикатного стекла с растворенным углекислым газом (слева) и измельченного природного диоксида. Сходство между спектрами материалов, полученных столь разными способами, очевидно.



Стекло — материал, как известно, аморфный. Его получают при охлаждении **равновесного** силикатного расплава, структура которого сохраняется и в «замороженном» виде, т.е. стекле. Силикат же, механически переведенный в аморфное состояние, образуется в крайне **неравновесном** процессе — при разламывании и измельчении кристаллического материала. И вот в этих-то двух разных состояниях вещества одного и того же состава растворяется углекислый газ, в одном случае движимый экстремальными температурой и давлением, а в другом — за счет механохимического процесса. Карбонатные ионы, в которые превращается углекислый газ, «чувствуют себя» в обоих случаях практически одинаково, что проявляется в идентичности карбонатных полос в ИК спектрах.

И еще одно, что заслуживает внимания. Степень искажения карбонатного иона, растворенного в силикатном расплаве, чувствительна к локальному окружению. Это означает, что величина расщепления карбонатного дублета в ИК спектрах силикатных стекол может сильно зависеть от их состава. Например, она одинакова у разных силикатных расплавов, богатых кальцием и магнием, но отличается от величины расщепления для расплавов, обогащенных натрием и алюминием.

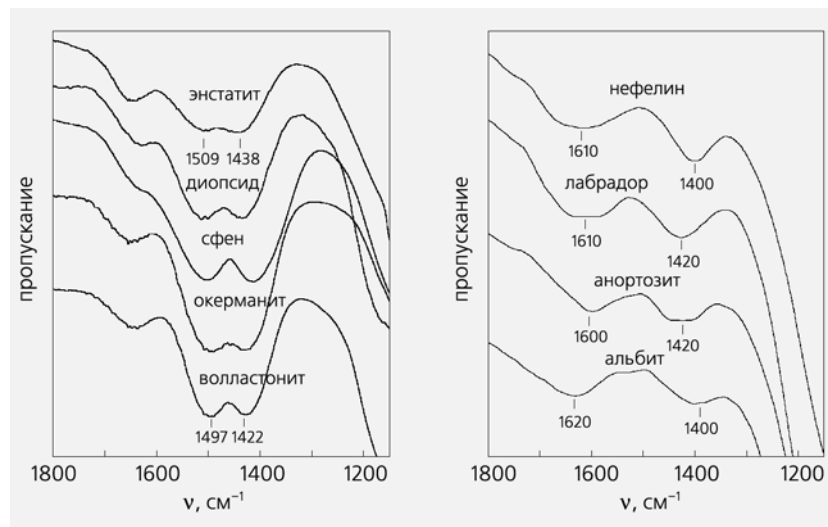
А теперь посмотрим, нет ли подобия в степени искажения карбонатного иона измельченных кристаллических силикатов — тех, что содержат кальций и магний, и тех, которые обогащены натрием и алюминием. Оказывается, карбонатный дублет в ИК спектрах таких минералов меняется так же, как при вариациях химического состава расплава: двойная полоса расширяется и величина расщепления увеличивается.

Итак, данные ИК спектроскопии наводили на мысль о сходстве процессов, происходящих в ступке при истирании минералов, и геохимиче-

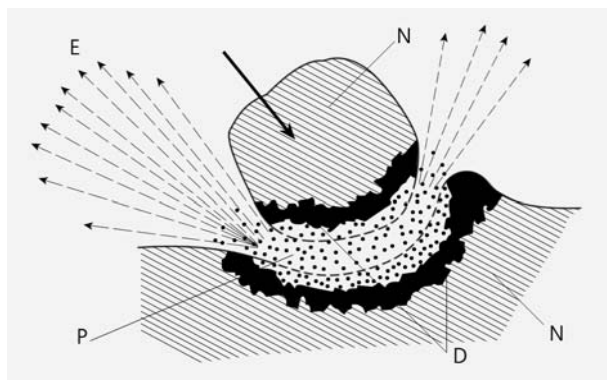
ских — магматических. Хорошо было бы понять механизм обнаруженного эффекта. Очень не хотелось оказаться в роли одного из слепых мудрецов, исследовавших слона в старинной притче. Как известно, потрогавший хобот сказал, что это — большая змея. Ощупавший ногу слона сделал вывод, что перед ним дерево и т.д.

Не удар, а сдвиг

Надо отметить, что в механохимии, относительно новой самостоятельной химической области, до сих пор нет строгой единой теории. Теории, объясняющей и обобщающей сложные и многообразные физико-химические явления и процессы, вызываемые действием механических сил на вещество. Можно привести такой пример. Высекание искр при ударе друг о друга двух кусков кварца известно человеку с доисторических времен. Древние люди научились использовать его для добывания огня. Обыкновенный механический удар. Казалось бы, примитивное действие. На самом же деле оно вызывает сложную комбинацию деформационно-структурных, термических, электромагнитных, оптических и химических процессов. Они включают возникновение и миграцию дефектов структуры твердого вещества, его аморфизацию и быстрый локальный разогрев в месте удара. Одновременно свутся химические связи при образовании свежей поверхности и появляются на ней короткоживущие активные центры. Добавим для полноты картины эмиссию электронов, фотонов, ионов и возникновение электростатического заряда. Такое простое по исполнению и одновременно «внутренне богатое» действие, как удар кремня о кремь, когда-то озарило сознание древнего человека и сыграло свою роль в искусственном получении огня.



ИК спектры измельченных силикатов, содержащих кальций и магний (слева), и алюмосиликатов, обогащенных натрием. Видно, что полосы карбонатного иона для пяти минералов первой группы довольно узки (область частот 1422—1509), а в группе алюмосиликатов эта двойная полоса значительно расширяется (1400—1620).



Несколько состояний вещества, возникающих при ударе (например, при измельчении в шаровой мельнице), согласно модели магма—плазма. Области состояний: экзоземиссии (E), нормальной структуры (N), «плазмы» (P), нарушенной структуры (D). Направление удара показано стрелкой.

При отсутствии теории в механохимии используются аналогии и модели, заимствованные из других областей науки. И понятие «магма» здесь не исключение. По представлениям немецкого физико-химика П.А.Тиссена (P.A.Thießen), удар зерен друг о друга при измельчении приводит к концентрации энергии в микроскопической поверхностной зоне [5]. В результате на очень короткое промежуток времени образуется тонкий слой расплава и даже вещество в высоко энергетическом состоянии, аналогичное плазме или магме. Такое состояние было названо трибоплазмой (от греч. τριβος — трение). В описываемом нами явлении в этот момент может происходить связывание диоксида углерода, а после быстрого охлаждения — образовываться стекло, содержащее CO_2 . Два обстоятельства помешали нам безоговорочно принять эту модель в качестве рабочей гипотезы. Во-первых, при истирании в ступке, в отличие, скажем, от шаровой мельницы, в качестве механического воздействия преобладает не удар, а сдвиг. Во-вторых, экспериментально установлено, что растворимость диоксида углерода в силикатных расплавах при высоких температурах, но относительно низких давлениях газа (менее 1000 атмосфер) очень мала — менее 0.1% по массе.

А ведь при измельчении на воздухе парциальное давление углекислого газа составляет всего 0.0003 (!) атмосферы. И при этом силикат селективно извлекает его из окружающей среды и поглощает в количествах, составляющих до 1/3 собственной массы. Вот иллюстрация поглощающей способности, скажем, диопсида. По расчетам, диопсидная плитка толщиной всего в 1 см, лежащая в основании атмосферного столба, способна аккумулировать весь находящийся в нем углекислый газ.

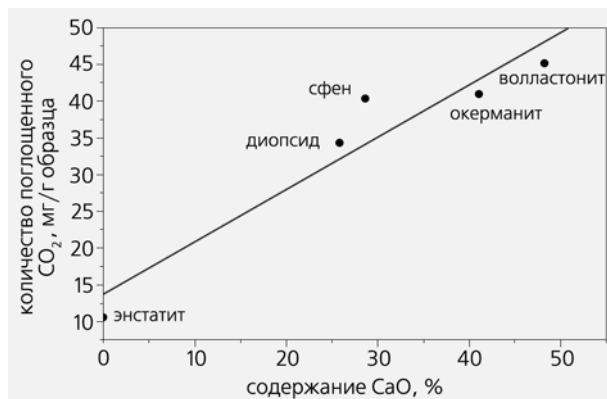
«ВИНОВНИКИ» И СОЮЗНИКИ

Если образованием только расплавленного слоя нельзя объяснить глубокую карбонизацию силикатов, то должен действовать другой фактор, приоткрывающий «дверцу» для молекул CO_2 , чтобы они проникли внутрь силикатной матрицы при измельчении. Таким фактором, по-видимому, служит образование и миграция структурных дефектов под действием механических сил. На его важность в механосорбции газов указывают, например, Г.Хайнике (G.Heinicke) и Г.С.Ходаков [6, 7]. По их данным, молекулы газа сначала адсорбируются на активных центрах свежесформированной поверхности, а затем диффундируют в объем частиц по возникающим в ходе измельчения дефектам кристаллической структуры. Образование дефектов сопровождается распространением микротрещин и, вероятно, появлением кислородных ионов вследствие разрыва связей. Именно кислородные ионы и являют собой ту недостающую часть, которая необходима для превращения нейтральной молекулы CO_2 в заряженную карбонатную группу CO_3^{2-} . Заметим, углекислота может проникать в минеральные зерна не только вдоль микротрещин, но и непосредственно в объем твердого тела.

Таким образом, чтобы молекулы газа попали внутрь силикатной «крепости», необходима своеобразная «артподготовка». Ее результат — нарушение целостности решетки кристалла, накопление в ней дефектов-брешей. Но одной лишь «артподготовки» явно недостаточно. Внутри обязательно должны быть «союзники». Они особенно важны для обнаруженного нами массивированного насыщения силикатов углекислым газом, в отличие от известного поглощения газов поверхностью частиц. Для CO_2 «союзниками» служат, прежде всего, катионы кальция, с которыми, как мы полагаем, ассоциируются новообразованные карбонатные группы. Об этом свидетельствуют результаты исследования растворимости углекислого газа в расплавах: она увеличивается с ростом содержания в них кальция [8]. В наших экспериментах степень карбонизации минерала при его измельчении также зависела от содержания оксида кальция CaO в образце.

Именно отсутствие «союзников» не позволяет углекислому газу внедриться в чистый диоксид кремния SiO_2 даже при очень интенсивном измельчении. По этой же причине при истирании силикатов кальция и магния атмосферные азот и кислород не имеют шансов конкурировать с углекислым газом за право закрепиться в силикатной матрице, несмотря на то, что содержание CO_2 в воздухе на три порядка меньше, чем азота и кислорода.

Такова, вкратце, суть эффекта, который мы выявили и постарались всесторонне исследовать. Конечно, можно было бы рассказать и о других



Поглощение CO₂ разными минералами при их истирании на воздухе (в течение 36 ч) в зависимости от содержания в каждом образце оксида кальция CaO.

его интересных аспектах. Например, о роли воды, практически всегда присутствующей в атмосфере. Заслуживает внимания и неожиданная трансформация механохимически карбонизированной силикатной матрицы при взаимодействии с раствором кислоты. Углекислый газ при этом, естественно, возвращается в атмосферу. Кальций и магний также покидают силикатную матрицу, переходя в раствор. А вот силикатная матрица твердого остатка реполимеризуется в структуру кремнезема.

Литература

1. Икорский С.В., Евецкая Е.А. // Геохимия. 1975. №11. С.1712—1719.
2. Barker C., Torkelson B.E. // Geochim. Cosmochim. Acta. 1975. V.39. №2. P.212—218.
3. Koga N., Nakagoe Y., Tanaka H. // Thermochim. Acta. 1998. V.318. №1—2. P.239—244.
4. Fine G., Stolper E. // Earth and Planetary Sci. Lett. 1985/86. V.76. P.263—278.
5. Thießen P.A., Meyer K., Heinicke G. Grundlagen der Tribochemie. Berlin, 1966. №1.
6. Heinicke G. Tribochemistry. Berlin, 1984.
7. Ходаков Г.С. // Колл. журнал. 1994. Т.56. №1. С.113—128.
8. Blank J.G., Brooker R.A. Experimental Studies of Carbon Dioxide in Silicate Melts: Solubility, Speciation, and Stable Carbon Isotope Behavior // Volatiles in Magmas. V.30. Washington, 1994. P.157—186.

* * *

«А кому все это надо?» — напрашивается вопрос. Тем более, что в кругах механохимиков бытует мнение: «эффектов открыли миллион, а востребованные можно пересчитать по пальцам одной руки». Но мы надеемся найти рациональное зерно среди описанных фактов. Взаимодействие силикатов и углекислого газа, безусловно, представляет самостоятельный интерес ввиду их широкого распространения в природе и использования в технологии, в том числе в строительной. Вместе с тем, вероятно, такое взаимодействие — лишь частный случай гораздо более широкого круга реакций. Можно ожидать, что аналогичные процессы протекают при тонком измельчении соединений других классов. И не обязательно в среде CO₂. Газообразным реагентом механохимической реакции могут быть оксиды серы, азота, другие летучие соединения и индивидуальные вещества. Одним из следствий развития этого направления могут стать, в частности, новые методы разделения газов, селективного извлечения компонентов из твердых веществ, разложения минерального сырья. А возможно, у читателя есть свой оригинальный взгляд на обнаруженный эффект и его применение. Для нас это было бы лучшей оценкой. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 03-03-32077.

Эффект дальногодействия

Д.И.Тетельбаум, В.Я.Баянкин

Термин «дальноедействие» вызывает в памяти людей, изучавших историю физики, дискуссию, которая восходит еще ко временам И.Ньютона: тогда это понятие означало передачу возмущения от одного тела к другому без участия промежуточной среды. Однако в названии эффекта, о котором пойдет речь здесь, термин употребляется в ином смысле. Когда малое тело на большой скорости сталкивается с большим (например, пуля врезается в дерево или метеорит падает на Землю), оно оставляет в нем след — повреждение. Спрашивается, как глубоко проникает повреждение? Естественно, вопрос требует уточнения: глубоко — по сравнению с чем? Если малое тело (снаряд) застревает в большем, то мерой глубины служит расстояние, которое пробегает снаряд до точки застревания («пробег» снаряда). Когда повреждение распространяется далеко за пределы пробега, разумно говорить о дальноедействии. В отличие от ньютоновского термина, участие среды в такой формулировке явно подразумевается. Мы не будем рассматривать здесь вопросы, связанные со столкновением макроскопических тел, например, распространение трещины при ударе. Нас интересу-



Давид Исаакович Тетельбаум, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского физико-технического института Нижегородского государственного университета им.Н.И.Лобачевского. Область научных интересов — физика твердого тела, физика полупроводников, ионная имплантация.



Владимир Яковлевич Баянкин, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией электронной структуры поверхности Физико-технического института УрО РАН (Ижевск). Занимается физикой металлов и радиационной физикой твердого тела.

ют явления при взаимодействии микрочастиц с твердыми телами и родственные процессы на атомарном уровне, приводящие к «макроскопическим» последствиям.

Белое пятно теории: «дальнобойные» ионы

Эффект дальноедействия применительно к ускоренным атомарным частицам был открыт на рубеже 60-х и 70-х годов прошлого века в ходе исследования процессов при внедрении в твердые тела ускоренных ионов. Интерес к этим процессам связан с так называемой ионной имплантацией, играющей первостепенную роль при

изготовлении электронных приборов. «Сердцеви-на» подобных приборов — полупроводниковые интегральные схемы, транзисторы, диоды, создаваемые путем внедрения в полупроводник ионов легирующих примесей. Для этого атомы нужного химического элемента переводят в ионизованное состояние, ионы ускоряют электрическим полем до энергий порядка десятков и сотен тысяч электронвольт и «бомбардируют» ими поверхность полупроводника. Проникая на определенную глубину в тело полупроводника, ионы застревают в нем, меняют в некотором слое его тип проводимости и образуют *p-n*-переход — основной элемент полупроводниковых приборов. Описанный процесс и называется ионной имплантацией. Но «профессии» ионной имплантации не ограничиваются созданием *p-n*-переходов. Она применяется и для формирования диэлектрических слоев при изготовлении специальных типов интегральных схем, и в обработке металлов для упрочнения, и для повышения коррозионной стойкости ответственных деталей машин, и даже в медицине — для обработки трущихся поверхностей искусственных суставов — протезов. Это далеко не полный список.

Из сказанного ясно, что вопрос о глубине, на которой происходит изменение свойств вещества при внедрении ионов, — отнюдь не праздный и интересует не только ученых, но и инженеров, технологов, специалистов различных отраслей науки и техники. Однако если задать такой вопрос специалистам по ионной имплантации, подавляющее большинство их ответят, что он давно решен: свойства изменяются приблизительно до той глубины, на которую проникают ускоренные ионы. Ведь теория пробегов ионов в твердых телах хорошо разработана и надежно проверена. Пробеги зависят от сорта и энергий ионов, а также от самого вещества мишени. Они несколько различаются в аморфных и кристаллических телах. В последних пробеги возрастают, если направление ионов совпадает с одной из главных кристаллографических осей. В этом случае часть ионов движется в каналах между плотноупакованными рядами атомов; тогда говорят об эффекте каналирования. Но во всех случаях пробеги при обычных энергиях ионов (порядка десятков килоэлектронвольт) весьма малы и составляют менее 0,1—1 мкм или немного больше.

Столь малая величина пробегов следовала из теории и в огромном большинстве случаев подтверждена экспериментально. На этом, кстати, основано одно из главных применений ионной имплантации — создание мелких *p-n*-переходов в полупроводниках для интегральных схем и других электронных приборов.

Первое «облачко» сомнений в универсальности подобных представлений появилось в конце 60-х годов прошлого века. Исследуя толщину слоя, в котором при облучении ионами изменя-

ются времена жизни неосновных носителей заряда и постоянная решетки в кремнии, группа нижегородских исследователей с участием одного из авторов данной статьи обнаружила, что изменения простираются до глубин в десятки микрометров [1]. А вскоре было установлено [2] изменение дислокационной структуры монокристаллической кремниевой пластины толщиной в сотни микрометров на стороне, противоположной облучаемой! Тогда и появился термин «эффект дальнего действия» (возможно, не вполне удачный: как говорилось выше, он уже был введен ранее, но в других целях; однако в настоящее время термин укоренился и вряд ли стоит его пересматривать). Конечно, данный эффект не опрокидывает традиционных представлений ионной имплантации, но дополняет их новыми аспектами.

На первый взгляд, в эффекте нет ничего удивительного. Сами ионы проникают на очень малую глубину. Но, сталкиваясь с атомами, они выбивают их из узлов; смещенные атомы, обладая большой кинетической энергией, выбивают другие атомы и т.д. — каждый ион в конечном итоге создает на своем пути сотни и тысячи точечных дефектов — вакансий и междоузельных атомов (развивается лавина — каскад смещений, рис.1). Давно известно, что подобные дефекты очень подвижны; диффундируя из области торможения ионов, они в принципе могут проникнуть очень глубоко и изменить свойства твердого тела.

Однако расчеты показали, что за исключением некоторых специальных случаев такой механизм

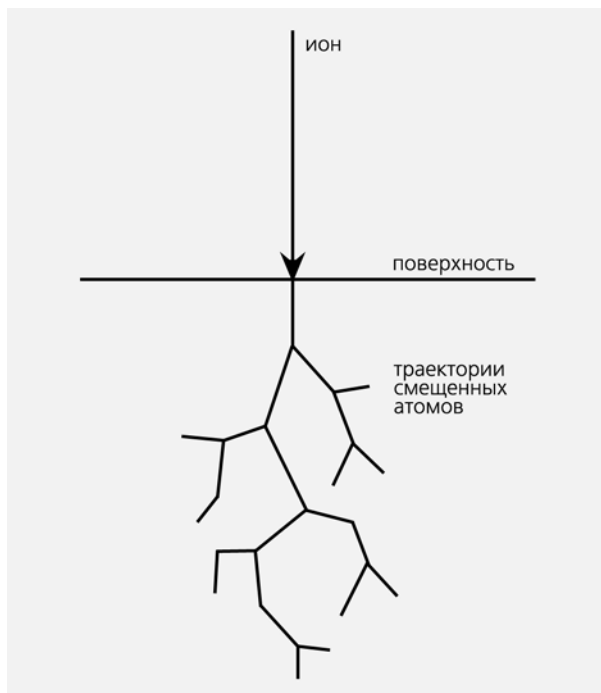


Рис.1. Схематическое изображение каскада атомных смещений при ионном облучении.

не может объяснить наблюдаемый эффект. Даже если все образованные дефекты дойдут до противоположной стороны пластины, их все равно не хватит, чтобы, например, вызвать перемещение дислокаций. В действительности же лишь ничтожно малая доля дефектов может проникнуть на большие глубины, так как основная масса их гибнет по пути вследствие рекомбинации, а другая часть связывается в малоподвижные комплексы.

Вскоре выяснилось важное обстоятельство. Оказалось, что эффект резко усиливается, если пластины кремния перед облучением подвергнуть специальной обработке, а именно — термическому окислению. Известно, что при этом в поверхностном слое кремния возникают крупные («протяженные») дефекты — так называемые дефекты упаковки (когда нарушается порядок чередования кристаллических плоскостей). И тогда нами была предложена следующая модель [3].

Ион, сталкиваясь с поверхностью, производит своего рода микровзрыв, порождая высокочастотную акустическую волну (такие волны называются гиперзвуковыми). Характерная частота этих волн — порядка обратной длительности возмущения, связанного либо с локальным разогревом вещества в треке иона («тепловой» пик), либо с преобразованиями дефектов, возникающих вдоль трека («пик смещения»). Оба времени составляют обычно 10^{-11} – 10^{-12} сек. Как правило, волны быстро затухают и сами по себе не могут достичь обратной стороны пластины. Но, встречая на своем пути протяженные дефекты (например, дефекты упаковки), они вызывают их перестройку, которая сопровождается испусканием вторичных волн, и т.д. (рис.2). Возникает своего рода цепной процесс, который в конечном счете способен охватить всю толщу пластины и привести к изменению ее свойств. Оценки [3] показали реальность такого сценария, по крайней мере для кремния.

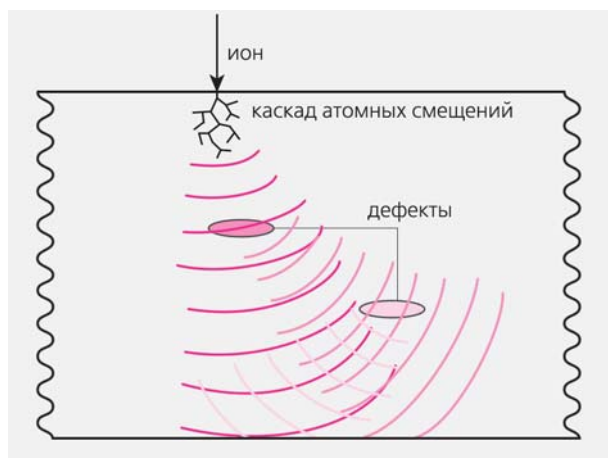


Рис.2. Цепной процесс генерации акустических волн. Для наглядности изображены только два дефекта. Масштаб не выдержан.

В металле вот что происходит...

До сих пор речь шла о монокристаллических полупроводниках. Но с еще более странными проявлениями эффекта мы столкнулись для металлов [4, 5]. Ионному облучению подвергались прокатанные поликристаллические образцы ряда чистых металлов и сплавов толщиной несколько десятков и сотен микрометров (фольга). Дальнейшее влияние облучения на их механические свойства проявилось в том, что после облучения изменяется микротвердость как с облученной («лицевой»), так и с обратной стороны фольги. Об изменении микротвердости судят по глубине отпечатков от алмазной пирамидки, вдавливаемой в образец при определенной нагрузке. При этом зондируется слой, сравнимый по толщине с глубиной отпечатка (обычно порядка 1 мкм). Следует заметить, что дальнейшее влияние ионного облучения на структуру и свойства металлов было обнаружено во многих лабораториях (под руководством М.И.Гусевой, Ю.П.Шаркеева, В.С.Хмелевской и других ученых). Но речь там шла о высоких дозах (более 10^{16} см⁻²) и (или) мощных импульсных пучках, когда распространение «возмущения» на большие глубины можно было объяснить, например, пластической деформацией, связанной с генерацией и движением дислокаций под действием либо напряженного приповерхностного слоя, либо термоупругих напряжений и ударных волн. В нашем случае дозы были 10^{13} – 10^{16} см⁻². При таких дозах в указанных работах сколь-нибудь заметного перераспределения дислокаций, по утверждению авторов, не наблюдалось.

Закономерности данного явления, которое было названо малодозным эффектом дальнего действия, оказались довольно неожиданными. Эффект имеет пороговый по энергии ионов (E) характер: когда $E \geq 30$ кэВ, изменения свойств наблюдаются с обеих сторон фольги, а при меньших E — только вблизи облученной стороны. Возможно, наличие энергетического порога было бы не так удивительно, если бы его величина зависела от различных факторов. Но оказалось, что порог универсален: он почти не зависит ни от сорта ионов, ни от вида металла, ни от толщины фольги (по крайней мере, для тех объектов, в которых данный эффект изучался), ни от плотности ионного тока.

Другая странность: обычно изменение свойств при внешних воздействиях тем сильнее, чем выше доза, характеризующая воздействие; в нашем случае изменение микротвердости оказалось немонотонной функцией дозы — существуют один или несколько максимумов (рис.3).

Следующий удивительный факт. Если под облучаемой фольгой поместить другую фольгу из того же или другого материала, то изменение микротвердости происходит и в ней, т.е. влияние облучения распространяется через границу раздела.

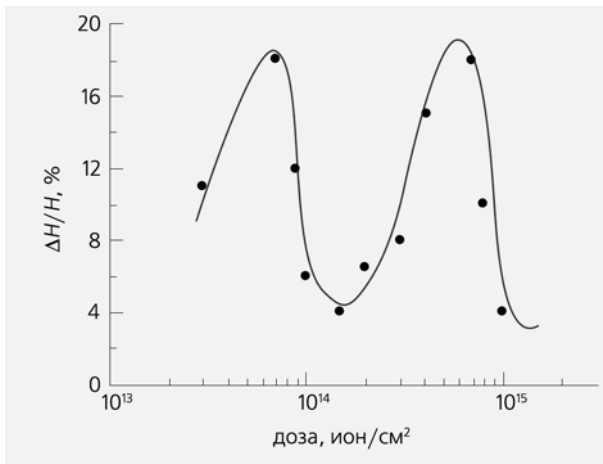


Рис.3. Зависимость относительного изменения микротвердости от дозы ионов Ag^+ ($E = 100$ кэВ) для фольги сплава пермаллой-79.

Это явление наблюдалось в стопках не только из двух, но даже трех, четырех и более образцов, каждый из которых имел толщину несколько десятков микрометров.

И уж совсем странное обстоятельство обнаружилось, когда между облучаемым и экранируемым кусочками фольги был создан вакуумный зазор, ширина которого достигала ~ 1 см: оказалось, что если экран не слишком толстый (для пермаллой-79 — 20 мкм и менее), изменения в нижней фольге все равно наблюдаются! Порог по энергии имеет место и в системах из нескольких образцов: если энергия ионов меньше 30 кэВ, то изменения происходят только вблизи облучаемой поверхности верхней фольги.

Не ионами едиными...

Мы задались вопросом: а только ли при ионном облучении имеет место эффект дальнего действия? Сначала в качестве альтернативы был испытан электронный пучок. Выяснилось, что при облучении фольги электронами с энергиями 40–70 кэВ происходят такие же дальнедействующие изменения микротвердости, как и при облучении ионами! При этом и дозовые зависимости изменения микротвердости оказались близкими для обоих видов излучений.

Затем было испытано действие световых потоков — сначала лазерных (с длиной волны 0.95 мкм и мощностью 1 Вт), а затем и некогерентных — от галогенной лампы мощностью 300 Вт и лампы накаливания мощностью 20 Вт [5–9]. И оказалось: свет, проникая на глубины менее 1 мкм, тоже меняет микротвердость на обратной стороне фольги, причем дозовая зависимость эффекта опять получилась в основном такой же, как при ионном

облучении (рис.4). Примечательно, что интервал доз, в котором наблюдается эффект, ограничен не только снизу (что естественно), но и сверху. Эта закономерность имела место для всех исследованных металлов (порядка десяти), хотя характер дозовых зависимостей различался. (Когда речь идет о дозовой зависимости, нужно уточнить понятие дозы. В случае ионов или электронов принято измерять дозу в числе частиц, упавших на 1 см^2 поверхности. Но энергии фотонов на четыре порядка величины меньше, чем у ионов или электронов. Поэтому сравнивались не потоки, а суммарные энергии частиц, приходящиеся на единицу поверхности, в Дж/см². Именно в этих единицах и было обнаружено подобие дозовых зависимостей эффекта.)

После того, как были получены эти удивительные результаты, возникла мысль: а не является ли изменение микротвердости тривиальным следствием нагрева образцов при облучении? Тогда результаты можно было бы объяснить, например, термическим отжигом дефектов или короблением фольги; стало бы понятно подобие результатов для разных видов излучений — в этом случае важна лишь мощность и количество энергии, поступившей на образец. Это предположение, которое могло опровергнуть существование эффекта дальнего действия как такового, было нами тщательно проверено; оказалось, что изменения не зависят от условий, при которых степень нагрева специально варьировалась в разумных пределах; изменения происходят даже в случае практически полного отсутствия нагрева. Следовательно, такое простое объяснение не проходит.

При изучении действия света выявились некоторые новые любопытные особенности. Во-первых (в отличие от случая ионного облучения), микротвердость обычно слабо изменялась на облучаемой поверхности, тогда как на противоположной стороне фольги (а также в экранированной фольге) изменения достигали десятков процентов. Во-вторых, что наиболее существенно, влия-

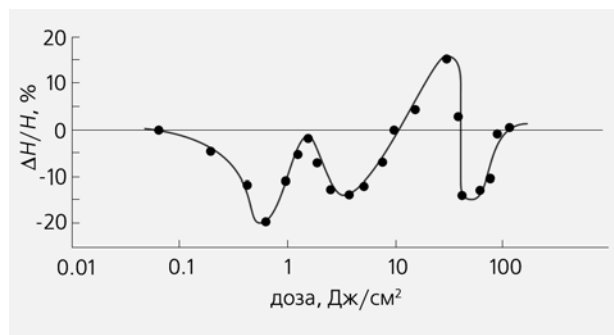


Рис.4. Зависимость относительного изменения микротвердости от дозы облучения светом (лампа накаливания мощностью 20 Вт) для фольги сплава пермаллой-79.

ние облучения отсутствовало в тех случаях, когда перед облучением с фольги удалялся (путем химического травления) естественный окисел, обычно присутствующий на поверхности. Если же образец после травливания окисла некоторое время выдерживался на воздухе перед облучением, то по мере увеличения времени выдержки (следовательно, толщины окисла) эффект проявлялся, сначала слабо, затем при дальнейшем возрастании времени выдержки становился все более заметным, а при выдержке порядка 0.5 ч достигал насыщения. Заметим, что мы имеем дело с практически прозрачными для видимого света окисными пленками, толщины которых, как правило, были очень малы (менее 10 нм) по сравнению с толщиной фольги (десятки мкм) и которые сами по себе не влияли на значение микротвердости.

Еще одно отличие от случая ионного облучения заключается в долговечности изменений. При ионном облучении изменения «живут» по крайней мере в течение многих месяцев и даже лет, а при облучении светом они обычно уменьшаются (релаксируют) в течение нескольких часов или десятков минут, хотя в ряде случаев остаточные изменения сохраняются и релаксируют гораздо медленнее. (Впрочем, и в случае ионного облучения пока нельзя полностью исключить влияние окисла и наличия быстрой стадии релаксации, технически трудно наблюдаемой.)

Возникает вопрос, а что было известно о влиянии слабых (практически не нагревающих) потоков света на свойства твердых тел? Естественно, мы оставляем в стороне такие широко известные воздействия света, как фотохимическое (фотография), фотодеструктивное (разрушение полимеров) и т.п.: это явления совсем другого ряда. Известен был фотомеханический эффект, заключающийся в том, что если во время измерения микротвердости образец со стороны измерения подвергался засветке, то значение микротвердости изменялось. Но, во-первых, это явление изучалось почти исключительно для неметаллических материалов; во-вторых, засветка проводилась непосредственно во время или, в крайнем случае, за несколько минут до измерения (утверждалось, что при более длительных временных интервалах изменения отсутствуют); и, в-третьих, не было никаких данных о далекодействующих изменениях. Известна работа [10], где были обнаружены структурные изменения в металлах (либо в пленках, либо в тонких приповерхностных слоях фольги вблизи облучаемой стороны), регистрируемые после облучения вакуумным ультрафиолетом. В этом случае кванты излучения обладали энергией, достаточной для реализации механизма так называемого распада электронных возбуждений [11]. При облучении светом видимого диапазона предложенную в [10] модель непосредственно использовать нельзя.

Где искать причину?

Каков же механизм обнаруженных нами явлений? Выше было сказано, что в случае ионного облучения мы полагали ответственными за эффект дальнего действия гиперзвуковые волны. Но могут ли такие волны возникать в случае светового облучения? На первый взгляд, это трудно себе представить: фотоны светового диапазона в отличие от ускоренных ионов не создают в твердом теле каскадов смещений атомов, а электронные возбуждения в металлах чрезвычайно быстро затухают вследствие высокой концентрации свободных электронов. Подсказку дает тот факт, что эффект фотопамати металлов требует присутствия естественного окисла на облучаемой поверхности. Как правило, это диэлектрик, состоящий из положительных и отрицательных ионов, в котором электрические поля ионов взаимно компенсируются. Вспомним также, что существует явление фотоэффекта — выбивание электронов из металла фотонами. Предположим, что выбитый из металла электрон не вылетает наружу, а «застревает» в пленке естественного окисла (это так называемый внутренний фотоэффект) и тем самым локально нарушает взаимную электрическую компенсацию полей ионов. (Энергетический порог для квантов света при внутреннем фотоэффекте может быть существенно ниже, чем при внешнем.) Нарушение равновесия сил межатомных взаимодействий «расшевелит» окружающие атомы (ионы) окисла — зародится гиперзвуковая волна (рис.5). Эта волна проникнет в металл, а дальше все пойдет по тому же сценарию, что и при ионном облучении (см. рис.2).

Можно было бы обсудить и более простую модель. Свет хотя и незначительно, но все же нагревает фольгу. При наличии на ней естественного окисла (несколько отличающегося по толщине с двух сторон) и различии коэффициентов термического расширения металла и окисла возникает неоднородное поле упругих напряжений. Если интенсивность света подвержена некоторым

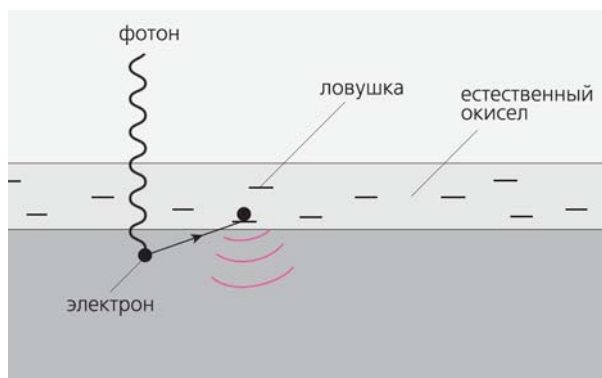


Рис.5. Схема внутреннего фотоэффекта и зарождения гиперзвуковой волны.

флуктуациям, это приведет еще и к механическим колебаниям, которые в принципе могут инициировать процессы перестройки дефектов в металле. Однако против такой гипотезы свидетельствуют три факта. Во-первых, толщины окислов несопоставимо малы по сравнению с толщиной фольги, так что напряжения тоже очень малы. Во-вторых, эффект в этом случае должен быть чувствителен к термическим условиям при облучении, например, к качеству теплового контакта между фольгой и массивной подложкой, а это не имеет места. Наконец, удаление перед облучением окисла со стороны, противоположной облучаемой, которое должно было бы привести к изменению термомеханических напряжений, не оказывает существенного влияния (в отличие от удаления окисла с облучаемой стороны). Таким образом, модель, связанная с выбиванием фотоэлектронов, выглядит предпочтительнее.

Конечно, и эта модель не дает ответа на ряд вопросов. Как, например, объяснить близость формы дозовых зависимостей при различных видах облучения? Данный факт наводит на мысль, что основную роль в эффекте дальнего действия играет поток энергии, поступающий на поверхность, а не конкретный вид энергии, от которого зависит лишь инициирование процессов и долговечность возникших изменений. Вероятно, мы столкнулись с довольно распространенным явлением, имеющим место при взаимодействии относительно слабых потоков энергии с неравновесными системами. Видимо, здесь нужен общий подход, в частности, привлечение теории фазовых переходов. Однако, несмотря на обилие теоретических работ по фазовым превращениям в твердых телах, существует мало публикаций, которые можно было бы использовать для интерпретации нашего эффекта.

Трудно пока понять, как воздействие облучения передается через вакуумный зазор (в случае ионного облучения). При использованном нами вакууме ($\sim 10^{-3}$ Па) разрежение столь велико, что не может быть и речи о передаче энергии через волны в остаточном газе. Можно лишь предположить, что в качестве «передаточного звена» в этом случае выступает эмиссия частиц (электронов или ионов) с обратной стороны экранирующей фольги в результате процессов, развивающихся под действием гиперзвуковых волн. Речь идет не о прямом превращении энергии гиперзвуковых волн в кинетическую энергию эмитированных частиц, а о вторичных превращениях, происходящих в системе дефектов, когда возможно усиление эмиссионных явлений при цепных (коллективных) процессах. Пример подобных процессов был нами рассмотрен в [3] применительно к изменению структуры кремния. Часто выдвигаемые против такой гипотезы аргументы, связанные с законом сохранения энергии, несостоятельны, поскольку открытость изучаемых си-

стем, наличие коллективных процессов и эффекта «спускового крючка» вполне обеспечивают совместимость данной модели с законом сохранения энергии.

Трудно объяснить и тот факт, что при облучении светом микротвердость может слабо изменяться на облучаемой стороне, в то время как на обратной стороне изменения гораздо сильнее. Возможно, тепловые фононы, хаотически генерируемые в скин-слое при поглощении квантов света, вызывают своего рода «шум», препятствующий процессу трансформации локализованных в этом слое дефектов. Разумеется, пока это только догадки. Теоретическое осмысление эффекта дальнего действия находится еще в начальной стадии.

В прикладном отношении, независимо от его физической природы, эффект весьма интересен. Изменение микротвердости уже само по себе может оказаться полезным для многих технических приложений. А главное — оно сигнализирует об изменении и других свойств металла. Если это так, то мы получаем новый способ модификации свойств. Особенно заманчиво было бы использовать световые пучки — ведь это технологически предельно просто и не требует ни вакуумного, ни какого-либо другого сложного оборудования!

У читателя, естественно, может возникнуть вопрос: почему такое, казалось бы, лежащее на поверхности (в прямом и переносном смысле) явление — действие света на механические свойства металлов — не было обнаружено раньше? Ответ, на наш взгляд, состоит в следующем. Во-первых, действие света наблюдается лишь в определенном интервале доз облучения, а также в случае превышения некоторого порога по интенсивности. Так, рассеянное естественное освещение обычно не оказывает существенного влияния, как и освещение образца в приборе для измерения микротвердости (хотя известная осторожность при этом необходима). Во-вторых, эффект имеет место не для любых материалов — требуется определенная степень структурного несовершенства (отклонение от равновесного состояния) и не слишком большая толщина фольги. В самом деле, на примерах образцов меди и сплава медь—никель установлено, что после достаточно высокотемпературного отжига, а также для образцов с толщинами более 1 мм, эффект не обнаруживается или становится весьма слабым. В-третьих, изменения микротвердости при облучении светом обычно затухают в течение времени порядка нескольких часов или даже быстрее. И, наконец, нельзя исключить того, что раньше просто не приходило в голову поставить соответствующие эксперименты, или их результатам не придали значения (мы пришли к идее облучения светом только после обнаружения менее экзотического «дальнего действия» — при ионном облучении — и решились сообщить о результатах лишь после многочисленных проверок).

Метаморфозы на границах

До сих пор речь шла об изменении дефектной структуры на больших расстояниях, приводящем к изменению механических свойств — микротвердости. Однако оказалось, что происходит еще и аномальная миграция примесей, а также перераспределение основных компонентов сплава с обеих сторон фольги (сегрегация).

Явление сегрегации в физике твердого тела хорошо известно. Оно заключается в неоднородном распределении компонентов сплава (или примесей), обнаруживаемом вблизи поверхностей и границ раздела фаз, и объясняется с термодинамической точки зрения. Основным параметром в термодинамике поверхностей раздела — свободная энергия. Фундаментальная зависимость между свободной энергией поверхности и ее химическим состоянием была установлена Гиббсом. Другая термодинамическая характеристика состояния — химический потенциал компонентов — применяется для описания многокомпонентных систем. Вариации химического потенциала, имеющие место при структурно-фазовых превращениях, приводят к диффузионному перераспределению компонентов системы вблизи внешних и внутренних границ раздела, что обеспечивает выравнивание химического потенциала. Если система в начальном состоянии неравновесна, а по истечении определенного времени переходит к равновесному состоянию, то сегрегации, соответствующие неравновесному состоянию, рассасываются, и возникают новые (равновесные) сегрегации. Естественно, четко разделить равновесные и неравновесные сегрегации невозможно.

Известно, что в связи со стремлением твердых тел к понижению свободной поверхностной энергии поверхность может обогащаться каким-то элементом или группой химически связанных атомов (кластеров). Структурно-фазовые превращения, вызывающие изменения химического потенциала компонентов и его распределения в пространстве, заставляют компоненты перераспределяться, приводя, в частности, к их поверхностной сегрегации, соответствующей минимуму поверхностной энергии для нового состояния. Учитывая эффект дальнего действия, не стоило бы удивляться, если бы в результате облучения произошло перераспределение основных компонентов как с облучаемой, так и с необлучаемой (обратной) сторон фольги.

Исходя из этих предпосылок, проводилось сравнительное исследование распределения компонентов в поверхностных слоях прокатанных образцов фольги сплава пермаллой-79 и медно-никелевого сплава до и после облучения ионами бора в зависимости от энергии ионов и плотности ионного тока. Получилась поразительная картина [12]. Изменяется не только концентрация

основных компонентов сплавов с обеих сторон фольги: имплантируемый элемент (бор) появляется на обратной стороне. Причем при энергии ионов, превышающей пороговую для микротвердости (30 кэВ), происходит сравнительно резкое уменьшение содержания никеля на обратной стороне и менее выраженное уменьшение на облучаемой стороне. На рис.6 представлена зависимость концентрации атомов бора в поверхностных слоях образцов с лицевой и «обратной» сторон от энергии ионов. Она коррелирует с зависимостью изменения содержания основных компонентов.

Характерно, что на обратной стороне примесь (бор) концентрируется в тонком приповерхностном слое. В то же время на облучаемой стороне профиль бора не соответствует теоретическому распределению при его имплантации, а смещен в сторону поверхности. Следовательно, наблюдается четко выраженная поверхностная сегрегация компонентов на обеих сторонах фольги.

Явление сегрегации и аномального переноса примеси при ионном облучении было обнаружено не только в области малых доз, но и при гораздо больших дозах. На рис.7 представлены результаты анализа состава поверхностных слоев фольги Cu-Ni с обратной стороны после имплантации ионов бора с дозой $1 \cdot 10^{17}$ см⁻² при разной плотности ионного тока (скорости набора дозы). Когда скорость набора дозы увеличивается, наблюдается немонотонное повышение содержания бора в приповерхностных слоях; при плотности тока, равной 40 мкА/см², происходит его резкий подъем. Соответственно этой зависимости уменьшается значение микротвердости облученных образцов.

Итак, при ионном облучении наблюдается сквозное проникновение атомов бора и их «скоп-

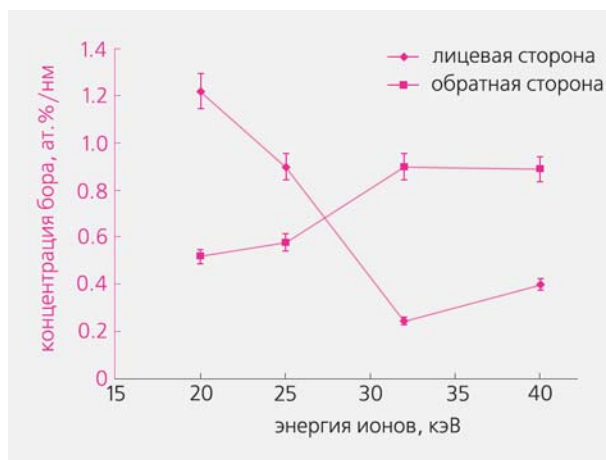


Рис. 6. Зависимость средней концентрации бора в приповерхностном слое толщиной 10 нм с лицевой и обратной сторон фольги сплава пермаллой-79 от энергии имплантируемых ионов.

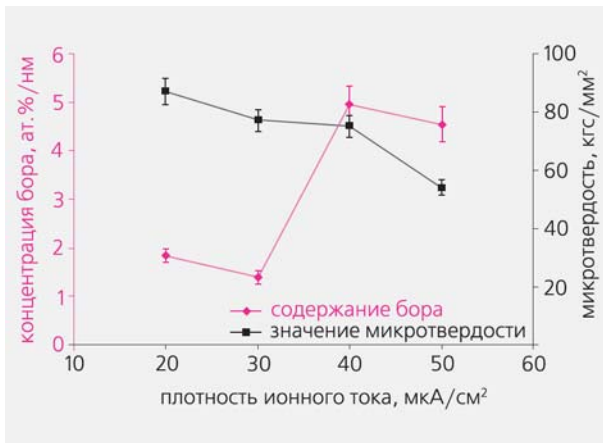


Рис.7. Зависимости микротвердости и средней концентрации бора в приповерхностном слое толщиной 20 нм с обратной стороны фольги Cu-Ni от плотности ионного тока.

ление» вблизи обеих поверхностей фольги. Чем вызвано такое проникновение? Конденсация бора из газовой фазы (BF_3) на обратной стороне маловероятна (для части образцов эта сторона покрывалась химически стойким лаком). Следовательно, происходит аномальная миграция бора через всю толщину фольги, а затем его накопление в поверхностных слоях ее обратной стороны; сегрегация связана с высокой поверхностной активностью бора.

Можно было предположить, что одним из факторов, влияющим на диффузию примеси во время имплантации большими дозами, служит рост температуры образцов при увеличении плотности ионного тока (в частности, до ~ 500 К при 50 мкА/см²). Однако, в соответствии с результатами экстраполяции табличной зависимости, коэффициент диффузии бора в метастабильных неупорядоченных сплавах металл-бор составляет $5 \cdot 10^{-23}$ м²/с, а по нашим оценкам из данных эксперимента по имплантации ионов бора в сплав Fe-Cr при аналогичных параметрах — $3 \cdot 10^{-19}$ м²/с. Эти значения коэффициентов явно недостаточны для термостимулированной диффузии до обратной стороны фольги во время облучения. (Требуемые коэффициенты диффузии могут быть оценены из простых расчетов. В опытах, результаты которых приведены на рис.6, они должны превышать величину $d^2/t \approx 10^{-8}$ м²/с, где d — толщина фольги, t — среднее время облучения.) Но, может быть, миграция атомов примеси происходит после облучения (анализ химического состава проводился через 2–3 месяца)? Хотя окончательно исключить такой вариант нельзя, он тоже представляется маловероятным: оценки показывают, что и в этом случае требуются по крайней мере на четыре порядка более высокие значения коэффициента

диффузии бора, чем полученные из литературных данных путем экстраполяции.

Скорее всего, примесь мигрирует преимущественно по системе протяженных линейных и планарных дефектов (границам зерен, дислокациям) во время облучения, а стимулирующим фактором для миграции становится неравновесное состояние прокатанной фольги, в которой плотность дефектов весьма велика. Под влиянием тех процессов, которые обсуждались выше в связи с малодозным эффектом дальнего действия, области протяженных дефектов переходят в сильно возбужденное состояние, при котором частота перекоков атомов (коэффициент диффузии) резко возрастает. Сквозное проникновение имплантированной примеси и сегрегация наблюдались и при облучении сплава пермаллоя-79 ионами фосфора. Наблюдаемые закономерности свидетельствуют о взаимосвязи дальнедействующих структурных изменений и перераспределений компонентов, а также аномального переноса имплантируемой примеси. Все эти факты указывают: взаимодействие даже относительно слабых, не вызывающих существенного повышения температуры потоков энергии с твердыми телами, находящимися в состоянии, далеком от равновесия, может сопровождаться процессами, которые влияют на структуру, состав и свойства. Причем изменения возникают в слоях, далеко отстоящих от области непосредственного поглощения энергии.

* * *

Пытаясь дать представление о весьма интересном, на наш взгляд, явлении, которое мы изучаем на протяжении ряда лет, авторы хотели вызвать к нему интерес научной общественности. К этому побуждает, в частности, скептическое отношение, с которым зачастую приходится сталкиваться в дискуссиях. Почва для такого скепсиса существует, так как в эффекте дальнего действия много странного, и пока отсутствует сколько-нибудь законченная теория. На наш взгляд, однако, это не дает оснований отрицать существование эффекта. В этом убеждает многократная проверка результатов, хорошая повторяемость и регулярность наблюдаемых зависимостей от различных факторов.

Мы почти не касались прикладных аспектов, но убеждены, что такие аспекты существуют. Ионная имплантация широко применяется в различных областях техники. Однако она используется преимущественно там, где нужно изменить свойства только тонких приповерхностных слоев. Переход к модификации свойств более толстых слоев с точки зрения традиционного подхода требует создания установок на энергии ионов порядка мегаэлектронвольт, весьма дорогих и громоздких. Эффект дальнего действия открывает перспективы модификации свойств на большие глубины с помощью обычных установок ионной имплантации

(рассчитанных на энергии порядка десятков килоэлектронвольт), которые выпускаются серийно и входят в оснащение многих предприятий, научных учреждений и университетов. Еще более заманчивы возможности использования световых пучков — в этом случае вообще не требуется сложного дорогостоящего оборудования. Не менее интересна и научная сторона эффекта, о которой говорилось выше: возможно развитие новых представлений в области физики твердого тела и физики взаимодействия слабых энергетических потоков с веществом.

Поэтому эффект дальнего действия заслуживает разносторонних исследований с привлечением современных методов (электронной микроскопии, рентгеновской дифракции, эффекта Мёссбауэра и др.), а также глубокой теоретической проработки. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 02-02-16670) и Министерства науки и образования РФ (Научная программа «Университеты России» УР.02.01.012).

Литература

1. Успенская Г.И., Абрамова Н.Н., Тетельбаум Д.И. и др. // Физические основы ионно-лучевого легирования. Ч.1. Горький, 1972. С.96—99.
2. Павлов П.В., Пашков В.И., Генкин В.М. и др. // ФТТ. 1973. Т.15. С.2857—2859.
3. Павлов П.В., Семин Ю.А., Скупов В.Д. и др. // ФТП. 1986. Т.20. С.503—507.
4. Tetelbaum D.I., Kuril'chik E.V., Latisbeva N.D. // Nucl. Instrum. and Meth. in Phys. Res. 1997. B127/128. P.153—156.
5. Tetelbaum D.I., Azov A.Yu., Kuril'chik E.V. et al. // Vacuum. 2003. V.70. №2—3. P.169—173.
6. Тетельбаум Д.И., Трофимов А.А., Азов А.Ю. и др. // Письма в ЖТФ. 1998. Т.24. Вып.23. С.9—13.
7. Тетельбаум Д.И., Азов А.Ю., Голяков П.И. // Письма в ЖТФ. 2003. Т.29. Вып.2. С.35—41.
8. Тетельбаум Д.И., Курильчик Е.В., Азов А.Ю. и др. // Поверхность. 2003. №4. С.67—69.
9. Тетельбаум Д.И., Менделева Ю.А., Азов А.Ю. // Письма в ЖТФ. 2004. Т.30. Вып.11. С.65—71.
10. Козьма А.А., Малыхин С.В., Соболев О.В. и др. // Физика металлов и металловедение. 1991. Т.7. С.168—175.
11. Луцик Ч.Б., Луцик А.Ч. Распад электронных возбуждений с образованием дефектов в твердых телах. М., 1989.
12. Баянкин В.Я., Гусева М.И., Тетельбаум Д.И., Гильмутдинов Ф.З. // Поверхность. 2005. (Принято в печать).

В 2004 г. в Бонне состоялась первая межправительственная (с участием 154 государств) конференция по использованию возобновляемых источников энергии. О своих амбициозных планах в этой области заявили такие развивающиеся страны, как Китай, Марокко, Филиппины. В частности, КНР планирует к 2010 г. обеспечить за счет источников без вредных, загрязняющих среду выбросов 10% потребностей страны. Больших успехов в возобновляемой энергетике достигли Дания и Испания. Лидирующее место в мире по ветровым электростанциям занимает Германия, а по солнечным — Япония.

Terre Sauvage. 2004. №197. P.50 (Франция).

22 марта 2004 г. благодаря американо-европейскому спутнику «SOHO» была открыта 750-я по счету комета (аппарат вышел на орбиту в декабре 1995 г.). Это достижение принадлежит германскому астроному-любителю С.Хёнигу (S.Hönl), который и ранее числился в рядах наиболее успешных «охотников» за подобными небесными телами. Новый объект относится к семейству комет, «царапающих» Солнце: они подходят близко к светилу и там начинают быстро испаряться.

Ждет ли такая участь комету Хёнига, вскоре будет ясно.

Astronomy and Geophysics. 2004. V.45. №3. P.3, 28 (Великобритания);

Одно из самых тяжелых климатических событий в истории

США — жесточайшая засуха, произошедшая в 30-х годах прошлого века. Она привела к разорению фермеров, усугубив экономический кризис, который переживала тогда страна. Недавно специалисты НАСА занялись поиском причины этого бедствия. Воссоздав на математической модели климатические условия того времени, они выяснили, что поверхностные воды южной части Тихого океана были тогда значительно холоднее нормы, а южной акватории Атлантического — теплее. Эти отклонения привели к ослаблению ветров, которые регулярно дуют из Мексиканского залива на Великие равнины, принося туда влагу.

Terre Sauvage. 2004. №194. P.50 (Франция).

Зернышко

Много ли на Земле озер?

С.В.Рянжин

Рациональное использование водных ресурсов и, в частности, озер — общемировая проблема, которая будет обостряться в условиях возможного изменения глобально-климата. Естественные, или природные озера содержат значительный запас доступной воды, который меняется как в течение года (годовые или сезонные колебания), так и от года к году (долгосрочные или межгодовые колебания).

Однако большинство оценок суммарной площади и объема озерной воды были получены более 20—30 лет назад и требуют обновления. Наши знания об озерах меняются. За прошедшие годы появились новые сведения о батиметрии таких крупных озер, как Ладожское, Онежское, Верхнее, Большое Медвежье. По разным причинам значительно изменились площади и объемы других крупных озер — Каспийского, Аральского, Чад, Эйри, Чаны и др., а некоторые, например казахстанское Каждаг Сор, китайское Манаси Ху и многие другие, и вовсе исчезли. Можно вспомнить и о недавно открытом в Антарктиде огромном подледном озере Восток. Правда, это озеро еще предстоит исследовать, и только большой оптимист мо-



***Сергей Валентинович Рянжин**, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Института озероведения РАН (Санкт-Петербург). Область научных интересов — физическая лимнология и гидрофизика озер. В последние годы занимается закономерностями изменения морфометрических и термических характеристик озер мира и оценкой запасов воды в них. Инициатор создания компьютерной базы данных по озерам мира WORLDLAKE.*

жет считать его воду легко доступной.

Так сколько же на Земле озер, какова их общая площадь, много ли в них воды и что будет с озерами, если изменится климат? Для ответа на эти и другие глобальные вопросы возникла необходимость сбора и обобщения данных о земных озерах. Они разбросаны по обширной научной литературе, опубликованной за последние 40—50 лет. На основе анализа этих материалов нам удалось создать не имеющую аналогов компьютерную базу WORLDLAKE, помещающуюся на компакт-диске. Здесь собраны подробные географические, морфометрические, гидрологические, климатологические и другие сведения для более

чем 46 тыс. природных озер и 7.4 тыс. водохранилищ, расположенных в 157 странах мира. (При создании базы было просмотрено примерно 5.5 тыс. публикаций и организована соответствующая база ссылок.)

Неудивительно, что страны мира сильно различаются по числу озер, о которых в литературе имеется какая-либо информация. На рис.1 показано их распределение по наиболее «информационно покрытым» базой WORLDLAKE странам. Отчетливо видно, что сведения об озерах России, США, Канады, Казахстана, Польши и Германии доминируют (примерно 61% от всех содержащихся в базе).

Первые же анализы данных из базы показали, что на Земле

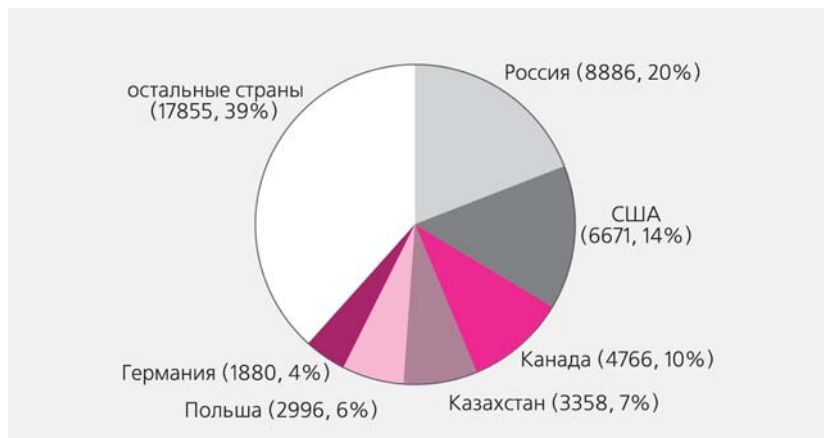


Рис. 1. Распределение озер в базе WORLDLAKE по наиболее «информационно покрытым» странам. Числа показывают количество озер и их долю в общем числе.

2465 природных озер площадью не менее 50 км² (если брать максимальные в течение года площади). Условно мы их будем далее называть «крупнейшими». Но сначала нужно, видимо, выяснить, что такое озеро и при каких условиях оно существует?

Что такое озеро и что нужно для его существования?

В конце XIX в. швейцарский ученый Ф.Форель, основатель современной лимнологии — науки об озерах, определил природное озеро как «...массу стоячей устойчивой воды, расположенную в земной депрессии и не имеющую прямого сообщения с морем». Очевидно, что очень многие озера не подпадают под это определение, например Ладожское и Лох-Несс, из которых вытекают впадающие в море реки Нева и Несс. И, наоборот, стоячие устойчивые лужи перед домом, не имеющие прямого сообщения с морем, при таком определении вполне могут считаться озерами, поскольку Форель никак не ограничил размеры объекта исследований. Можно ли считать озерами не имеющие связи с морем водоемы, устойчиво из года

в год появляющиеся весной при таянии снега в одних и тех же углублениях поверхности в центральных районах Казахстана и полностью испаряющиеся к концу лета? Кроме того, озеро, как и любой природный объект, в своей жизни проходит все стадии существования, включая рождение, старение и смерть. Например, болото, или, как теперь еще говорят, увлажненная территория — часто последняя стадия существования озера. Но граница между озером и болотом также не определена и весьма условна. Тем не менее, ставшее классическим определение Фореля включено во мно-

гие гидрологические справочники и учебники, а также в Британскую энциклопедию. Так что озера — природные объекты, не имеющие строгого научного определения. В географических науках это не единственный пример. Так, «безбрежные» Саргассово и Тасманово моря исторически относят к морям, а сравнимые с ними по размерам, но имеющие гораздо более четкие границы Мексиканский и Гудзонов заливы считают заливами.

Впрочем, условия существования озер известны. Применительно к озеру фундаментальный закон сохранения массы часто формулируется как водный баланс, или водный бюджет озера, который состоит из приходной и расходной частей (рис.2). Первая включает в себя атмосферные осадки P и речной приток I , вторая — испарение E и речной сток O . Кроме того, имеется еще подземный сток (или приток) U — чрезвычайно плохо определяемая составляющая водного баланса. Размеры озера не меняются, если приходная и расходная части уравновешивают друг друга, иными словами, если

$$(P + I) - (E + O) \pm U = 0.$$

Если сумма составляющих водного баланса отрицательна, озеро сокращается в размерах, если положительна — растет.

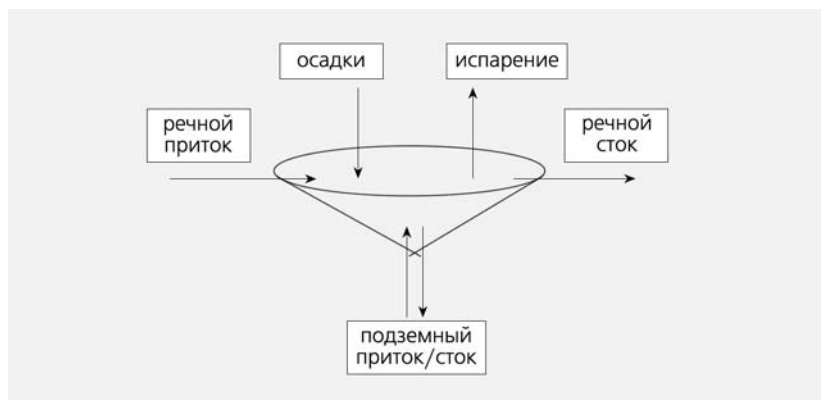


Рис. 2. Водный баланс озера включает в себя приходную (осадки и речной приток) и расходную (испарение и речной сток) части, а также плохо определяемый подземный сток (или приток).

Однако увеличение приходной части водного баланса часто компенсируется увеличением речного стока из озера. Озера, из которых вытекают реки, причисляются к проточным озерам, а те, из которых не вытекают, — к бессточным или замкнутым.

На Земле имеются территории с избыточным увлажнением, где атмосферные осадки преобладают над испарением. Это почти вся Фенноскандия, Ньюфаундленд, экваториальная Африка, Новая Гвинея, Новая Зеландия, Амазония, Британские и Индонезийские о-ва и др. Здесь доминируют пресные проточные озера и очень редки бессточные. И любое бессточное озеро можно «заподозрить» в том, что у него имеется подземный сток.

Но на нашей планете есть и огромные территории с недостаточным увлажнением, где испарение доминирует над осадками: вся равнинная часть Средней Азии, Ближний Восток, Монголия и прилегающие районы Китая, почти все центральные части Австралии и Мексики, юго-запад США, север Африки, Патагония и др. Это царство накапливающих соли бессточных озер (кстати, неизвестны соленые озера, из которых бы вытекали реки).

И, конечно, для существования озера, кроме подходящего водного баланса, необходим соответствующий рельеф земной поверхности. Ведь озеро не сможет возникнуть даже на сверхувлажненной, но гладкой наклонной территории — воде здесь не за что «зацепиться».

Очевидно, что составляющие водного баланса, а, следовательно, размеры и качество воды озера меняются, как уже упоминалось, не только в течение года, но и от года к году. Поэтому возможные колебания климата, а значит, и изменение составляющих водного баланса могут повлиять не только на общее число и размеры озер, но и на качество воды в озерах мира.

Сколько на Земле озер?

Прежде чем ответить на этот вопрос, надо определить минимальный размер озер, которые мы будем учитывать в своих расчетах. Поскольку во многих странах мира (например, в Польше, Болгарии, Румынии, Японии, Германии) в национальные кадастры озера с площадью меньше 0.01 км² (1 га) не включают, мы остановимся на этом размере. По оценкам М.Мейбека (Университет Сорбонна), на Земле примерно 8.45 млн природных озер с площадями ≥ 0.01 км² [1]. Однако уровень знаний об этих озерах существенно различается (рис.3). Примерно 6.65 млн озер включены в национальные и региональные кадастры. Об этих озерах известно, по крайней мере, их административное местоположение, координаты и площадь зеркала. Такие озера можно условно назвать географически установленными. Существование остальных 1.8 млн озер экстраполировано для плохо изученных и не покрытых кадастрами регионов. К ним отно-

сятся Амазония, северо-западные территории Канады, центральная Африка, высокогорные районы Южной Америки, Китая и Индии и некоторые другие.

Далее оказывается, что далеко не для всех географически установленных озер известны максимальная и средняя глубины, и, следовательно, объем воды V , поскольку последний определяется произведением площади A и средней глубины H_{avg} : $V = A \cdot H_{\text{avg}}$. Таких озер (с известным объемом), которые мы называем батиметрически измеренными, насчитывается всего 300—400 тыс., т.е. 3—4% от общего числа земных озер. В России же к этой категории относятся лишь 129 из 326 крупнейших (с площадью не меньше 50 км²) озер. Даже в такой озерной стране, как Канада, батиметрические съемки проводились лишь в 136 из 744 крупнейших озер.

Но в еще меньшем числе географически установленных озер — примерно в 50 тыс. (<1% от всех озер) — когда-либо проводились какие-нибудь специальные лимнологические измерения. Например, для озер, ко-

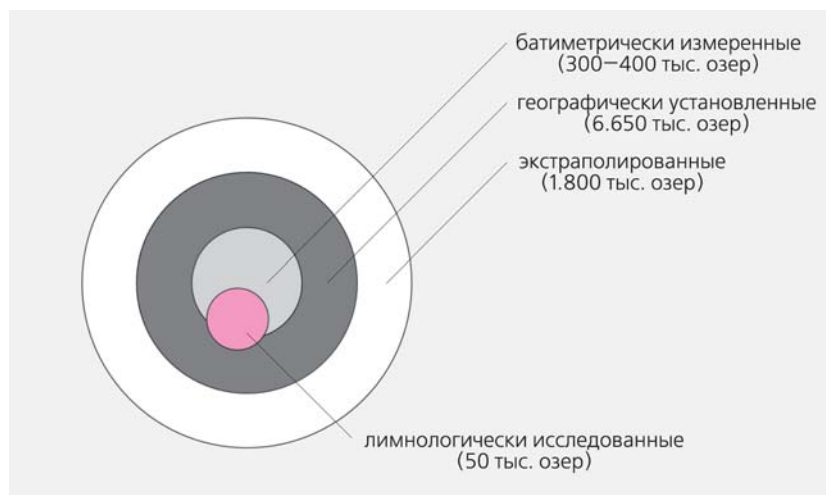


Рис.3. Распределение естественных озер мира с площадями не меньше 0.01 км² (1 га) по категориям. 6.65 млн — число озер, включенных в национальные и региональные кадастры (географически установленные озера), 1.8 млн — число озер, экстраполированных для регионов, не покрытых кадастрами; 300—400 тыс. — число озер, батиметрически измеренных (с известными объемами) и 50 тыс. — число озер, лимнологически исследованных.

торые мы условно называем лимнологически исследованными, могут быть известны такие характеристики, как максимальная в годовом цикле толщина льда, прозрачность и кислотность воды, максимальная температура поверхности озера и т.д. Кстати, именно такие озера преимущественно включались в базу данных WORLDLAKE. Примечательно также, что не все лимнологически изученные озера одновременно батиметрически измеренные (рис.3). Иначе говоря, в озере с неизвестными глубинами иногда проводились специальные лимнологические измерения. Например, в 1980—1990 гг. норвежские ученые проводили интенсивные вертолетные экспресс-съемки прозрачности и кислотности воды нескольких сотен озер. Однако в большинстве из них никогда не проводились измерения их глубины и объема.

При анализе наших данных из базы WORLDLAKE обнаружилась интересная тенденция: с уменьшением размеров озер доля батиметрически измеренных в общем количестве мировых озер данной площади уменьшается. Например, известны объемы для всех 20 озер мира с площадями, превышающими 10 тыс. км² (табл.1), однако из упоминавшихся выше 2465 крупнейших по площади мировых озер — лишь для 34% — 838 (рис.4). Похожая тенденция характерна для лимнологически изученных озер.

Как рассчитывались суммарные площадь и объем озер мира?

В табл.2 мы собрали оценки суммарной площади и объема воды в озерах мира. За исключением Г.П.Тамразяна [2] и частично М.Мейбека [1], авторы оценок

не описывают применяемых методов расчета. По-видимому, большинство оценок были получены как простые суммы площадей и объемов 20—30 крупнейших озер мира с некоторыми добавками, учитывающими остальные, меньшие по размеру. Для оценки общего объема озер такой подход, видимо, правомерен, поскольку, например, в трех крупнейших по объему озерах мира (Каспийское, Байкал и Танганьика) содержится не менее 60% всей озерной воды (табл.1). Однако, как видно из той же таблицы, суммарная площадь трех крупнейших по площади озер мира (Каспийское, Верхнее и Виктория) не превышает 20% от глобальной озерной площади. Кроме того, в обоих случаях не вполне ясно, какой вклад в глобальные суммы вносят озера с меньшими размерами. Поэтому в наших исследованиях применялся иной подход, основанный на анализе данных из

Таблица 1

Батиметрические сведения для 20 крупнейших по площади озер мира (конец 90-х годов, данные из базы WORLDLAKE)

Озеро	Страна	Площадь озера, км ²	Максимальная глубина, м	Объем озера, км ³
Каспийское	Азербайджан/Казахстан/Иран/ Туркменистан/Россия	386 400 ¹	1025 ¹	78 700 ¹
Верхнее	Канада/США	82 367	406	12 221
Виктория	Кения/Танзания/Уганда	76 000	92	2750
Гурон	Канада/США	59 570	228	3535
Мичиган	США	58 016	282	4871
Танганьика	Бурунди/Танзания/Заир/Замбия	32 600	1471	18 500
Байкал	Россия	31 500	1741	22 995
Большое Медвежье	Канада	31 153	446 ⁴	2236 ⁴
Аральское	Казахстан/Узбекистан	30 000 ^{1,2}	36 ¹	231 ¹
Малави	Малави/Танзания	28 800	706	8400
Большое Невольничье	Канада	28 600	625	2088
Чад	Чад/Камерун/Нигерия	25 900 ^{1,3}	11 ^{1,3}	72 ^{1,3}
Эри	Канада/США	25 821	64	458
Виннипег	Канада	24 510	18	371
Балхаш	Казахстан	19 996 ^{1,3}	26 ^{1,3}	106 ^{1,3}
Онтарио	Канада/США	19 009	224	1638
Ладожское	Россия	17 882 ¹	230 ¹	838 ¹
Тонле Сап	Кампучия	16 000 ³	12	65 ³
Маракайбо	Венесуэла	13 010 ³	60 ³	279 ³
Патос	Бразилия	10 140 ³	5 ³	19 ³

¹ По разным причинам значительно изменились за последние десятилетия.

² С середины 1950-х до середины 1990-х годов уменьшилась более чем в 2 раза.

³ Значительно меняются в годовом цикле.

⁴ Существенно уточнены за последние десятилетия.

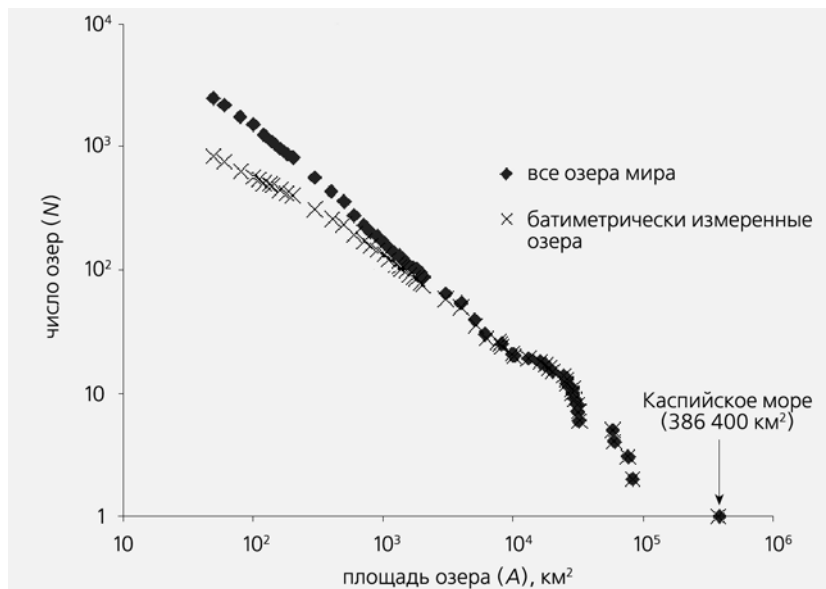


Рис.4. Статистическое распределение площадей 2465 крупнейших (с площадью не меньше 50 км²) озер мира, а также тех 838 из них, для которых известны объемы (батиметрически измеренные озера). N — общее число озер с площадью не меньше A. Координаты графика логарифмические. Отчетливо видно, что с уменьшением площади озера доля батиметрически измеренных озер в общем числе мировых озер данной площади быстро уменьшается. Рассчитано по данным из базы WORLDLAKE.

базы WORLDLAKE и некоторых литературных сведениях.

Прежде всего, для оценки суммарной площади озер была рассчитана статистическая функция распределения озер мира по площадям. Для этого мы воспользовались данными по

распределению 2465 крупнейших мировых озер, а также оценочным распределением числа мировых озер с площадями от 0.01 км² до 50 км², полученным М. Мейбеком [1]. «Склеив» эти два распределения в «размерном» виде, мы получили следую-

щую функцию для озер с площадями от 0.01 км² до Каспийского моря (386 400 км²) (рис.5):

$$N(\geq A) = C_1 \cdot A^{C_2}. \quad (1)$$

Здесь A — площадь озера, км²; N — число озер мира с площадью не меньше A; C₁ = 1.1 · 10⁵, C₂ = -0.925 — рассчитанные эмпирические коэффициенты.

Эта простая степенная функция показывает, что число мировых озер быстро возрастает с уменьшением площади озера. Из этой функции следует, что на Земле должно быть примерно 110 тыс. озер с площадями не меньше 1 км² и примерно 13 тыс. — не меньше 10 км². Кроме того, функция распределения (1) показывает, почему отвечая на вопрос об общем числе озер мира, необходимо уточнять минимальный размер озера.

После несложных преобразований из функции распределения (1) можно рассчитать суммарную площадь озер мира с размерами от 0.01 км² до 50 км². Она оказывается равной 856 тыс. км². Если сложить ее с 1.845 млн км² — суммой площадей 2465 крупнейших озер из базы WORLDLAKE — получим суммарную площадь озер мира, равную 2.701 млн км².

В лимнологии применяется еще одна важная характеристика — измеряемый в процентах или долях единицы коэффициент озерности: отношение суммарной площади озер к площади территории, на которой эти озера расположены. Гипотетически озерность может меняться от нуля для «безозерной» территории до 100% или 1, когда вся она состоит из сплошного озера. Фактически же максимальные значения озерности не превышают 20–25%, например, для Финляндии, Карелии и некоторых районов Канады. Используя рассчитанную нами суммарную площадь озер мира и площадь суши, равную 149.1 млн км², для глобальной средней озерности получим значение 1.81%.

В табл.2 и на рис.6 собраны глобальные значения площади

Таблица 2

Глобальные площадь и объем озер мира, а также средний коэффициент озерности* по разным источникам

Источник	Глобальное значение		
	Площадь озер, млн км ²	Объем озер, тыс. км ³	Коэффициент озерности, %
Пенк А. 1894 [4]	2.5	—	1.68
Нейс Р. 1969 [5]	1.525	230	1.0
Львович М.И. 1974 [6]	—	275	—
Тамразян Г.П. 1974 [2]	2.7	166	1.81
Будыко М.И. 1980 [7]	2.1	—	1.41
Мулхолланд П., Эллууд Дж. 1982 [9]	2.0	—	1.34
Лосев К.С. 1989 [8]	—	280 (180–750)	—
Шикломанов И.А. 1993 [3]	2.1	176	1.41
Мейбек М. 1995 [1]	2.6	179	1.74
Наши данные	2.69	179.6	1.81

* Отношение суммарной площади озер к площади суши, взятой как 149.1 млн км².

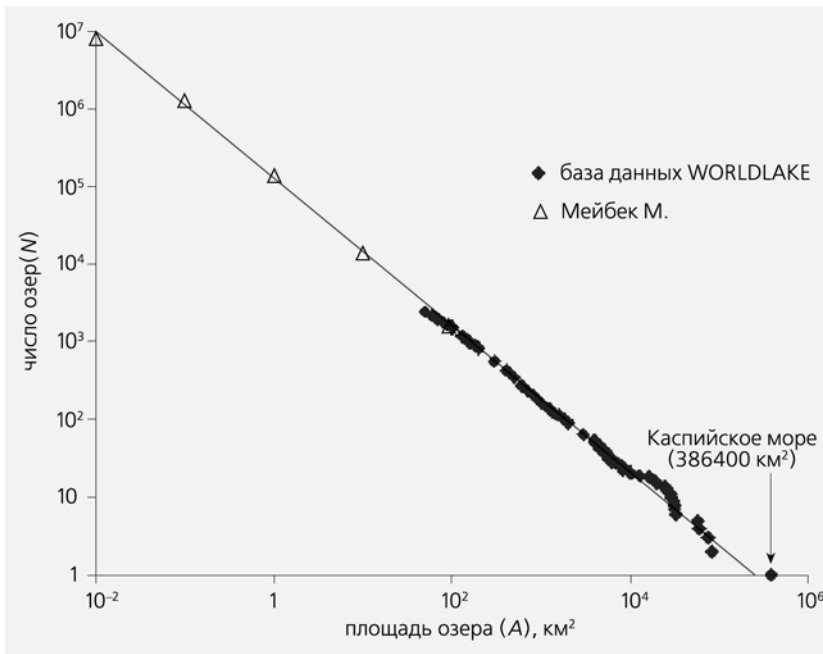


Рис.5. Статистическое распределение озер мира по площадям (с размерами от 0.01 км² до 386 400 км² — Каспийское море) и рассчитанная зависимость (1). N — общее число озер с площадью не меньше A. Координаты логарифмические.

Сколько воды в озерах?

Для оценки общего объема земных озер из базы WORLDLAKE были выбраны все имеющиеся для примерно 15.6 тыс. естественных озер мира пары значений площади и объема, которые меняются на более чем восемь порядков: от Каспийского моря до маленьких горных озер (тарнов) с площадью в несколько квадратных метров (рис.7). По ним была рассчитана в «размерном» виде регрессия, показывающая, что большие по площади озера имеют тенденцию содержать большие объемы воды:

$$V = A \cdot H_{\text{avg}} = C_3 \cdot A^{C_4}, \quad (2)$$

где H_{avg} — средняя глубина озера, км; A — площадь, км²; V — объем, км³; $C_3 = 0.0034$ и $C_4 = 1.134$ — рассчитанные регрессионные коэффициенты.

На первый взгляд, зависимость (2) выглядит тривиальной, поскольку, как уже отмечалось, объем озера определяется произведением его площади и средней глубины. Тем не менее, она позволяет грубо оценить объемы озер по сравнительно легко доступной (например, с применением дистанционных методов) информации о площадях озер и избежать трудоемкой и дорогостоящей батиметрической съемки. Несмотря на значительный разброс значе-

и объема озер, а также коэффициенты озерности по данным разных исследователей. Заметим, что различия в значениях, опубликованных разными авторами в разные годы, не следует объяснять долгопериодной изменчивостью климата. Скорее они связаны с уже отмеченными нами различными и не всегда ясными подходами, применяе-

мыми авторами для расчетов. Нетрудно заметить, что «наша» суммарная площадь озер мира близка к оценкам, сделанным Г.П. Тамразяном [2] и М. Мейбеком [1], однако заметно больше, чем у других авторов. Аналогичные особенности обнаруживает рассчитанный нами коэффициент глобальной средней озерности.



Рис.6. Глобальные значения площади и объема озер по данным разных авторов.

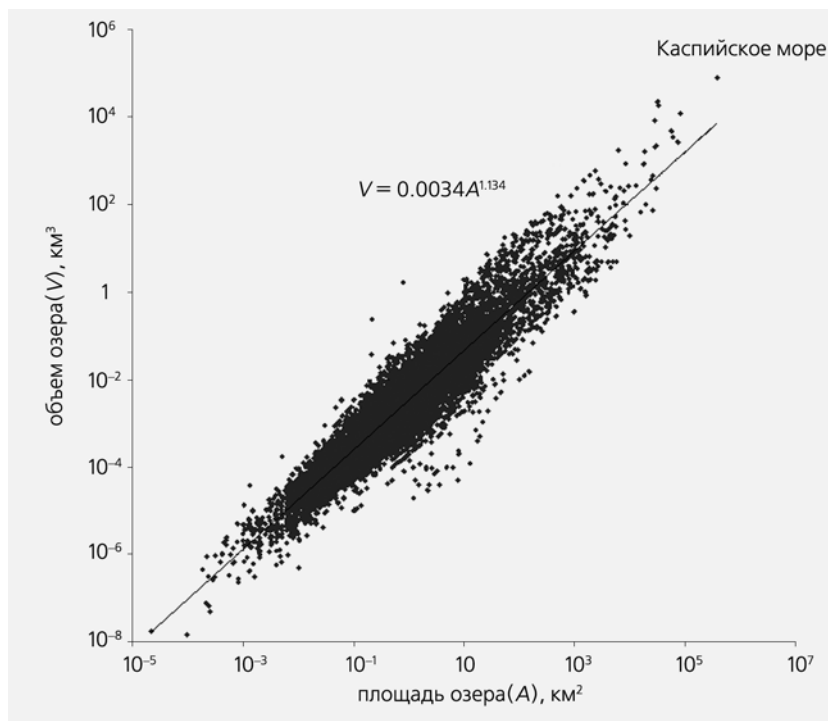


Рис.7. Зависимость объема озера от его площади для примерно 15.6 тыс. озер с площадями от Каспийского моря до маленьких горных озер (тарнов) размером в несколько квадратных метров (по данным из базы WORLDLAKE). Показана также рассчитанная регрессионная зависимость (2). Координаты графика логарифмические.

ний, вызванный прежде всего различным происхождением озерных котловин, средние глубины озер имеют тенденцию к увеличению с ростом площади озера. Регрессия, например, предлагает разумные средние глубины: 3.4 и 4.6 м для озер с площадями 1 и 10 км² соответственно.

Ее комбинация с функцией распределения площадей озер мира (1) и последующие несложные преобразования дают простое выражение для суммарного объема всех озер мира с площадями из некоторого промежутка $A_{\min} \leq A \leq A_{\max}$:

$$V_{\text{total}} = -C_1 C_2 C_3 \int_{A_{\min}}^{A_{\max}} A^{c_2 + c_3} A^{c_1 - c_2} da = -\frac{C_1 C_2 C_3}{C_2 + C_4} (A_{\max}^{c_2 + c_4} - A_{\min}^{c_2 + c_4}). \quad (3)$$

Наконец, после этих приговоров мы можем рассчитать

оценку глобального озерного объема как сумму трех объемов:

$$V_{\text{glob}} = V_1 + V_2 + V_3 = 173\,874 \text{ км}^3 + 2670 \text{ км}^3 + 3094 \text{ км}^3 = 179\,638 \text{ км}^3.$$

Здесь $V_1 = 173\,874 \text{ км}^3$ — сумма объемов 838 батиметрически измеренных крупнейших (с площадью не меньше 50 км²) озер из базы WORLDLAKE; $V_2 = 2670 \text{ км}^3$ — суммарный объем оставшихся 1627 батиметрически неизмеренных крупнейших озер, объемы которых рассчитаны по нашей регрессии (2). Наконец, $V_3 = 3094 \text{ км}^3$ — определенный по зависимости (3) суммарный объем остальных озер мира с площадями $0.01 \text{ км}^2 \leq A < 50 \text{ км}^2$.

Как видно из табл.2 и рис.6, полученный нами глобальный объем — $179.6 \cdot 10^3 \text{ км}^3$ — близок к значениям, опубликованным М.Мейбеком [1] и И.А.Шиклома-

новым [3] и превосходит оценку, рассчитанную Г.П.Тамразяном [2]. Однако наша оценка объема заметно меньше значений, полученных другими авторами.

Что будет с озерами, если изменится климат?

Климатологи считают, что в последние десятилетия он теплеет. Однако неясно, связано ли это с антропогенным увеличением концентрации парниковых газов или же с естественными колебаниями, которых в истории Земли было предостаточно. Кроме того, климат, видимо, изменится пространственно неравномерно: в некоторых регионах усилится аридность (засушливость), в других — увлажненность. Поэтому можно высказать лишь некоторые общие соображения о судьбе озер. В тех регионах, где усилится аридность, многие озера могут исчезнуть, другие из проточных превратятся в бессточные, а качество воды в них ухудшится. Там, где увеличится увлажненность, будут преобладать противоположные тенденции. Пока же имеющиеся лимнологические данные весьма противоречивы. Например, на последнем XXIX конгрессе Международного союза лимнологов были представлены данные, показывающие, что за последние 30–40 лет такие крупные озера, как североамериканское Тахо, африканское Танганьика, предальпийские Лугано и Женевское стали теплее. В то же время термический статус крупнейших новозеландских озер — Таупо, Те Анау и Ванак — не изменился. Вот другой непонятный пример. По данным Института водных проблем Севера (Карельский научный центр РАН), в последние десятилетия уровень Ладожского озера имеет тенденцию к падению, а расположенного в той же климатической зоне и тесно

связанного с ним Онежского — к увеличению.

Часто научное исследование порождает больше вопросов, чем дает ответов. Эта работа — не исключение. Полученные нами глобальные площадь и объем озер с помощью базы данных

WORLDLAKE — некоторые средние оценки. Как они меняются в течение года? Какова их межгодовая изменчивость? Противоположны ли изменения запасов воды в озерах Северного и Южного полушарий? Что будет с озерами при изменении климата? Ответы

на эти и на многие другие вопросы — дело будущего. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 98-05-65348 и 01-05-64851.

Литература

1. Meybeck M. Global distribution of lakes // *Physics and Chemistry of Lakes* / Eds A.Lerman, D.Imboden, J.Gat. Berlin-Heidelberg, 1995. P.1—36.
2. Tamrazyan G.P. // *Bull. Geolog. Soc. Finland*. 1974. V.46. №1. P.23—27.
3. Shiklomanov I.A. World freshwater resources // *Water in Crisis: A Guide to the World's Freshwater Resources*. N.Y., 1993. P.15—20.
4. Penck A. *Morphologie der Erdoberfläche*. V.1. Stuttgart, 1894.
5. Nace R.L. World water inventory and control // *Water, Earth and Man* / Ed. R.J.Chorley. L., 1969. P.31—42.
6. Львович М.И. Мировые водные ресурсы и их будущее. М., 1974.
7. Будыко М.И. Климат: настоящее и будущее. Л., 1980.
8. Лосев К.С. Вода. Л., 1989.
9. Mulholland P., Elwood J. The role of lake and reservoir sediments as sinks in the perturbed carbon cycle // *Tellus* 34(3). 1982. P.490—499.

Астрономия

Открытие астронома-любителя

Дж.У.Макнил (J.W.McNeil) — молодой астроном-любитель из городка Падука в американском штате Кентукки — «подарил» науке в начале 2004 г. неизвестный ранее небесный объект — «новую» туманность в созвездии Ориона. Международный астрономический союз закрепил за ней официальное название — Туманность Макнила.

Звездная вспышка, породившая этот объект, произошла около 30 лет назад, но до сих пор наблюдать его еще никому не удавалось.

Примечательно, что открытие сделано весьма скромными средствами: «на заднем дворе» у дома любителя с использованием всего лишь 3-дюймового телескопа, доступного каждому американцу. Важно отметить, что и сегодня астрономия не остается уделом лишь тех ученых, которые работают в знаменитых обсерваториях, поль-

зуются гигантскими телескопами, стоящими миллионы долларов, и получают весомые государственные гранты. Любитель — все еще заметная фигура в деле изучения Вселенной.

Science. 2004. V.304. №5672. P.821 (США).

Экология

Диклофенак и грифы

На протяжении последних 10 лет популяция азиатских грифов резко уменьшается¹. Их внесение в список видов, оказавшихся под угрозой полного исчезновения, оказалось малоэффективной мерой.

Первые признаки надвигающейся катастрофы заметили в начале 1990-х годов в национальном парке Индии «Кеоладео» (штат Уттар-Прадеш). За последующие 10 лет популяции грифов видов *Gyps bengalensis*, *G.indicus* и *G.tenirostris* сократились на 95%. Американские и пакистанские специалисты при-

¹ См. также: Массовая гибель грифов // *Природа*. 2001. №6. С.31.

ступили к поиску подлинной причины столь бедственного положения и в результате выяснили, что массовую гибель птиц вызвал диклофенак. В теле мертвых грифов были обнаружены высокие концентрации этого сильного противовоспалительного средства, сами же симптомы болезни (тяжелые почечные поражения) воспроизводились в лабораторных условиях.

Диклофенаком в больших количествах пользуются в ветеринарии уже десяток лет для лечения скота в странах Южной Азии. Будучи птицами-падальщиками, грифы гибли от потребления в пищу трупов буйволов и овец, буквально напичканных этим препаратом.

К сожалению, эта подлинная причина была обнаружена слишком поздно. Почти полное исчезновение грифов нарушило экологическое равновесие: бродячие собаки стали активно размножаться, сбиваться в своры и осваивать зоны, лишенные их естественных санитаров.

Sciences et Avenir. 2004. №685. P.36 (Франция).

Рамейдская

Конкурс красоты

Минералогическая сказка

Леночке Самариной посвящается

Р.К.Расцветаева

От автора

Силикаты (кислородные соединения кремния) образуются в широком диапазоне температур и давлений земных процессов и доминируют среди других классов минералов. Атомы кремния находятся в центре тетраэдров из атомов кислорода. Кремнекислородные тетраэдры склонны к взаимной ассоциации, поэтому силикаты чрезвычайно разнообразны по структурным мотивам: они могут содержать изолированные тетраэдры или объединенные — попарно (диортогруппы), в цепочки, ленты, кольца, слои и т.д. Я попыталась показать читателю основные кремнекислородные фрагменты и способы их образования в структурах минералов.

Пролог

Однажды в царстве минералов был объявлен конкурс красоты. В назначенный день в большой пещере со всех концов света собрались четыре тысячи лучших представителей населения минерального мира. Судей единодушно выбрали **Кварц**. Он слыл справедливым и беспристрастным. Может быть потому, что не принадлежал ни к одному из классов. Где-то глубоко внутри он чувствовал себя силикатом, но по формальным призна-



Рамиза Кераровна Расцветаева, доктор минералогических наук, главный научный сотрудник Института кристаллографии им.А.В.Шубникова РАН. Область научных интересов — структурная минералогия. Наш постоянный автор.

кам его относили к окислам*. Такое раздвоение личности Кварца не огорчало, он не придавал значения кастовым традициям, понимая всю их условность. Конечно, среди окислов по твердости Кварц уступает **корунду**, а среди силикатов **топазу**, но по распространенности ему нет равных. К тому же он демократичен и не кичится родством с драгоценными камнями, такими как знаменитые **аметист, горный хрусталь, цитрин, авантюрин, кошачий глаз** и им подобные, а уважительно относится к каждой кварцевой песчинке, коим несть числа.

Серия первая

Чтобы лучше разглядеть каждого, Кварц включил свое пьезо-

электричество. Его примеру последовали **колеманит** и **фосфуранилит**. Некоторые также использовали для освещения кто пьезо-, кто пироэлектричество, а кто люминесценцию или флуоресценцию. В пещере стало светло, как днем, и взору открылось море цветов и оттенков.

Флюорит и **аметист** сияли глубоким фиолетовым цветом; **лазурит, сапфир** и **аквамарин** — синим и голубым; **малахит** и **берилл** — зеленым; **топаз** и **родонит** — розовым и красным; **гелиодор** и **спесартин** — желтым и оранжевым. И, конечно же, всех пленили сочно-зеленый цвет **изумруда**, пылкий красный цвет **рубина** и яркая небесно-голубая окраска **бирюзы**. (Недаром изумрудный, рубиновый и бирюзовый цвета получили название по именам этих минералов.)

Каждый сверкал, как мог. **Алмаз** же был просто ослепите-

* См. Дорфман М.Д. Возвращение блудного сына // Природа. 2004. №4. С.36—37.

лен! Многие прозрачны как слеза, а **топаз, аквамарин и горный хрусталь** как ни старались кого-нибудь заслонить собой, им это так и не удалось.

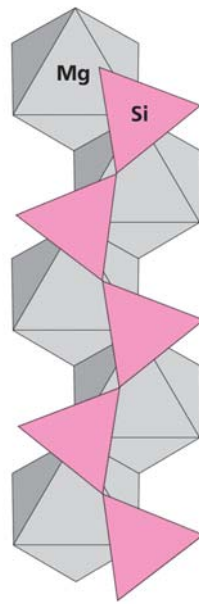
Затаив дыхание, все приготовились услышать вердикт, и Кварц заговорил: «Без сомнения, цвет, сверкание, блеск, прозрачность и тому подобные критерии внешней красоты важны. Но не будем забывать, что видимая красота — отражение внутренней и зависит от строения кристалла (по-научному структуры). И мы не вправе это игнорировать. Пусть каждый покажет, какие сокровища он носит глубоко внутри».

Воцарилась тишина. Конкурсанты мысленно оценивали свои шансы. Многих охватило смутение. Фосфаты и сульфаты понимали, что внутри у них обыкновенные тетраэдры и октаэдры или еще что-то в этом роде. Бораты из скромности недооценивали своих возможностей, считая, что их тетраэдры слишком малы, а о треугольниках и говорить не приходится. Карбонаты тоже приуныли — им, кроме треугольников, и показать-то нечего. Некоторые до сих пор не познали себя и пребывали в полной растерянности. Только силикаты толпой хлынули на подиум, распахивая друг друга и на ходу извлекая свои сокровища. Чего только здесь не было! Изыщные цепочки и массивные цепи, кольца, браслеты, подвески, колье и ожерелья. И все из чистого кремния в кислородном обрамлении. Судья жестом призвал их к порядку, велел построиться и по очереди подниматься на подиум, чтобы каждый мог не спеша все рассмотреть и обсудить.

Серия вторая

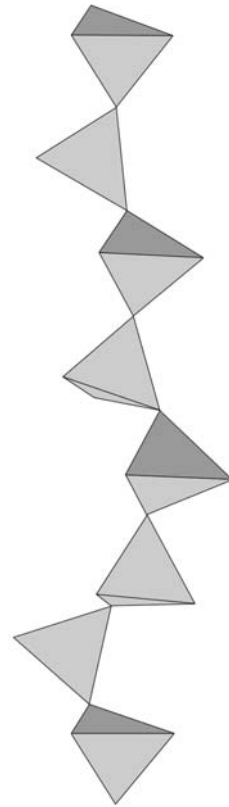
Первым вышел щеголеватый, уверенный в себе **пироксен**. Он широко известен не только на Земле, но и за ее пределами. По достоверным научным дан-

ым, его родственники проживают аж на Луне. Сам пироксен и его товарищи по группе цветом не вышли (зеленоватые либо совсем бесцветные, а то и вовсе черные), но его внутреннее сокровище общепризнано и носит его имя. И в самом деле, кто же не слышал о пироксеновой цепочке? Длинная-предлинная цепочка из тетраэдров кремния восхищает своим изяществом. Она легко струится на фоне массивных колонн из октаэдров магния и железа.



Видя явный успех пироксена, бораты — **кальциборит** и **вимсит** — осмелели и тоже вышли на подиум со своими цепочками из миниатюрных тетраэдров бора. Но их отнесли бойкие родственники пироксена, которые не зря зовутся **пироксеноидами**. Они заимствовали у пироксена его цепочку, но развернули тетраэдры как попало, якобы для того, чтобы они лучше сочетались с колоннами из крупных натриевых и кальциевых октаэдров. Особенно отличился **пироксмангит**. Его цепочка приобрела своеобразный вид, словно ее долго крутили, мяли, пробовали на зуб, а может, и жевали. По оригинальности она не уступает даже **пироксферонитовой** (тоже мятой, но на Луне). Пироксмангит гордился своим

произведением в стиле модерн и назвал цепочку своим именем — «пироксмангитовой».



Другие пироксеноиды последовали его примеру и присвоили (не смущаясь плагиатом) свои имена волластонитовой и родонитовой цепочкам.

Теперь пироксеновая цепочка выглядела чересчур простой и старомодной. Пироксен обиделся и гордо удалился в самый дальний угол пещеры. За ним последовала его группа поддержки в лице пижонистого **пижонита**, скуповатого **жадента**, джентльменов **гиперстена** и **сподумена** (как будто другие не «мены»), **авгита**, **энстатита**, **диопсида** и **эгирина**, которые тоже носили пироксеновые цепочки. Близкий друг пироксена **рамзаит** также покинул подиум.

Здесь же разгорелись настоящие страсти. **Харадант**, **стоксит**, **аламозит** и **батисит** спружинили свои цепочки, **илерит**, а вслед за ним борат **стилвеллит**, лихо закрутили их спиралью. Некоторые пошли еще дальше и стали присоединять

Директский фая-

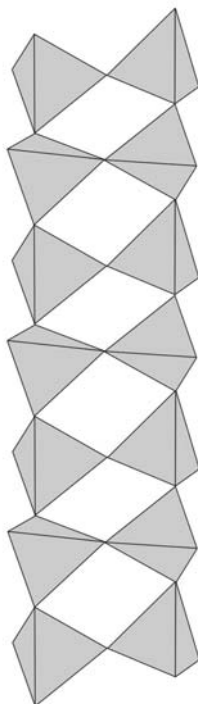
к пироксеновой цепочке дополнительные тетраэдры (по-научному «ветвистые кремнекислородные радикалы»). **Астрофиллит** не поленился сделать подвески ко всем тетраэдрам, **энигматит** сэкономил ресурсы и украсил только третий и четвертый, а **суринамит**, пропуская каждые три тетраэдра, ухитрился сделать ленту однобокой (ведь все четвертые тетраэдры пироксеновой цепочки развернуты в одну и ту же сторону). Получилось ну очень смешно, зато оригинально.

Те, кому цепочки были не по карману, мастерили из их обрывков изящные подвески. Скромные подвески из трех тетраэдров оказались популярными у небогатых представителей мира искусства — **киноита**, **розенхаита**, **таленита** и **аминофита**. **Руицит** порылся в руинах и отыскал фрагменты из четырех тетраэдров, все из чистого кремния. Мафиозный **тирагаллоит** обзавелся подвесками из четырех тетраэдров, но один из них с мышьяком. А **медаит** подвесил к пяти кремниевым тетраэдрам наподобие медальона шестой, из ванадия.

Кому не хватило обрывков хотя бы из трех тетраэдров, довольствовались малым — двумя тетраэдрами или даже одним. Конечно, просто тетраэдры особого впечатления не производили, они годились разве что на пуговицы. А вот сдвоенные (диортогруппа по-научному) — другое дело, они напоминали бабочку. Такая брошь двумя уголками легко прикрепляется к крупному полиэдру. **Тортвейтит** предложил бабочкой украшать торты, но мудрый **ломоносовит** и железный **бафертисит** не одобрили такого легкомыслия и прикрепили бабочек с двух сторон к своим октаэдрическим стенкам. Их примеру последовали другие члены многочисленного семейства титано-силикатных слюд. И даже новый родственник бафертисита **сурхобит** прибыл с красной реки Сурхоб весь в бабочках.

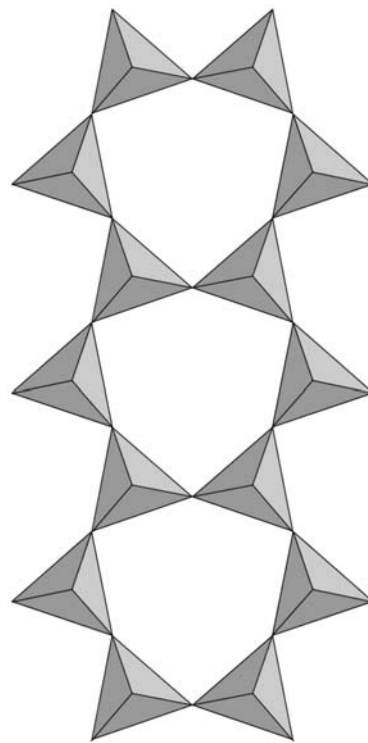
Серия третья

Конечно, всякие безделушки хороши, но респектабельные особы предпочитают солидные изделия, к примеру, ленты. **Силлиманит** из двух цепочек смастерил ленту. **Виноградовит** добавил ей объем, вывернув тетраэдры попарно в противоположные стороны, а **эллипидит** усложнил рисунок (надо же чем-то отличаться), вывернув каждые третьи тетраэдры.



Но как ни выворачивай тетраэдры, простейшие ленты однотипны, они плотные и состоят из четырехугольных звеньев. А ленты **кайсихита** и **тухуалита** ничуть не лучше, хотя и плиссированные. Другое дело амфиболовые ленты, сделанные из пироксеновых цепочек. Они куда как ажурнее, их звенья шестерные. Такими лентами обзавелись **жедрит**, **антофиллит**, **актинолит**, **эденит** и многие-многие другие. И неудивительно, что амфиболы распространены так же широко, как и пироксены: ведь любой пироксен может стать амфиболом, правда, не по своей воле, а если на него как следует надавить (как говорят ученые — в условиях стресса). Но и амфи-

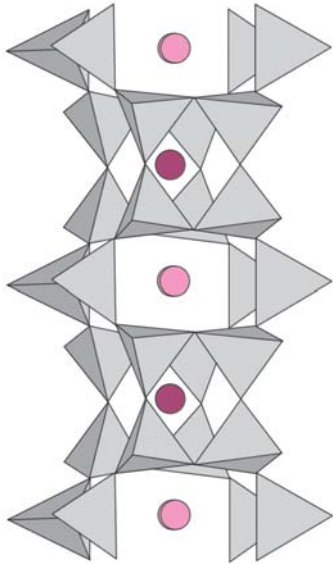
бол станет пироксеном, если его как следует разогреть.



Еще более ажурная лента оказалась у **ксонотлита**. Она сделана из двух волластонитовых цепочек и содержит восьмерные звенья. Из тех же волластонитовых цепочек **девитрит** умудрился смастерить ленту не такую ажурную, но зато с разными звеньями — шестерными и четверными. А вот у **инезита** из родонитовых цепочек лента получилась и ажурной, и с восьмерными, и с шестерными звеньями.

Конечно, ленты — достойное украшение, но совсем крутые любят массивные, цилиндрические цепи (нынче у богатых благородная простота не в моде). **Фенакит** из трех простейших цепочек соорудил трубку с треугольным сечением. Более широкую, с квадратным сечением, **нарсарсукит** сделал из двух батиситовых цепочек. Сплошной **бавенит** обзавелся еще более широкой трубкой с шестиугольным сечением — из двух пироксеновых цепочек, пристегнутых друг к другу пуговицами. Объемные цилиндры смастерили железный **фенаксит (Fe-Na-K-Si)**, медный **литидионит** и на-

трий-кальциевый **агреллит**. Но самая широкая труба, аж с восьмиугольным сечением, нашлась у **канасита**. На нее ушли целых четыре волластонитовые цепочки. Такой трубой можно не только украсить, но и использовать в хозяйстве для хранения воды и крупных катионов — натрия и даже калия (отсюда и название K-Na-Si).



Серия четвертая

«Подумаешь, велика хитрость нанизывать тетраэдры один на другой. Вот сделать колечко (хотя бы маленькое) куда сложнее. Тут требуется мастерство» — важно сказал **вадеит** и выкатил кольцо из трех тетраэдров. Такие же кольца оказались у **бацитрита**, **бенитоита** и **катаплетита**. А **вальстромит** даже провальсировал из одного конца подиума на другой, чтобы показать, какое у него круглое колечко. Брат **нифонтовит** тоже извлек свое кольцо из трех крошечных В-тетраэдров, а его собрат (точнее «соборат») **индерит** похвастался перстнем, пристроив к миниатюрному колечку из двух тетраэдров и одного треугольника магниевый октаэдр, словно драгоценный камень.

«Какое же это кольцо, если у него дырка не круглая, а треугольная. Вот у меня настоящее кольцо» — затараторил **тарамел-**

лит, показывая кольцо из четырех тетраэдров. «Хотя четырехугольная дырка тоже не совсем круглая, но куда как лучше, чем треугольная» — хором отозвались **джоакиннит**, **фосинаит**, **кайнозит** и **верпланкит**. И толстяк **баотит** выкатил свое кольцо из четырех тетраэдров. Только вечно неуверенный в себе **ненадкевичит** запоздал и стал извиняться, что его кольцо состоит тоже всего-навсего из четырех тетраэдров, а на пятый материала не хватило. И тут выяснилось, что пятерного кольца вообще ни у кого нет. Правда, по слухам, такое кольцо все же есть, но у фосфатов, и то синтетических.

Берилл и его знаменитые родственники **аквамарин**, **гелиодор**, **морганит**, **воробьевит** и, конечно же, **изумруд** изумили своим небывалым достижением: их кольца состояли из шести тетраэдров. Тут же нашлись завистники и сказали, что это уже не кольца, а целые браслеты. Изумрудные браслеты оказались у многих: **диоптаз**, **турмалин**, **баратовит**, **ловозерит** и даже одинокий **одиноцит** не замедлили похвастаться своими браслетами. Еще 25 претендентов с такими же браслетами стали в очередь, но их отеснили от сцены.

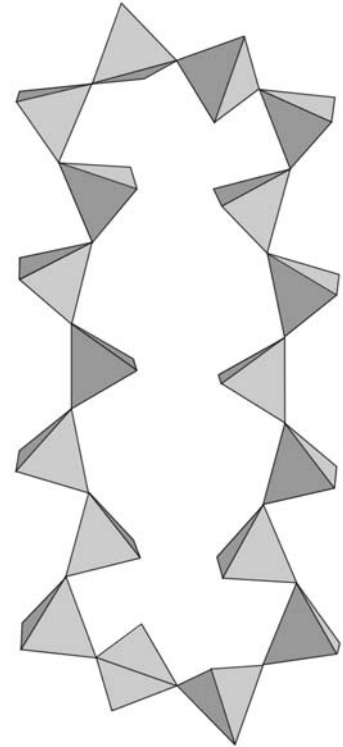
Все замерли в ожидании. Вдруг найдется еще более крупное изделие. Но силикаты на вопрос «нет ли у кого-нибудь чего-нибудь кругленького из семи тетраэдров» только пожимали плечами. Наконец, с трудом вспомнили про какой-то органический кристалл, но он не был принят в расчет.

И вот, не спеша, вышел изящный **мюирит** с браслетом из восьми тетраэдров. Завистники усомнились, не ожерелье ли это? Что бы ни было — большой браслет или маленькое ожерелье, но изделие оказалось уникальным. Ни у кого больше такого нет, разве что у двух фосфатов и опять же искусственных.

Удивить кого-либо теперь было трудно, но ожерелье **эвдиалита** оказалось просто неповто-

римым. Девять тетраэдров образовали изящное ажурное кольцо с треугольным вырезом в центре.

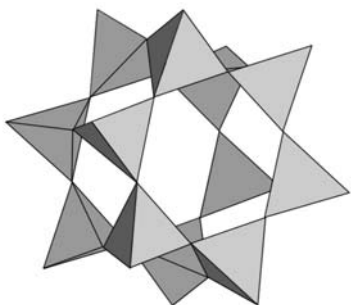
Из 10 тетраэдров нашлось только одно ожерелье и, как всегда, в синтетическом фосфате, а уж из 11 тетраэдров никто и в глаза не видел. Все решили, что на этом ожерелье закончились, как вдруг **траскит** с треском вскочил на подиум и извлек ожерелье из 12 тетраэдров. Но не успели стихнуть аплодисменты, как на сцену вышел **мегациклит** (видать из новеньких). Все ожидали (судя по имени претендента), что его ожерелье будет состоять из 13, а может и 14 тетраэдров. Но мегациклит выдержал паузу и вынул ожерелье из 18(!) тетраэдров. Никто не поверил своим глазам. Снова и снова, сбиваясь, пересчитывали тетраэдры. Их было, действительно, не 13, не 14, не 15, не 16 и даже не 17, а 18. Мегациклит, без сомнения, стал чемпионом по ожерельям.



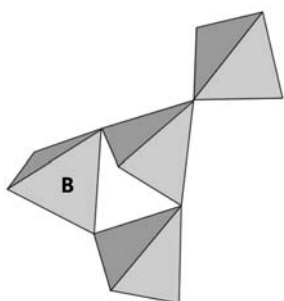
Но и другие не унывали, показывая, на что способны. **Власовит** сцепил свои четверные кольца в цепочку, которая получилась не хуже любой золотой. Идея понравилась. **Гауит**, **диририт** и **пелиит** сцепили шестер-

ные кольца. Тоже неплохо. Но если в кольцах диорита все тетраэдры своими носиками организовано смотрят в одну сторону, то в гауите они ведут себя безответственно, не соблюдая никакого порядка. И это вполне простительно, если вспомнить, в каких условиях гауит ковал свои цепочки. Тут уж не до порядка, если тебя подвергают метаморфической перекристаллизации, да еще и под высоким давлением.

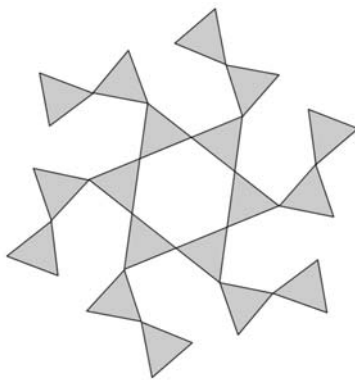
Стеснительный **стиисит** пробормотал, что у него только два четверных колечка и на цепочку не хватает, но ему посоветовали поставить их одно на другое. Получилось что-то вроде перстня. Миляга **миларит** последовал его примеру и поставил один на другой два шестерных браслета, получился один, но широкий.



У кого не было и двух колец, стали украшать свое единственное дополнительное тетраэдрами (если есть ветвистые цепочки, то почему бы не быть ветвистым кольцам?). **Уралборит** к тройному колечку из тетраэдров бора прицепил еще один в виде ручки ковша, а **икерит** сбегал в ИКЕЮ за двумя кремниевыми тетраэдрами и присоединил их с двух сторон к четверному кольцу наподобие ручек кастрюли.



И только **тяньшанит** не стал мелочиться, привязав к своему шестерному кольцу аж 12 тетраэдров (по два к каждому тетраэдру) в виде ниточек, за которые так и хочется потянуть. Может, его потому и назвали «тяньшанит»?

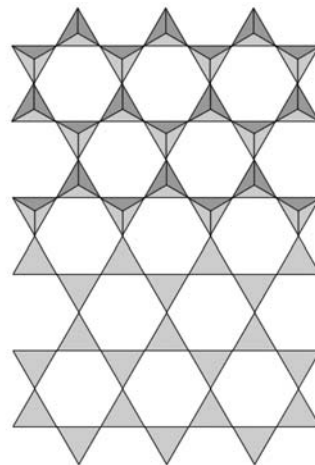


Серия пятая

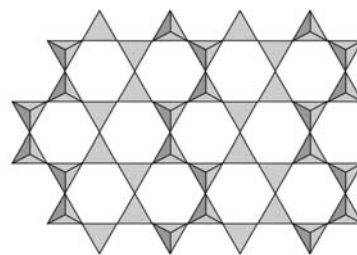
Кварц понимал, что выбирать среди каркасов самый красивый — дело безнадежное. Сам он из этой группы и знает, что тетраэдры соединены всеми своими уголками в трех направлениях — прочно и жестко. А жесткость плохо сочетается с понятием красоты. Другое дело, когда тетраэдры соединяются только в двух направлениях и могут поворачиваться. Ученые называют такие постройки «слоями», а сами минералы их считают коврами, которые по разнообразию рисунков не уступают знаменитым персидским и могут поспорить даже с орнаментами древнего персидского мавзолея Маджи и Джамии в Исфахане.

Особой популярностью пользуются ковры, сотканые из пироксеновых нитей. Здесь слюды непревзойденные мастера. Они организовали семейный бизнес по выделке односторонних ковров с шестиугольными петлями. **Флогопит**, **биотит**, **мусковит**, а также **монтмориллонит**, **каолинит**, **хлориты**, **талк**, **пиррофиллит** и многие другие члены семейства веками искусно ткуют такие тонкие и прозрачные ковры, что люди когда-то (когда еще не было стекол) занавешивали ими окна.

Конечно, наряднее выглядят полосатые ковры. **Сепиолит** вывернул наизнанку три пироксеновые нити, и получился двусторонний полосатый ковер.



А **пентагонит** украсил свой ковер тонкими поперечными полосками, вывернув в каждой пироксеновой нити два тетраэдра то вверх, то вниз.

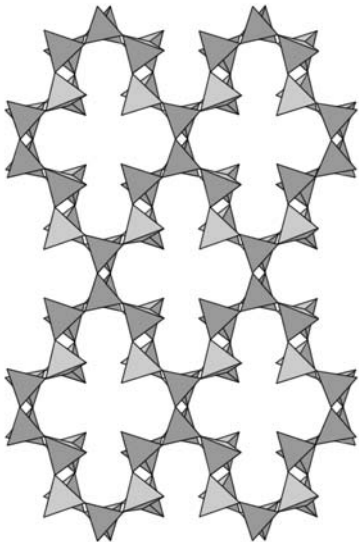


Такие же поперечные, но широкие полосы украшают ковер **антигорита**, в котором каждые девять тетраэдров пироксеновой нити вывернуты наизнанку.

Гладкие или полосатые ковры с шестерными петлями просты и удобны. Ими можно застелить весь земной шар, не то что без единой складочки, но даже без морщинки. А вот коврами с восьмерными петлями земной шар не закроешь (но может и не надо?), поэтому восьмерные петли в них чередуются с четверными, как в **апофиллите**, а то и пятерными, как в **семеновите**. Однако конкуренты не дремлют и чего только не придумают, чтобы придать своим изделиям товарный вид. **Эканиит**, к примеру, добавил к апофиллитовому коврам плиссиров-

ку, и тот стал объемнее и теплее, а **кавансит** и **карлетонит** идею развили и добавили полосатость. Ковер стал еще привлекательнее. Борат **иохачидолит** соткал ковер из тетраэдров, в котором чередуются шестерные и четверные петли.

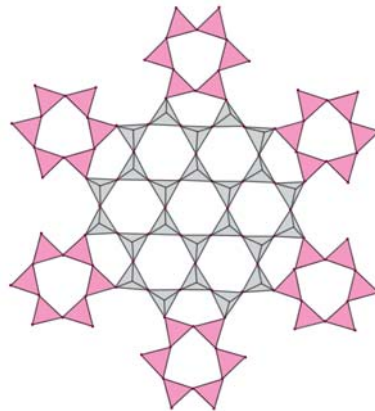
Тонкие ковры (односторонние или двусторонние) изящны, но холодноваты. Другое дело двухслойные, утепленные. **Тоберморит** соткал такой ковер из волластонитовых нитей. Утепленные ковры с шестерными петлями оказались у **латиумита** и **тусканита**. А вот ковры **делхайлита**, **макдональдита** и **роудзита** не такие уж и теплые, хотя и двухслойные: в них кроме четверных петель есть и восьмерные дыры. **Эвидимит** позаимствовал у эпидидимита (ну прямо эпидемия какая-то) его ленты и соткал двухслойный ковер, в котором чего только нет — шестерные и четверные петли еще куда ни шло, а вот двенадцатерные — явный перебор. Такие же и у **манганопиромалита**. Ковер **цеофиллита** с двенадцатерными петлями соткан из изысканных краускофитовых нитей (с помощью пуговиц, которые пристегивают каждые четыре тетраэдра). Конечно, красиво, но непрактично. Какой толк от толстого ковра, если он дырявый. Но самый дырявый ковер у **лейкосфенита** — из стокситовых нитей.



Петли из 14 тетраэдров настолько велики, что с ними может сравниться разве что швейцарский сыр, да и то самого лучшего сорта. Но если большие дырки делают сыр вкуснее, то для ковра, хотя бы и двойного, они бесполезны, ведь ими ничего не закроешь.

Самый пушистый трехслойный ковер у **зусманита**. Он как перина, и даже самая привередливая принцесса не догадается, что под ней запрятаны атомы натрия.

Однако некоторые ковры не ткут, как в старые добрые времена, а мастерят, причем из чего попало — хорошо еще, если из обрывков разных нитей или, на худой конец, из колец, а то и вовсе из труб. К примеру, **науязкзит** одолжил у своего друга **нарсарсукита** (хороша парочка!) трубки, соединил их бабочками, и ковер готов. А **стильпомелан** сделал стильный ковер из слюдяного, разрезав его на кусочки по 24 тетраэдра. Каждые два кусочка сложил вместе изнанкой друг к другу, а чтобы тетраэдры не слиплись донышками, поставил по периметру распорки из шести миларитовых браслетов. Получился двухслойный ковер с узором из шестерных, пятерных и восьмерных петель. Залюбуешься!

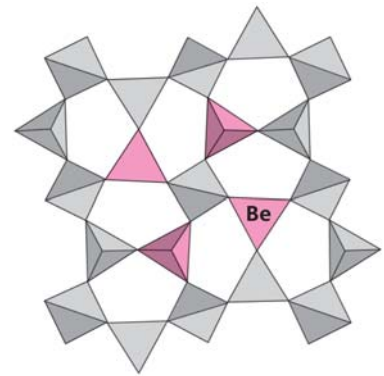


Кому же не хватило ниток (или терпения), ограничились ковровыми дорожками. **Честерит**, например, соткал свою дорожку из трех пироксеновых нитей.

Серия шестая

Время шло, а поток претендентов не кончался. По правде говоря, теперь изделия отличались не столь оригинальностью, сколь деталями. Кварц уже не сомневался, что силикатный народ силен на выдумки, и боялся, что конкурс затянется. Поэтому он предложил показывать только из ряда вон выходящее. Самые смекалистые, насмотревшись рекламы «два в одном», стали объединять все, что попадется под руку (по-научному это называется разнородные тетраэдрические анионы).

Эпидот, **рустумит**, **пумпелиит** и еще кое-кто из этой компании показали одновременно бабочку и обыкновенный тетраэдр-пуговицу. Как говорится, скромненько, но со вкусом. **Кильхоанит** и **арденнит**, тоже не мудрствуя лукаво, объединили все самое простое — подвеску из трех тетраэдров и опять же пуговицу. **Диверсилит** сначала выкатил тройное колечко, потом добавил к нему все ту же пуговицу. **Джосмитит** вытянул пироксеновую цепочку и впридачу — опять пуговицу. **Мелифанит** развернул ковер с квадратными петлями из 16 тетраэдров, в середину петли поместил злополучную пуговицу, а чтобы она не вывалилась, пристегнул ее к петле еще четырьмя пуговицами из бериллия.

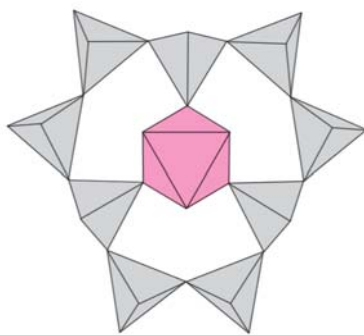


Однако пуговицы всем изрядно надоели, хотя бы и бериллиевые. Тогда перешли на бабочек. **Траскит**, прославившийся ожерельем из 12 тетраэдров, до-

Диверсилит, фактурный материал

полнил его еще и бабочкой. **Мизерит** к канаситовой трубе также присоединил бабочку. Но вот и бабочки закончились. В ход пошли более крупные детали. **Бавенит** добавил к трубе подвеску из трех тетраэдров (пустяк, но приятно). **Виноградовит** к своей собственной ленте добавил пироксеновую цепочку. Честолюбивый **честерит** заимствовал у пироксена несколько нитей, чтобы соткать ковер, но пожадничал, и их хватило лишь на трехрядную ковровую дорожку и обыкновенную амфиболовую ленточку. Широкая натура **окенита** не позволила ему мелочиться, и он предъявил ковер из ксонотлитовых нитей, а к нему добавил ленту из волластонитовых нитей. Его примеру последовали другие, но явно перестарались. **Рейерит** и **трускотит** развернули перед зрителями два ковра, тонкий однослойный и толстый двухслойный. **Ягоит** предъявил два ковра, тоже тонкий и толстый. Зрители недоумевали: и как только им удалось поместить два ковра в одном флаконе (то бишь минерале)?

Но **эвдиалит** превзошел всех, предъявив одновременно тройное кольцо, девятерное ожерелье и шестерной браслет (правда, не из тетраэдров, а из кальциевых октаэдров). Все были потрясены — три в одном!



И хотя дырка не только в кольце, но и в ожерелье треугольная, эвдиалит использовал этот «недостаток». Ловко жонглируя дополнительными тетраэдрами и октаэдрами, он затыкал ими дырку в ожерелье и превращал его в броши, инкрустированные то кремнием, то титаном, то ниобием, то вольфрамом. А материала ему хватало, поговаривали, что в его закромах чуть ли не четверть элементов таблицы Менделеева. Сам он при этом превращался то в **икранит**, то **расцветаевит**, то **хомяковит**, то **георгбарсановит**, то еще в какой-нибудь «ит», соответственно перекрашиваясь то в желтый, то в розовый, то в красный, то в зеленый цвета. Феерическое зрелище завораживало, и эвдиалит чуть не стал победителем конкурса.

Но опять нашлись завистники, не простившие ему царст-

венное положение*, и припомнили прозвище «лопарская кровь». Мудрый эвдиалит не обиделся и спокойно, с достоинством покинул подмости, уступая место другим. Однако желающих больше не было, никто не решился выступить после него. Подиум опустел, конкурс закончился.

Эпилог

Долго молчал Кварц, потрясенный всем увиденным. Он задумался так глубоко, что стал дымчатым. Наконец, в тишине раздался его голос. «Нет на Земле ничего прекраснее минералов. Звезды украшают небо, а минералы украшают землю. И я не вправе сказать, кто из вас лучше. Все хороши по-своему. Ваши краски — яркие и не очень — дополняют друг друга: если в радуге пропадет хотя бы один оттенок, она перестанет быть радугой. А ваши внутренние сокровища неисчерпаемы и поражают гармонией всякого, кто способен их увидеть. В этом конкурсе нет победителей, потому что победил каждый. Расходитесь по домам и продолжайте радовать всех живущих на Земле». ■

* См. *Расцветаева Р.К.* Царь Эвдиалит и его династия // Природа. 2001. №4. С.63—67.

Из научных трактатов

Данные о том, как складывалась экология относительно окружающей ее фауны, в какой-то мере содержат находки костей на поселениях. *(Несчастную фауну окружает экология... Кто бы подумал!)*

*

Животные захоронены непосредственно на поверхности обитания. *(Видны ручки, видны ножки, все на виду!)*

*

Сопоставив различия между молекулами у волка и койота с палеонтологическими датировками момента расхождения этих двух видов, ученые определили среднюю скорость эволюционных изменений их митохондриальной ДНК. *(Эволюция, эволюция... Взял две молекулы, сравнил — и эволюция готова.)*

*

Продолжается и косвенное воздействие на биоту путем расширения фактора беспокойства и периодически возникающего пирогенного фактора. *(Ну как тут выжить, если все факторы расширяются!)*

*

Одомашнивание собаки человеком — это не просто формирование симбиоза... *(А мы-то думали, что одомашнивали волка, и вовсе не для симбиоза.)*

*

Недавние исследования мтДНК показали, что возраст домашней собаки не превышает 15 тыс. лет. *(А теперь бедолага редко доживает до 20 лет.)*

*

Температуры июля мы привели к уровню моря... *(Без комментариев.)*

*

...все виды демонстрировали пики поглощения... *(Т.е. показывали, как топ-модели?)*

...человек прямоходящий, потомки которого позже оставили свои ископаемые останки... *(Бедные потомки...)*

*

Из яйца появляется непитающаяся личинка, которая линяет на активную шестиногую паразитическую личинку. *(И сидит на этом шестиногом паразите?)*

*

Находка ископаемого человека, возраст которого близок к 1 млн лет... *(Долго жил, жаль, что не дотянул до миллиона.)*

*

H. erectus некогда разбился на два разных вида. *(Потому и исчез с лица Земли, что разбился.)*

*

Адаптированные к разным условиям коконы показывали близкие значения. *(Что-то не видать у коконов приспособлений для показа.)*

*

Легендарное научно-исследовательское судно, проводя работы у берегов Камчатки и Курильских о-вов, выловило один из видов... *(А люди-то что делали?)*

*

...выработалось замечательное приспособление для обеспечения выживания в наилучших условиях... *(Слабо бы в наихудших!)*

*

Адаптированные коконы шелкопряда имели пики... *(В виде иголок, что ли? Как у ежа?)*

*

Некоторые мужчины обладают укороченной аллелью... *(Так им и надо!)*

*

Паразит слинял вместе с кутикулой... *(Ветренная была особа!)*

Следы жизнедеятельности

Письменные работы школьников, собранные оргкомитетом и жюри Школьной биологической олимпиады МГУ, стали неиссякаемым источником для публикаций в апрельских номерах «Природы» (см. 2002, 2004 гг.). Здесь мы предлагаем еще один набор «перлов».

Апрельский факкультет

Крот не видит, но чувствует и роет.

*

Борьба за сосуществование.

*

Ошибка опыта в том, что он проведен неверно...

*

Сосна №1 выросла в нормальных условиях, так как и иголки, и ветки на ней присутствуют.

*

Они едят меньших братьев по классу...

*

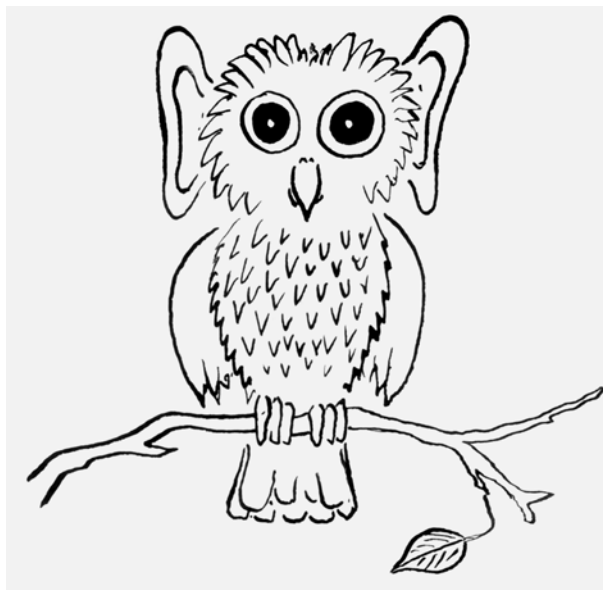
Следы жизнедеятельности.

*

Клещевой энцефалит переносят клещи-энцефалиты.

*

Хотя не все ли равно, где скелет находится?



Уши нельзя не заметить на «лицах» кошки, обезьяны и совы.

*

Путем скрещивания украинской коровы и английского хряка получен новый вид быков «Асканий».

*

Оскарیدا.

*

Слепни поедают коров, и поэтому огурцы могут расти спокойно...

*

Основой укусов змей стали гнилые зубы.

*

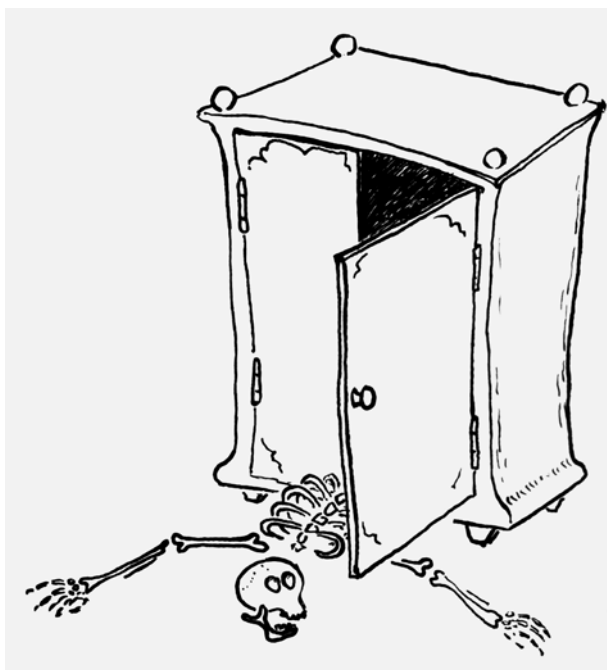
В организме должен происходить гомеостаз!

*

Конечно, быть съеденным не очень-то хорошо...

*

Чтобы звук был слышен (не тухнул)...



Перекрестное самоопыление.

*

Дятлы долго не живут, они погибают от сотрясения мозга...

*

Если вырубить лес, то грибы завянут.

*

Клетки пыли, содержащиеся в носовой полости...

*

Горным растениям не нужен большой рост, так как им все видно с горы.

*

Этого не может быть, но иногда бывает.

*

У акулы на спине должен быть поплавок, а на брюшной стороне — два поплавка.

*

Губка-бродяга.

*

В «семье» лев-самец исполняет роль королевы.

*

Восполняя умственное слабоумие...

*

У дятла для долбления есть приспособления...



Перепончатокрылый вампир.

*

Однажды, когда змеи еще не были ядовитыми, у одной змеи появилось желание кого-то уку- сить...

*

С эволюционной точки зрения они являются де- генератами.

*

Образование стада — наиболее высокая ступень развития.

*

Период особо тяжелых условий (разведение и вы- кармливание потомства)...

*

Например, уберем [из системы] хищную рыбу. Значит, умирать ей уже не придется...

*

У бактерий могут быть рудиментарные органы. Например, человеческий аппендикс.

*

Есть и другие причины, но времени у меня нет...

© Проиллюстрировал и подготовил Г.М.Виноградов



**Антропология.
Археология**

Скелет гигантского человека

В апреле 2004 г. мусульманский мир взбудоражила новость, опубликованная в одной из бангладешских газет: на ее страницах была напечатана фотография скелета, принадлежавшего... древнему гигантскому человеку, рост которого достигал высоты пяти-шести-этажного дома. В сопровождавшем тексте рассказывалось, что это чудische обнаружено геологами-нефтяниками компании «Агамсо», бурившими землю на территории Пустого квартала в пустыне Нефуд-Дахи (Саудовская Аравия).

Ажиотаж охватил журналы, газеты и страницы Интернета всех арабских и не только арабских стран; он подогревался тем, что в древних книгах, трактующих Коран, можно найти указание на то, что первый на Земле человек — Адам — был ростом 60 кубитов (локтей), а это соответствует примерно 27,5 м. Следовательно, мусульманские письменные источники нашли реальное подтверждение, а современная археология и антропология посрамлены...

Каково же было смущение легковерных, когда выяснилось, что фотография сделана на основе скелета мастодонта, недавно обнаруженного палеонтологами Корнеллского университета (Итака, штат Нью-Йорк), когда они вели раскопки рядом с американским городком Хайд-Парк в том же штате.

Фотографию слоновьего предка использовал некий участник конкурса фотофальшивок, организованного в Интернете. Он и не думал вводить никого в заблуждение, когда, манипулируя другими изображениями, мастерил свою «композицию», передавал ее жюри

и надеялся на премию и телевизионное воспроизведение своего детища. Теперь же он попросил не предавать свое имя гласности: разгневанные почитатели Пророка могут ему за это и шейные позвонки свернуть.

Science. 2004. V.304. №5675. P.1239 (США).

Биология

Медвежья спячка и... космические полеты

Продолжительное пребывание в неподвижном состоянии или нахождение в длительных космических полетах вызывает ослабление костных тканей, что может стать причиной остеопороза. Подобные последствия отмечают у большинства животных, впадающих в зимнюю спячку (белок, хомяков, летучих мышей). Однако без последствий выходит из зимней спячки черный американский медведь (*Ursus americanus*). По сообщению С.У.Донахью (S.W.Donahue; Мичиганский технологический университет, США), зимняя спячка продолжительностью в несколько месяцев не наносит какого-либо ущерба ни скелету, ни мускулатуре животного. Ранее полагали, что объясняется это устойчивым балансом между гормонами, ответственными за резорбцию (рассасывание) костей и течением остеогенеза.

В отличие от человека, у медведя ослабление костных тканей компенсируется постоянно протекающим остеогенезом, и, что особенно интересно, этот процесс активизируется, когда животное выходит из спячки. С другой стороны, поспывая во время спячки медведь, в отличие от других животных, впадающих в нее, не выделяет мочу, он не теряет кальций, и, следовательно, происходит непрерывное рецик-

лирование этого важного элемента в остеогенезе. Не подсказывает ли таким образом медведь человеку, как можно без ущерба для организма совершить длительный полет на Марс?

Sciences et Avenir. 2004. №684. P.23 (Франция).

Этология

Левши и правши среди осьминогов

Группа этологов во главе с Р.Бирн (R.Byrne; Венский университет, Австрия) пришла к заключению, что, хотя природа и даровала осьминогу восемь рук, он всегда предпочитает действовать только одной из них.

До сих пор этологи только подозревали, что эти головоногие моллюски пользуются той рукой, которая наиболее удобна в определенной ситуации. Однако наблюдения Бирн и ее коллег показали, что как только осьминоги начинают исследовать какую-то полость или оказываются перед незнакомым объектом, они всегда действуют одной и той же рукой (хотя у каждой особи руки различаются): она всегда вытянута вперед и находится перед одним из двух глаз осьминога.

По данным австрийских ученых, прежде чем действовать предпочтительной рукой, осьминог оценивает ситуацию соответствующим глазом предпочтения. В отличие от кальмаров и каракатиц, осьминоги бросаются на привлекающие их объекты не по прямой, а сбоку. Наблюдения показали, что осьминоги в 92% случаев постоянно используют только один из двух глаз.

Отвечая на вопрос, кого же среди осьминогов больше — праворуких или леворуких, Бирн полагает, что 50 на 50.

Science et Vie. 2004. №1043. P.11 (Франция).

Археология

Пещерная живопись в Англии

В июле 2004 г. английские и испанские специалисты по палеолитическим рисункам при повторном исследовании пещеры Черч Холл, находящейся в Кресуэлл Крэгс (графство Ноттингемшир) обнаружили на ее известняковых стенах невиденные прежде изображения животных¹. Теперь к 12 рисункам птиц и оленей, найденным в 2003 г., добавились еще 95 рисунков; среди них — изображения нескольких быков, головы лошадей, медведей, различных пернатых.

С середины 90-х годов XX в., когда в Боксгроуве (графство Сассекс) были найдены останки гоминид эпохи палеолита, в Великобритании не было сделано каких-либо значительных открытий, относящихся к этому времени.

Sciences et Avenir. 2004. №691. P.25 (Франция).

Геофизика

Второй международный геофизический год

В 2007—2008 г. будет проводиться Второй международный геофизический год. Конгресс США принял резолюцию, в которой президенту предлагается представить подробный план участия в нем этой страны. Проект документа составлен в Национальной академии наук, Национальном научном фонде и НАСА США — головных в данном мероприятии учреждениях. Подчеркнута важная роль Национального геофизического центра США и американской части системы Мировых геофизических центров в сборе, хранении и распространении материалов, получае-

¹ Английское искусство каменного века // Природа. 2004. №5. С.40.

мых в ходе наблюдений, экспериментов, экспедиций и т.п.

Существенным отличием от МГГ 1957—1959 г. будет широкое использование электронных средств наблюдений, концентрации, рассылки и анализа данных как через Мировые геофизические центры, так и через Интернет. Этому будут способствовать и создаваемые «виртуальные обсерватории», которые комплектуют все массивы данных по определенным регионам и дают их описание с учетом времени и места получения. Доступ к данным получат и наземные службы управления системами искусственных спутников Земли.

Сообщения о намерении участвовать в предстоящем МГГ-II поступают от все новых научных коллективов различных стран.

Earth System Monitor. 2004. V.14. №2. P.3 (США).

Гидрология. Охрана природы

Сохранится ли Мертвое море?

Мертвое море — крупнейшее в мире соленое озеро и самое низкое место на поверхности суши (405 м ниже ур.м.) — сжимается, как шагрeneвая кожа. Ежегодно его уровень понижается на 1 м, поскольку питающая его река Иордан иссыкает: слишком много воды уходит на обеспечение водой населения и орошение. С 1960 г. площадь озера сократилась на треть, и если не будут предприняты срочные меры к его сохранению, через 50 лет оно исчезнет.

Мертвое море — место массового туризма: оно славится лечебными источниками с высоким терапевтическим эффектом, прибрежные оазисы населяет уникальная флора и фауна, к тому же этот район тесно связан со многими событиями библейской истории. А еще

здесь ведется добыча калия — ценного сырья для производства минеральных удобрений.

Международный комитет экспертов выступил недавно с проектом сохранения Мертвого моря. К нему предлагается проложить канал длиной в 200 км от Красного моря — ежегодный приток воды составит 1800 млн м³. Предусматривается сооружение завода по опреснению морских вод производительностью 850 млн м³ в год и ГЭС для обеспечения его электроэнергией. Израиль, Иордания и Палестинская автономия намерены обратиться к Всемирному банку с запросом о предоставлении 5 млрд долл. США на строительство и техническое оснащение канала.

Science et Vie. 2004. №1044. P.29 (Франция).

Охрана природы

Аргентинские муравьи-агрессоры

Биолог Э.Сьюр (E.Suhr; Университет Монаш, Мельбурн, Австралия) обнаружила в буквальном смысле под городом Мельбурном гигантское скопление аргентинских муравьев (*Linepithema humile*). Суперколония занимает территорию диаметром в 100 км; ее обитатели все возрастающими темпами истребляют других насекомых, создавая серьезную угрозу биоразнообразию. У себя на родине эти муравьи не представляют такой опасности, поскольку разные популяции воюют друг с другом. Однако проникнув в 1939 г. в Австралию, *L.humile* перешли к войне с местной фауной.

Австралия не единственная страна, которая страдает от этих агрессивных вселенцев. Другая их суперколония обособилась на всем средиземноморском побережье Франции — от Периньяна до Ниццы.

Science et Vie. 2004. №1045. P.36 (Франция).

Видовая ненасыщенность современных биот

В.В.Акатов

Последние 2 млн лет (время существования на Земле человека) характеризуются чрезвычайно высокой климатической нестабильностью по сравнению с другими геологическими периодами. В плейстоцене ледниковые катастрофы неоднократно сменялись теплыми межледниковьями. В результате в голоцене произошла радикальная перестройка биот, вымерло огромное число биологических видов. Мир стал иным. Означает ли это, что в современных относительно мягких условиях середины очередного межледниковья в биотах умеренной зоны Северного полушария могло бы существовать гораздо большее разнообразие растений и животных. Если да, то можно ли ледниковые периоды считать единственной причиной видовой ненасыщенности (т.е. неравновесности по отношению к существующим условиям) современных биот? Ответить на этот вопрос очень непросто.

Как определить то, чего нет?

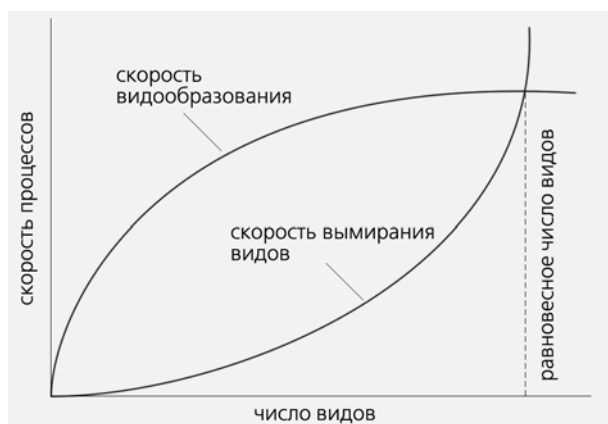
Считается, что значительная устойчивость многих ненарушенных экосистем к внедрению чужеродных видов, а также некоторые хорошо известные биогеографические закономерности (к примеру, зависимость видового богатства сообществ от географической широты и климатических условий территорий), казалось бы, могут свидетельствовать в пользу предположения об



Валерий Владимирович Акатов, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и заповедного дела Майкопского технологического университета. Занимается изучением роли исторических и региональных процессов в формировании видового богатства современных растительных сообществ.

эволюционной насыщенности многих современных биот. Но нередко высказывается и противоположная точка зрения. Например, что различия в видовом богатстве кустарниковых сообществ Калифорнии, Южной Африки и Австралии или умеренных лесов Восточной Азии, Европы и Северной Америки, а также мангровых лесов на разных континентах, растительности арктических тундр различных районов Евразии, альпийских лугов разных горных систем зависят не столько от современных условий среды, сколько от исторических особенностей их формирования и, соответственно, разного уровня их видовой ненасыщенности. Более того, существует предположение, что снижение видового богатства сообществ от экватора к полюсам может быть связано с историческими и эволюционными факторами даже более, чем с современными условиями среды. Из этого следует, что тропические леса богаче видами, чем леса умеренной области, в значительной мере из-за того, что долго и непрерывно эволюционируют, тогда как биомы более близких к полюсам регионов до сих пор не сформировались или не восстановились после плейстоценовых оледенений [1].

Таким образом, сделать однозначный вывод об уровне видовой ненасыщенности современных биологических сообществ весьма сложно. Обычно для этого предлагают сравнивать видовое богатство биот, которые сложились в сходных условиях среды, но в разных регионах мира и с разной геологической историей. Однако такой способ требует большой осторожности при объяснении результатов сравнения, поскольку часто не совсем ясно, какие условия можно считать сходными и насколько значимы наблюдаемые между ними экологические различия. Решению проблемы могла бы способствовать подробная геологическая летопись эволюции современных биот, но ее неполнота превращает раскрытие эволюционных закономерностей изменения видового разнообразия в сложнейшую задачу.



График, отражающий связь двух скоростей — видообразования и вымирания (глобальная модель разнообразия Р.Риклефса). Скорость первого процесса растет пропорционально числу видов, имеющихся на данной территории; увеличивается также и скорость вымирания. Точка пересечения кривых соответствует равновесному числу видов. Чем благоприятнее условия среды, тем ниже располагается кривая вымирания и выше равновесное число видов. Биоты, не достигшие точки равновесия, считаются ненасыщенными.

По мнению известного эколога М.Бигона, многие сообщества, по-видимому, действительно не насыщены видами, но точно оценить степень их близости к равновесному состоянию не представляется возможным. В последние два десятилетия биогеографы и экологи ведут жаркие споры о роли исторических факторов в формировании современного видового богатства лесов различных регионов Северного полушария. Американский эколог Д.Курье, обсуждая результаты этой дискуссии, пришел к выводу о практической непроверяемости исторической гипотезы.

Можно ли считать вынесенный приговор окончательным? Думаю, что нет. Мы предполагаем, что относительный уровень видовой насыщенности (ненасыщенности) однотипных сообществ может быть определен через соотношение их видового богатства на небольших (n) и более крупных (N) однородных участках. Постоянство соотношения между значениями этих параметров (N/n) у разных, но сходных по структуре сообществ может рассматриваться как свидетельство хорошего соответствия их видового богатства условиям среды, а следовательно, об их равновесности либо, по крайней мере, об их равной удаленности от этого состояния. Если же сравниваемые биоты находятся на разном удалении от точки равновесия, следует ожидать значительного варьирования N/n , обусловленного более высокой чувствительностью N , чем n к воздействию исторических факторов. Чем меньше значение этого соотношения, тем выше уровень ненасыщенности анализируемых сообществ.

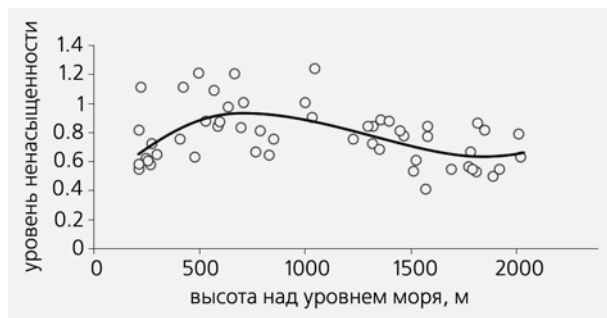
Существует немало полевых наблюдений, выполненных в разных регионах мира и на разных объектах, подтверждающих это предположение [2, 3].

Аргументы с Кавказа

Первоначально мы использовали данный подход для оценки степени ненасыщенности ряда высокогорных луговых сообществ Западного Кавказа, расположенных на изолированных лесом массивах. Была выявлена положительная зависимость между уровнем видовой насыщенности и площадью изолированных местообитаний, которые занимали анализируемые сообщества, что соответствовало предсказаниям теории островной экологии Р.Мак-Артура и Е.Уилсона [4]. Однако в некоторых случаях, как оказалось, ненасыщенность высокогорных сообществ может быть связана не только с их изоляцией, но и с незавершенностью эволюционного формирования. Действительно, несмотря на мнение большинства ботаников, считающих высокогорную флору Большого Кавказа исторически древней, сформированной в основном в третичном периоде, некоторые ученые предполагают, что процессы видообразования и расселения видов здесь продолжают до сих пор. Проверка этой гипотезы, т.е. определение относительного уровня насыщенности высокогорных сообществ Западного Кавказа и выявление факторов, обуславливающих их близость к равновесному состоянию, — чрезвычайно интересная научная задача.

В качестве объектов исследований мы выбрали наиболее характерные для района растительные сообщества различных типов: группировки растений подвижных осыпей альпийского пояса, альпийские луга и пустоши, альпийские ковры (сообщества, приуроченные к западинам и ледниковым карам с длительным залеганием снега), различные типы субальпийских лугов. Оказалось, что высокогорные сообщества Западного Кавказа отличаются уровнем видовой насыщенности, причем различие достигает 40%.

Ближе всего к равновесному состоянию находятся те сообщества субальпийских лугов, которые сформировались на известняках, а не на сланцах и гранитах. Но и те, и другие субальпийские сообщества имеют более высокий уровень видовой насыщенности, чем альпийские. Удивительно, что в альпийском поясе эволюционно зрелыми или относительно близкими к этому состоянию оказались сообщества экстремальных местообитаний (группировки растений подвижных осыпей, альпийские ковры и пустоши), а не сообщества, развивающиеся в более благоприятных условиях среды (альпийские луга) [3]. На самом деле объяснить это не так уж и сложно, ведь чем хуже условия среды для растений и, соответственно, меньше видовое богатство сообществ в равновесной точке, тем, при прочих равных условиях (время и скорость формирования), меньше промежуток времени, необходимый для достижения ими состояния равновесия. Так как уровень видовой



Изменение уровня видовой насыщенности лесных фитоценозов на северном макросклоне Западного Кавказа с увеличением высоты над уровнем моря. За эталон приняты широколиственные леса Юго-Западной Японии. Считается, что умеренные широколиственные леса Центрально-Восточной Азии, в том числе и Японии, более насыщены видами, чем другие аналогичные сообщества Северного полушария.

насыщенности сообществ может также зависеть от времени их непрерывной эволюции (т.е. возраста и скорости их формирования), можно предположить, что сообщества субальпийских лугов либо древнее по происхождению, либо отличаются более высокой скоростью формирования по сравнению с альпийскими сообществами. Мы склонны считать, что субальпийские луга значительно старше альпийских, поскольку высокогорные сообщества формировались за счет перегруппировки и изменения видов ниже расположенных горно-лесных ландшафтов в процессе долгого поднятия территорий. Подтверждают это и некоторые ботаники (А.И.Толмачев, Р.И.Гагидзе, В.Н.Стародубцев), установившие, что многие из современных альпийских видов растений происходят от видов субальпийского разнотравья как исторически предшествующего типа.

Высокий уровень видовой насыщенности субальпийских лугов, сформированных на карбонатных породах, не стал для нас неожиданным. На высокую специфичность и значительное богатство именно известняковых флор неоднократно обращали внимание многие ученые. Очевидно, этот феномен может быть связан не только с физическими или химическими особенностями горной породы как субстрата, но и с ее древностью на Кавказе, а также со значительной разобщенностью известняковых хребтов и массивов, что способствовало активному формированию новых видов (В.П.Малеев, А.И.Галушко).

Таким образом, полученные результаты в целом хорошо соответствовали представлениям об эволюции высокогорной растительности Кавказа. И все же мы понимали гипотетичность этих представлений. Кроме логических заключений, основанных на данных о темпах подъема гор, анализе ареалов видов, их экологии, таксономической близости и т.п., прямых свидетельств, которые говорили бы о возрасте высо-

когорных сообществ, мы не имеем, так как травянистые виды практически не представлены в ископаемом состоянии.

Наиболее перспективен в этом отношении древесный ярус горно-лесных сообществ Западного Кавказа, представители которого довольно обычны в палеонтологических захоронениях этого района.

Ядро современной лесной флоры Западного Кавказа, судя по палеонтологическим материалам, сформировалось многие миллионы лет назад, в третичном периоде. Однако общее похолодание и усиление континентальности климата в плиоцене, а также резкие климатические колебания плейстоцена способствовали значительному обеднению видового состава. Правда, интенсивность этого процесса была различной в разных экологических группах растений, на разных высотах и макросклонах Кавказского хребта.

По общему признанию (А.А.Колаковский, Р.Н.Раптиани, А.И.Галушко, С.М.Бебия), наиболее древние из современных горно-лесных сообществ региона — буковые и буково-пихтовые леса среднегорья. Уже к плиоцену они состояли в значительной мере из современных видов древесных растений и отличались лишь несколько большим разнообразием хвойных пород. Во время плейстоценовых оледенений эти хвойные вымерли, и абсолютное доминирование получили современные голосеменные. Однако в целом при существенных похолоданиях среднегорные леса могли смещаться на более низкие высоты и переживать суровый климат с наименьшими изменениями видового состава и структуры. Как и следовало ожидать, древесный ярус буковых и буково-пихтовых лесов, расположенных как на северном, так и на южном (обращенном к Черному морю) макросклонах Кавказского хребта, характеризуется в среднем наиболее высоким уровнем насыщенности по сравнению с сообществами других типов. В этом отношении они очень близки к горным лесам востока Северной Америки, но несколько уступают умеренным широколиственным лесам юга Японии.

Более молодые по сравнению со среднегорными лесами сообщества субальпийского березового криволеся расположены на верхнем пределе распространения лесной растительности. Их древесный ярус сформирован небольшим числом кавказских и северных видов (береза Литвинова, близкая к березе пушистой, клен высокогорный, рябина обыкновенная, ива козья), которые, как свидетельствуют палеонтологические данные, появились на Кавказе только в начале плейстоцена или конце плиоцена. Поэтому, видимо, уровень насыщенности древесного яруса этих лесов (примерно на 20—30%) ниже, чем буковых или буково-пихтовых сообществ, несмотря на то, что лишь немногие виды холодно-умеренного климата, формирующие березовое криволестье, исчезли с территории Западного Кавказа в четвертичный период [5].

Низинные и предгорные леса Западного Кавказа, особенно южных склонов, обращенных к Черному морю, вплоть до плейстоцена включали субтропиче-



Растительные сообщества Западного Кавказа с наиболее высоким уровнем эволюционной полночленности видового состава. Вверху — среднегорные буковые и буково-пихтовые леса, внизу — субальпийские среднетравные луга и растительные группировки экстремальных местообитаний альпийского пояса.

Фото С.А.Трепета



ские виды растений. В результате похолодания климата в плиоцене и плейстоценовых оледенений видовой состав этих лесов более всего обеднел и изменился, и они превратились в современные дубовые, каштановые или широколиственные полидоминантные леса с вечнозеленым подлеском. Поэтому неудивительно, что средний уровень насыщенности таких сообществ один из наиболее низких в регионе.

По сравнению с буковыми и буково-пихтовыми лесами Кавказа он ниже примерно на 25%, а с широколиственными лесами Японии — на 35%.

* * *

Итак, есть все основания полагать, что многие растительные сообщества Западного Кавказа характеризуются значительной ненасыщенностью вида-

ми. В одних случаях она связана с нарушениями, вызванными климатическими колебаниями в плейстоцене, а в других — с незавершенностью процесса их формирования в более ранние периоды геологической истории региона. Одна из возможных причин, из-за которой формирование сообществ не завершилось, — все те же колебания условий среды в четвертичном периоде. Вымирание в связи с этим значительного числа преимущественно узкоспециализированных видов, даже на фоне возможного появления новых, безусловно, сдерживало рост видового богатства неравновесных сообществ. Кроме того, возможно, в плейстоцене замедлились темпы эволюции сосудистых растений, так как частота смены климата была столь высокой, что эволюция просто не смогла ее освоить [6]. Однако эти объяснения все же вряд ли можно считать исчерпывающими, поскольку замедление темпов эволюции древесных видов на Кавказе началось, по крайней мере, с середины плиоцена, а различие в уровне насыщенности высокогорных луговых сообществ сложилось, вероятно, к концу миоцена.

По-видимому, есть более глубокие причины этого феномена. Так, по мнению палеонтологов, неравномерность темпов видообразования — обычное явление в эволюции биот: периоды их перестроек как правило перемежаются с периодами медленных изменений. Причем было замечено, что увеличение темпов видообразования происходит после массовых вымираний видов и снижения степени заполненности экологических ниш, а предпосылкой самих вымираний служит избыток в эволюционно зрелых биотах специализированных видов, делающих эти системы чувствительными к любому внешнему толчку [7, 8]. Данные наблюдения позволили предположить, что неравномерность темпов эволюции связана не столько с узко биологическими, сколько с экологическими причинами, т.е. является следствием ненасыщенности или насыщенности видами сообществ [7—10].

В соответствии с этой гипотезой низкая скорость видообразования обусловлена в основном высокой целостностью (насыщенностью видами) сообществ.

При ее нарушении равновесие относительно быстро восстанавливается за счет ускоренного формирования новых видов. Однако наши результаты не согласуются с этим предположением. Нам ближе точка зрения экологов и биогеографов, считающих, что ненасыщенность биот широко распространена и устойчиво существует в течение эволюционно длительных периодов времени [1, 11]. Этого, впрочем, не отрицают и сами палеонтологи. Так, А.Ю.Журавлев обратил внимание, что после массовых вымираний в доисторические времена освободившиеся ниши далеко не всегда заполнялись со стремительностью, пропорциональной степени опустошения. Темпы образования новых видов в такие периоды ничем не отличались от фоновых, видимо, из-за сдерживающих, сугубо биотических факторов. Да и после создания первичной структуры биот период их окончательной стабилизации, по мнению В.В.Жерихина, может продолжаться миллионы лет. Из этого следует, что пониженная напряженность конкурентных отношений в биологических сообществах с неравновесным числом видов обязательное, но все же недостаточное условие высокой скорости эволюционных процессов. Соответственно, неравномерность темпов эволюции организмов связана не с одним лишь экологическим регулированием. Таким образом, причина этого явления, а вместе с ним и видовой ненасыщенности современных биот, все еще остается загадкой.

В завершение замечу, что, несмотря на обоснованность предлагаемого подхода к оценке роли исторических факторов в формировании видового богатства биологических сообществ и правдоподобность полученных результатов, мы рассматриваем все изложенное лишь в качестве гипотезы, безусловно, требующей всесторонней проверки на различных объектах. Будущее покажет, насколько изучение уровня видовой насыщенности современных биот способно внести вклад в разрешение спорных вопросов теории эволюции. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 97-04-48360 и 00-04-48802.

Литература

1. *Latham R.E., Ricklefs R.E.* Continental comparisons of temperate-zone tree species diversity // Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives. Chicago; L., 1993. P.294—315.
2. *Акатов В.В., Чефранов С.Г., Акатова Т.В.* // Журн. общ. биол. 2002. Т.63. №2. С.112—121.
3. *Акатов В.В., Чефранов С.Г., Акатова Т.В.* // Журн. общ. биол. 2003. Т.64. №4. С.308—317.
4. *Акатов В.В.* Островной эффект как фактор формирования высокогорных фитоценозов Западного Кавказа. Майкоп, 1999.
5. *Ратиани Н.К.* Плиоценовые и плейстоценовые флоры Западной Грузии и их связи с современной флорой. Тбилиси, 1979.
6. *Урусов В.М.* Новые гены антропогена: молодое видообразование на Дальнем Востоке. Владивосток, 1998.
7. *Марков А.В., Наймарк Е.Б.* // Журн. общ. биол. 1994. Т.55. №6. С.673—683.
8. *Журавлев А.Ю.* Количественная палеонтология: кривое разнообразие // Природа. 2002. №9. С.51—54.
9. *Жерихин В.В.* Избранные труды по палеоэкологии и филогенетике. М., 2003. С.450—459.
10. *Красилов В.А.* // Журн. общ. биологии. 1973. Т.34. №2. С.227—240.
11. *Peters R.* Beech forests. Dordrecht; Boston; L., 1997.

Нобелевская премия получена — загадки остались

(История открытия инфекционных прионов)

В.И.Муронец, А.П.Плетень

Губчатая энцефалопатия крупного рогатого скота, или «коровье бешенство», — наиболее известное заболевание последнего десятилетия. Количество публикаций на эту тему в средствах массовой информации можно сравнить с упоминанием проблем, связанных со СПИДом. Хотя совершенно очевидно, что масштабы распространения болезней абсолютно несопоставимы: ВИЧ-инфекцией заражены *несколько миллионов* людей, а достоверных случаев смерти людей от губчатой энцефалопатии — *десятки*.

Существуют две основные причины огромного интереса к такому, казалось бы, мало распространенному заболеванию. Одна из них — экономическая. Выявление одного случая коровьего бешенства приводит к уничтожению всего стада крупного рогатого скота и к запрету потребления мясных продуктов из данного региона или целой страны. Такого рода проблемы приводят даже к международным конфликтам и к серьезным экономическим кризисам. Однако важнее вторая причина — загадочность болезни: ее инфекционный агент — белок, названный прионом, его первичная структура абсолютно



Владимир Израилевич Муронец, доктор биологических наук, профессор, заведующий отделом биохимии животной клетки Научно-исследовательского института физико-химической биологии им.А.Н.Белозерского Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — энзимология, белковая химия, регуляция метаболизма, роль перекисных соединений в индукции апоптоза.



Анатолий Петрович Плетень, кандидат биологических наук, докторант того же отдела. Основные научные интересы связаны с регуляцией метаболизма, особенно ее фармакологических аспектов. Занимается также поиском лекарственных препаратов, предотвращающих заболевания амилоидной природы.

идентична структуре неинфекционного белка, присутствующего в клетках здорового организма. Различие между белками только в их конформации — укладке аминокислотной последовательности в пространстве.

Понять и доказать, что инфекция переносится белком, было очень сложно, так как в основе всех вирусных заболеваний лежит репликация вирусных нуклеиновых кислот и воспроизводство вируса, а белки такой способностью не обладают. За открытие прионов — нового биологического принципа инфекций — в 1997 г. профессор Калифорнийского университета в Сан-Франциско Стенли Прюзинер (Stanley B.Prusiner) получил Нобелевскую пре-

© Муронец В.И., Плетень А.П., 2005

мию, однако болезнь осталась столь же загадочной [1–4]. Недаром один из его научных оппонентов так отозвался на награждение Прузинера: «Нобелевская премия — большая честь, но подлинное удовлетворение ученым приносит установление истины».

Что известно о прионовых заболеваниях?

Существует достаточно много болезней, возникающих в результате агрегации внутриклеточных белков, которая приводит к изменению их локализации, а также формы клеток (рис.1). Хорошо известны амилоидозы, когда в различных органах и тканях образуются агрегаты амилоидных белков (амилоидного протеина, легких цепей иммуноглобулинов, транстиретины, β -2-микроглобулина и др.). Сходный процесс протекает в хрусталике глаза при катаракте — слипание кристаллинов. Вероятно, индуцировать агрегацию могут различные воздействия, и прежде всего окислительный и тепловой стрессы. В этом отношении перечисленные заболевания сходны с губчатой энцефалопатией, принципиальным отличием которой служит ее инфекционный характер (трансмиссионность). Таким образом, полное правильное название этой загадочной болезни — трансмиссивная спонгиозформная (похожая на губку) энцефалопатия крупного рогатого скота.

Как передается и развивается губчатая энцефалопатия? В конце 90-х годов прошлого века в Англии зарегистрировали случаи необычной формы нейродегенеративной болезни Крейтцфельда—Якоба. Как правило, это чрезвычайно редкое (1 на 1 млн человек в год) заболевание прионной природы характерно для пожилых людей. Но к середине 1999 г. выявили около 40 больных молодого и среднего возраста. В мозге умерших обнаружили изменения, характерные для губчатой энцефалопатии крупного рогатого скота, и доказали идентичность прионов, выделенных из мозга умерших людей и животных, пораженных коровьим бешенством.

Возникло предположение о возможном заражении людей прионами, содержащимися в тканях больных животных. К этому времени общие представления о развитии прионных болезней и их передаче внутри одного вида уже сложились. В клетках здоровых животных присутствует нормальный прионовый белок (его обозначили PrP^C), первичная структура которого полностью идентична инфекционному приону (PrP^{Sc}). Однако эти белки сильно различаются конформацией. Инфекционный прион PrP^{Sc} очень стабилен и, в отличие от обычных белков, не расщепляется ферментами (протеиназами), плохо растворяется в детергентах и легко агрегирует. Именно эти свойства и обеспечивают инфекционность PrP^{Sc}: высокая стабильность позволяет ему преодолеть все барьеры на пути от пищеварительного тракта

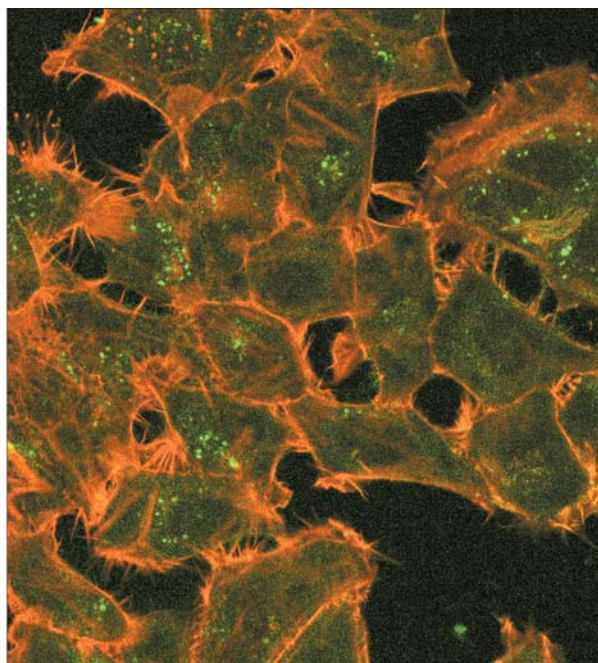
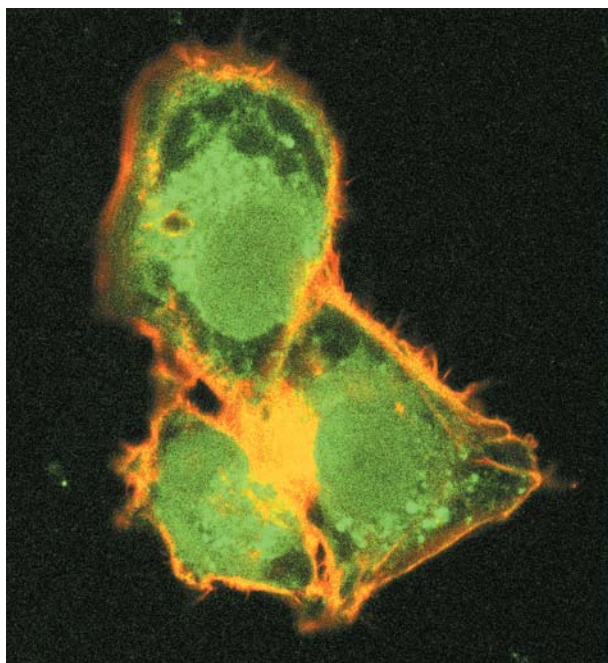


Рис. 1. Белковые агрегаты, образующиеся в клетках при окислительном стрессе. Фотографии здоровых клеток человека (слева) и клеток, обработанных перекисью водорода. Клетки окрашивали специальными флуоресцирующими антителами и исследовали с помощью конфокального микроскопа.

Фото Л.В.Домниной и Е.И.Арутюновой

до клеток мозга, а возникающие высокомолекулярные агрегаты вызывают губчатую энцефалопатию.

Передача прионовых заболеваний внутри одного вида была доказана в нескольких случаях: при употреблении органов и тканей больных животных («коровье бешенство»), при ритуальном каннибализме (болезнь куру). Но в настоящее время стало ясно, что межвидовые барьеры не абсолютны, и в ряде случаев инфекция передается между особями, принадлежащими к разным видам, в том числе и от животных к человеку. Как правило, при этом болезнь развивается не столь эффективно. Однако нельзя исключить, что при определенном сочетании свойств нормального и инфекционного приона развитие болезни может измениться, в том числе и ускориться. Все этапы прионовых заболеваний — от попадания в организм инфекционного агента до патологических изменений в мозге — до сих пор недостаточно исследованы в силу необычности агента, вызывающего эту страшную болезнь.

Можно ли вылечить губчатую энцефалопатию?

Сегодня методы борьбы с прионовыми заболеваниями основаны на эмпирических подходах. Так, показано, что антибиотик тетрациклин, яд гремучей змеи или антималярийные агенты (хлорпромазин и хинакрин) замедляют болезнь и даже полностью удаляют патогенные прионы из организма [2, 3]. Интересно, что последняя работа сделана в лаборатории Нобелевского лауреата С.Прузинера, который вынужден идти по пути эмпирического поиска средств борьбы с прионовыми заболеваниями. Пессимистические ощущения вызывают и эксперименты по биоэлектронике, выполненные в другой первоклассной лаборатории Сьюзен Лундквист, где исследуются дрожжевые прионы [4]. Очевидно, что ясных путей лечения прионовых заболеваний пока не найдено.

Мы полагаем, что изучение механизмов прионовых заболеваний и поиск методов их лечения должны основываться на успехах в области исследования белков, прежде всего особенностей их укладки, денатурации, агрегации и различных типов посттрансляционной модификации.

В этом плане весьма перспективно изучение роли шаперонов в развитии амилоидозов и прионовых заболеваний. Шаперонами называют белки (или их комплексы), которые помогают полипептидным цепям принимать нативную (природную) конформацию. Шапероны умеют узнавать и связывать неправильно свернувшиеся белки и тем самым препятствуют их агрегации. Некоторые шапероны могут разворачивать неправильно свернутые белки, проявляя так называемую «раз-

ворачивающую активность». Очевидно, что шапероны должны играть важную роль в развитии прионоподобных заболеваний. К сожалению, и эта информация весьма ограничена и противоречива.

Так, шапероны, стабилизирующие промежуточные продукты сворачивания полипептидных цепей, способствуют переходу нормального приона в его патогенную форму. Прузинер высказал гипотезу, что превращение нормального клеточного белка PrP^c в его стабильную инфекционную форму PrP^{sc} может инициировать молекулярный шаперон. Действительно, в конце 90-х годов С.К.ДебБюрмен и Ф.Эденхофер обнаружили, что различные шапероны человека (Hsp104 и Hsp 60), а также их близкий аналог, выделенный из бактерий (шаперонин GroEL), взаимодействуют с прионовым белком, ускоряя при этом его превращение в инфекционную форму [5, 6]. Позднее Дж.Стокер и Ф.Хартл показали способность GroEL катализировать агрегацию химически денатурированного мутантного приона [7], который в таком состоянии обладал свойствами инфекционного агента.

В то же время имеются данные, что именно нехватка шаперонов в клетке способствует развитию заболевания. Экспериментально показано, что повышенный синтез шаперонов в клетках предотвращает развитие амилоидозов. Однако в клетках, содержащих патогенную форму приона, образование шаперонов не столь активно, как в клетках с нормальным белком [8]. Очень важно, что потеря способности отвечать на стресс синтезом шаперонов служит также признаком стареющих клеток. Возможно, именно этим обусловлен очень длительный инкубационный период прионовых заболеваний (до нескольких десятилетий). Вероятно, после проникновения инфекционных прионов в клетки мозга болезнь не проявляется до тех пор, пока работает система шаперонов, и только после возрастного ослабления их активности развивается губчатая энцефалопатия.

Как изучать губчатую энцефалопатию?

Изучать механизмы возникновения и развития инфекционной (трансмиссионной) губчатой энцефалопатии очень сложно по двум причинам.

Во-первых, трудно выделить нужное для работы количество инфекционного приона. Методы генной инженерии, позволяющие довольно легко получать любое количество нужного белка, в случае инфекционного приона непригодны. Ведь именно превращение обычного белка в патогенный — главная загадка прионов.

Во-вторых, работа с инфекционными прионами требует соблюдения всех правил предосторо-

рожности, специального режима экспериментальных исследований. С прионами работать действительно опасно: они очень устойчивы ко многим воздействиям, а способы лечения и вакцинация практически отсутствуют. Все эти причины заставляют исследователей искать удобные и безопасные системы для моделирования прионовых заболеваний.

Существует довольно много неинфекционных амилоидозов, в основе которых лежит формирование так называемых амилоидных фибрилл, сходных по структуре с агрегатами, возникающими в случае прионовых заболеваний. Только у человека более 20 различных белков могут образовывать амилоидные фибриллы. Так, развитие известной болезни Паркинсона связано с агрегацией белка синуклеина, а для болезни Хантингтона и еще пяти сходных заболеваний характерна агрегация белков с полиглутаминовыми фрагментами. Принципиальное отличие этих заболеваний от прионовых амилоидозов — их неинфекционный характер. Следовательно, механизмы возникновения болезни могут быть разными, однако само образование амилоидных структур и дальнейшие патологические изменения оказываются весьма сходны.

Благодаря работам отечественных ученых — С.Г.Инге-Вечтомова, М.Д.Тер-Аванесяна и др. — прионы обнаружены не только у млекопитающих, но и у дрожжей и грибов [9—12]. В природе формирование амилоидных структур далеко не всегда «вредный» патологический процесс. В частности, дрожжевые прионы помогают клеткам адаптироваться к изменениям окружающей среды, т.е. несут некую положительную функцию, в отличие от патогенных прионов млекопитающих. Амилоиды, прионы млекопитающих и дрожжей образуют сходные структуры, но отличаются инфекционностью. У дрожжевых прионов она проявляется в возможности их передачи с цитоплазмой, но не через внеклеточное пространство. Общность некоторых свойств всех типов прионов позволяет использовать дрожжевые прионы как удобную и неопасную модель для исследования прионовых и амилоидных заболеваний.

Достижения в изучении прионов, амилоидов и связанных с ними заболеваний ясно показывают, что в основе всех этих процессов лежит агрегация белков с измененной конформацией. Недавно мы предложили исследовать такой процесс на простых моделях с помощью обычных белков, обладающих теми или иными свойствами прионов. «Искусственные прионы» получали довольно просто: с помощью точечной мутации (замены одного аминокислотного остатка на другой); в результате возникали абсолютно новые пространственные структуры с некоторыми свойствами прионов. Так были получены мутантные формы обыкновенного гликолитического фермента, которые имели повышенную способность к агрегации

и связывались с шаперонами так же, как инфекционные прионы.

Однако такой подход хотя и полезен для понимания особенностей агрегации прионоподобных белков, но не совсем адекватен поставленной задаче: ведь последовательность аминокислотных остатков в инфекционном и нормальном прионах абсолютно идентична. Другой подход к индукции сворачивания белков в неправильную конформацию — химическая модификация сульфгидрильных групп. Такие измененные белки связываются с шаперонами, причем необратимо [13—15].

Последнее обстоятельство заслуживает особого внимания, поскольку именно в этом, возможно, и кроется разгадка тайны прионоподобных заболеваний. Хорошо известно, как работают шапероны: они «узнают» неправильно свернутые белки, прочно связывают их, иногда разворачивают, а затем «отпускают», давая полипептиду шанс свернуться правильно. Такую нативную форму шапероны уже не узнают и, следовательно, цикл завершается — денатурированный или неправильно свернутый белок превращается в нативный. Именно этот процесс тормозит развитие болезни, поскольку усиленное образование шаперонов препятствует развитию прионовой патологии.

Совсем иная ситуация будет с модифицированной полипептидной цепью: после аналогичного цикла, осуществляемого шапероном, вновь получится ненативный белок, который повторно свяжется с шапероном. Значит, в основе развития прионовых и амилоидных заболеваний может лежать необратимое блокирование шаперонов.

Из этих наблюдений следуют два важных вывода. Во-первых, причиной превращения обычного приона в инфекционный может быть неизвестная пока модификация полипептидной цепи, вызванная, например, окислением, фосфорилированием, гликолизированием и другими природными процессами. Любое изменение может индуцировать возникновение структуры, отличной от нативной, в том числе и инфекционного приона, который будет связывать шапероны и стимулировать тем самым образование амилоидных структур. Вероятно, в этом процессе участвуют и другие измененные белки, способные блокировать шапероны, замедляя развитие прионовых болезней. Однако в ходе старения организма (в целом и отдельных клеток) в клетках накапливаются модифицированные полипептидные цепи, которые связывают шапероны и запускают тем самым формирование амилоидных структур. Мы считаем, что инфекционные прионы, блокируя шапероны, должны изменять метаболизм клетки в целом.

Эти процессы чрезвычайно важны для развития прионовых заболеваний, Однако объяснить образование прионовых агрегатов только на их основе очень сложно. Вероятно, сам инфекционный прион не просто способствует агрегации

нормальных прионов, а превращает их в инфекционные. Если инфекционный прион связывается с нормальным, а затем их комплекс распадается, то могут возникнуть два инфекционных белка. С позиций термодинамики такой процесс объясняется следующим образом. В растворе в отсутствие других белков полипептидная цепь принимает строго определенную пространственную структуру. Но если такой полипептид присоединить к какому-то другому белку (или любой полимерной молекуле), он **должен** свернуться совершенно иначе. Вероятно, именно в этом состоит функция инфекционного приона: в его присутствии обычная полипептидная цепь образует инфекционную структуру. Более того, сам инфекционный прион может служить своеобразной матрицей, на которой идет такое сворачивание. Имитировать эти процессы можно на обычных белках (нативных и модифицированных), а также «подставляя» нативной полипептидной цепи синтетические полимерные молекулы и заставляя ее принимать неправильные формы.

В настоящее время в нашей лаборатории (в сотрудничестве с итальянскими и французскими учеными) созданы модели искусственных шаперонов на основе синтетических полиэлектролитов (совместно с сотрудниками кафедры высокомолеку-

лярных соединений химического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова и шведскими учеными). Проведенные исследования доказали, что в присутствии синтетических полиэлектролитов действительно изменяются термодинамические параметры белков. Значит, для получения неправильно свернутых белков можно использовать синтетические полимеры.

Таким образом, эксперименты с искусственными белковыми системами позволили установить основные механизмы возникновения прионовых заболеваний и амилоидозов, общие закономерности образования белковых агрегатов, лежащие в основе многих патологий, а также наметить пути профилактики и специфической терапии. Апробированные нами белковые системы весьма просты и абсолютно безопасны, что дает возможность существенно расширить круг лабораторий, вовлеченных в изучение прионов. ■

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 02-04-48076 и проект, совместный с Белоруссией, 04-04-81038), а также грантами ИНТАС 03-51-4813 и NATOLST.CLG. 979533.

Литература

1. Prusiner S.B. // N. Engl. J. Med. 2001. V.344. P.1516—1526.
2. Forloni G., Iussich S., Awan T. et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2002. V.99. P.10849—10854.
3. Korth C., May B.C., Coben F.E., Prusiner S.B. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2001. V.98. P.9836—9841.
4. Scheibel T., Parthasarathy R., Sawicki G., Lin X.M., Jaeger H., Lindquist S.L. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2003. Apr.2.
5. DebBurman S.K., Raymond G.J., Caughey B., Lindquist S. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1997. V.94. P.13938—13943.
6. Edenhofer F., Rieger R., Famulok M., Wendler W., Weiss S., Winnacker E.L. // J. Virol. 1996. V.70. P.4724—4728.
7. Stockel J., Hartl F.U. // J. Mol. Biol. 2001. V.313. P.861—872.
8. Tatzelt J., Zuo J., Voellmy R., Scott M., Hartl U., Prusiner S.B., Welch W.J. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1995. V.92. P.2944—2948.
9. Инге-Вечтомов С.Г., Андрианова В.М. // Генетика. 1970. №6. С.103—115.
10. Kusnrirov V.V., Ter-Avanesyan M.D., Didichenko S.A. et al. // Yeast. 1990. V.6. P.461—472.
11. Chernoff Y.O., Lindquist S.L., Ono B., Inge-Vechtomov S.G., Liebman S.W. // Science. 1995. V.268. P.880—884.
12. Kryndushkin D.S., Smirnov V.N., Ter-Avanesyan M.D., Kusnrirov V.V. // J. Biol. Chem. 2002. V.277. P.23702—23708.
13. Roitel O., Ivinova O., Muronetz V., Nagradova N., Branlant G. // Biochemistry. 2002. V.41. P.7556—7564.
14. Polyakova O., Asryants R., Roitel O., Branlant G., Muronetz V. // Eur. J. Biochem. 2001. V.268. Suppl 1. P.179.
15. Polyakova O., Roitel O., Asryants R., Branlant G., Muronetz V. // Protein Science, 2005 Mar 1; [Epub. ahead of print].

РАДИОДНЕВНИК УССУРИЙСКОЙ КОШКИ

Гонка с антенной

Е.Н.Смирнов, Дж.Гудрич
Сихотэ-Алинский заповедник

Как изучать тигра в природе? Ходить за ним, по его следам, что тут сложного? И ходили, и записывали про все, что он натворил на тропе. Первый — Л.Г.Капланов, за ним целая плеяда зоологов: В.К.Абрамов, Д.Г.Пикунов, А.Г.Юдаков, И.Г.Николаев, Е.Н.Матюшкин и др. Но снег растаял, и следов 7—8 месяцев нет. А в следующий зимний сезон мы не знаем, тот же это тигр или другой. Различать по размеру «обуви» — пятка 9 см, пятка 10 см — ненадежно. Снег такой, снег глубже; песок, грязь; 1, 2, 3, 4 дня назад... Поди угадай. Но вот в 1992 г. в Сихотэ-Алинском заповеднике для точной идентификации зверя в любое время года стали использовать радиоошейник. Поймал животное, надел на шею «бантик» — и наблюдай 2.5—3 года, пока не сядут батарейки. Зверю он совсем не мешает.

Радиоидентификация зверя дает полную уверенность, кто именно был — самец или самка. В любое время дня и ночи слушаем и записываем координаты. Информация течет рекой. Прекрасный метод для изучения любого вида животных, в мире по радиосигналу уже больше 30 лет следят за жизнью зверей от горностая до китов. Кстати, радиометрию можно использо-

вать и в поисках альпинистов, геологов, заблудившихся, пропавших коров, лошадей, овец, и т.д. В Тернее неоднократно скотовладельцы обращались с просьбой помочь найти корову или лошадь и желали приобрести у американцев радиоошейник и приемник, но, узнав, сколько это стоит...

Первой в феврале 1992 г. пометила подростка — тигрицу Ольгу: поймали в петлю, усыпили, надели радиоошейник, отпустили. Мама с дочкой ушли в заповедник. У нас им было спокойно. Вскорости мать Ольги задавила зазевавшегося горала. Тигрицы пировали. Мы пришли по сигналу и издалека фотографировали. Потом везде преследовали их. В апреле нашли задавленного взрослой тигрицей изюбря и спугнули зверей с трапезы.

До чего же хороши наши сопки, леса и море! И зверью есть где отдохнуть, со скал все осмотреть, жертву выбрать.

Гоняемся за первым меченым «объектом». Куда Ольга, туда и мы. Прихожу в избушку, где должен быть Дейл. Записка: «Ушел на юг, догоняю Ольгу». Пошел на юг. Палка на тропе и записка: «Ушел на запад, ишу Ольгу». Пошел на запад. Нашел Дейла в охотничьей избушке. Пьет чай и слушает Ольгу каждые пять минут. Такова методи-

ка. Сами придумали. Радиосигнал — двухрежимный: частый — значит, зверь активный, редкий — зверь спит, не двигается. И вот каждые пять минут мы включаем радиоприемник и слушаем: активный? Не активный? Идет или пирует? Или просто отдыхает?

Изучаем суточную активность зверя. Она очень даже отличается от нашей. Не можем мы бегать за Ольгой в темноте, а она... Короче говоря, мы ее постоянно теряем, и часто поиски ее сигнала длятся несколько дней. С сопки на сопку, с сопки на сопку, а результат нулевой. Помню, с Игорем Николаевым мы искали ее семь дней. Погода ненастная, на самолете не полетишь, на лодке не проедешь, пошли пешком. От Тернея до устья Таежной и обратно — 100 км. На всех перевалах, а их тут десяток, слушали. Сигнала нет. И вот 8 июля сидим в избушке на Уполномоченном... Ольги нет.

Назавтра вернулись в Терней. Мокрые насквозь. Всю неделю шел дождь. Вот так добываются крупницы знаний. Когда небо посветлело, мы с самолета нашли Ольгу на Фате. Там, где мы ходили, ее не было. Думали, думали и придумали: надо поймать и пометить маму Ольги. Почему раньше ума не было? В феврале—марте был снег, и мы многократно видели следы



Полная зубов пасть Ольги.
Фото Дж.Гудрича

Ольгиной мамы. Но до середины апреля надеялись поймать тигра в какую-нибудь ловушку. И лишь после того, как их закрыли, решили поймать взрослую тигрицу, пользуясь радиосигналом дочки.

Снарядились — и за ней. А дело было в мае, чернотроп... На месте Ольга не сидит. И пять, и десять, и пятнадцать километров за ней, как гончие. И днем и ночью... По следам уже и не разберешь, где мама, а где дочка. Но иногда нам везло.

Из дневника

«13.05.1992 г. С утра идем за Ольгой. К вечеру пришли на кордон Уполномоченный. Благодать! Ольга рядом, сигнал слышен из избушки. Слушаем каждые пять минут. Попили чаю, готовим суп. Не жизнь, а курорт. В 19 часов началась «охота». Забавкал у моря изюбрь. Редко и лениво. Дейл залез на крышу, чтобы посмотреть в бинокль. Никого не увидел. Ушел к морю, на сопку. Изюбрь так же редко продолжал баявкать. Что-то тут не так. Пришел Дейл, опять — на крышу. И увидел в бинокль тигра. Крупный. Без ошейника. Идет от моря. Спокойно. Заорал



Б.Шляер и Н. Рыбин взвешивают Ольгу. Потом ей в очередной раз поменяют ошейник.

Фото Дж.Гудрича

«козел». Хоть пиши сценарий. Изюбрь, косуля, рык тигра. Все на сцене, всех слышно. Потом, уже в темноте, полная тишина. По радиосигналу, Ольга — активная, и так до 4 часов ночи. Охотилась? Вряд ли. Скорее всего, питалась. Уже утром выяснилось, что молодой изюбрь добавкался. Мама с дочкой съели половину.»

Я дежурил у радиоприемника до шести утра. Сменил Дейл, а я улегся спать. В 10 часов проснулся — записка: «Ушел на юг, искать Ольгу, ищи меня на перевале». Потопал. Нашел Дейла. Он видел давленку и двух тигров. Дейл пошел отдыхать, а я остался слушать Ольгу. Судя по радиосигналу, она была возле жертвы. Видимо, там же и ее ма-

ма. Я — на сопке. Дейл в избушке, варит макароны. Больше он ничего не умеет готовить. Посижу до вечера — и в избушку, там макароны.

Но как поймать маму Ольги? Спугивать с давленки нельзя — нарушение этики, во-первых. Спугнешь — не придет, во-вторых. Людей маловато, в-третьих. Свернули манатки, и в Терней.

Однако в августе повторили попытку ее поймать. Снарядились — и пошли. В полной выкладке: спальники, петли, продукты. Гоняться будем за Ольгой по радиосигналу, а там, где Ольга, там и мама. Так мы предполагали. Но потом поняли, что вовсе не так. Они бывали рядом, но чаще всего — далеко друг от друга. Ольге уже стукнуло 18 месяцев, и она научилась охотиться самостоятельно, в чем мы и убедились. Мама ей была не нужна, и она маме тоже. По чернотропу мы мало имели информации и гонялись за Ольгой пять дней, пока она не задавила жертву. На том же прекрасном Уполномоченном мы смогли отдохнуть, из избушки слушая радиосигнал Ольги.

Из дневника

«16.08.1992 г. Ольга на месте. Просидела весь день. Видимо, кушать изволит. А в 200 метрах спокойно пасется конь... В 22 часа подошел «козел» и давай бьявкать. Смотрели с крыши, смотрели с сопки, но никого не увидели. Расстояние метров 500.

17.08. Ура! В 22 часа Дейл увидел в бинокль тигра, заметил ошейник. Всего мгновение. Потом сидели 40 минут. Ждали, смотрели. Тишина... И вот он! Тигр! Без ошейника. Огромный! Как красная зебра! Ушел в березняк. Ждали и думали... Мама? Что делать? Дейл предложил идти туда и, забыв про этику, разогнать эту команду, а я — продолжить наблюдение еще на пару часов. Больше мы никого не увидели утром. Решили идти, разогнать тигров и поставить петли возле жертвы. Пошли. Дейл и Дима Пикунев к тиграм. Дима с карабином, Дейл — с фальш-

фейером. А я сижу и смотрю в бинокль с сопки, в густых зарослях травы ничего не видно.

Выскочил тигр! Секунда — и исчез в лесу. Есть ошейник, нет ошейника, не знаю. Мгновение. Дейл сказал потом, что видел, как тигр убежал. Примятая трава. Вперед! Ключ. Два «окошка»! Дима — в правое, Дейл — в левое. Я — к глазам бинокль. Вижу: на Дейла выскочил медведь! Дима карабин к плечу! Дейл — в ключ и упал, поскользнувшись на камнях. Медведь мчится с ревом в метре от Дейла. Вверх по ключу со скоростью 100 км/ч. Дима прицеливается — в кого стрелять? Дейл, лежа на спине, зажигает фальшфейер. Все обошлось благополучно.»

Искупавшись, мы, три тигроведа, целый час обсуждали, ставить петли или нет. Придут — не придут? Кто придет? Решили: петли не ставить, мяса уже нет, от козули остались рожки да ножки. Подождем до утра. Они остались на сопке, наблюдать в бинокль, а я пошел варить ужин, ест-то все равно хочется. Макароны.

Ольга вечером покинула «табор» и отправилась вверх по Уполномоченному, в 24 часа была в верховьях ключа. В семь утра мы пошли искать жертву. Обнаружили обглоданные череп козули и ногу. Под березами — лежки двух тигров и много троп через густую траву. Ночью никто не подходил. Кто задавил козулю — Ольга или мама? Обе здесь были. Мы их видели в бинокль.

Собрали манатки и вверх по Уполномоченному за Ольгой. Глубокой ночью, при свете фонарика, чуть живые добрались до Верхней избушки. Печка, чай и желанные нары. Ольга осталась в стороне, у моря. Утром ушли вниз по реке Бее, перевалили в Вольерный распадок и услышали сигнал Ольги. А вечером уже в сумерках раздался от моря радостный вопль Дейла: Тигр! Тигр! В бинокль отчетливо видно, как зверь идет по наплес-

ку, по камням в нашу сторону. Кошечка... Сигнал — аж в ушах звенит. До нее около километра. Ночью, судя по радиосигналам, она прошла выше нашей избушки на юг.

Утром за ней. Сигнал поймали на перевале возле ключа Японского. Слушаем: Ольга на одном месте. Ночевать ушли в избушку на Бее. Вернулись рано утром. Ольга там же. Значит, давленка. Решили спугнуть. Узнать: одна Ольга или с мамой? Если с мамой, то сделать последнюю попытку поймать ее. В густой высокой траве — примятая полоса, будто протащили что-то. Идем, кричим, бросаем камни и палки. Чем больше шуму, тем меньше шансов встретиться с кошечкой. Вот и жертва — козуля, самец. Съедена задняя часть, грудина. Остались две лопатки, еще на день ей хватит. Мамы не было. Ольга самостоятельно задавила и одна пиrowала. Поздравляем! Можно сматывать удочки. Охота на маму по радиосигналу дочки закончилась бесслвно.

По снегу в январе—феврале следующего года мы ни разу не видели следов мамы. Она исчезла, а Ольга заняла весь ее участок.

Теперь мы должны были выяснить, когда же у Ольги появятся тигрята.

В июне 1993 г. она набезобразничала: задавила годовалого жеребенка на ферме в Белембе. Мы приехали, поставили петель и у жертвы, и по дороге, и по тропам. Но молодая тигрица не попала, видно, хорошо ее мама учила. (Куда она пропала?) Поймали медведя. Виктором назвали. А через неделю Ольга задавила новорожденного жеребенка и подалась на юг, где ни ферм, ни лошадей, ни людей. Но диких зверей хватает.

В апреле 1994 г. надо было менять ошейник. Прилетел вертолет. Ольга испугалась (то туда, то сюда металась, на дерево залезала, рычала). Догнали все-таки, усыпили, надели новый ошейник и оставили ее в покое.

В августе мы услышали, что Ольга «сидит» в одном месте! Неделю, две, три. Значит, тигрята! Ольге 3 года и 8 месяцев. Пора. Знаем, где логово, но пугать не имеем права, ждем. Ушла. Пошли и мы, искать. Дождь. Коля Рыбин услышал шипение под большим камнем. Змея? Достал фонарик, осветил. Глаза и шипение. Ха-ха! Тигренок! Радиосигнала не слышно. Так обнаружилась Даша. Ушли. Дали телеграмму в Голливуд: «Приезжайте. Есть тигренок». Они примчались тут же. И мы всей огромной компанией заехали в тайгу.

Последний раз прослушивали Ольгу 22 августа, три дня назад. Естественно, что тигренок — Даша — под камнем не было. Мама его увела. Куда? Сигнал рядом. Сидим в комфортных условиях: свет, вода, палатки, спальники, мошка, мокрец, комары, клещи, полный набор таежных удобств. И даже радио, но не громко. Ждем и слушаем. Надеемся, что когда-нибудь мама уйдет охотиться. День, два, три, неделя. И вот вечером Ольга пошла... Мы скорее в то место. Ходили, искали, но Дашу не нашли. Надо спешить. Есть место, где, возможно, она сидит. Ночь. Сопение у костра. Радиоприем. Ольги нет. Решили идти. Быстро собрались — и отправились. Ночь. Много фонариков. Огромные рюкзаки с кинооборудованием. Идем. Потеряли тропу. Двое следопытов ушли ее искать, остальные стоят и ждут. Слышу крик... Дэвид провалился в яму. Просит помочь. Подхожу. Освещаю фонариком — свежайшие следы тигренок. Рядом вывороченный кедр. Кричу: «Нашли! Скорее сюда!» И мы снимаем Дашу! Сигнала Ольги не слышно. Залезаем под вывороченные корни. Дейл, оператор, я. Вытаскиваем Дашу. Снимаем, взвешиваем, меряем, надеваем ушные метки. Все быстро, стремительно. Отпускаем и уходим. Слышен радиосигнал Ольги... Торопимся убраться восвояси.



Малютка Даша.

Фото из архива заповедника

Дело сделано. Фильм «Тигры снега» (на русском и на английском языках) вышел на экран. Даша — кинозвезда. Жаль, что ей не присудили Оскара.

1995 г. Даша выросла. Часто охотится одна. К Ольге приходил кавалер. В конце года появились три тигренок. Трудно поднять их на ноги, к тому же зимой. Беспokoили семейство мало. Один из нашей группы наблюдателей поступил в институт, второй привез жену и детей. Третий собирается жениться, четвертый в тайгу ленится ходить. Но приехал еще один американец (с женой).

1996 г. Из трех тигрят выжили только два, но и это хорошо. Опять поменяли ошейник.

В 1997 г. у Ольги опять три тигренок.

Стали целенаправленно ловить и метить радиоошейниками медведей. Их и раньше ловили, но попутно с тиграми, случайно, а теперь целая бригада и особая программа.

В 1998 г. Ольге в четвертый раз поменяли ошейник. Она иногда заходит на фермы, слу-

чается, добывает зазевавшихся телят и жеребят. Горалов в ее рационе нет, зато добыла пару пятнистых оленей.

Начали отлавливать и метить изюбрей.

1999 г. Тигрята повзрослели и тихонечко ушли. Куда?

Стали ловить и метить кабанов. Что-то мало их стало.

2000 г. Снова заменили ошейник. Диких копытных стало меньше, но тиграм хватает. Охотников тоже поубавилось, но теперь они в основном ездят на машинах. Берегитесь, тигры, дорог. У Ольги родился тигренок.

2001 г. Пометили несколько рысей.

Опять появились дети... Оба погибли, не прожив и месяца.

2002 г. Родились три тигренок, отлично!

2003 г. Очередное потомство, но выжил лишь один тигренок.

Между прочим, в 2002 г. исполнилось 10 лет, как Ольга ходит с ошейником. Такого еще не бывало нигде. Ее можно вносить в Книгу рекордов Гиннеса. ■

У самого Японского моря

Дж.Гудрич

Общество по сохранению диких животных
(Соединенные Штаты Америки)

Вздувшаяся река затопила берега, когда я вывел каяк из устья в море. Сильное течение поднимало частые крутые волны, которые разбивались о нос лодки и хлестали меня по лицу. Я двигался зигзагами, чтобы хоть как-то избежать самой тяжелой части прибора и, в конце концов, вырвался в открытое море. Здесь течение было все еще быстрым, но волны уже не перехлестывали через меня. Я направился к Абреку, горному урочищу на взморье. Под легкий ритм весла расслабился и через 10 минут пересек границу заповедника. Здесь великолепные гранитные скалы поднимались на высоту 150 метров, а венчавший их вершины дубовый лес был окрашен в золото после первых осенних заморозков. Любуясь пейзажем, включил радиоприемник, направил антенну на север и услышал приятный слабый сигнал Ольги «бип... бип... бип...». (Последние семь лет я жил в Терне и работал в Сихотэ-Алинском заповеднике в качестве эколога от Института Хорнокера, изучая амурских тигров и других хищных животных.)

Похоже было, что Ольга родила тигрят, но мы никак не могли обнаружить их. Однако с самолета этим утром ее запе-

ленговали на побережье, и если она ходила там с тигрятами, должны остаться их следы. Я твердо решил их найти. Туда невозможно доехать на машине, а чтобы дойти пешком, потребовалось бы два дня. Так что я отправился на своем каяке «Feathercraft Kahuna» в расчете сэкономить время.

Солнце уже садилось. Кругом — невообразимая красота: гранитные утесы, маленькие бухточки и каменистые пляжи. Высятся скальные шпили Абрека, горы покрыты соснами и редким сейчас огненно-красным кленом. Нерпы прыгают со скал, испуганные моим приближением, а потом внезапно выныривают в нескольких метрах позади каяка и с любопытством разглядывают меня.

Пройдя на веслах 17 километров вдоль берега за несколько часов, я поймал сильный сигнал Ольги, он шел по-прежнему с севера. Проплыв в этом направлении еще несколько сот метров, я понял по сигналу, что обогнал ее. Пришлось вернуться немного назад. Теперь сигнал оказался прямо передо мной, где была 60-метровая скала с водопадом. Тигрица где-то на вершине. В 50 метрах севернее скала уступала место песчаному пляжу, где другой ручей впадал в море. Я сошел на берег и стал искать следы. Тут оставили от-



На каяке к месту на побережье, откуда доносились радиосигналы Ольги.

Фото А.Рыбина

печатки выдры, енотовидные собаки, но не тигры. Это было отличное место для лагеря — песчаный пляж, защищенный от ветра скалой и гранитным рифом с моря, ручей с пресной водой. Мне понравилось, но Ольга была слишком близко, в каких-нибудь 500 метрах. Мое присутствие могло потревожить ее и заставить уйти. Поэтому я направился к другому концу песчаного пляжа, собрав предварительно возле рифа несколько гребешков на ужин, проплыл

Каяк с антенной на носу направляется в сторону идущего от тигрицы сигнала.

Здесь и далее фото Дж.Гудрича



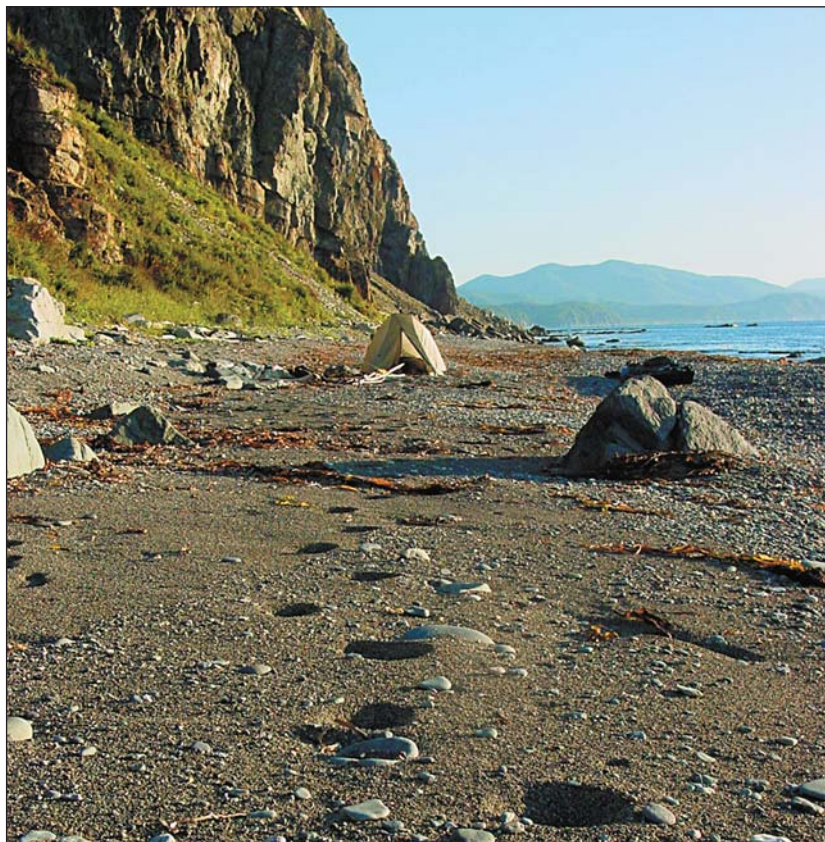
примерно километр к северу и разбил лагерь. Начало смеркаться. Поужинав холодным пивом с жареными на костре гребешками, стал следить за сигналом Ольги. Она была неактивной большую часть времени (частота сигнала падает, когда тигр не движется), так что после ужина я заполз в палатку и медленно погрузился в сон.

Ночью меня разбудил звук — кто-то бежал по холму выше палатки, и камни скатывались по склону. Затем закричал горал. Я выглянул из палатки, включил приемник и направил антенну на холм. Ольгин сигнал был сильным, значит, она совсем рядом, метрах в ста от меня, прямо на холме. Видимо, это она шла по гребню и спугнула горала. Я лежал на спине, любовался звездами и слушал, как ее сигнал ослабевает. Тигрица уходила к северу.

Я проснулся, когда солнце стало подниматься из моря, и пошел собрать дров для костра недалеко от палатки. Взглянув вниз, прирос к месту, не веря своим глазам. Волосы встали дыбом, но на лице расплылась улыбка. На песке, в десяти шагах от палатки, были следы Ольги. Это она, а не горал, разбудила меня ночью. Она спустилась к берегу, остановилась и спокойно стояла некоторое время в 50 метрах. Тогда, скорее всего,



Песчаная отмель со следами тигрицы.



Палатка, где «ловец» тигриных следов провел беспокойную ночь.

и заметила палатку. Затем двинулась дальше (шла, а не подкрадывалась), прямо ко мне, потом, менее чем в 10 метрах от палатки, повернула и пошла к холму. Она побежала — холм стал слишком крутым для ходьбы — и разбудила меня. Ольга была одна, без тигрят (тигрица обычно оставляет своих котят, когда уходит охотиться). Я проследил ее путь до того места, где вышел на берег прошлым вечером, и нашел то, что искал — повсюду на песке следы тигрят: там, где они гуляли и обследовали выброшенные морем сокровища; где гонялись друг за другом, катались и играли; вокруг отпечатка тела Ольги на песке. Я был счастлив. Ольгу отловили

и снабдили радиоошейником годовалую, она сама была тигренком. Теперь ей почти 12 лет, и это ее шестой выводок.

Заметив на краю пляжа тропинку в траве, я дошел по ней до убитого тигрицей горала. Как в обычаях этих уссурийских кошек, все мясо съедено, остались только череп, кусочки шкуры и кости ног. Останки были разбросаны игривыми котятами. Я пошел дальше по тропинке к склону, ошестинившемуся валунами выше скал, и нашел место, где семья отдыхала днем ранее. Вероятно, котята были где-то рядом, и я стал искать их, тщательно осматривая расщелины и ниши между валунами. Нашел много мест, где побывали тигря-

та, но их самих не увидел. В конце концов заметил глубокую узкую расщелину: луч фонарика не освещал ее насквозь, а я не мог протиснуться в нее, чтобы осмотреть. Идеальное укрытие для тигрят. И мне оставалось только предполагать, что они были там.

Спустившись со скалы, я сел возле уступа водопада и обдумал прошедший день. За последние семь лет моя работа была полна расстройств, трудностей и жестоких разочарований. Я видел, как тигры, которых я изучал годами, тигры, которых я знал лучше, чем своего кота, умирают под колесами машин или от какой-нибудь болезни, полученной, скорее всего, от собаки... Борьба за спасение этого исчезающего вида и леса, в котором он живет, кажется тщетной. Всего неделю назад я проплыл 30 километров на каяке по Большой Уссурке, чтобы отыскать радиоошейник, срезанный браконьерами с тигрицы. Они привязали ошейник к пластиковой бутылке и бросили в реку, чтобы он отплыл подальше от места преступления. Но Ольга избежала всех опасностей жизни рядом с людьми в течение 12 лет и шесть раз окотилась. Это вселяет надежду, что тигры могут выжить и обязательно выживут.

Я спустился обратно к берегу и искупался в водопаде перед тем, как свернуть лагерь и отправиться домой. Путь был долгим и тяжелым, против сильного встречного ветра, но очень бодрящим. Уже дома я с улыбкой вспоминал путешествие, увиденных диких животных и изумительную красоту этого места, настолько далекого, что на берегу не попало ни одного человеческого следа. Несмотря на трудности плавания, я чувствовал себя, словно вернулся с приятного отдыха. ■

Мифы глубокой древности



Ю.Е.Березкин

На протяжении тысячелетий важнейшую часть духовной культуры составляли мифы. В них отражались представления людей о себе и мире, пространстве и времени, должном и сущем. Не обращаясь к мифам, нельзя понять духовный мир древнего человека.

Изучение мифологических традиций прошлого возможно на основе письменных источников. Осуществимо ли оно для дописьменных культур? Целостные повествования восстановить, конечно же, нереально, но ситуация не безнадежна. Для реконструкции древнейших мифов могут быть полезны записи XIX—XX вв. Здесь уместно сравнение с материалами археологии. Хотя любая культура своеобразна, этнографические сведения о современных охотниках-собираателях в общем и целом соответствуют тому, что по данным археологии удастся реконструировать для ранних доземледельческих обществ.

Корпус мифологических текстов, записанных у народов Америки, Африки, Южной и Юго-Восточной Азии, Австралии, Океании и Сибири, измеряется сотнями тысяч. При этом у некоторых народов, никаких связей в обозримый период



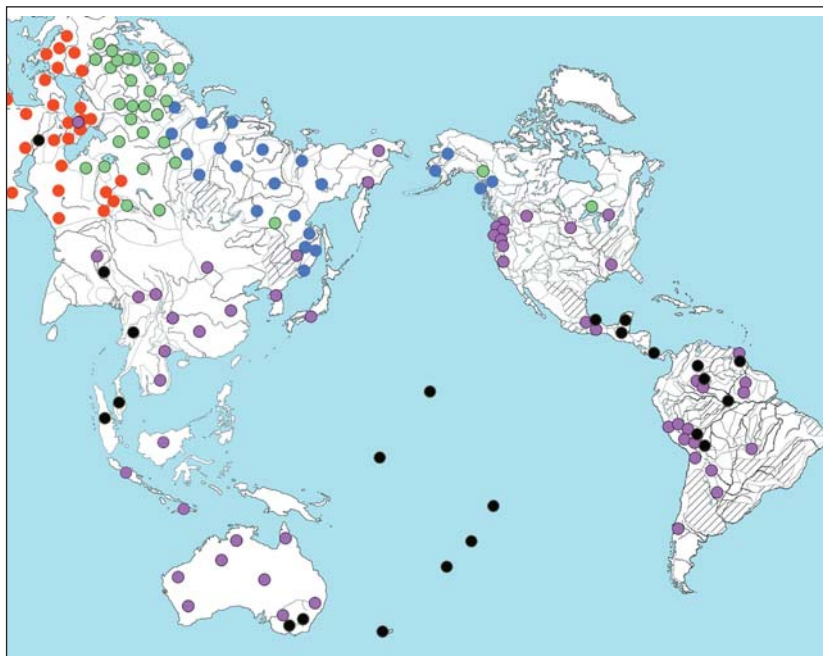
Юрий Евгеньевич Березкин, доктор исторических наук, заведующий отделом народов Америки Музея антропологии и этнографии им.Петра Великого (Кунсткамера) РАН. Основные научные интересы: заселение Америки, становление ранних цивилизаций Старого и Нового Света, создание электронных каталогов фольклорно-мифологических мотивов. Неоднократно публиковался в «Природе».

между собой не имевших, мифы очень похожи и, напротив, у соседних народов они порой сильно отличаются друг от друга. Ясно, что картина распространения по миру подобных сходств и различий включает весьма значительную по объему информацию. Но о чем эти сведения, можно ли их использовать для реконструкции прошлого? Начнем с отличий.

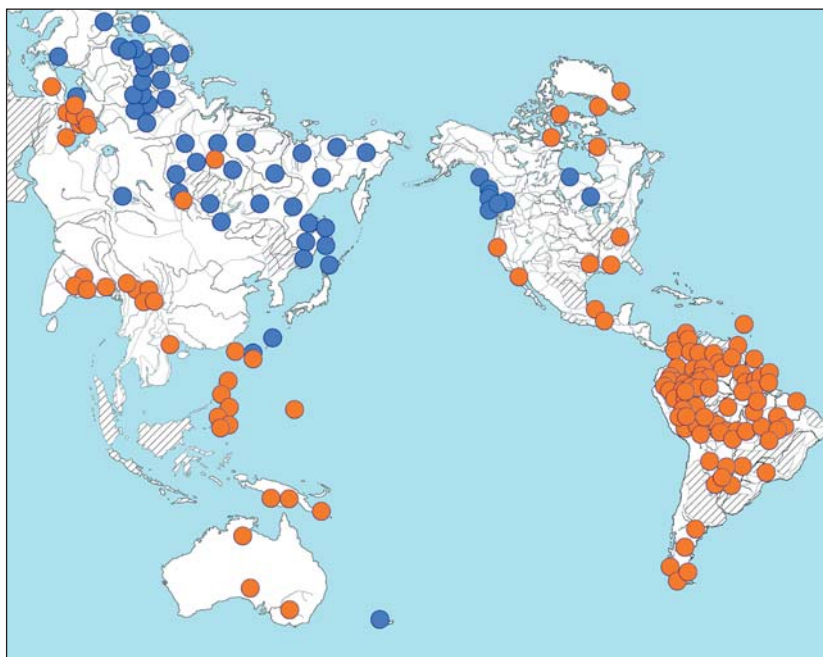
Вполне понятно, что отдельные люди и группы людей поразному видят и описывают один и тот же предмет или событие. Характерный пример: небесные объекты, доступные для наблюдения всем жителям нашей планеты, у разных народов получают совершенно разное истолкование. Индусы,

аборигены Южной Австралии, майя и тотонаки в Мексике, некоторые индейцы Южной Америки считали, что Млечный Путь — это огромный змей; вьетнамцы, китайцы, японцы, чукчи, элиши, сиу, древние перуанцы, арауканы полагали, что это небесная река; ненцы, ханты, якуты, эвенки, орочи, эскимосы юго-западной части Аляски видели на небе лыжный след; литовцы, эстонцы, саамы, марийцы, казахи, киргизы называют Млечный Путь «Птичьей дорогой»; для арабов, египтян, сербов, армян, чеченцев, таджиков это была просыпавшаяся с воза солома [1].

Другой пример — истолкование пятен на лунном диске. Народы Евразии от Скандинавии



Некоторые широко распространенные представления о Млечном Пути. Зеленые кружки — Млечный Путь как дорога перелетных птиц; синие — лыжный след; красные — рассыпанная солома; фиолетовые — река; черные — космический змей (в Океании — угорь, ящерица, акула).



Распространение вариантов истолкования лунных пятен. Синие кружки — девушка-водоноска или иной персонаж с ведрами в руках. Оранжевые кружки — след удара, ожога, грязь или краска.

до о-вов Рюкю, а также индейцы северо-западного побережья Северной Америки различали в них фигуру человека, пошедшего за водой (обычно это девочка или женщина с ведрами). Для части жителей Индии, китайцев, юкагиров, дакота, индейцев Мексики пятна складывались в силуэт кролика или зайца. А для большинства обитателей Южной Америки, Юго-Восточной Азии, Австралии и Южной Африки это были просто пятна — след раны, удара, ожога, грязь или краска на лице или теле Луны.

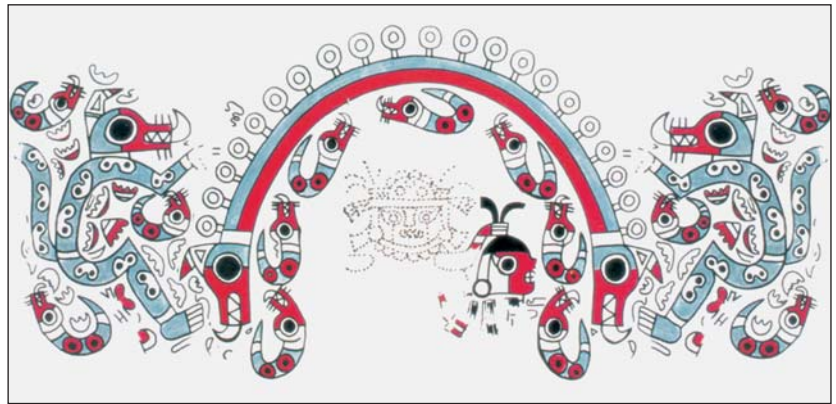
Каждое истолкование Галактики по-своему логично и объяснимо, но далеко не всегда понятно, почему выбран именно данный вариант, а остальные отвергнуты. Еще сложнее определить, что «на самом деле» напоминают лунные пятна. Вряд ли надо доказывать, что если одинаковая (причем лишь одна из многих возможных) система образов встречается у соседних народов, то она, скорее всего, имеет общее происхождение. Вероятность того, что каждому из народов, живущих близ Тихого океана (в том числе корякам и чукчам), независимо пришло в голову сравнивать Млечный Путь с рекой, а каждому из народов Сибири — с лыжней, в точности оценить трудно, но она явно ничтожна. Франц Боас, один из основоположников культурной антропологии, еще 100 лет назад пришел к выводу: в исследовании культуры следует принимать во внимание как возможность независимого возникновения сходных явлений у разных народов, так и высокую вероятность заимствований, многократного копирования элементов культуры от поколения к поколению и от одного народа к другому.

Боас был осторожен в предположениях и склонялся к мнению, что общие представления у совершенно неродственных народов в разных районах земного шара возникали случайно. Во многих случаях с ним трудно

не согласиться. Например, при наделении небесных светил мужским или женским полом возможных вариантов так мало, что было бы странно предполагать исторические связи между японцами и индейцами Парагвая на том основании, что в их мифологиях Солнце — женщина. Положение меняется, если обратиться к таким образам и фабулам, в которых число вариантов не имеет очевидных ограничений.

Приведем в пример известную по греческой мифологии историю спасения героя из пещеры одноглазого великана. Согласно Гомеру, оказавшийся на незнакомом острове Одиссей вместе со спутниками заходит в пещеру, где живет Полифем — одноглазый пастух огромного роста. Полифем закрывает выход тяжелым камнем, убивает и пожирает одного из гостей и ложится спать. Люди выжигают людоеду единственный глаз, но не могут отодвинуть камень и убежать. Тогда Одиссей предлагает спрятаться, вцепившись в густую шерсть под животами коз и овец из стада Полифема. Выпуская животных, великан ощупывает их лишь со спины, и люди оказываются на свободе.

Еще в XIX в. стало известно, что этот же миф распространен на Кавказе, знаком многим тюркским и некоторым восточнославянским народам. Одни версии повторяют гомеровскую почти дословно, другие богаче нее и отличны в деталях. Знаменитый кавказовед Всеволод Миллер доказал, что кавказские варианты не восходят к Гомеру, перед нами — древний западноевразийский сюжет. Одна из ранних казахских версий [2] особенно любопытна. Бурган-батыр пошел с товарищем охотиться. Старик с одним глазом во лбу привел их в пещеру, завалил выход, Бурган-батыру велел убить и зажарить товарища, сам лег спать. Бурган-батыр выжег вертелом глаз людоеда и спрятался в загоне для животных.



Роспись на ткани, покрывавшей стену погребальной камеры, X—XII вв.; северное побережье Перу. Обрамляющий фигуру божества двуглавый змей, скорее всего, символизирует Млечный Путь. (Sicán: Excavations at the pre-Inca Golden Capital. Tokyo, 1997. P.173.)

Чтобы выйти из пещеры, он нацепил шкуру козла, а оказавшись на свободе, окрикнул Одноглаза. Тот попросил взять его скот, но от подарка Бурган-батыр отказался, поэтому животные разбежались. Это были не козы и овцы, а дикие олени, куланы, архары. Именно с той поры по степи бродят копытные, на которых охотятся люди.

На востоке Евразии сюжет Полифема не встречается дальше Южной Сибири — Монголии. Правда, он записан среди юкагиров на Колыме, но их текст явно заимствован от русских переселенцев. Однако в Северной Америке мотив бегства из пещеры появляется вновь, хотя и в несколько ином контексте. Впервые, противник героя уже не



Часть росписи на сосуде культуры мочика, IV—VI вв., север побережья Перу. Двуглавая змея над фигурой мифологического персонажа изображает Млечный Путь либо радугу. В ряде индейских традиций эти два объекта считаются ночным и дневным воплощениями одного и того же небесного змея. (Donnan C.P. Moche Art of Peru. Los Angeles, 1979. Fig.183).



Кролик на Луне. Рисунок сделан на сосуде, принадлежащем культуре мимбрес, Южная Аризона, XI в. В XIX—XX вв. у индейцев Юго-Запада США подобный образ не зафиксирован, поэтому вероятно, что художники мимбрес заимствовали его из Мезоамерики, где он известен по памятникам доиспанской иконографии и до сих пор популярен среди мексиканских и гватемальских индейцев.

одноглазый (телесная неполнота, «половинчатость» демонических персонажей вообще характерна преимущественно для Азии, в Америке же подобные существа, напротив, «избыточны», имея второе лицо на затылке и четыре глаза вместо двух). Во вторых, соответствующий американский миф — не просто эпизод в серии других приключений, но рассказ о том, почему появились бизоны; в этом смысле он близок казахскому варианту, видимо, сохранившему ту проблематику, которая была актуальна до распространения скотоводства.

Вот типичный индейский текст, записанный в начале XX в. известным американским этнографом Элси Парсонс со слов индейца кайова. Пропадают бизоны. Немного напоминающий Одиссея Сендех — герой и трикстер (обманщик, ловкач) — посылает на разведку Сову и Стрекозу. Те сообщают, что бизонов спрятал Ворон.

Сендех прибегает к уловке — превращается в щенка, чтобы его подобрала дочка Ворона. Ночью, вернув себе человеческий облик, Сендех открывает кремневую дверь и выгоняет животных из пещеры. Ворон стоит у входа, надеясь убить похитителя. Чтобы выбраться, тот превращается в репей и прилипает к животу бизона. Ворон его не замечает.

Подобные мифы были знакомы многим группам индейцев, расселенным в пределах Великих Равнин или в непосредственной близости от этого региона. Мотив Ворона — хозяина диких копытных — известен в Америке значительно шире, но описаний того, как герой выбирается из пещеры, прицепившись к шерсти бизона, в Новом Свете нет больше нигде. В этом отношении ближайшие аналогии текстам кайова или арапахо обнаруживаются на Алтае и в Казахстане. Чем объяснить столь удивительное сходство в мифах народов, между которыми пролегает территория протяженностью более 9 тыс. км? Возможных объяснений три.

Первое восходит к мнению известного в XIX в. немецкого ученого Адольфа Бастиана о психическом единстве человечества. Продуцируемые нашим мозгом образы и ассоциации у всех людей одинаковы, порождая одни и те же обычаи, ритуалы и мифы. Именно с Бастианом полемизировал Боас, когда доказывал, что хотя одинаковые элементы встречаются во многих культурах, они появляются под воздействием конкретных и притом разных причин, а распространяться сходные мотивы могут и путем их заимствования одним народом у другого. К гипотезе Бастиана близка и концепция архетипов. Архетипы, по Карлу Юнгу, — это наиболее древние и универсальные формы мышления, отраженные в мифах, поэзии, снах, искусстве, индивидуальных фантазиях. Против этой теории есть силь-

ные аргументы. Главный состоит в том, что архетипы не поддаются изучению научными методами. При достаточной эрудиции и выборочном привлечении фактов почти любой образ (камень, гриб, глаз, хвост, нож, старик, дева — да что угодно) можно представить в подобном качестве и полагать, что в мифы этот образ попал из глубин «коллективного подсознания». Сходство же в подробностях описаний и деталях сюжета теории Юнга не объясняет. Среди антропологов были и последователи Зигмунда Фрейда (например, американский фольклорист Алан Дандес объяснял содержание индейских мифов детскими фантазиями и фобиями). Подобные объяснения теряют привлекательность, как только мы понимаем, что факты, на которых они основаны, характерны для одних территорий и совершенно нехарактерны для других и что доказать влияние детских фантазий на мифологию практически невозможно.

Второе направление в объяснении сходства мифов — функциональное. Если природные или социальные условия одинаковы, то и мифы должны быть похожи. Рациональное зерно в таком подходе есть: без различий между временами года не будет мифа о борьбе Зимы с Летом; превращение девушки в ямс и батат ожидаемо лишь в мифах тропических огородников, тогда как нганасанам и эскимосам по очевидным причинам земледельческая мифология чужда. Если в сложно организованных обществах мифологические тексты нередко (хотя далеко не всегда) рассказывают о возникновении социальных различий, то в простых — акцент часто (хотя опять-таки не всегда) ставится на объяснении различий между полами.

Крупнейший советский фольклорист В.Я.Пропп видел причину появления мифа об Эдипе в переходе от наследова-

ния по материнской линии (от тестя к зятю) к наследованию от отца к сыну [3]. В результате образ отца слился с образом тестя, а образ жены — с образом матери. Согласно подобной логике, тема отцеубийства не должна возникать в простых обществах с присущим им наследованием по женской линии, но это не так. Герой мифов американских индейцев сплошь и рядом враждует с отцом и дядей по материнской линии и убивает их, хотя в действительности такие случаи если и зафиксированы, то лишь в качестве патологических эксцессов. Конечно, социальная и природная среда задает некоторые ограничения для направления мифологической мысли, но она оставляет свободу для бесчисленных вариаций.

И, наконец, третье объяснение: сходство обусловлено происхождением от общей предковой традиции, многократным копированием одних и тех же рассказов. Где-то раз появившись, сюжет или образ мог сохраниться постольку, поскольку он казался интересным и важным и был в то же время прост по своей структуре, мог легко запомниться и быть передан дальше. В фольклоре веками и тысячелетиями осуществлялся отбор таких ярких, запоминающихся элементов. Прервать подобный процесс способны два обстоятельства. Первое — кардинальные перемены в культуре наподобие тех, которые происходят сейчас и в результате которых многие народы утратили традиционные мифологию и фольклор. Второе — переселения и завоевания, когда под угрозой оказывается существование самих носителей фольклорных сюжетов. Однако полное вымирание большой группы людей — явление редкое. Если оно и случалось, то на крайнем севере, где плотность населения была исключительно низкой, а условия жизни экстремальными. Гораздо чаще носители традиции либо пересе-

лялись, унося с собой свои мифы, либо сливались с пришельцами, передавая им часть собственного духовного наследия и, в свою очередь, заимствуя элементы новой культуры.

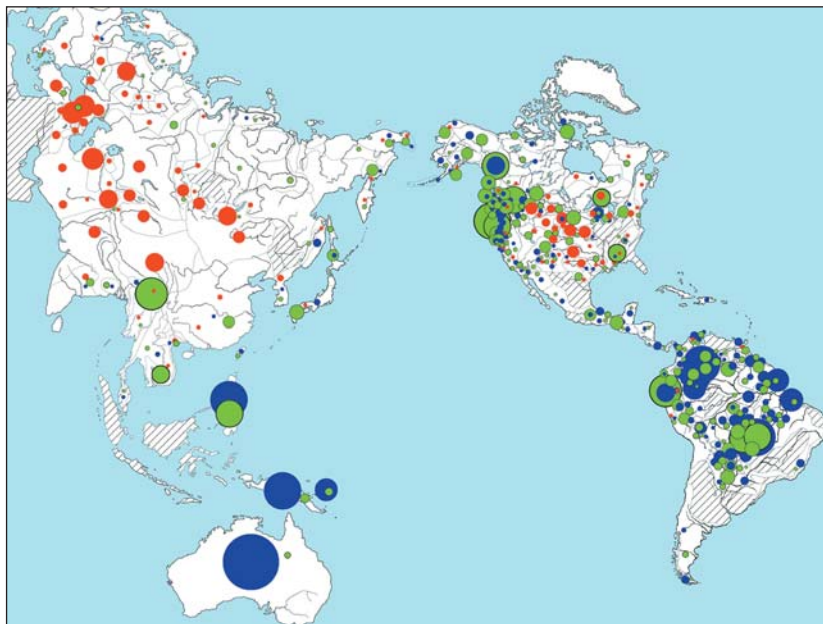
По данным археологии, Америка начала заселяться 13—15 тыс. лет назад, хотя и позже люди наверняка проникали туда из Азии. Контакты между двумя континентами должны были быть особенно интенсивными в тот период, когда ледники, преграждавшие путь из Аляски на юг, уже растаяли, а сухопутный мост между Чукоткой и Аляской еще сохранялся, т.е. 10—12 тыс. лет назад. Мы уже отметили сходство историй о спасении героя из пещеры хозяина-великана у народов Евразии и у индейцев североамериканских равнин. Объясняя схожесть общим происхождением соответствующих мифов, следует допустить, что отдаленные предки индейцев Великих Равнин, с одной стороны, и неких евразийских племен, с другой, когда-то либо были одним народом, либо жили по соседству и общались друг с другом настолько тесно, что их мифы стали похожи. Уйдя в Америку, индейцы на протяжении примерно 500 поколений пересказывали историю о хозяине животных и его пещере, пока она не оказалась наконец зафиксирована этнографами. Возможно ли такое?

Известно, что священные тексты древних иранцев и индоариев, «Авеста» и «Ригведа», из поколения в поколение пересказывались слово в слово, благодаря чему они сохранились до того времени, как люди решились их записать. Конечно, история с пещерой Полифема — не «Авеста». Ни кайова, ни ингуши не пересказывали ее слово в слово, о чем свидетельствует обилие зафиксированных вариантов. Но что остается неизменным почти в любых пересказах — это основная структура, цепочка из нескольких мотивов, образующая основу сюжета.

При воспроизведении этой истории лишь однажды, видимо, случился существенный сбой. В результате все евразийские варианты стали отличаться от всех американских: в последних наказание хозяина стад не предшествует выходу из пещеры (выколотый глаз Полифема), а либо следует за ним (Ворон становится черным), либо вовсе отсутствует в явном виде.

Есть важный довод в пользу реальности исторических связей между американскими и евразийскими мифами. Повествование о пещере хозяина стад — это не единственный сюжет, распространенный в двух столь отдаленных регионах: с одной стороны — в пределах степного пояса Евразии и сопредельных с ним территорий, а с другой — в Северной Америке, к востоку от Скалистых гор (в основном на Великих Равнинах и Среднем Западе). Удалось выявить полтора десятка сюжетов (точнее, сюжетообразующих мотивов), которые имеют аналогичное ареальное распространение. Их объединяет общая тема — героические приключения, нередко связанные с конфликтом из-за женщины [4].

Этот пучок фольклорно-мифологических связей между Центральной Евразией и Северной Америкой — лишь один из нескольких комплексов мотивов, имеющих большие разорванные ареалы — часть в Старом Свете, часть в Новом. Есть и другие комплексы, соединяющие американские мифологии с сибирскими, восточноазиатскими, меланезийскими, австралийскими. Некоторые параллели такого рода вырисовываются уже достаточно ясно. Самая значительная часть характерных для индейцев мифологических мотивов встречается на территории от Восточной Индии до Меланезии и от Филиппин до Австралии, некоторые из них проникли и дальше на север — к дальневосточным народам. По тематике эта «тихоокеанская» мифология кардинально



Встречаемость избранных мотивов, характерных для центральноевразийского (красные кружки) и тихоокеанского комплексов. Синим обозначен комплекс мотивов, преимущественно распространенных в Австралии — Меланезии и в Южной Америке, зеленым — связывающий преимущественно Ассам и Юго-Восточную Азию (включая Филиппины) с Америкой в целом. Величина кружка соответствует числу мотивов, зафиксированных в данной традиции (от 1 до 10, в австралийской традиции — до 17). Всего учтено 12 евразийско-североамериканских мотивов, 20 юго-восточноазиатско-американских и 20 меланезийско-южноамериканских.

отличается от центральноевразийского комплекса. Героических приключений здесь нет, преобладают описания конфликта мужчин и женщин в общине предков, разного рода брачных коллизий, особенностей человеческой анатомии, облика птиц и животных, происхождения смерти. Этот комплекс в свою очередь делится на две части. Одни мотивы больше всего распространены в Австралии и Меланезии, а в Новом Свете особенно характерны для востока Южной Америки. Другие довольно равномерно распространены по всему Новому Свету, а в Азии чаще всего встречаются у народов Северо-Восточной Индии и Верхней Бирмы. Их много и в Юго-Восточной Азии, материалы по которой еще не полностью обработаны.

Тихоокеанский и центральноевразийский комплексы мотивов различаются не только тематикой.

Из Аляски на юго-восток ведут два пути. Один — вдоль побережья с выходом в Калифорнию и бассейн Колумбии. Второй — внутриконтинентальный, по долинам Юкона и Маккензи с выходом на Великие Равнины. Если мотивы центральноевразийского комплекса в Северной Америке распространены на Великих Равнинах, а к западу от Скалистых Гор почти не встречаются, то ситуация с тихоокеанским комплексом противоположна: эти мотивы сконцентрированы на юге северо-западного побережья Северной Америки. Такое распределение заставляет предположить, что носители центральноевразийских мотивов прошли в Новый Свет че-

рез Центральную Аляску, а носители тихоокеанских двигались вдоль побережья. Вполне вероятно, что культурное наследие самых ранних групп прибрежных мигрантов лучше всего сохранилось в наиболее изолированных от дальнейших влияний областях ойкумены — в Амазонии и в Австралии—Меланезии. В других регионах эта древнейшая мифология была вытеснена более поздней.

Второе важное обстоятельство — совпадение ареального распределения мотивов и генетических линий митохондриальной ДНК (наследуемой только по женской линии) и Y-хромосомы (наследуемой только мужчинами). Источник обнаруженных у аборигенов Америки митохондриальных линий А, D и В находился в Восточной Азии, причем предполагается, что по крайней мере часть соответствующих популяций мигрировала вдоль морских побережий [5]. В Азии основной ареал носителей линии X (единственной, объединяющей индейцев и европейцев, а в Новом Свете характерной лишь для некоторых групп североамериканских индейцев) находился в пределах евразийского степного пояса. Что касается Y-хромосомы, то обладатели генетических линий R и Q были носителями мотивов континентального североазиатского происхождения, а для обладателей линии С характерны тихоокеанские мотивы. В Y-хромосоме современных индейцев господствует линия Q (64%), хотя краниологически типичные американоиды ближе всего не к алтайцам или бурятам, а к южным монголоидам [6–10]. Это противоречие объяснимо, если учесть, что мужские гены распространяются быстрее, чем женские, по-

сколькo мужчина способен оставить больше потомков. Особенно это касается мобильных скотоводов и охотников. Преобладание в генофонде индейцев центральноазиатского следа в наследственности по мужской линии и восточноазиатско-тихоокеанского — по женской хорошо соответствует тематическим различиям в мифологических мотивах: этиология (происхождение) тела и семейно-брачные отношения — в тихоокеанском комплексе, героические — в центральноазиатском.

Работа по изучению ареального распределения мифологических мотивов продолжается. В относительно близкой перспективе (5–7 лет) мы рассчитываем включить в нее фольклорно-мифологические материалы со всего мира, прежде всего африканские, поскольку некоторые сюжеты тихоокеанского комплекса имеют в Африке точные параллели.

Какие результаты можно ожидать от подобной работы?

Прежде всего — выявление путей древних миграций, в частности тех, которые привели к заселению Западного полушария. Но это не конечная и даже, пожалуй, не главная цель. Решающий вклад в изучение судеб древних человеческих популяций вносят другие науки — археология и популяционная генетика. Без постоянного сопоставления с данными этих дисциплин конструирование древних миграций на основе одних лишь фольклорно-мифологических данных напоминало бы попытки «миграционистов» начала XX в. узнать дописменную историю человечества, опираясь на материалы одной лишь этнографии. Изучение мифологии не заменяет археологические и другие исследования, а дополняет их. Выявляя общие наборы сюжетов в мифах обитателей разных континентов и доказывая их общее происхождение, мы определяем время их распространения и выясняем круг тем, актуальных для

создателей определенных культурных общностей. Набор мотивов не отражает особенностей культуры во всем ее богатстве, это не сборник целостных мифологических текстов. И все же это наиболее адекватный и потому бесценный источник сведений о том, каким представляли мир люди далекого прошлого. ■

Работа выполнена на базе электронного Каталога фольклорно-мифологических мотивов народов Америки и Евразии (35 тыс. резюме текстов), при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 04-06-80238), программы Президиума РАН «Культурные взаимодействия в Евразии», гранта 2004 г. Санкт-Петербургского центра РАН.

Каталог доступен на сайте <http://www.ruthenia.ru/folklore/berezkin>, ежегодное обновление в мае.

Литература

1. Никонов В.А. География названий Млечного Пути // Ономастика Востока. М., 1980. С.242–261.
2. Этнографическое обозрение. 1891. Вып.9. №2.
3. Пропп В.Я. Эдип в свете фольклора // Пропп В.Я. Фольклор и действительность: Избранные статьи. М., 1976. С.258–299.
4. Березкин Ю.Е. Южносибирско-североамериканские связи в области мифологии // Археология, этнография и антропология Евразии. 2003. Т.2. №14. С.94–105.
5. Березкин Ю.Е. Мифы заселяют Америку. Ареальное распределение фольклорных мотивов и ранние миграции в Новый Свет. М., 2005 (в печати).
6. Oppenheimer S. The Real Eve. Modern Man's Journey Out of Africa. N.Y., 2004.
7. Fiedel S.J. The Kennewick follies: «new» theories about the peopling of the Americas // Journal of Anthropological Research. 2004. V.60. №1. P.75–110.
8. Козинцев А.Г. Материалы к краниоскопической характеристике американских индейцев // Сборник Музея антропологии и этнографии. 1991. Т.44. С.153–165.
9. Мусеев В.Г. Этнические связи народов Западной и Южной Сибири по антропологическим данным // Интеграция археологических и этнографических исследований. Омск, 2001. С.76–78.
10. Labr M.M. Pattern of Modern human diversification: implications for Amerindian origins // Yearbook of Physical Anthropology. 1995. V.38. P.163–198.

Журавли

В.И.Булавинцев,

кандидат биологических наук

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

Гибель уже дважды подстерегала молодого журавля, но судьба хранила птицу. Первая беда обернулась зарядом картечи, жестко хлестнувшей его по маховым перьям и тупо ударившей в живот несчастной сестре, летевшей рядом в осеннем журавлином клине.

Вторая встреча со смертью случилась тремя годами позже, на зимовке, в северо-восточной Африке. Пуля, бездумно пущенная шалой рукой черного мальчишки, начисто выбрив короткие перья поверх основания клюва, оставила шрам-отметину.

Долгий и опасный путь домой близился к концу. Журавль-вожак давно высматривал место для ночного отдыха, возможно, последнего общего ночлега стаи. Еще день-два, и птицы осядут на облюбованных болотах. Для молодого журавля это было пятое возвращение домой, время первой любви и начала семейных забот. Еще на зимовке, перед отлетом на родину, он присмотрел себе подружку, четырехлетнюю журавушку, с которой держался рядом.

Вот и теперь, на исходе дня, они летели неразлучной парой в клине журавлей, он впереди, рассекая сильной грудью ощутимо плотный воздух, она чуть сзади, следом. Внизу шелковис-

той зелени простиралось море сосняков, испещренное серыми пятнами талого снега и черными кольцами закраин полуоттаявших торфяных озер, что веками покоятся в салатных рамках сфагновых болот.

Со вчерашней ночевки и весь нынешний день журавль ощущал непонятное волнение. Беспокойство его передалось и подружке. Высокие серебристые переливы ее кликов еще больше будоражили журавля. Он напряженно всматривался с высоты в странно знакомые, будто виденные когда-то давно места — сосновые массивы с проплешинами заболоченных гарей, угрюмо ощетилившихся поверх лоскутов талого снега мертвыми стволами болотных берез и сосен.

Он испустил вдруг протяжный, страстный крик. Мощная, неодолимая сила вырвала птицу из стаи и понесла на широко распластанных крыльях к земле, к забытой богом и людьми заболоченной гари.

Его журавушка чуть замешкалась, страшась лишиться так сразу, одним махом, привычной надежности стайной жизни. Но раздался повторный призывный крик друга. Резко свалившись на крыло, она отделилась от клина дружно закричавших ей вслед журавлей и кинулась вниз, догонять своего суженого.



Красивая и элегантная птица — журавль.

В ранних апрельских сумерках торфяная гарь вблизи оказалась еще угрюмее и непролазнее, нежели виделась с высоты журавлиного полета. Повсюду — невообразимое нагромождение обожженных и поваленных пожаром сосен с торчащими обломками ветвей и черными от торфяной гряды корневыми выворотнями.

Молодая поросль березняка, чуть тронутая зеленым дымом полураскрывшихся почек, смягчала дикую картину первозданного хаоса и делала гарь еще бо-

лее скрытой и привлекательной для птиц. Прекрасное место для журавлиного дома.

Расслабившись, чуть распутив кольца бархатисто-черного тела, гадюка блаженно нежилась, купаясь в тепле майского полдня. Она жила на старой гари уже лет девять, каждый год приползая сюда весной, с зимовки, сразу после короткой поры любви. Здесь проводила лето, жирела, отъедаясь лягушатами и мышами. Вынашивала в своем чреве яйца и рожала под осень. Уже трижды за долгую, по змеиным меркам, жизнь она производила на свет гадючат.

Глухая и полуслепая, как все змеи, она чувствовала опасность телом, чутко улавливая малейшие сотрясения почвы под ногами редких здесь, на глухой гари, охотников и ягодников. Изредка беспокоили ее кабаны, но их торопливую поступь змея хорошо знала и задолго до приближения прожорливых тварей скрывалась в завалах полусгнивших корней, надежно укрытых зеленью мхов.

Беда свалилась откуда-то сверху. Тень огромных крыл бесшумно накрыла гадюку,



Снова на родной земле.

Фото автора



Будто бы и не в гнезде, а на куче травы отложены яйца.

Фото В.Ерохина



Совсем мал, но внимателен.

Здесь и далее фото автора



Такие заболоченные места для журавлей просто рай. В клюв журавлю попадают и ящерицы, и ягоды брусники, и ужи, и даже гадюки.



не успевшую толком даже испугаться. Короткий удар тяжелого клюва пришелся ей в затылок. Еще какое-то время тело змеи судорожно дергалось в клюве низко летящего журавля, но это были последние движения погибающей плоти.

К гнезду с добычей молодой журавль прямо не полетел. Присел в сторонке, мягко и осторожно, выставив вперед полусогнутые ноги и полоща полураскрытыми крыльями. Змея в его клюве висела плетью. Не выпуская гада, журавль перехватил его поближе к голове и для верности сильно тряхнул. Довольный собой, неторопливо зашагал, обходя завалы, с веревочно болтающейся в такт его мерным шагам добычей, скрытно подходя к гнезду с сидящей в нем журавушкой. Она уже седьмой день грела кладку — два крупных буро-оливковых с темным крапом яйца — покидая гнездо, чтобы чуть размяться.

Лето подкралось незаметно, обозначившись потеплевшими ночами, морозящими дождями да комариным звоном. Теперь, ближе к вылуплению птенцов, он сменял журавушку на гнезде утром и вечером, но она даже в эти редкие часы отдыха и кормежки держалась ближе к другу и будущему потомству.

Семейная жизнь оказалась нелегкой. Охотников до журавлиных яиц вокруг хватало. В самом начале, когда самка снесла первое яйцо, оно чуть не погибло в зубах старого лиса, жившего по соседству, в высокой отсыпке пожарного водоема на краю гари. Журавль заметил рыжего вора первым, всего в нескольких метрах от гнезда. Застигнутый врасплох, зверь злобно щерился на раздраженных и решительно настроенных птиц, но связываться с ними побоялся и поспешно заковылял прочь, вскидывая на кочках обвислым задом.

Несколько раз на гари появлялись кабаны, но они проходили по своим тропам, ближе к опушке соснового бора, окру-

жавшего гари со всех сторон, и журавлиного дома не беспокоили.

Однажды ближе к вечеру около гнезда появилась енотовидная собака. Крупная самка. Злобное и упрямое существо оставило попытки добраться до яиц, только получив крепкий удар клювом по черепу и поплатившись за наглое вторжение на территорию журавлиной семьи кровоточащей ссадиной на затылке, за правым ухом.

Месяц насиживания яиц заканчивался, близилось время вылупления птенцов. Все мы приходим в этот мир мучительно трудно, журавлята не исключение. Задолго до вылупления малыши уже чувствовали присутствие родителей, понимали их сигналы. Насиживая яйца, журавушка часто прислушивалась к тому, что в них происходит. Она слышала приглушенный скорлупой писк птенцов. Волновалась, если звук был тревожным. Успокаивала их голосом, тихо и нежно.

Первенец заявил о себе еще затемно, до утренней зари, потревожив чуткий сон матери. Едва слышные удары клювика следовали мерно, с коротким интервалом, словно ход хронометра — тук, тук, тук. Птенец упрямо долбил скорлупу несколько часов кряду и пробил яйцо с тупого конца незадолго до восхода солнца.

Взволнованная происходящим, журавушка часто приподнималась, осматривая яйца. То, в котором нарождалась жизнь, лежало открыто, у груди насиживающей птицы, и треснуло только к полудню. Птенец беспокойно двигался в яйце, отчаянно пытаясь выбраться наружу. Наконец показалась мокрая прилизанная головка на тонкой облезлой шее. С видимым трудом крошка выпростал наружу крючковатое крылышко. Скорлупа чуть слышно треснула и развалилась надвое. Журавушка осторожно взяла обломок кончиком клюва, чуть пятясь встала с гнезда, отбежала

в сторонку и спрятала скорлупку в мох. Торопясь, почти бегом, вернулась. Вторая половинка скорлупы, прилипшая к задку птенца, никак не отваливалась. Он беспомощно барахтался, пытаясь освободиться, быстро уставал и замирал, уткнувшись коротким сероватым клювом в дно гнезда и прерывисто дыша всем тельцем. Журавушка аккуратно теребила его кончиком клюва за голое крылышко, понуждая двигаться, выбираться из плена. Наконец мокрый, вымазанный слизью уродец освободился, чуть отполз в сторону и затих, поджав к животу масляные лапы и коротко подрагивая непомерно большой для тщедушного, словно сплющенного с боков, тельца головой. Он лежал мокрый, почти черный, в лучах слепящего июньского солнца больше похожий на допотопную рептилию, чем на птенца. Убрав остатки скорлупы, журавушка снова села на гнездо, осторожно укрыв собой птенца и оставшееся яйцо, в котором слышались уже знакомые ей звуки — тук, тук, тук.

В замшелом сыром сосняке, на краю гари, коротко и хрипло вскрикнула сойка. Невесть откуда взявшаяся в этой лесной глуши ворона, явно обеспокоенная переменой погоды, поспешно тянула к дальнему ельнику, тяжело загребая крыльями в темнеющем предгрозовом небе. Посреди гари, на сухом островке с редкими соснами, всполошились и тут же смолкли рябинники. Как-то сразу оборвались журчливые песни кобылок. Все замерло в тяжелом и тревожном ожидании, повисшем в недвижимом воздухе.

Свинцово-сизые громады грозowych туч, губельно желтые понизу, клубясь и пучась, валили от кромки дальнего леса, теснясь и толкаясь, в жадном стремлении поскорее сожрать остатки вечерней синевы июньского неба.

Уже подсохшие рыжевато-палевые пуховики сидели

в гнезде, тесно прижавшись друг к другу. Журавушка, собиравшая в кочках пушицы кобылок, тревожно поглядывала в сторону быстро темнеющего неба. Сейчас непогода была ой как нехвата. Ее малышам требовалось тепло и солнце; сырость и холод губительны для них. Выждав минуту-другую, она решительно пошла к травяной куче-гнезду, желтеющей на салатовой зелени мха. Встав над гнездом, птица распушила перья живота и мягко накрыла собой слабо попискивающих птенцов. Ее беспокоило долгое отсутствие журавля, кормящегося где-то неподалеку, но из осторожности голоса не подавала. Журавль не выдержал долгого молчанья самки и первым коротко окликнул ее, подлетая к гнезду с дальнего края гари и торопясь успокоить подругу.

По нижней кромке недобро потемневшего неба полоснула дальняя, еще немая зарница. В неподвижно-стылом воздухе возникло вдруг легкое, тревожное движение, тут же замершее. Мгновением позже порывом налетел ветер, разом вздыбивший перья на спине журавля.

Тяжелые, поначалу редкие капли дождя, бесследно таявшие в мягких мхах, вдруг зачастили и хлынули ливнем. Серые, ровные космы его, гонимые и терзаемые порывами ветра, хлестко стегали по спинам птиц. С сухим, оглушительным треском ударила первая молния и следом, словно взбесившись, с неистовой злобой и усердием стихия принялась жалить землю слепяще белым пламенем бездумной ярости. Земля и небо смешались в хаосе дикого разгула грозовой бури.

Смертельно напуганная необычайно сильной грозой, журавушка вздрагивала всем телом при каждом ударе молнии. Но вскоре окончательно поте-

рялась от страха и, содрогаясь от ужаса и бессилия перед разразившимся буйством природы, потеряла ощущение реальности. Ее словно не стало, были только крошки птенцы, которых она спасала, прикрыв собой.

Гроза выдохлась только к полуночи. Ливень прекратился, оставив после себя порядочные лужи в замшелых ямах около корневых выворотней и донельзя насытив влагой все вокруг.

Журавушка, все еще дрожащая то ли от пережитого страха, то ли от знобкой ночной стылости, так и просидела до утра, нервно вздрагивая и чуть слышно оклика дремлющего рядом с гнездом журавля.

Птенцы, два брата, росли шустрými и любопытными. Спустя неделю после памятного ливня, они всю бегали, не отставая от родителей, терпеливо обучавших их первым навыкам самостоятельной жизни. Где пищу искать, что есть можно, чего нельзя. Кого опасаться, куда не совать. Словом, почти как у людей, наука несложная, да больно нудная.

К началу июля подростки журавлята, неуклюжие и голенастые серовато-коричневые увальни, начали оперяться. Они все еще неотвязно следовали за родителями, посуху бегом на коротких еще лапах, по воде, где поглубже, вплавать.

Шло время. К августу подернулись сизым бархатом спелых ягод кусты голубики. По солнечным припекам налились сочной мякотью ранние гроздья брусники. Всюду стрекотали бесчисленные кобылки. В воздухе, напоенном солнечной пылью и терпким ароматом багульника, реяли, слюдянисто поблескивая прозрачными крылышками, разбойницы стрекозы.

Теперь семейство журавлей кормилось по всей гари. Одетые в серо-бурое перо в темных пес-

тринах поверху, летные птенцы важно вышагивали по мелкой воде вслед за взрослыми, ловко склевывая кобылок, выуживая лягушат, пощипывая ягоды. Заболоченная гарь жила своей привычной жизнью.

Ближе к осени семейство журавлей стало вылетать на окрестные поля, чтобы полакомиться остатками зерна в жнивье. Каждый вечер они возвращались к себе на заболоченную гарь, взрослые впереди, молодые следом, пища и торопливо взмахивая неокрепшими еще узкими крыльями.

Осень пришла рано. Семейство направлялось к местам осеннего сбора журавлиных стай. Обширные пойменные болота, веками принимающие по осени сотенные стаи длинноногих птиц, служили им местом ночного отдыха, окрестные поля давали пищу.

Недели стайной жизни пролетели незаметно. В сумерках раннего сентябрьского утра, следуя зову вожака, их стая — два десятка взрослых и дюжина подростов птенцов — суетливо, с криками и хлопаньем крыл покинула гостеприимное болото. Широкими кругами набрав высоту и выстроившись однобоким, косым клином, птицы потянули к горизонту, купаясь в лучах восходящего солнца. Внизу посеребрившие от осенних дождей поля сменялись чуть тронутыми золотом лесами и перелесками, тускло поблескивали в лучах скупого осеннего солнца серые змейки рек. У крутой излучины неторопливо текущей реки ударил вдруг колокол. Рожденные им торжественно-печальные звуки поплыли над землей, поднимаясь ввысь, навстречу журавлиному клину, сливаясь с прощальными криками улетающей стай.

Долгой жизни тебе, журавлиная Русь! ■

Контуры жизни и творчества зоолога Е.И.Лукина

Жизненный путь Ефима Иудовича Лукина, зоолога с мировым именем, охватил почти все 20-е столетие, со всеми его трагедиями и катаклизмами. Как и другие биологи его поколения, он в полной мере испытал на себе тяготы, связанные с революциями и войнами, был свидетелем «чисток» и репрессий, пережил лысенковщину и борьбу с космополитизмом. Несмотря на это, ему посчастливилось интенсивно работать и внести многогранный вклад в науку, сохранив репутацию порядочного и благородного человека.

Читателю предстоит познакомиться с примечательными событиями в судьбе выдающегося эволюциониста, зоогеографа и гидробиолога, ощутить глубину и размах его научной деятельности. Тщательно составленный биографический очерк, в котором приведены уникальные документы и фотографии, принадлежит перу сына Лукина — А.Е.Лукину.

Кроме того, мы публикуем небольшую статью двух историков биологии — Е.А.Ароновой и Д.А.Александрова, посвященную одному из самых актуальных направлений в работах Е.И.Лукина.

А.Е.Лукин,

доктор геолого-минералогических наук

Украинский государственный геологоразведочный институт
Киев

Ефим Иудович Лукин родился на Украине в расположенном на берегу Днепра г.Новогеоргиевске (сейчас он на дне Кременчугского «моря»). В 1911 г. семья переезжает в Харьков, и Ефим поступает в гимназию.

Резкое ухудшение материального положения семьи, связанное с революцией и гражданской войной, вынудило его в 14 лет пойти работать в инфекционную больницу санитаром. Среднее образование он завершил в профшколе «Коммуна» и в 1922 г. поступил на биологический факультет Харьковского университета, который тогда назывался Институтом народного образования (ИНО). Это ни в коей мере не снижало блестящего уровня харьковской школы биологов, зоологов и палеонтологов (Г.Ф.Арнольд, А.В.Нагорный, Л.П.Николаев,

А.А.Коршиков, В.К.Залесский, Н.Н.Фадеев, Д.Н.Соболев и др.).

Харьковская школа

В письме к жене от 7 октября 1942 г. Ефим Иудович пишет: «1 октября исполнилось 20 лет, как я начал заниматься в Харьковском Ин-те нар. обр. Первую лекцию (вечером) в аудитории т.н. старого юридического корпуса читал Ал. Семенович Федоровский. Он вел курс неорганической эволюции. Органическую эволюцию излагал с присущими ему недостатками как лектора Ал-р Аркадьевич Коршиков <...>. Помню, как он запутался, излагая дигибридное расщепление. Ал-р Семенович уже умер, а жив ли Ал-р Аркадьевич?» (Выдающийся ботаник А.А.Коршиков, автор классических работ по пресноводным водорослям, как раз в дни, когда писалось это письмо, находился в застен-



Ефим Иудович Лукин
(1904—1999).

ках Харьковского гестапо и был казнен за связь с подпольщиками.) «13 ноября, — продолжает Лукин, — исполняется 20 лет, как начал работать семинар



Профессора Харьковского университета А.А.Коршиков (слева) и Г.Ф.Арнольд.



Профессор Харьковского университета Николай Николаевич Фадеев.

по общим вопросам зоологии под руководством Георгия Федоровича Арнольда. Я до сих пор помню, как ехал вечером в трамвае, смотрел на темную Бассейнную и вдруг подумал, а не станет ли этот день особенным в моей жизни? И он стал таким (не только в моей жизни,

но и в жизни других). Заседал семинар по средам. Одну среду читал Г.Ф., другую кто-либо из студентов и т.д. Помню, как во вступительном чтении Г.Ф. вдохновенно говорил о трудностях познания жизни. Исповедовал он тогда витализм и под этим углом освещал мало известные тогда факты механики развития. Часто он метал бисер, ибо мы плохо понимали его серьезные речи, но именно он привил многим из нас (среди слушателей семинара Арнольда такие известные исследователи, как Д.Л.Фердман, Э.Е.Уманский, Н.И.Солодовников, М.В.Зиверт, И.М.Поляков, Н.В.Дубовский и др. — А.Л.) вкус к серьезным вопросам науки о жизни. Благодаря ему мы были избавлены от научного провинциализма <...>. Как велико было влияние семинара Г.Ф. Арнольда, видно из того, что несколько человек из нас, сделавшись удачливыми систематиками под руководством Н.Н. Фадеева, вскоре бросили систематику и перешли к вопросам, которые считали более важными. У Ник. Ник. не было этого знания «проклятых» вопросов биологии. Он был менее романтичен и более трезв в науке (зато как про-

дуктивен!), но ему я обязан очень многим (10 ноября исполняется 10 лет, как он умер). Именно благодаря его направляющему влиянию я стал уже в 1923 г. заниматься фаунистическими исследованиями, он сделал меня своим помощником в Комиссии по исследованию рек бассейна Северского Донца. Он сыграл решающую роль в моем продвижении в аспирантуру, несмотря на формальные недостатки моего образования».

Последнее предложение нуждается в пояснении. Дело в том, что во время одной из очередных «чисток» Лукин был исключен из университета в связи с буржуазным происхождением (до революции его отец, купец I гильдии, был связан с крупнейшей нефтяной фирмой России — Товариществом братьев Нобель в Баку). Благодаря заступничеству Фадеева он стал работать лаборантом на кафедре зоологии беспозвоночных и помощником председателя Комиссии по изучению рек бассейна Сев. Донца, а в 1926—1929 гг. прошел аспирантуру в Харьковском отделении Института зоологии. По окончании аспирантуры в 1929 г. он защитил работу «О биологических особенностях рыбных пиявок (к вопросу об эволюции пресноводной фауны)» и получил звание научного работника. Позже, в 1934 г., на этом основании квалификационная комиссия Наркомпроса УССР присвоила ему ученое звание доцента — старшего научного сотрудника, а в 1935 г. — ученую степень кандидата биологических наук.

Таковы были нравы и реалии того сурового времени: с одной стороны — «чистки», классовая демагогия, зависть, доносы и предательство, с другой — порядочность, принципиальность и искренняя заинтересованность в успешном развитии науки, присущие российской научной интеллигенции. Профессор Харьковского университета Николай Николаевич Фадеев

был ее достойным представителем. Имя этого талантливого зоолога и гидробиолога, скончавшегося в 1932 г. в возрасте 38 лет, давно и прочно забыто. (В 1964 г., к 70-летию Н.Н.Фадеева, Лукин сделал обширный доклад о жизни и деятельности своего учителя, а через два года опубликовал большую статью о нем в «Гидробиологическом журнале»). Между тем он был, по-видимому, первый, кто организовал комплексные гидробиологические и гидрохимические исследования крупной речной системы (Сев. Донец и его притоки) с целью изучить влияние природных и техногенных факторов на различные группы водных организмов. Сверхзадачей этих исследований (программа была составлена свыше 80 лет назад!) был постоянный гидробиологический контроль загрязнения окружающей среды, т.е. то, что сейчас называют экологическим мониторингом. Работы Фадеева и его учеников публиковались в ведущих зарубежных изданиях. Первые статьи Лукина, посвященные водным клещам (гидракаринам) Сев. Донца, опубликованы в 1928—1929 гг. на немецком языке в журнале «Zoolog. Anzeiger». К этому периоду относятся напечатанные в отечественных изданиях работы: «О нахождении *Caspibalacarus byrcanus* на Днепровских порогах»; «О *Hydracarina* Крыма», «Биологические заметки о пиявках бассейна реки Сев. Донец». Эти публикации получили признание. Они цитировались, использовались при составлении определителей.

Фадеев был лично знаком с ведущими отечественными и зарубежными специалистами по зоологии беспозвоночных, гидробиологии и др. Фритьоф Нансен во время своего визита в Советскую Россию в 1923 г. заезжал в Харьков и посетил биологический факультет Харьковского университета, где встречался с Арнольдом, Фадеевым и их учениками. Лукин всю

жизнь гордился тем, что видел Нансена и принимал участие в беседе с ним.

Причастность к созданию СТЭ

С 1923 г. в течение ряда лет Ефим Иудович работал в области систематики и биологии водных клещей, пиявок, кругоресничных и сосущих инфузорий, биологического анализа вод, классификации водоемов и др. В процессе этих исследований у него неуклонно возрастал интерес к общебиологическим проблемам. Продолжая изучать систематику и биологию этих групп, Лукин публикует в 1936 г. известную работу «К вопросу о факторах эволюции пресноводной фауны».

В 1932 г. он предпринимает свое первое большое путешествие — в Карелию и на Кольский полуостров. Особенно много дала ему работа на Мурманской биостанции. К этому времени относится начало исследований Лукина по таким кардинальным биологическим проблемам, как географическая изменчивость организмов, соотношение наследственных и ненаследственных изменений в эволюционном процессе, сезонная и локальная изменчивость, классификация явлений изменчивости и т.д. Среди ряда публикаций по этим проблемам особо следует выделить статью «О причинах замены в процессе органической эволюции ненаследственных изменений наследственными с точки зрения теории естественного отбора». Опубликованная в 1936 г. на украинском языке в «Ученых записках Харьковского государственного университета», она, тем не менее, отличается высоким индексом цитируемости. Наряду с более поздними работами И.И.Шмальгаузена (1939) и В.В.Кирпичникова (1940), эта статья считается основополагающей в современной теории приспособительного процесса. Цикл работ

Лукина 1935—1939 гг. по совпадающему отбору, географической, сезонной и локальной изменчивости и его обобщающая монография 1940 г. стали важным вкладом в создание синтетической теории эволюции (СТЭ).

В начале 1941 г. в свет выходит его монография «Дарвинизм и географические закономерности в изменении организмов». Она была подготовлена к печати в 1938 г., но из-за событий, связанных с арестом Николая Ивановича Вавилова и кознями Лысенко против ВИРа, выход ее был существенно задержан. Ответственный редактор книги академик Шмальгаузен, получив дарственный экземпляр, послал Лукину открытку (они привлекали меньше внимания, чем письма, и обычно не подвергались перлюстрации) следующего содержания:

28.04.41.

«Многоуважаемый Ефим Иудович! Большое спасибо за Вашу книгу. Это очень нужная сводка, которая многим поможет разобраться в большом материале по географической изменчивости организмов. К сожалению, против Вас (а попутно и против меня) готовится поход за эту книгу. В основном, по-видимому, за чрезмерное внимание к работам ВИРа и некритическое к ним отношение. Поход, очевидно, столь серьезный, что у нас в редакции ("Журнал общей биологии". — АЛ.) боятся пускать в очередной номер Вашу статью — хотя и выждать и посмотреть».

С искренним приветом Ваш И.Шмальгаузен»

Н.Н.Воронцов, характеризуя основные этапы создания СТЭ, пишет: «Следующим этапом синтеза (после работы С.С.Четверикова 1926 г. — АЛ) стали: монография Филиппенко и Добржанского «Генетика и происхождение видов» (1937), работы Тимофеева по географическим аспектам изменчивости и его труд «Генетика и эволюция» (1939),

книга Шмальгаузена «Пути и закономерности эволюционного процесса» (1939) и незадолго забытая книга харьковского эволюциониста Е.И.Лукина «Дарвинизм и географические закономерности в изменчивости организмов». Судьба последней трагична: она подписана к печати 15 декабря 1940 г., тираж вышел в Москве в начале войны, значительная часть погибла в Харькове...» [1]. Тем не менее эта книга (защищенная Е.И. в качестве докторской диссертации) получила широкую известность. Наряду с отечественными биологами (И.И.Шмальгаузен, Г.Ф.Гаузе, С.С.Шварц и др.) монографию «Дарвинизм и географические закономерности в изменении организмов» высоко оценили в своих рецензиях и отзывах Ф.Г.Добржанский, Дж.Холдейн, Дж.Хаксли, Н.В.Тимофеев-Ресовский, П.Грассе, П.Хадсон.

В июле 1943 г. Е.И. (в то время он был профессором Томского университета, в котором заведовал кафедрой гидробиологии и ихтиологии) решил на неординарный по тем временам шаг. Он послал в ВОКС (Всесоюзное общество культурных связей с границей) два экземпляра своей монографии с просьбой «переслать их известному ученому и общественному деятелю Haldane, J.B.S. (Лондон, университет) и профессору Колумбийского университета в США Dobzhansky, Th. Если возможно, перешлите, пожалуйста, Холдейну и Добржанскому краткие сопроводительные письма, которые я при сем прилагаю» (цитируется по сохранившейся в архиве копии).

Добржанский в те годы, как известно, считался «невозвращенцем». Тем не менее в январе 1944 г. от него пришло письмо, к коему прилагалась копия рецензии, которую Добржанский вскоре опубликовал. Гаузе в письме Лукину от 26.02.1945 г. пишет: «Ваши работы по совпадающему отбору я считаю самыми интересными из всего цикла этих работ. Видели ли

Вы рецензию Добржанского на Вашу книгу в «Science»? Он Вас очень хвалит».

В 1945 г. в «Nature» была опубликована рецензия Дж.Хаксли (экземпляр монографии ему передал Гаузе).

Следует также отметить отзыв П.Хадсона [2], из которого, в частности, следует, что монография Лукина, наряду с работами Г.Турессона, Р.Гольдшмидта, Ф.Г.Добржанского, Н.В.Тимофеева-Ресовского и др., вносит значительный вклад в СТЭ.

Почти через полвека, в возрасте 86 лет, Ефим Иудович принял участие в Международном симпозиуме «Theodosius Dobzhansky and Evolutionary Synthesis» (Ленинград, сентябрь 1990 г.), где сделал большой доклад «Значение исследований Ф.Г.Добржанского для фундаментального развития проблемы эколого-географических изменений организмов», в котором подчеркнул, что даже в годы раскола мировой цивилизации, политической и идеологической нетерпимости, истинная наука существовала как единое мировое сообщество.

В 1944 г. Лукин возвращается в Харьков. Он принимает активное участие в восстановлении учебного процесса и возрождении научных исследований в Университете и Зоотехническом институте.

После войны

В первые послевоенные годы биологический факультет Харьковского университета переживал период небывалого расцвета. Здесь велась интенсивная научная и преподавательская работа на 10 кафедрах, где работали такие известные исследователи, как А.В.Нагорный, И.Н.Буланкин, И.М.Поляков, С.И.Медведев, Н.И.Калабухов, Э.Е.Уманский, В.П.Эфроимсон, Н.В.Дубовский и др. В 1945 г. в университете была создана кафедра гидробиологии, которую возглавил Лукин.

Исследованиями кафедры были охвачены различные типы водоемов. Как и во времена Фадеева, они носили комплексный характер (изучение всех групп биоты, гидрологических и гидрохимических условий их обитания, использования различных организмов в качестве индикаторов техногенного загрязнения окружающей среды и т.д.). В архиве Е.И. сохранилось большое количество писем от ведущих гидробиологов. Их содержание свидетельствует о том, что новая кафедра быстро приобрела известность и всесоюзный авторитет. Одновременно Лукин был деканом в Харьковском зоотехническом институте и заведовал там кафедрой зоологии.

Магистральное направление его научных исследований в первые послевоенные годы было связано с дальнейшей разработкой эволюционных проблем. Он участвует в подготовке и проведении в Московском университете Конференции по проблемам дарвинизма (3–8 февраля 1948 г.). Экстренному созыву Дарвиновской конференции (под таким названием она вошла в историю) предшествовала дискуссия, которая осенью 1947 г. развернулась на страницах советской прессы. Поводом для нее послужила беседа корреспондента «Литературной газеты» с Лысенко. Ссылаясь на опыты своих ближайших сотрудников, Лысенко категорически заявил, что в природе нет внутривидовой борьбы за существование.

Цель Дарвиновской конференции, главным организатором и идейным руководителем которой был Шмальгаузен, состояла в разоблачении предвзятостей лысенковцев.

Лукин сделал два обширных теоретических доклада: «Внутривидовая дифференциация и естественный отбор» и «О первоначальной дивергенции животного и растительного миров с точки зрения естественного отбора». Конференция получила большой резонанс.

Ефим Иудович вернулся в Харьков полный оптимизма и новых замыслов. Сессия ВАСХНИЛ в августе 1948 г. и последующие события оказались для него, впрочем, как и для многих других, полной неожиданностью. В мае ему была объявлена благодарность ректора ХГУ за «образцовое руководство работой кафедры гидробиологии», а в сентябре 1948 г. появился приказ об освобождении от заведования кафедрой и увольнении из Университета. Это было началом расправы над харьковской биологической школой. В специальных постановлениях, директивных документах и газетных статьях началось разоблачение «очагов пропаганды менделизма-вейсманизма-морганизма на биофаке ХГУ». В докладе зав. отделом науки ЦК Украины Лукин фигурировал в качестве «одного из наиболее оголтелых противников мичуринского учения». Там же отмечалось, что «научные труды Лукина насыщены идеалистическим и метафизическим вздором», что в своих лекциях он никогда не упоминал работ Мичурина и Лысенко и т.д. и т.п. (Доклад был напечатан в «Правде Украины» и харьковских газетах «Красное знамя» и «Социалистическая Харьковщина».) В статье А. Коржа «Против низкопоклонства и раболепия перед буржуазной культурой», опубликованной 21 октября 1948 г. в «Красном знамени», отмечалось, что Е.И. «пресмыкался перед реакционной буржуазной наукой».

Аналогичные «мероприятия» проводились в Харьковском зоотехническом институте, где Е.И. заведовал кафедрой зоологии. Специальная комиссия отметила, что «профессор Лукин является наиболее ярким представителем харьковской группы разоблаченных ярых сторонников реакционного вейсманизма-морганизма — одного из самых влиятельных центров пропаганды и распространения реакционных идеалистических идей в биологии» и постановила «отстранить Е.И. от заведова-

ния кафедрой, уволить с работы и ходатайствовать перед ВАК СССР о лишении его научного звания профессора и ученой степени доктора биологических наук».

7 сентября 1948 г. по Министерству высшего образования СССР был издан приказ следующего содержания:

«Освободить тов. Лукина Е.И. от исполнения обязанностей заведующего кафедрой гидробиологии Харьковского Государственного Университета им. А.М. Горького, как не обеспечившего руководства кафедрой.

Заместитель Министра высшего образования Союза ССР А. Топчиев».

Аналогичный по содержанию приказ об увольнении из ХЗИ был издан по Министерству высшего образования УССР.

А.В.Топчиев, который специально приезжал в сентябре 1948 г. в Харьков, чтобы «разбираться» с менделистами-вейсманистами-морганистами, на вопрос Е.И., что ему делать, посоветовал «уехать куда-нибудь подальше» (допустим, в Якутию или на Дальний Восток). Этот совет не повлек за собой никаких конкретных предложений. Таким образом, в возрасте 44 лет Е.И. не только остался без работы, но и имел все основания ожидать худшего. Однако в конце 1948 г. из Москвы пришел приказ по Министерству высшего образования за подписью А.В.Топчиева: «Утвердить доктора биологических наук профессора Лукина Е.И. заведующим кафедрой зоологии Харьковского зоотехнического института».

Новые испытания принес 1949 год с его кампанией по разоблачению космополитизма и преклонения перед Западом. На этот раз Лукина спасло то обстоятельство, что ХЗИ был расположен далеко за городом, а в многочисленных харьковских вузах «космополитов» было более чем достаточно. Местная комиссия из трех человек доложила ученому совету, что космополитом №1 в институте является

«неразоружившийся вейсманист-морганист» Е.И.Лукин, в связи с чем было принято постановление: «считать невозможным оставлять образование и воспитание студентов в руках вейсманиста-морганиста, обратиться в ВАК СССР с просьбой лишить Е.И.Лукина ученой степени доктора биологических наук и звания профессора». Ректор М.И.Книга не торопился выполнять эти решения. Увольнения не последовало.

В это страшное время Ефим Иудович не калялся, не отрекался от своих убеждений, не предавал друзей. Показательно его поведение в деле В.П.Эфроимсона. Этот выдающийся ученый и замечательный по своим нравственным качествам человек был близким другом Лукина еще с довоенных времен, когда по возвращении из лагеря (после первого ареста в 1933 г.) устроился работать на станцию по разведению и селекции тутового шелкопряда в Мереве под Харьковом. Возвратившись с фронта с боевыми наградами, Эфроимсон стал работать в Харьковском университете, блестяще защитил докторскую диссертацию.

После августовской сессии ВАСХНИЛ его снова арестовали. Несмотря на всю шаткость собственного положения, Е.И. направляет в соответствующие органы характеристику В.П.Эфроимсона (в архиве Лукина сохранился ее черновик). «Я не сомневаюсь, — пишет Е.И. в конце характеристики, — что Владимир Павлович Эфроимсон, как истинный и самоотверженный патриот нашей Родины, при благоприятных условиях принесет много пользы в практически важных областях науки». Лукин после этого не был арестован. Эфроимсон, который первоначально попал в лагере на общие работы, что обрекало его на верную смерть, был переведен в санчасть. Сохранилось его письмо после получения справки о реабилитации.

События 1948—1949 гг. имели тяжелые последствия для Лу-

Дорогой Ефим Иудович.

Вчера получил справку
о реабилитацией с новой
необходимой формулой "за
будущим составом присутст-
вия". Владыкова один
экземпляр с просьбой
передать ИМПУ, если
Еще ему может пригодиться
пусть использует, если нет,
пусть об этом документе
никто не знает. Очень крепко
жмите Вашу руку. Полагаю,
это Ваша характеристика сыграла
роль в быстрейшем решении
дела. Два года эта характеристика
целя меня совершенно неснази-
мо, она была одним из сферней
зи которые я морально хватался,
когда близился к отчаянию,
и потерю веры во все.

Как это ни странно, мне
пришлось близко столкнуться
с завидным числом высоко-
породистых людей. Однако
Вы оказались в категории
людей - самой высокой. Глупо
это писать, но это так писалось,
пусть так оно и окажется.

Дорогой мой, крепко жму
Вашу руку.

В. Эфроимсон.

8.8.56 г.

кина. Написанные в первые по-
слевоенные годы многочислен-
ные статьи по географической
изменчивости, видообразова-
нию, первоначальной диверген-
ции животных и растений, а так-
же другим кардинальным вопро-
сам эволюционной биологии,
отклонялись редакциями журна-
лов. Судя по списку его печатных
работ, он не публиковался с фев-
ря 1948-го до конца 1953 г.

Второе дыхание

В начале 50-х годов по ини-
циативе Зоологического инсти-
тута АН СССР Ефим Иудович
предпринимает обширные ис-
следования фауны пресных и со-
лоноватых водоемов. На протяже-
нии 30 лет он совершает с этой
целью экспедиционные поездки
на Кавказ и в Закавказье, Сред-
нюю Азию и Казахстан, в Закар-
патье и Прибалтику, Карелию и
на Кольский полуостров, на Ал-
тай и в Туву, Сахалин и Камчатку,
в Хабаровский и Приморский
край. Он проводил сборы гидро-
биологического материала и ком-
плексное его изучение в бассей-
нах Волги, Дона, Днестра, Дне-
пра, Салгира, Печоры, Сев. Дви-
ны, Иртыша, Катуня, Оби, Енисея,
Ангара, Лены, Амра, Усури, Кам-
чатки и других рек, на озерах Се-
ван, Онежское, Ладожское, Телец-
кое, Иссык-Куль и др. Как отме-
чали Б.Г.Иоганзен и Я.Я.Цеев в
юбилейной статье, посвященной
70-летию Лукина (Гидробиологи-
ческий журнал, 1975), «редко кому
из гидробиологов удавалось охва-
тить полевыми исследованиями
столь обширную и разнообразную
акваторию».

Особое место в его гидробиоло-
гических исследованиях занимает
Байкал. Он принимал участие в
ряде байкальских экспедиций,
любил бывать в Лимнологическом
институте и Иркутском универси-
тете, где у него было много друзей
(М.М.Кожов, Г.И.Галазий, М.Ю.Бекман,
О.М.Кожова и др.). Из многочис-
ленных публикаций «байкаль-

Факсимиле письма Эфроимсона. (И.М.П. — это Илья Михайлович Поляков, на кафедре которого Эфроимсон работал в 1946—1948 гг.)

ского цикла» следует выделить известную статью «Фауна открытых вод Байкала, ее особенности и происхождение» (Зоологический журнал, 1986), в которой Е.И. убедительно показывает молодой (плейстоценовый) возраст фауны Байкала. Эти выводы стали важным аргументом в борьбе против промышленного освоения Байкальского региона и, в частности, строительства огромного целлюлозно-бумажного комбината (ЦБК) в устье р.Селенги.

Когда решение о строительстве ЦБК было все же принято, Лукин воспринял это как личную трагедию. Позже в статьях, опубликованных в Докладах АН СССР, Зоологическом журнале, в ряде выступлений он показал реальность быстрых необратимых изменений прибрежной байкальской биоты. (Чутким индикатором техногенного загрязнения, в частности, оказались пиявки.)

Уникальные сборы послужили Лукину материалом для ряда статей и монографий, включая фундаментальное издание «Пиявки пресных и солоноватых водоемов. Фауна СССР. Пиявки» (Л., 1976).

Академик М.С.Гиляров, получив от Лукина эту книгу, написал ему: «Глубокоуважаемый Е.И.! Спасибо за чудесный том, с выходом которого от души Вас поздравляю. Все-таки можно писать о географической изменчивости, об эволюции, о любых общих вопросах — все может быть интересно, но преходяще. А вот такая монография не преходяща и к Вашему труду будут и через 100 лет возвращаться и писать: “еще Лукин...” От души рад за Вас, что Вам удалось это сделать. Ваш М.Гиляров. 18.09.76».

С начала 60-х годов Е.И., продолжая интенсивные гидробиологические и зоологические исследования, возвращается к вопросам теории эволюции, разработке таких ключевых эволюционных проблем, как внутривидовая экологическая диффе-



На научно-исследовательском судне «Г.Ю.Верещагин». Байкал, 1964 г. Слева направо: В.Н.Абросов, Е.И.Лукин, Г.Г.Винберг, В.Н.Грезе.

ренциация, неравномерность темпов эволюции, различия в скорости эволюции разных систем органов и приспособлений к размножению и развитию животных, принцип монофилии и проблемы изменения количества параллельных систематических групп по мере повышения их ранга, теория ароморфозов и типы животного мира, главные этапы прогрессивной эволюции в связи с гео-

логической историей, общие вопросы построения системы животного мира, ароморфозы и условия их возникновения.

Е.И.Лукин был не только крупным и многогранным естествоиспытателем, но и выдающимся педагогом, блестящим лектором, автором ряда учебных пособий и учебников (Ю.И.Полянский в своем «Отзыве о книге проф. Е.И.Лукина “Зоология”», отметил, что это «лучший из име-

Биографический очерк



С директором Лимнологического института АН СССР Г.И.Галазием. Вид на исток Ангары, 1964 г.



На Камчатке, 1964 г.

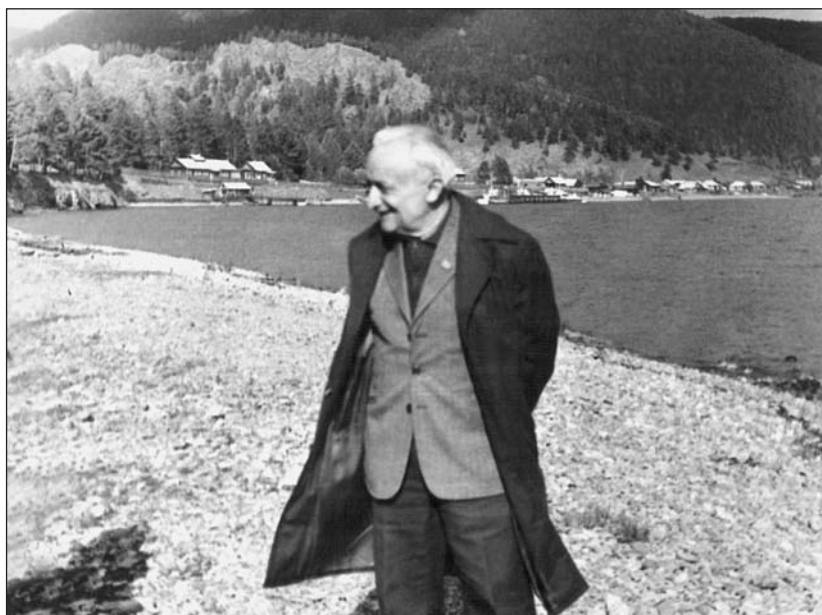


С известным сибирским ихтиологом С.И.Краснощеквым. Байкал, июль 1972 г.

Биография со-



С Б.К.Вайнштейном. Борок, сентябрь 1979 г.



На Байкале, август 1979 г.

ющихся у нас и за рубежом из кратких курсов»). Возглавляемая им кафедра зоологии и дарвинизма ХЗВИ на протяжении 30 лет была центром повышения квалификации преподавателей зооветеринарных и сельскохозяйственных вузов СССР.

Много сил и времени Лукин отдавал научно-организационной деятельности. В 1962 г. он организовал и возглавил Харьковское отделение Всесоюзного гидробиологического общества (ВГБО).

Выйдя в 1987 г. на пенсию и прекратив профессорско-преподавательскую деятельность, он еще четыре года интенсивно работал.

В 1989 г., когда ему исполнилось 85 лет, он принимал участие в I Верещагинской байкальской международной конферен-

ции (Листвянка, 2–7 октября 1989 г.). В сентябре 1990 г. выступил с большим докладом на упоминавшейся выше Международной конференции, посвященной 90-летию Ф.Г.Добржанского. В мае следующего года на Всесоюзном совещании «Медицинская пиявка на службе здравоохранения» (Донецк, 14–17 мая 1991 г.), сделал обширный вводный доклад «Географическое распространение медицинской пиявки в связи с ее экологией и происхождением». В ноябре 1991 г., в возрасте 87 лет, принял активное участие в съезде ВГБО в Мурманске.

В общем равнодушный к наградам и почестям, Е.И. с удовольствием воспринял награждение (в составе группы биологов старшего поколения, выстоявших в борьбе с лысен-

ковщиной) Орденом Трудового Красного Знамени. Для его получения он, несмотря на ненастную погоду и неважное самочувствие, вылетел в Москву и 26 ноября присутствовал в Кремле.

Последние годы жизни Ефима Иудовича были омрачены распадом СССР, который он переживал очень тяжело, вспоминая своих друзей в России, Прибалтике, Грузии, а также поездки, путешествия и экспедиции. В день 90-летия он получил много приветствий из разных городов бывшего СССР. Лукин скончался 22 ноября 1999 г. Его похоронили за городом, недалеко от Харьковского зооветеринарного института, на тихом сельском кладбище, в древнем бору, где он любил гулять перед лекциями. ■

Литература

1. *Воронцов Н.Н.* Разноликий Тимофеев-Ресовский // Природа. 1995. №10. С.101.
2. *P.S.Hudson* // Animal Breeding Abstracts. 1945. V.13. №3.

Дарвинизм, ламаркизм или что-то между?

Е.А.Аронова,
кандидат биологических наук
Москва

Д.А.Александров
кандидат биологических наук
Санкт-Петербург

В 1936 г. в малочитаемом журнале «Ученые записки Харьковского государственного университета» появилась статья на украинском языке, написанная молодым доцен-

© Аронова Е.А., Александров Д.А., 2005

том Института зоологии Харьковского университета Е.И.Лукиным — «О причинах замены в процессе органической эволюции ненаследственных изменений наследственными с точки зрения теории естественного отбора». Эта небольшая публи-

кация, которой, казалось бы, суждено было остаться навеки погребенной в пыльных томах старой рутинной периодики, оказалась одной из самых цитируемых работ этого автора. Именно по ссылкам на эту работу имя Лукина стало известно

биологам-эволюционистам во всем мире. Чем же так интересна и важна эта работа?

В 1930—1940-е годы в центре живейших биологических дискуссий находился вопрос об эволюционной роли адаптивных модификаций, т.е. изменений, возникающих не случайным образом, а адекватно тем или иным изменениям окружающей среды. С конца XIX в. адаптивные модификации были главным коньком неоламаркистов, старавшихся экспериментально доказать возможность наследственного закрепления адаптивных приспособлений (пресловутое наследование приобретенных признаков). Невозможность однозначной интерпретации экспериментов, на которые ссылались ламаркисты, привела к тому, что в 1920—1930-е годы среди сторонников дарвиновской теории возобладало мнение: модификации не передаются по наследству и потому не имеют эволюционного значения. Как отмечал Г.Ф.Гаузе, интерес к изучению модификаций сильно упал, когда выяснилось, что они не передаются по наследству.

Выступления Т.Д.Лысенко и его сторонников против хромосомной теории наследственности вновь заострили вопрос об адаптивных модификациях и их роли в эволюции. В 1930—1940-е годы практически одновременно к проблеме адаптивных модификаций обратились В.С.Кирпичников, Е.И.Лукин, И.И.Шмальгаузен, Г.Ф.Гаузе, М.А.Розанова и др. Общим в их работах было стремление, с одной стороны, противостоять попыткам использовать факт существования адаптивных модификаций как доказательство ламаркистского механизма происхождения приспособлений, а с другой — преодолеть устойчивое убеждение в том, что модификации не играют сколь угодно значимой роли в эволюции. В совокупности эти работы способствовали рождению оригинального направления в эволюционной биологии.

В наиболее целостном и законченном виде теория, показывающая, сколь важную роль в эволюции играют адаптивные модификации и фенотипическая изменчивость, была сформулирована Шмальгаузенем. Эта теория стабилизирующего отбора, согласно которой адаптивные модификации, представляя собой первый ответ организма на изменившиеся условия, нередко показывают направление эволюции вида. В дальнейшем модификации могут замещаться сходными по проявлению мутациями, однако речь идет не о простой замене модификаций генокопиями, а о том, что отбор оценивает приспособительное значение произошедших изменений. «Не изменения генотипа определяют эволюцию и ее направление. Наоборот, эволюция организма определяет изменение его генотипа» [1].

Нередко новый подход сравнивали с известной теорией «органического отбора», предложенной Дж.Болдуином в 1895 г. для объяснения параллелизма наследственной и ненаследственной изменчивости. Согласно этой теории, приспособление возникает прижизненно, позволяя организму выжить, а затем отбор постепенно вырабатывает соответствующее наследственное изменение. В статье, предназначенной для американского читателя, Гаузе писал: «Термины “органический”, “стабилизирующий” и “косвенный” отбор — это практически синонимы. <...> Теоретические исследования Лукина, Шмальгаузена, Кирпичникова обнаруживают много общего с исследованиями Болдуина, Ллойда Моргана и Осборна...» [2. P.22]. Однако и сам Шмальгаузен, и большинство его последователей не связывали теории стабилизирующего и органического отбора. Ф.Г.Добржанский, много сделавший для того, чтобы познакомить коллег за рубежом с работами российских эволюционистов, специально

обращал внимание на их принципиальное различие: «Как показывают <работы Шмальгаузена и пр.>, развитие может быть *канализовано*, приводя к определенному результату, или может быть пластично, производя различные фенотипы, приспособленные к различным условиям окружающей среды. Термин же “органический отбор” имеет отношение лишь к описанию параллелизма между генотипической и фенотипической изменчивостью» [3. P.303].

В новом подходе вопрос о ламаркизме был поднят на очень высокий теоретический уровень обсуждения по сравнению с дискуссиями 1920-х годов, которые ставили во главу угла экспериментальные доказательства наследования приобретенных признаков. Шмальгаузен подчеркивал, что «вопрос о ламаркизме вовсе не исчерпывается пресловутым вопросом о “наследовании приобретенных признаков” и не решается им» [4]. Главная проблема ламаркистов заключается в том, что с их позиций «принципиально неразрешима основная проблема возникновения целесообразных реакций» (там же). В теории стабилизирующего отбора, как и у неоламаркистов, утверждалось, что элементарные новые эволюционные изменения возникают вначале в качестве модификаций, однако как Шмальгаузен, так и Лукин, Кирпичников и пр., давали этой идее рациональное обоснование с позиций теории естественного отбора. По Шмальгаузену, адаптивная модификация — результат отбора (а не прямого приспособления, как у ламаркистов), ее генетическое «закрепление» не является переходом «приобретенного» качества в «наследственное», а означает переход адаптивной нормы в безусловную. Как заметил М.А.Шишкин, сам вопрос о «наследовании приобретенных признаков» при таком подходе терял всякий смысл, а ламарки-

сты лишались своего главного козыря [5].

Таким образом, в эволюционной биологии был намечен «третий путь», «золотая середина» между классическим неodarвинизмом и эпигенетическим неоламаркизмом. Был ли этот своеобразный компромисс специфической особенностью истории российской эволюционной биологии? Нет, при том, однако, что в России это направление в эволюционной биологии имело наибольшее число сторонников.

Самым близким «аналогом» теоретических работ Шмальгаузена, Лукина, Гаузе и др. теоретиков биологии в России были работы К.Уоддингтона в Англии. Примерно в те же годы он выступил с концепцией «канализирующего отбора» или «генетической ассимиляции» [6. P.563—565]. Подобно Шмальгаузену, Уоддингтон пытался объединить эпигенетический подход с дарвиновской теорией естественного отбора.

Характерно, что схожие концепции «стабилизирующего» и «канализирующего» отбора, предложенные в России и в Анг-

лии, имели почти одинаковую оценку американских эволюционистов — творцов эволюционного синтеза. Обе концепции были приняты довольно сдержанно. Э.Майр и Ф.Добржанский упрекали Уоддингтона в том, что его теория генетической ассимиляции представляет собой неудачную попытку поддержать неоламаркистскую трактовку наследственности. Дж.Симпсон в своей рецензии на английское издание книги Шмальгаузена «Factors of Evolution» охарактеризовал работы Шмальгаузена, Гаузе, Кирпичникова как «новое направление в биологии», однако признавал их ценность лишь для России, как возможную форму компромисса между «мичуристами» и «генетиками»: «Последователи его (Шмальгаузена. — ЕА., ДА.) теории могут <...> принимать данные неоламаркистов или Лысенко по их “номинальной стоимости”, и в то же время признавать все достижения ортодоксальной генетики. Популярность и интенсивное культивирование этого направления пришлось в СССР на период борьбы между менделистами-

морганистами и мичуринцами. <...> Поэтому сейчас, с установлением диктатуры Лысенко <в биологии>, надежда на действительный компромисс между конфликтующими сторонами тоже пришла к своему концу, и больше исследований такого рода из Советского Союза вряд ли можно ждать. <...> Стабилизирующий отбор <...> несомненно является реальным явлением. <...> Он <...> представляет несомненный интерес в отношении некоторых случаев, приводящихся в качестве доказательства неоламаркизма. Однако остается открытым вопрос, имеет ли он такое большое значение вне рамок идеологической борьбы, которая определенным образом стимулировала некоторые из этих исследований» [7. P.322—324].

Действительно, после августовской сессии ВАСХНИЛ многие ключевые теоретики «нового направления в биологии» претерпели гонения и были уволены со своих постов (о судьбе Е.И.Лукина впервые рассказывается в статье А.Е.Лукина), а теоретические дискуссии ушли в другие области [8]. ■

Литература

1. Шмальгаузен И.И. Пути и закономерности эволюционного процесса. М.; Л., 1939.
2. Gause Georgii F. Problems of evolution // Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences. 1947. №37.
3. Dobzhansky T. Genetics of the Evolutionary Process. N.Y.; L., 1970.
4. Шмальгаузен И.И. Факторы эволюции. М.; Л., 1946.
5. Шишкин М.А. Фенотипические реакции и эволюционный процесс (Еще раз об эволюционной роли модификаций // Экология и эволюционная теория. Л., 1984.
6. Waddington Conrad H. Canalization of development and the inheritance of acquired characters // Nature. 1942. №3811.
7. Simpson G.G. Factors of Evolution // The Journal of Heredity. 1949. №40.
8. Alexandrov D.A., Aronova E.A. Russian Theoretical Biology between Heresy and Orthodoxy: Georgii Shaposhnikov and His Experiments on Plant Lice // Darwinian Heresies Cambridge, 2004.

Новости науки

Астрофизика

Древние звезды еще больше постарели

Целью экспериментов, поставленных коллективом итальянской лаборатории LUNA (Laboratory for Underground Nuclear Astrophysics — Подземная лаборатория ядерной астрофизики) в Гран-Сассо, было измерение скорости, с которой осуществляется углеродно-азотно-кислородный цикл, в ходе которого звездный водород превращается в гелий. Этот цикл определяет продолжительность жизни звезд в старых звездных скоплениях. Для установления возраста звезды необходимо учесть ее массу и вычислить, сколько времени она потратила, чтобы достичь своего нынешнего состояния.

Однако скорость углеродно-азотно-кислородного цикла не может быть большей, чем ее самый медленный этап — ядерная реакция, в которой изотоп ^{14}N поглощает протон водорода и превращается в ^{15}O . Интенсивность этой реакции можно оценить, бомбардируя в ускорителе ядра ^{14}N протонами. Но подобные измерения искажаются «шумами» космических лучей, поэтому астрофизики всегда признавали, что здесь возможна ошибка в сторону преувеличения подлинной скорости.

Теперь группа европейских физиков, работающих на ускорителе LUNA, расположенном на глубине 144 м под землей, пришла к выводу, что превращение азота в кислород происходит вдвое медленнее, чем предполагали ранее. Значительная заглубленность аппаратуры позволяла им экранировать приборы от воздействия космической радиации. Мишень, из-

готовленная из ^{14}N , была обстреляна протонами, после чего измерялось γ -излучение азота в ходе его превращения в ^{15}O .

В результате исследователи пришли к выводу, что большинство древних звездных скоплений на самом деле старше, чем полагали, по крайней мере на 700 млн лет. Возраст старейших из них составляет около 14 млрд лет, что близко к возрасту Вселенной (13.7 млрд лет), который указывают физики, определявшие его по данным микроволновой анизотропии.

Известный американский астрофизик Дж.Баколл (J.Bahcall; Институт перспективных исследований в Принстоне) признал этот эксперимент чрезвычайно полезным и убедительным, хотя и требующим некоторых уточнений. В связи с этим, по словам одного из руководителей работы — К.Броггини (C.Braggini), в ближайшее время предстоит повторить эксперимент на более реалистических энергиях столкновений: в уже проведенных исследованиях использовались энергии выше 140 кэВ, новые детекторы γ -излучения позволяют осуществлять столкновения частиц в диапазоне около 25 кэВ, т.е. вблизи той энергии, при которой данная реакция происходит в звездах.

Science. 2004. V.304. №5675. P.1226 (США).

Астрономия

О чем говорят планетные диски

Понимание того, как образуется планетная система вокруг той или иной звезды, — одна из главных задач сегодняшней астрономии. Условия возникновения нашей Солнечной системы с ее достаточно стабильным строем пла-

нет и их спутников могут представляться весьма редкими во Вселенной, а ограничение объектов исследования одной лишь планетной системой не позволило бы судить о том, насколько часто планеты формируются вокруг других звезд и, в конце концов, порождают стабильные небесные тела, где имеется вода в жидком виде, что могло бы привести к появлению жизни.

Однако за последнее десятилетие астрономам стало известно много (свыше сотни) планет, orbiting различных ярких звезд, и сегодня уже очевидно, что образование планет — не столь редкое явление. Теперь перед наукой стоят задачи установить размеры таких «новых» тел, определить их орбиты и т.п., иначе говоря, уяснить процесс зарождения планет из пылевых дисков, окружающих звезды, ибо более неоткуда брать материал, идущему на формирование планеты. Между тем распознать столь слабо светящиеся диски, состоящие из мелких, разреженных пылевых частиц, и получить их отчетливое изображение удалось пока лишь в нескольких случаях. Так, в середине 1980-х годов стали доступны данные о диске, окружающем звезду Бета Живописца, и долгие годы это был чуть ли не единственный пример.

П.Калас и Б.Меттьюс (P.Kalas, B.Matthews; Университет штата Калифорния в Беркли) совместно с М.Лю (M.Liu; Астрономический институт в Гонолулу, штат Гавайи) сумели не только открыть пылевой диск у звезды AU Микроскопа, но и получить некоторое представление о его составе и эволюции. Прежде всего отмечено его сходство с диском у звезды Бета Живописца. Оба объекта очень молоды: им немногим менее 20 млн лет.

Но относительная близость звезды AU Микроскопа способствует ее детальным наблюдениям. Выяснилось, что у этой звезды очень небольшая масса, а до сих пор полагали, что кольца присущи куда более массивным звездам.

Известно, что в период ранней молодости звезды сближающиеся с нею, но не падающее на это тело вещество образует «хоровод» из частиц разной величины, расположенный внутри диска, в котором содержится больше газа, чем пылевых частиц. В течение нескольких миллионов лет большая часть газа либо поглощается самой звездой, либо «сдувается» в открытое пространство. Небольшая часть пыли слипается, образуя все более и более крупные тела — планетезимали (а в будущем — и полноценные планеты). На этой стадии мелкие зерна и пылинки уже не испытывают существенного воздействия газа, который в противном случае притормаживал бы их и защищал от звездного излучения. Но теперь пылевые частицы часто сталкиваются и быстро измельчаются, а диск превращается в скопление мельчайших обломков, очень слабо светящихся, и получить их изображение совсем непросто.

В видимой и близкой инфракрасной частях спектра наблюдаемый диск состоит из короткоживущих зерен, порожденных столкновениями планетезималей. Изображения этих дисков позволяют судить о том, что представляют собой планетезимали и как они распределены в пространстве. Более того, распределение зерен по величинам, их состав и асимметричность структуры свидетельствуют о физических условиях в диске и о его динамике. А это и есть основная информация, необходимая для понимания роли диска в процессе формирования планет.

Тот диск, который открыли Калас и его коллеги, используя снабженный коронографом 2.2-метровый телескоп обсерватории Мауна-Кеа (Гавайи), окружает звезду значительно меньшей массы (лишь около половины солнечной), чем у ранее известных звезд,

имеющих свою протопланетную систему. Близость к нам этого диска (всего 10 пк) впервые позволяет рассматривать его мелкие детали и структуру, в том числе и вблизи самой звезды. Важно, что рядом с такими звездами формируются планеты: ведь объекты с малой массой гораздо чаще встречаются во Вселенной, чем гиганты.

Благодаря выведенному на орбиту в 2003 г. космическому телескопу «Spitzer», приборы которого обладают очень высоким пространственным разрешением¹, появилась надежда открыть куда более слабо светящиеся диски, чем известные ныне. К наблюдениям теперь привлечена и наземная система из 64 антенн ALMA (Atacama Large Millimeter Array — Атакамская большая миллиметровая сеть)², которая способна получать информацию о холодных частицах и газах в далеких областях Вселенной. Science. 2004. V.303. №5666. P.1982, 1990 (США).

Астрономия. Физика

Ньютон опять прав

Со времен Исаака Ньютона известно, что сила тяготения между двумя телами убывает обратно пропорционально квадрату расстояния между ними. В наши дни астрономы и физики, наблюдая обращение планет вокруг Солнца и спутников вокруг Земли, а также взаимодействия крупных масс в лабораторных условиях, подтвердили этот закон: он сохраняется в масштабах от астрономических величин до нескольких долей метра.

Однако недавно некоторые теоретики предположили, что закон Ньютона в самых мелких масштабах (меньших, чем диаметр человеческого волоса) может слегка нарушаться.

Подтвердить или опровергнуть такой факт очень сложно. Дело в том, что в данные микроскопических масштабов вмешиваются бо-

лее существенные силы, например, электростатическое отталкивание. В экспериментах, поставленных учеными Университета штата Вашингтон в Сиэтле, был применен высокоточный маятник, который позволил, исключив значительную часть посторонних «шумов», показать, что закон Ньютона сохраняется и в масштабе десятых долей миллиметра. Но и это полностью удовлетворило специалистов.

На конференции Американского физического общества (Денвер, май 2004 г.) Ш.Бесслер (Sh.Baessler; Майнцский университет, Германия) описал эксперимент, проведенный его группой специалистов, который позволил проверить закон всемирного тяготения с точностью, в 100 тыс. раз превышающей прежнюю.

Легенда рассказывает, как Галилео Галилей ставил эксперименты, измеряя скорость падения с наклонной Пизанской башни шарообразных грузиков. Теория, естественно, подтверждалась, но точность такой проверки в наши дни уже неприемлема. Бесслер с коллегами тоже «сбрасывал» на неподвижную поверхность некие «грузики» — сильно охлажденные медленные нейтроны. При соударении с поверхностью нейтроны подсакивали, подобно теннисному мячу. Но так как нейтрон — объект квантовый, он и отскакивать может лишь квантовыми «шагами». Подобно существованию нижнего предела энергии, удерживающей электрон около ядра водорода, существует и минимальная высота отскока нейтрона, удерживаемого силами тяготения вблизи поверхности.

Если удастся определить высоту минимального отскока, тем самым с большой точностью можно установить и силу тяготения. При этом даже ничтожное ее отклонение от теоретического значения изменит высоту минимального отскока частицы на доступную измерению величину, будь то всего лишь нанометры.

В эксперименте немецкие ученые измеряли эту величину, постепенно поднимая потолок, поглощающий нейтроны, над неподвиж-

¹ См.: Космический телескоп «Спитцер» // Природа. 2004. №3. С.80.

² Сурдин В.Г. ALMA — крупнейший радиотелескоп // Природа. 2003. №10. С.69—70.

ной поверхностью. Обнаружилось, что все измерительные данные в точности соответствуют теории Ньютона — великий английский математик, физик и астроном XVII в. снова оказался прав.

Science. 2004. V.304. №5673. P.951 (США).

Планетология

Спор о марсианском магнетизме

Все больший объем информации о Красной планете позволяет ученым рассматривать различные загадки природы Марса, ранее казавшиеся неразрешимыми. Так, планетологи во главе с Элкинсом-Тантоном (Elkins-Tanton) предлагают с новых позиций решать проблему наличия или отсутствия у Марса магнитного поля, что, очевидно, зависит от строения и состава глубинных недр.

Ученые предполагают, что в ранние времена истории Марса почти на всей планете существовал океан расплавленных пород, а тепловая энергия пополнялась в результате аккреции протопланетных тел. Это породило конвективные течения электропроводящего вещества мантии, запустившие магнитное поле Марса. В ходе кристаллизации жидких материалов, составлявших всепланетный океан, более горячие породы с меньшей плотностью оказывались под более плотными остывшими слоями, что приводило всю систему в крайне нестабильное состояние. Такая стратификация не могла существовать долго. Произошел переворот: более холодные вещества начали погружаться, порождая процесс токового разогрева всей массы. Так на Марсе возникло сильное магнитное поле, срок жизни которого был весьма ограничен.

Противоположную гипотезу выдвинули физики Уильямс и Ниммо (Williams, Nimmo), которые полагают, что ядро молодого Марса было разогрето в большей степени, чем мантия. Значительная разность температур приводила к достаточному запасу свободной энергии всей системы, чтобы запу-

стить (хотя и ненадолго) марсианскую «динамо-машину», создавшую магнитное поле Красной планеты, которое намагнитило породы ее коры. В таком случае ядро сохраняет высокую температуру и остается расплавленным по сей день.

Пока что решить, которая из гипотез верна, невозможно. Обе они в общем не противоречат данным, получаемым при анализе метеоритных тел, поступающих на Землю с Марса. Остается надежда на информацию, собираемую марсоходами в различных районах Красной планеты.

Meteoritical and Planetary Science. 2004. V.38. P.1753; Geology. 2004. V.32. P.97; Science. 2004. V.303. №5663. P.1439 (США).

Химия атмосферы

Как взаимодействуют аэрозоли с облаками

Один из важнейших факторов, приводящих к климатическим изменениям, — взаимодействие между аэрозолями и облаками. Однако суть этого процесса недостаточно ясна.

Группа специалистов под руководством И.Корена (I.Koren; Центр космических полетов им.Годдарда НАСА США), проводившая исследования в Амазонии (Бразилия), где традиционно сжигают огромное количество биомассы (главным образом, при вырубке лесов), обнаружила неизвестные ранее эффекты, вызываемые дымом от пожаров. В тех регионах, где он образовывался в сухой сезон, наблюдалось активное подавление низких облаков, образующихся поверх турбулентного слоя толщиной 100—2000 м. Поглощение и рассеяние света аэрозолями приводило к уменьшению количества влаги, поступающей в лесной покров. Эти эффекты существенно изменяли климатические условия не только на региональном уровне, но и на всем континенте.

В Амазонии работали также метеорологи и специалисты по химии атмосферы, возглавляемые М.О.Андреа (M.O.Andreae; Химический институт им.М.Планка, Майнц, ФРГ). Они установили, что

конвективные облака, у которых вертикальная протяженность больше горизонтальной — от 1 до 10 км и более, — переносят трасирующие вещества из загрязненной дымом нижней тропосферы в верхние ее слои, в область тропопаузы, а иногда даже в нижние слои стратосферы. Если загрязненность незначительна, это не влияет на образование осадков, если велика, — количество осадков резко сокращается. Вертикальный перенос загрязняющих веществ может приводить к значительным метеорологическим последствиям в сухих субтропиках и в более высоких широтах.

Science. 2004. V.303. №5662. P.1309, 1331, 1342 (США).

Электроника

Нанокристаллы памяти уже на подходе

В 2004 г., после более чем года плодотворного сотрудничества, специалисты американских фирм «LSI Logic» и «Nantero» изготовили и передали в лабораторию тестовых испытаний первые кремниевые пластины с ячейками памяти на основе углеродных нанотрубок. Несмотря на то, что многие из них работали превосходно, технология изготовления таких устройств нуждается в дальнейшей доработке. Однако даже скептики уже не сомневаются, что кристаллы памяти из нанотрубок могут быть запущены в промышленное производство через два-три года. Остается, правда, неясным, какова будет цена этих запоминающих устройств (ЗУ).

Нанокристаллы памяти разрабатывают и другие американские фирмы. Так, «ZettaCore» выделила 20 млн долл. на разработку конденсаторов в ячейках динамических и статических запоминающих устройств с произвольной выборкой (ЗУПВ) на основе органических молекул, подобных молекулам хлорофилла; «Nanosys» и «Intel» совместно работают над увеличением срока службы флэш-ЗУ с использованием нанокристаллов; «California Molecular Elec-

tronics» разрабатывает молекулярный ключ для дисплеев и ЗУ. А британская компания «NanoMagnetics» разрабатывает для использования в магнитных ЗУ материал на основе белка ферритина.

Неудивительно, что многие фирмы, занимающиеся наноразработками, нацелены именно на рынок ЗУ¹ (аналитики насчитали в этой области около 20 альтернативных технологий) — сегодня он представляет собой один из самых больших секторов мирового рынка. Объем продаж устройств памяти в настоящее время составляет 48 млрд долл., а в 2008 г., по прогнозам некоторых специалистов, может достичь почти 57 млрд долл. К тому же этот сектор нуждается в радикальном обновлении, поскольку традиционные ЗУ страдают хроническими недостатками — такими как утечка конденсаторов; чувствительность к случайным сбоям, вызванным космическими лучами; большие размеры ячеек памяти статических ЗУПВ; трудности интеграции динамических ЗУПВ и флэш-ЗУ с логическими кристаллами; низкая скорость считывания флэш-ЗУ и ограниченный срок их службы.

<http://www.reed-electronics.com/.../index.asp?layout=articlePrint&articleID=CA47544>;
http://perst.isssp.kiae.ru/inform/perst/4_24/index.htm

Химия

Наноматериалы на марше

Область применения наноматериалов стремительно расширяется, поскольку используются различные их свойства. Например, очень высокая удельная площадь поверхности позволяет превращать инертные вещества, в частности платину, во взрывчатые, а вещества, не обладающие каталитическими свойствами, — в суперкатализаторы.

Впечатляющих успехов в области внедрения нанотехнологий

¹ См. также: Молекулярные запоминающие устройства // Природа. 2004. №8. С.82—83; Магнитнорезистивная память с произвольной выборкой // Там же. №12. С.75.

достигли США. Вот лишь несколько примеров. Компания «Inframat Corp.» применяет производимые ею наноструктурные керамические материалы более чем в 150 изделиях, и это не предел. В ближайшем будущем фирма собирается изготавливать фильтры для очистки питьевой воды от мышьяка и свинца на основе дешевых нановолокон из MnO₂ (объем их продаж очень быстро может достичь 1 млрд долл.), а позже займется получением покрытий для стоматологии и имплантантов для ортопедии.

Фирма «U.S. Global Nanospace Inc.» производит из нановолокон фильтры для очистки воздуха от микрочастиц (в частности, вирусов атипичной пневмонии), а также тонкую ткань, которая используется в качестве защитного покрытия, позволяющего вдвое увеличить прочность изделия и одновременно уменьшить наполовину его вес.

Военные специалисты наносят покрытия из керамических наноматериалов на узлы механизмов, которые работают в суровых коррозионных условиях, а также на гребные валы и трущиеся части перископов — чтобы повысить их износостойкость.

http://www.smalltimes.com/print_doc/cfm?doc_id=7954;
http://perst.isssp.kiae.ru/inform/perst/4_15/16/index.htm

Биология

Стресс беременных ящериц

Живородящая ящерица *Lacerta (Zootoca) vivipara* — самая обычная ящерица европейской фауны — стала в последние годы популярным модельным объектом для исследования тонких биологических механизмов эволюции и популяционной экологии.

Одно из таких исследований недавно провела группа французских зоологов во главе с С.Мейлан (S.Meylan; Университет им.Пьера и Марии Кюри). Ученые хотели выяснить, как стресс во время вынашивания потомства влияет на биологические характеристики новорожденных.

Для эксперимента отловили в природе 90 беременных самок живородящей ящерицы и до появления на свет потомства содержали их в лабораторных условиях, разделив на две группы, одну из которых подвергали стрессу, а другую — нет. Стресс имитировали, ежедневно нанося на кожу животных масляный раствор гормона кортикостерона, проникновение которого в организм приводило к повышению его концентрации в крови — физиологическая аналогия естественного стресса.

После рождения детенышей (которые у живородящих пресмыкающихся являются полной миниатюрной копией взрослых особей и с первых часов жизни способны к самостоятельному существованию) экспериментаторы сравнивали потомство самок двух групп по внешним признакам (размерам, массе тела, пропорциям), а также по способности к расселению. Дело в том, что новорожденные не остаются возле матери (ведь никакой родительской заботы эти ящерицы не проявляют), а постепенно располагаются в поисках пищи и благоприятной среды. Чтобы оценить склонность к расселению, французские исследователи применили оригинальный метод. Они помещали самку с новорожденными в контейнер с небольшими отверстиями, сквозь которые могли выбраться только детеныши. Регистрировали, сколько ящериц выползает за определенный промежуток времени, и как оценку этой величины использовали соотношения оставшихся в контейнере и выползших детенышей.

Оказалось, что повышенный стресс в период беременности не влияет ни на количество детенышей в потомстве, ни на соотношение полов, ни на внешние характеристики новорожденных, зато их склонность к расселению сильно зависит от повышенного уровня кортикостерона в материнском организме. Причем связь эта довольно сложна. Потомки более крупных, старших самок, испытывавших стресс, отличаются значительно более низкой склонностью к расселению по сравнению с осо-

бями из контрольной группы, а детеныши мелких, молодых самок — существенно более высокой.

Таким образом, показано, что изменение гормонального уровня у самок влияет на поведение их потомства. Однако непосредственное биологическое значение наблюдаемых после стресса изменений в способности ящерят к расселению остается пока неясным.

Ecoscience. 2004. V.11. №1. P.123—129 (Канада).

Медицина

Ранний этап ВИЧ-инфекции

Несмотря на то что на изучение вируса иммунодефицита человека (ВИЧ) в настоящее время брошены силы многих научно-исследовательских лабораторий во всем мире, некоторые аспекты влияния этого вируса на организм человека еще не ясны. Вот почему важным представляется описание особенностей ранней фазы ВИЧ-заражения, чем и занимались одновременно две группы исследователей в США¹.

В ходе работы сравнивались уровни разных классов Т-лимфоцитов в периферической крови, желудочно-кишечном тракте и лимфатических узлах на разных этапах после заражения ВИЧ. Оказалось, что именно слизистая оболочка кишечника человека является самой ранней мишенью для атаки ВИЧ. В этой ткани происходит быстрая потеря огромного числа особой категории лимфоцитов — CCR5(+) CD4 Т-клеток.

К сожалению, используемые на сегодняшний день лекарственные средства не исправляют данную ситуацию, хотя и приводят к относительному восстановлению популяции Т-клеток в крови.

Это открытие заставляет изменить подход к диагностике и разработке вакцин против СПИДа².

¹ *Brenchley J.M., Schacker T.W., Ruff L.E. et al. // J. Exp. Med.* 2004. V.200. P.749—759; *Mehandru S., Poles M.A., Tenner-Racz K. et al. // J. Exp. Med.* 2004. V.200. P.761—770.

² *Veazey R.S., Lackner A.A. // J. Exp. Med.* 2004. V.200. P.697—700.

Так, анализ периферической крови не позволяет понять основные события в патогенезе ВИЧ-инфекции, так как, в отличие от слизистой кишечника, число CD4 Т-клеток в крови не изменяется существенно на первой фазе инфекции. Вероятно, ключ к разработке эффективных вакцин против СПИДа лежит в стимулировании иммунного ответа слизистых оболочек.

© **Липина Т.В.**,

кандидат биологических наук
Москва

Популяционная экология

Численность леммингов определяют хищники

Хотя это всего лишь легенда, что лемминги массами бросаются вниз со скал, реальность для жителей Скандинавии и других приполярных областей не менее удивительна: время от времени их земли заполняют полчища мелких грызунов; у нескольких видов подобных зверьков — леммингов и родственных им полевок — численность может быстро возрастать в сотни и даже тысячи раз и затем резко падать, причем эти колебания происходят регулярно.

Экология мелких млекопитающих стала самостоятельным направлением исследований в 1924 г., когда выдающийся британский эколог Ч.Элтон опубликовал одну из своих основополагающих работ по популяционным циклам грызунов. С тех пор исследователи постоянно изучали эти циклы, отчасти потому, что такие простые сообщества животных служат хорошими моделями более сложных экосистем, а также потому, что долгое время не удавалось добиться убедительного объяснения подобных явлений.

Ошейниковый лемминг, обитающий в приполярной тундре, — единственная жертва в одном из самых простых среди позвоночных взаимоотношений типа хищник—жертва. Леммингами питаются горностаи, песцы, полярные совы и длиннохвостые чайки, называемые большими поморниками. Теперь ученые полагают, что пове-

дение этих четырех видов хищников полностью объясняет четырехлетние циклические колебания численности ошейниковых леммингов в восточной части Гренландии и, возможно, в других районах обитания этих зверьков, а нехватка пищи или подходящих мест обитаний, в отличие от прежних гипотез, никакой роли не играет. Это утверждают О.Гилг и И.Хански (Gilg, I.Hanski; Хельсинкский университет, Финляндия) и Б.Ситтлер (B.Sittler; Фрейбургский университет, Германия) на основании своих многолетних полевых работ.

Один из районов тундры в Гренландии площадью 75 км² они обследовали в летние месяцы на протяжении 15 лет, отслеживая численность леммингов и питающихся ими хищников. Оказалось, что популяционные циклы горностаев отстают от циклов леммингов. Это не стало неожиданностью, так как горностаи — специализированный хищник, охотящийся исключительно на леммингов; круглый год оставаясь на изучаемой территории, он к тому же размножается медленнее, чем лемминги. Зато численность песцов, сов и больших поморников — хищников-генералистов, питающихся леммингами лишь тогда, когда те имеются в изобилии, — изменялась, как обнаружили авторы, в точности синхронно с численностью леммингов.

Исследователи предположили, что специализированные и неспециализированные хищники совместно ограничивают рост популяций леммингов, которые в противном случае увеличивались бы до тех пор, пока не истощили запасы пищи на данной территории. Горностаи благодаря отставанию в темпах размножения служат ключом к характерному для леммингов четырехлетнему циклу численности. В год их максимального обилия хищники-генералисты помогают горностаям контролировать рост популяции леммингов и делают это до тех пор, пока численность самих горностаев не достигнет максимума. В этот момент хищничество становится настолько эффективным, что популяция лем-

мингов уменьшается до минимума. Как только три хищника-генералиста переключатся на другие виды жертв или покинут район, лемминги снова смогут размножаться достаточно быстро, чтобы опять достичь максимальной численности.

Для проверки этой гипотезы исследователи построили численную модель, включающую многие характеристики популяционной динамики каждого вида, в том числе скорость размножения животных, продолжительность их жизни и число съедаемых ими леммингов. Модель не включала количество корма или число местобитаний, доступных леммингам, но тем не менее она предсказала те же закономерности изменения их численности, которые наблюдались в природе.

American Association For The Advancement Of Science, 5.11.2003;
www.sciencedaily.com/releases/2003/11/031104063521.com

Экология

Неожиданные потери углерода в экосистемах тундры

В попытках свести никак не сводящийся баланс углерода (его концентрация в атмосфере растет не так быстро, как следовало бы ожидать исходя из количества сжигаемого ископаемого топлива) исследователи все чаще обращаются к тундровым экосистемам — возможным местам связывания (стока) CO₂, который образуется и естественным путем, и выбрасывается промышленными предприятиями. Дело в том, что по крайней мере треть всех мировых запасов органического вещества почвы сосредоточена именно в тундре и лесотундре. Поскольку развитие растительности нередко ограничено нехваткой минеральных веществ (прежде всего азота и фосфора), предполагается, что массовое применение удобрений, а также поступление в атмосферу оксидов азота (легко образующихся при сжигании низкокачественного угля) могут привести к более быстрому росту растительности и, соответственно, свя-

званию дополнительного количества CO₂ в процессе фотосинтеза. Однако результаты, полученные недавно М.Мэк¹ из Университета штата Флорида совместно с ее коллегами из других научных учреждений США, оказались несколько неожиданными.

В течение 20 лет эти исследователи регулярно удобряли участки осоковой тундры на Аляске (в год вносили по 10 г азота и 5 г фосфора на 1 м²). Такое количество азота примерно в пять раз превышает то, что необходимо для поддержания нормальной первичной продукции осоковой тундры, и примерно равно тому, что потребляется в более теплых местах тундры, где развиваются кустарники. Через 20 лет эксперимента на удобряемых участках вместо осок появились кустарники — заросли карликовой березы. При этом, как и ожидалось, заметно возросло количество углерода в наземной растительной биомассе и в подстилке, скопившейся на поверхности почвы.

Однако полной неожиданностью стало резкое снижение количества углерода, содержавшегося ранее в органическом веществе почвы. В среднем потери составили около 2 кг углерода под 1 м², что значительно больше количества, связанного в тканях растений. Иными словами, о простом перераспределении углерода между почвой и произрастающей на ней растительностью речи быть не может. Очевидно, что добавление азота и фосфора стимулировало не только рост кустарников, но и активность бактерий, разлагающих давно захороненное в почве органическое вещество. По-видимому, бактерии испытывали нехватку именно азота и фосфора, а не углерода, который находился в избытке (опять же относительно азота и фосфора). Возрастание активности бактерий, разлагающих органическое вещество, и привело к потере углерода, который, скорее всего, попал в атмосферу в виде CO₂.

Таким образом, не следует предполагать, что дополнитель-

ный приток элементов минерального питания, приводя к увеличению первичной продукции (что означает реальный прирост биомассы растений), будет автоматически способствовать связыванию дополнительного количества углерода. Ни в коем случае нельзя не учитывать деятельность гетеротрофных бактерий, разлагающих органическое вещество и выделяющих при этом CO₂. Если деятельность этих бактерий по каким-то причинам активизируется, то конечный итог (т.е. поглощение или выделение углекислого газа) будет определяться соотношением интенсивности фотосинтеза растений и дыхания микроорганизмов.

© Гиляров А.М.,
доктор биологических наук
Москва

Организация науки. Вулканология

Первая в России медаль международной вулканологической ассоциации

На сессии Генеральной ассамблеи Международной ассоциации вулканологии и химии недр Земли (IAVCEI — International Association Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior), состоявшейся в г.Пуконе (Чили, ноябрь 2004 г.), доктору физико-математических наук Олегу Эдуардовичу Мельнику, заведующему лабораторией общей гидромеханики Научно-исследовательского института механики Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова была вручена медаль им.Л.Р.Вейджера².

Эта награда присуждается в честь профессора Оксфордского университета Лоуренса Рихарда Вейджера (L.R.Wager, 1904—1965), который был одним из ведущих петрологов своего поколения. Известность ему принесели экспедиционные работы в восточной части Гренландии, участие в восхождении на Эверест в 1933 г., исследования в Южной Африке, Кариб-

¹ Mack M. et al. // Nature. 2004. V.431. P.440—443.

² www.iavcei.org



Медаль им.Л.Р.Вейджера.

ском бассейне, Шотландии и других районах земного шара. В память о своем супруге вдова профессора Вейджера основала фонд и поручила комиссии по наградам IAVCEI присуждать раз в четыре года две медали молодым ученым (до 40 лет) за значительные результаты в изучении вулканических процессов. Этой награды уже были удостоены советник правительства Италии по чрезвычайным ситуациям Ф.Барберри (F.Barberi, 1974), вице-президент IAVCEI Р.С.Дж.Спаркс (R.S.J.Sparks, 1978), директор обсерватории на вулкане Везувий Дж.Македоннио (G.Macedonio, 1998) и другие известные ученые. О.Э.Мельник — первый из российских ученых, кому присуждена эта награда.

При изучении вулканических извержений ученые сталкиваются со сложнейшими и актуальнейшими проблемами, поскольку миллионы людей живут в непосредственной близости от активных вулканов. Магма — многокомпонентная среда, состоящая из расплава, кристаллов и растворенного газа. Когда она поднимается из глубин, происходит ее вскипание. Структура потока может меняться от сверживающей жид-

кости до газозвеси. Чтобы рассчитать параметры потока на выходе из канала вулкана, необходимо построить модель течения с учетом физико-химических превращений и взаимодействия с окружающими породами. Усложняют ситуацию невозможность получения детальной информации о геометрии вулканической системы, отсутствие систематических данных о свойствах магмы и окружающих пород.

Казалось бы, при таких условиях численное моделирование малоэффективно. Но это не так. В-первых, различные методы исследования вулканических систем позволяют получить большое количество косвенных данных: оценивается расход магмы, состав вулканических газов, изменения давления и температуры в процессе подъема, интенсивность выхода сейсмической энергии и другие параметры. Существующие математические модели тестируются на этом материале, но главное — позволяют связать информацию, полученную разнородными методами. Во-вторых, ценность моделей состоит в возможности объяснить физику явления и интерпретировать процессы, не поддающиеся непосредственному наблюдению. В-третьих, можно изучить влияние определяющих параметров на динамику процесса и тем самым для конкретного вулкана установить рамки его активности, а на их основании прогнозировать вулканическую опасность.

Мельник известен в вулканологическом сообществе моделями вулканических извержений, построенными им в соавторстве с А.А.Барминым и С.Спарксом. Им рассмотрено течение магмы в канале вулкана при эксплозивном извержении, когда из жерла вулкана вырывается газово-пепловая струя, и при медленном выдавливании лавовых куполов¹. Модели тестировались на имеющихся данных наблюдений вулканов Шивелуч (Камчатка, 1964—2004), Суфриер Хиллз (Монтсеррат, Карибское море,

¹ См., напр.: Бармин А.А., Мельник О.Э. // Успехи механики. 2002. №1; Melnik O.E., Sparks R.S.J. // Nature. 1999. V.402. P.37—41.

1995—2004), Маунт Сент Хеленс (США, 1980—1987), Сантьягито (Гватемала, 1922—2004). Это позволило выявить условия, при которых медленный рост лавового купола может смениться катастрофическим извержением. Были объяснены причины циклической активности вулканов, механизм приповерхностных землетрясений при росте лавовых куполов и другие явления, сопровождающие извержение. Построенные модели широко используются вулканологами разных стран для интерпретации получаемых данных.

© Короткевич Г.В.
Москва

Геотектоника

Территория Аляски продолжает подниматься

Разрозненные геодезические и гравиметрические наблюдения 1980—1990-х годов говорили о том, что значительная часть земной поверхности в юго-восточной части штата Аляска испытывает постоянный подъем². Для уточнения этих данных в 2003 г. Институт геофизики при Университете штата Аляска в Фэрбенксе организовал специальную экспедицию во главе с Р.Мотыкой (R.Motyka).

Показания приборов, установленных в 80 точках юго-восточных районов штата, подтвердили, что подъем продолжается. Причем два участка на территории длинного узкого географического выступа между Тихим океаном и Канадой вздымаются со скоростью примерно 30 мм/год. Это районы, прилегающие к заливу Глейшер-Бей, и ледник Якутат в горах Святого Ильи. Такая скорость вертикального движения земной поверхности наблюдается в очень немногих регионах планеты.

Используя небольшую лодку, надувной плот и гидросамолет, американские специалисты установили постоянно действующие приемные устройства, связанные со спутниковой системой GPS (Global Positioning System), в ряде

² Аляска поднимается // Природа. 2003. № 6. С.86.

пунктов, где ранее велись лишь временные наблюдения, а также в новых для этого района точках.

Компьютерный анализ и сопоставление прежних и новых данных позволили выяснить, что столь быстрый подъем поверхности на юго-востоке Аляски связан с изостазией — стремлением земной коры восстанавливаться по мере снятия гигантской нагрузки при массовом таянии ледникового покрова.

Действительно, еще в 1794 г. первопроходцы этого региона определили, что ледник у залива Глейшер-Бей занимает площадь около 6 тыс. км², а его толщина достигает 1.5 км. С тех пор ледник отступил на 96 км, уменьшив и толщину и площадь. В результате устранения ледниковой нагрузки произошел подъем подстилавшей ледник суши более чем на 5.5 м. Правда, пока еще специалисты не могут точно отличить подъем, вызванный сокращением ледникового покрова, от подъема, связанного с глубинными тектоническими процессами, но очевидно, что первый из этих факторов является главным.

Весь изученный ныне регион рассечен крупнейшей системой тектонических разломов, проходящих от о-вов Королевы Шарлотты (ныне Хайда—Гваии) до горы Фэрвэтер на границе Аляски с канадской провинцией Британская Колумбия. Здесь тектонические сбросы и другие процессы, связанные с существованием огромного Прибрежного хребта, окаймляющего почти весь запад Северной Америки, проявляют себя довольно активно, но постледниковый фактор все же должен играть большую роль в подъеме земной коры. Geophysical Institute Quarterly. 2004. V.18. P.1 (США).

Метеорология

Пожары и атмосфера

Группа американских специалистов, возглавляемая Г.Рван дер Верфом (G.R.van der Werf), определила вклад отдельных регионов нашей планеты в загрязнение ат-

мосферы продуктами пожаров, которые полыхали с января 1997-го по декабрь 2001 г. В 1997—1998 гг. крупные районы в Индонезии, Африке, Центральной Америке, Амазонии, а также в бореальных областях Северной Америки и Евразии были охвачены сильными засухами, вызванными Эль-Ниньо; в результате участились лесные, степные и болотные пожары. В 1999—2000 гг. на смену Эль-Ниньо пришло противоположное ему явление — Ла-Нинья.

Используя данные спутниковых сканирующих радиометров, инфракрасных спектрометров и других приборов, которые регистрируют активность огня на поверхности Земли, исследователи оценили площади выгоревшей (полностью или частично) растительности и определили количество углерода, выделившегося при том или ином пожаре. Применяя разработанную в Центре космических полетов им.Годдарда НАСА США модель переноса химических веществ в атмосфере, они получили картину распределения пожарных выбросов CO₂, CO и CH₄ по континентам.

Оказалось, что наибольший вклад (29%) в загрязнение воздушного пространства внес огонь, охвативший южную часть Африки. Север этого континента и крайний юг Южной Америки дали по 23% выбросов, а пожары в бореальных районах, Юго-Восточной Азии, Центральной и Северной Америке — от 4 до 10%. Выяснилось также, что доли выбросов изменялись по месяцам, так что некоторые регионы, традиционно считавшиеся «поглотителями» атмосферного углерода, внезапно становились временными его источниками.

Ученые пришли к выводу, что загрязнение атмосферы CO₂, CO, CH₄ и другими трассирующими (следовыми) газами в изучаемые годы обуславливалось крупномасштабными пожарами в гораздо большей степени, чем горением ископаемого топлива и биотоплива, окислением метана и летучих органических веществ.

Science. 2004. V.303. №5654. P.73 (США).

Антропология. Генетика

Как и когда зародилось земледелие в Индии?

Этот вопрос обсуждается уже много лет. По одной гипотезе, искусство обработки почвы принесли сюда 10 тыс. лет назад переселенцы из Месопотамии; по другой — местное население само, из поколения в поколение, училось возделывать землю.

По-новому к этой проблеме подошли Р.Кордо (R.Cordaux; Институт эволюционной антропологии им.Макса Планка в Лейпциге, Германия) и его индийские коллеги. Они опирались на то, что появление значительного числа пришлых людей неминуемо отразилось бы на генетических характеристиках местного населения.

Сегодня в Индии есть группы как «традиционных» крестьян, так и тех, что перешли к земледелию сравнительно недавно, на протяжении последних 3 тыс. лет. Сохранились и племена, издревле занимающиеся охотой и собирательством. Если верна модель привнесения навыков сельского хозяйства извне, «молодые» крестьяне должны быть генетически ближе к «традиционным» земледельцам, а в случае правильности второй гипотезы — к охотникам и собирателям.

Кордо и его коллеги провели анализ частоты встречаемости 14 групп Y-хромосом у 583 мужчин, из которых 71 — члены племен охотников и собирателей из южной части Индии, 60 — «молодые» земледельцы из того же региона, 283 — «традиционные» крестьяне, их земляки, и 169 — «традиционные» пахари из северной части страны (ключевые методы обработки почвы распространялись в Индии с севера на юг). Оказалось, что южане, не очень давно ставшие земледельцами, генетически ближе к «традиционным» крестьянам, чем к охотникам и собирателям.

Таким образом, получен серьезный аргумент в пользу гипотезы привнесения земледельческих навыков в Индию людьми, переселившимися сюда 10 тыс. лет назад. Science. 2004. V.304. №5674. P.1125 (США).

«Космос» Карла Сагана

В.Г.Сурдин,

кандидат физико-математических наук

Государственный астрономический институт им.П.К.Штернберга
Москва

Н ечасто авторы отваживались давать своим книгам такое название. Наверное, это возможно лишь в редкие эпохи взлета естественнонаучной мысли. До сих пор нам был известен только один «Kosmos» — грандиозная работа Александра фон Гумбольдта середины XIX в. В те годы происходил прорыв в исследовании нашей планеты. А в конце XX в. Карлу Сагану выпала честь описать прорыв в исследовании иных планет на страницах своего «Космоса».

В отличие от немецкого путешественника Гумбольдта, американский астроном Саган не собирался создавать энциклопедию фактов о природе. Он сразу подчеркивает это в подзаголовке своего «Космоса» — «Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации». Именно эволюция как связь во времени, как путь развития интересует автора в первую очередь. Это и немудрено: за прошедшие годы мы многое узнали, но мало поняли. Взять хотя бы Марс. Полвека назад он был туманным пятнышком в окуляре телескопа, а сегодня по его поверхности ползают роботы с микроскопами и масс-спектрометрами. Поток новой информации огромен, но представления о природе и эволюции этой «братской» планеты почти те же, что и полвека назад. Оказывается, прошлое так же туманно, как и будущее.

В книге Сагана на фоне огромного разнообразия фактов есть несколько сквозных тем, которые и придают произведению цельный характер. Во-первых, преемственность: наша нынешняя цивилизация — лишь малое звено в цепи развития природы и ее уникального создания — человека разумного. Во-вторых, бережное отношение к Земле. Произошедшая в середине XX в. вторая революция в астрономии (по выражению И.С.Шкловского) показала безмерное разнообразие природы космических объектов, утвердив этим мысль об уникальности Земли. Другого дома у человечества нет и не предвидится. Беречь нужно этот. Третья сквозная тема «Космоса», хотя и не выделенная явно, это ответственность ученого. Саган показывает, что академическая замкнутость, келейность ведет в тупик: яркий пример — падение Александрийской научной школы 2000 лет назад. Главный ресурс человека — это знание, уверен Саган. Наука в ее разнообразных исторических формах — единственная гарантия существования человека. Это подчеркнуто в подзаголовке американского издания книги: «Cosmos. The story of cosmic evolution, science and civilisation».

В тексте книги нет ни единой формулы и минимальное количество специальных терминов. Сам Саган объявляет ее «книгой для неподготовленной аудитории». Однако круг затронутых в ней проблем столь широк, чис-



К.Саган. КОСМОС: ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ, ЖИЗНИ И ЦИВИЛИЗАЦИИ. Пер. с англ. А.Сергеева.

СПб.: Амфора, 2004. 525 с.

ло исторических персонажей столь велико, обсуждаемые в ней научные и гуманитарные проблемы столь сложны, что точнее было бы сформулировать направленность книги — для широкой интеллектуальной аудитории. Впрочем, книга «Космос» — это лишь часть проекта Сагана, ставшего эпохой в популяризации астрономии и космических исследований. Второй и, безусловно, главной составляющей этого проекта стал документальный телесериал, созданный американской сетью кабельного телевидения PBS совместно с Карлом Саганом, который выступил в роли ведущего. Вскоре после выхода сериал «Cosmos» стал самым популярным за всю историю американского государственного телевидения: 13 полнометражных часовых серий с триумфом прошли на экранах 60 стран мира, их увидели более 500 млн зрителей.

В течение трех лет (1977—1979) команда Сагана работала над фильмом «Космос», объехав многие страны, давшие миру великих философов, астрономов, инженеров. К сожалению, в нашу Калугу для съемок эпизода о К.Э.Циолковском американскую киногруппу не пустили. Да и сам «Космос» советскому зрителю не показали. У нас в те годы был свой космос. А жаль: фильм получился замечательный. В нем много уникальных кадров. Саган считал, что адресованный предельно широкой аудиторией фильм «требует великолепного визуального ряда и музыкального оформления». И то, и другое удалось, причем немалая часть иллюстраций оказалась на страницах книги (жаль, что не в русском издании).

Параллельно с работой над сериалом Саган написал книгу, которая вышла в 1980 г. в Нью-Йорке, в издательстве «Random House» и стала самым многотиражным научно-популярным изданием на английском языке за всю историю человечества. Она 70 недель не покидала списка бестселлеров, представлен-

ного на страницах «Нью-Йорк Таймс». Теперь, спустя четверть века, ее перевод опубликован и на русском языке. Это приятно, тем более, что мы получили книгу к юбилею автора: 9 ноября 2004 г. Сагану исполнилось бы 70 лет.

Хотя я уверен, что имя Карла Сагана (1934—1996) знакомо каждому читателю «Природы», все же напомним, что он был астрономом и отчасти биологом; занимался в основном изучением планет и астробиологией. В разное время работал в Йеркской обсерватории Чикагского университета, в Институте фундаментальных исследований Калифорнийского университета в Беркли, преподавал в Гарвардском университете, был сотрудником Астрофизической обсерватории Смитсоновского института, а с 1968 г. стал работать в Корнеллском университете, где спустя два года получил место профессора астрономии и пост директора Лаборатории планетных исследований.

Круг интересов Сагана был чрезвычайно широк. Он написал 600 научных и популярных статей, а также был автором, соавтором или редактором более 20 книг. За свою научную, просветительскую и литературную работу Саган был удостоен десятков почетных степеней, медалей и премий. Среди них высшая награда Национальной академии наук (США) «за большой вклад в использование науки на благо общества». Саган выполнял множество общественных обязанностей: в 1968 г. был одним из основателей, а в 1975—1976 гг. руководил Планетным отделением Американского астрономического общества; он стоял у колыбели печатного органа этого отделения — журнала «Icarus», ныне престижного международного научного издания, посвященного исследованию Солнечной системы. С 1970 по 1979 г. Саган был главным редактором этого журнала. Он был также президентом секции планетологии Американского гео-

физического союза, возглавлял астрономическую секцию Американской ассоциации развития науки. А еще он был одним из основателей Планетного общества, насчитывающего сейчас более 100 тыс. членов и осуществляющего не только просветительскую, но и серьезную научную деятельность по исследованию планет и космического пространства, а также финансовую поддержку крупных проектов по поиску радиосигналов от внеземных цивилизаций.

Вот таков автор этой книги, которая стала самым весомым его вкладом в популяризацию науки. Именно науки в целом, а не только астрономии. Саган в слово Космос вкладывает более глубокий смысл, чем просто «космическое пространство» (space). Для него Космос — это все сущее, всеобщий порядок вещей, гармония Вселенной, выведенная из хаоса наших первобытных ощущений работой любознательного интеллекта, методами науки. Вот что говорит сам Саган о книге и фильме «Космос»: «Он создавался исходя из предположения, что публика гораздо умнее, чем принято думать, что глубочайшие научные вопросы о природе и происхождении мира вызывают любопытство и энтузиазм у огромного числа людей. Современная эпоха — это важнейший перекресток на пути развития нашей цивилизации и, возможно, нашего вида. Какую бы дорогу мы ни выбрали, наша судьба неразрывно связана с наукой. Поэтому так существенно для нас понимание науки, по сути это вопрос выживания. Кроме того, наука доставляет истинное наслаждение. Так устроено эволюцией, что мы получаем удовольствие от познания, — познающие выживают с большей вероятностью».

Сюжет книги Сагана — это эволюция наших представлений о космосе, жизни и человеке. В общем — Вселенная, жизнь, разум. Но если вы вспомнили сейчас о книге И.С.Шкловского с таким названием, то, уверяю

вас, это совершенно разные произведения, прекрасно дополняющие друг друга. Разумеется, книга Шкловского стала эталоном для произведений такого рода; на ней вырос и сам Саган. Но он написал свою «сагу о Вселенной» для другой цивилизации, отнюдь не внеземной, к менталитету которой мы сейчас становимся все ближе и ближе. Советскому читателю Шкловский не должен был доказывать преимущество научного метода познания и верность теории эволюции. А Саган вынужден, и делает он это блестяще. В то же время, я с некоторой грустью читаю у Сагана: «Нам повезло жить среди одаренных и невероятно любопытных людей в эпоху, когда поиск нового знания ценится повсюду» (с.34). Не уверен, что мы с вами можем сейчас повторить эти слова с ударением на «повсюду».

Что послужило в свое время препятствием для перевода книги на русский язык, я не знаю. Возможно, это некоторые фразы в защиту общечеловеческих ценностей, таких как мир на Земле, экологическая безопасность, сохранение наиболее разумных представителей биосферы, например, китов, которых мы в те годы промыслили. Вряд ли могли понравиться нашей «самой миролюбивой державе» и такие фразы Сагана: «Общая стоимость такой программы, как полет “Викингов” на Марс или “Вояджеров” во внешние районы Солнечной системы, меньше затрат на советское вторжение в Афганистан» (с.492).

Саган весьма критически относится к политическим властям и религиозному фанатизму. Высшим человеческим качеством Саган считает космополитизм, который в любом государстве в той или иной степени вызывает отторжение: любой власти нужен гражданин страны, а не гражданин Космоса.

Книга и фильм Сагана создавались в годы невиданно активной гонки ядерных вооружений. Поэтому автор совершенно ис-

кренно опасался гибели нашей цивилизации, возможно, единственной в гигантской области Вселенной и — в любом случае — уникальной. Уроком прошлого Саган считал гибель Александрийской библиотеки, надолго прервавшей расцвет западной культуры. Причиной этого стала уникальность Александрии. Помня об этом уроке и учитывая мощь современного оружия, важно, — считает Саган, — тиражировать интеллектуальный продукт человечества и сохранить его в разных точках пространства: на Луне, Марсе, в памяти компьютеров межзвездных зондов. И первые шаги в этом направлении делает сам Саган с горсткой соратников, отправляя послание от лица человечества в космос на межпланетных аппаратах «Пионер» и «Вояджер». В книге «Космос» этим посланиям уделено немного места, поскольку детально с ними знакомит другая книга Сагана — «Шорохи Земли», не переведенная пока на русский язык.

Взяв в руки первое отечественное издание «Космоса», я невольно стал сравнивать его с американским. К литературной обработке текста серьезных замечаний нет — перевод выполнен добросовестно, с полным пониманием предмета. Это большой успех издательства «Амфора», которое уже не первый год переводит западные научно-популярные бестселлеры, но боже мой, насколько слабы были до сих пор эти переводы. «Космос» — иное дело. Переводчик А.Г.Сергеев и редакторы поработали на славу. Список моих замечаний к тексту ограничивается двумя десятками, что совсем немного для столь разноплановой и объемной книги.

Поскольку Саган работал над изданием четверть века назад, некоторые фактические данные устарели. Современное положение вещей уточняется в примечаниях переводчика, по большей части весьма уместных.

Единственное, но очень серьезное разочарование от рус-

ского издания этой книги возникло у меня в связи с почти полным отсутствием иллюстраций. Небольшой блок цветных картинок, вынесенный в начало книги, не может и в малой доле компенсировать потерю сотен великолепных снимков и рисунков — цветных и черно-белых, которые были в оригинальном варианте «Космоса». Многие из них уникальны. Вместе с иллюстрациями исчезли и подписи к ним, существенно дополняющие текст. Это большая потеря. Не знаю, как согласуется с понятием об авторском праве такое «обрезание» книги, но будущим читателям я очень советую не ограничиться чтением, а раздобыть видеокассеты с «Космосом» — иллюстрации там!

В целом же книга Сагана произвела на меня сильное впечатление. Это достойный гимн тем поколениям людей, которые жили до нас, строили нашу цивилизацию и добывали знания в гораздо более суровых условиях, чем мы с вами. Такие книги надо читать. Кстати, друзья Сагана считают, что он обладал даром предвидения. Его однокашник по Чикагскому университету Питер Вадерворт вспоминал, что в марте 1957 г. — до запуска первого спутника — Карл Саган поспорил с приятелем на коробку шоколадных конфет, что человек высадится на Луну к 1970 г. Фактически это случилось в июле 1969-го. Кстати, неизвестно, получил ли Саган свои шоколадки. Думаю, что нет: при жизни пророкам редко воздают по заслугам.

А Саган так и не успел состариться; он навсегда остался «молодым и щеголеватым», как вспоминал о нем Шкловский. В рецензии на книгу журналист из «Тайм» написал: «Когда рядом с нами есть такие земляне, как Карл Саган, кому нужны пришельцы?» Книги Сагана тоже не старятся, поскольку кроме информации в них еще есть дух — они полны любознательности и восторга перед Вселенной. ■

Медицина

Р.Андерсон, Р.Мэй. ИНФЕКЦИОННЫЕ БОЛЕЗНИ ЧЕЛОВЕКА. ДИНАМИКА И КОНТРОЛЬ. Пер. с англ. А.А.Романюха, С.Г.Руднев. М.: Мир; Научный мир, 2004. 784 с.

Классическая монография известных английских ученых Роя Андерсона и Роберта Мэя уникальна. На английском языке книга многократно переиздавалась, принята в качестве учебного пособия в ряде университетов. Русское издание необходимо для повышения уровня подготовки специалистов в области эпидемиологии, фундаментальной медицины и прикладной математики.

Основная идея состоит в следующем. В популяции выделяются группы людей, сходных по своему отношению к инфекционному агенту: восприимчивые, инфицированные, инфекционные, иммунные и другие. Затем формируются эмпирические законы перехода индивидов между группами и рассматриваются факторы, влияющие на скорости переходов. Это характеристики патогенов и их хозяев, а также среды обитания. Помимо биологических, рассматриваются и социальные факторы: особенности динамики инфекционных заболеваний в промышленно развитых, развивающихся и слаборазвитых странах, влияние социальной неоднородности населения на распространение инфекций. Особое внимание авторы уделяют проблеме снижения заболеваемости и искоренения опасных инфекций. Подробно рассматриваются как успешные, так и возможные негативные последствия программ вакцинации против таких инфекций, как корь, свинка, краснуха. Разработанные авторами математические модели объясняют особенности динамики эпидемического процесса.

Большое внимание в книге уделено эпидемии ВИЧ-инфекции и разработке методов контроля этого заболевания в разных социальных и возрастных группах. В первой части книги рассматриваются инфекции, вызываемые вирусами, бактериями и другими микропаразитами. Вторая часть посвящена эпидемиологии инфекционных заболеваний, вызываемых макропаразитами (прежде всего гельминтами).

Ботаника

И.А.Губанов, К.В.Киселева, В.С.Новиков, В.Н.Тихомиров. ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ РАСТЕНИЙ СРЕДНЕЙ РОССИИ. Т.3. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М.: Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технологических исследований, 2004. 520 с.

Трехтомный определитель подготовлен сотрудниками кафедры ботаники биологического факультета Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова и представляет собой универсальное иллюстрированное руководство для изучения сосудистых растений Средней России.

В первом томе описаны папоротники, хвощи, плауны, голосеменные и покрытосеменные однодольные (см.: Природа. 2002. №8). Второй том содержит характеристику около 500 видов растений и ключи для определения 56 семейств двудольных; 554 черно-белых изображений растений (см.: Природа. 2004. №2).

Третий том описывает 500 видов из 31 семейства двудольных растений: от грушанковых до сложноцветных, в том числе представителей таких крупных семейств, как первоцветные, бурачниковые, губоцветные, норичниковые, сложноцветные. Для 449 из них приведены черно-белые изображения об-

щего вида и отдельных частей (цветка, плода, семени).

Отделы, классы и семейства растительного царства расположены в порядке широко распространенной в России системы А.Энглера. Роды внутри семейств и виды внутри родов приведены в алфавитном порядке латинских названий.

Охрана природы

ЖИВОТНЫЕ В МОСКВЕ: Млекопитающие, птицы, пресмыкающиеся, земноводные, рыбы. Под общ. ред. А.А.Минина, М.В.Глазова. М.: Пасва, 2004. 176 с.

Пожалуй, никто не возьмется точно сказать, сколько видов животных обитает в Москве. Списки «городских» животных постоянно пополняются — например, в 2003 г. в Измайловском лесу обнаружена европейская землеройка, которую ранее в Москве никто не встречал. Понятно, что подобные сводки фиксируют лишь временной срез представлений о животном мире того или иного региона.

В книге отражено современное состояние фауны Москвы (с 1960 г.), представлены очерки о позвоночных животных как массовых, обычных, так и редких: 45 видов млекопитающих, более 150 видов птиц (в ходе ежегодных осенне-зимних миграций), 11 — земноводных, 5 — пресмыкающихся. В реках и водоемах зарегистрированы 36 видов рыб.

В работе над книгой были использованы материалы Красной книги города Москвы, опубликованной в 2001 г. Авторы не придерживались жестких схем видовых очерков, а попытались рассказать о наиболее важных и любопытных особенностях жизни позвоночных. Небольшая глава посвящена истории формирования фаунистического комплекса города. Значительная роль

в книге отводится иллюстрациям — именно они позволят увидеть разнообразие животного мира нашего города. Книга предназначена не только учащимся и преподавателям средних школ, но и всем любителям природы.

История науки

Ю.Н.Вавилов. В ДОЛГОМ ПОИСКЕ. Книга о братьях Николае и Сергее Вавиловых. Под ред. И.А.Захарова. М.: ФИАН, 2004. 330 с.

Жизнь, научный и гражданский подвиг, трагическая судьба великого русского ученого Николая Ивановича Вавилова, биолога, генетика, географа, путешественника и общественного деятеля, приговоренного к расстрелу с согласия Сталина, давно вызывает интерес не только среди ученых в России и за рубежом, но и у значительно более широкого круга лиц.

Автор книги — доктор физико-математических наук Ю.Н.Вавилов (сын Николая Ивановича) — способствовал изданию ранее неопубликованных трудов отца, его международной переписки, собрал воспоминания его учеников и соратников, зарубежных ученых.

Книга содержит архивные документы, связанные с арестом и заключением в тюрьму Н.И.Вавилова, обнаруженные Ю.Н.Вавиловым во многих архивах: ФСБ, Президента РФ (фонд Сталина), Архиве РФ, Главной военной прокуратуры РФ, Национальном архиве США, Архиве Лондонского Королевского общества. Ряд документов публикуется впервые.

Здесь приводятся краткие воспоминания о жизни автора книги (его детских годах в Ленинграде и военных в Саратове), а также рассказы о встречах во время зарубежных поездок с известными людьми (рус-

ским художником и общественным деятелем С.Н.Рерихом, сенатором и будущим вице-президентом США Альбертом Гором, директором библиотеки Конгресса США Биллингтоном и другими).

В книге публикуются также статьи и воспоминания автора, посвященные его дяде, выдающемуся русскому и советскому физическому С.И.Вавилову, оказавшему большую помощь семье брата в тяжелые годы.

История науки

Э.И.Колчинский, А.К.Сытин, Г.И.Смагина. ЕСТЕСТВЕННАЯ ИСТОРИЯ В РОССИИ. СПб.: ИИ РАН «Нестор-История», 2004. 242 с.

Становление естественной истории в России пришлось на тот временной период, когда дифференциация естественных наук еще только начиналась, и первые русские ученые, выпускники лучших европейских университетов, работали во многих направлениях, относящихся сейчас к разным отраслям биологии. Это произошло на полтора столетия позже, чем в Западной Европе, но Россия сразу же сумела выйти на уровень тогдашней мировой науки.

Книга состоит из серии очерков, посвященных истории естествознания в России XVIII в. и позволяющих выявить причины быстрого перехода от естественной истории к изучению биологического разнообразия, наследственности и географической изменчивости организмов, к созданию зоолого-ботанической систематики, к формированию отечественных школ в физиологии, анатомии, эмбриологии, карпологии, тератологии. Использован «принцип основателя» Э.Майра.

Привлечение нового архивного материала позволяет

уточнить вклад членов Санкт-Петербургской академии художеств и наук в формирование основных отраслей биологии, в создание музеев, анатомических театров, аптекарских огородов и ботанических садов, уникальных зоологических, эмбриологических и тератологических коллекций, гербариев, в изучение флоры и фауны Российской империи.

Очерки, по сути дела, являются первым опытом монографического исследования особенностей перехода от естественной истории к биологии, происходившего в рамках национального научного сообщества. Авторы надеются, что книга поможет лучше понять ход исторического развития отечественной биологии.

История науки

Б.Л.Иоффе. БЕЗ РЕТУШИ. ПОРТРЕТЫ ФИЗИКОВ НА ФОНЕ ЭПОХИ. М.: ФАЗИС, 2004. 160 с.

Уходит время, и все меньше остается участников героического периода развития физики 1940—1960 годов — периода решения атомной проблемы и становления физики в нашей стране после вынужденного, связанного с войной, перерыва.

В книге собраны очерки-воспоминания о выдающихся физиках (Л.Д.Ландау, А.Б.Мигдале, И.Я.Померанчуке, Я.Б.Зельдовиче, А.И.Алиханове, В.Н.Грибове, А.И.Алиханяне, И.В.Курчатове), которых автор хорошо знал лично. Их портреты даются на фоне исторических событий и «без ретуши». В книгу включен очерк о малоизвестных страницах истории советского атомного проекта, версия автора о причинах и целях поездки В.Гейзенберга к Н.Бору в 1941 г., размышления о будущем физики элементарных частиц. Книга адресована всем, интересующимся историей физики и ее ролью в жизни страны.

Первая любовь Чарльза Дарвина

П.М.Бородин,
доктор биологических наук
Институт цитологии и генетики СО РАН
Новосибирск

Здесь речь пойдет не о геологии и даже не о собирании жуков и раковин. Я хочу рассказать вам о первой любви Чарльза Дарвина в самом прямом смысле этого слова.

Вы не поверите, но Чарльз Дарвин не всегда был велик, мудр, лыс и бородат.

Было время, когда он был маленьким и очень одиноким мальчиком. Ему было всего (или уже!) 8 лет, когда умерла его мать, и странно, он почти ничего не мог «вспомнить о ней, кроме кровати, на которой она умерла, ее черного бархатного платья и ее рабочего столика какого-то необычайного устройства». Он остался в холодном большом доме, где, по-видимому, все — и отец, и сестры — очень его любили. Но любили в стиле того неласкового времени и той, мягко говоря, скупой на эмоции страны. Его мало жалели и много воспитывали. Он вспоминал, как, входя в комнату, где находилась его сестра, всегда спрашивал себя: «А за что она сейчас начнет порицать меня?»

Потом этого неуверенного в себе, робкого мальчика отдали в школу. И там он был одинок. Он пытался получить хоть немного любви и одобрения, которых ему так не хватало до-



ма. Иногда и не вполне честными средствами: «Помню, будучи еще очень маленьким мальчиком, я воровал яблоки в саду, чтобы снабжать ими нескольких мальчиков и молодых людей, живших в коттедже по соседству, но прежде чем отдать им краденые плоды, я хвастливо показывал им, как быстро я умею бегать, и, как это ни удивительно, я совершенно не понимал того, что изумление и восторг по поводу моей способности быстро бегать они выражали с той только целью, чтобы получить яблоки. Но я хорошо помню, в какое восхищение приводило меня их заявление, что они никогда не видели мальчика, который бы так быстро бегал!»

И дома, и в школе его считали весьма заурядным мальчиком, «стоявшим в интеллектуальном отношении, пожалуй, даже ниже среднего уровня». Это ему, пятнадцатилетнему Дарвину, отец сказал: «Ты ни о чем не думаешь, кроме охоты, собак и ловли крыс; ты опозоришь себя и всю нашу семью!». Он помнил эти слова всю жизнь и вписал их в свою автобиографию, сопроводив, правда, таким разъяснением: «Но отец мой, добрейший в мире человек, память о котором мне бесконечно дорога, говоря это, был, вероятно, сердит на меня и не совсем справедлив».

А в нескольких милях от холодного дома Дарвинов (его звали Холмом — Маунд) находились две веселые усадьбы: Лес Оуэнов и Мэр Веджвудов. Официально усадьба Оуэнов называлась Вудхауз, но все звали ее Лес. Там-то как раз все жили охотой и собаками, не знаю уж, как там обстояло дело с ловлей крыс. Именно хозяин Леса Уильям Оуэн научил Дарвина стрелять. Не удивительно, что мальчика туда тянуло, и не только охота. Там был магнит поприятельней. В доме жили две юные девушки — Сара и Фанни Оуэн.

Ну вот, я и назвал имя первой любви Чарльза Дарвина. Фанни Оуэн.

© Бородин П.М., 2005

Что известно об этой загадочной девушке, и зачем нам знать о ней? Что это добавит к пониманию личности Дарвина? Разве что снимет бороду с портрета. Впрочем, и этого достаточно.

Как начался их роман? Наверное, как и все романы: «Глаза их встретились, и они, КОНЕЧНО ЖЕ, сразу полюбили друг друга». Не думаю, однако, что они признались в этой любви друг другу, да и самим себе. Тогда это было не принято.

Откуда мы вообще знаем, что эта любовь была? Ни одного письма Дарвина к Фанни не сохранилось. Похоже, она их сжигала по прочтении. Но ее письма он всю жизнь хранил. Не то чтобы он хранил все письма тех времен. Только от своих сестер и от Фанни Оуэн. Значит, ему были очень дороги эти письма. А что у нас есть кроме них?

Несколько слов в письмах юного Дарвина к его другу.

«Конечно, твоя табакерка очень ценная, но моя — подарок м-ра Оуэна, а он — отец Фанни Оуэн, а Фанни, как известно всему миру, самое прелестное, самое пухленькое и самое очаровательное создание во всем Шропшире, да и Бирмингеме тоже».

«Я еду на неделю в Вудхауз. Для меня это рай, о котором я, как всякий добрый мусульманин, всегда думаю. Однако черноглазые гурии существуют не только в голове Магомета, но в крови и плоти... Оуэны из Вудхауза — кумиры моего поклонения. Но если я начну говорить о Вудхаузе и la bella Фанни, я никогда не закончу этого письма».

Воспоминания дочери Дарвина Генриетты.

«Он, очевидно, был очень привязан к Фанни Оуэн. Он рассказывал мне, как очаровательно она выглядела, когда требовала, чтобы ей дали выстрелить из ружья. Как она даже не вскрикнула от отдачи, которая оставила огромный синяк на ее плече. Я тогда была совсем ре-

бенком, но я до сих пор помню выражение его лица».

Письмо сестры Дарвина к его кузине и будущей жене Эмме Веджвуд:

«Фанни Оуэн была царицей бала. Да и неудивительно, я никогда не видела более очаровательной девушки, чем она».

Однако все эти письма и воспоминания относятся к более позднему периоду, когда Чарльзу Дарвину и Фанни было около 20 лет. А познакомились они, видимо, почти детьми, и, скорее всего, в Мэре — усадьбе Джозайи Веджвуда, дяди Дарвина. Того самого дяди Джоза, который потом сыграл решающую роль в жизни Дарвина, убедив его отца, что путешествие натуралистом на «Бигле» не такая уж дурацкая затея, как тому поначалу показалось. Именно к Веджвудам убежал Дарвин из своего холодного дома.

Вот как он вспоминал эти побеги уже в глубокой старости.

«Мои посещения Мэра были полны очарования. Жилось там очень привольно, местность позволяла совершать восхитительнейшие прогулки пешком или верхом, вечера проходили в исключительно приятных беседах, не носивших слишком личного характера, как это бывает обычно на больших семейных встречах, и перемежавшихся музыкой. Летом вся семья часто располагалась на ступенях старинного портика, перед которым в саду был разбит цветник; противоположный дому крутой, покрытый лесом берег отражался в озере, и то в одном, то в другом месте слышался всплеск воды, вызванный всплывшей вверх рыбой или коснувшейся поверхности воды птицей».

Не знаю, вспоминал ли Дарвин, когда писал эти строки, о земляничных полянах Мэра и Вудхауза. Почти уверен, что вспоминал. Его близкие их хорошо помнили. Осенью 1833 г. в Буэнос-Айресе, куда Дарвин вернулся из изнурительного похода по Патагонии, он получил

письмо от сестры. Как странно, наверное, было ему читать под знойным небом Аргентины о том, что в Шропшире сейчас сезон земляники и «Каролина Оуэн сказала, что всегда в это время она вспоминает тебя и Фанни, как вы обычно лежали на земляничных полянах и паслись там часами».

У каждого человека, даже самого умного и печального, есть в памяти моменты, которые согревают всю остальную его жизнь, как июньское солнце. И это вовсе не минуты славы и триумфа, побед и бурных страстей, а вот такие земляничные поляны. За одно это скажем спасибо Фанни Оуэн, которая была тогда с Дарвином на земляничной поляне и вела там себя, по всем джейн-остинским понятиям, «совершенно безобразно».

Это ее собственное признание. Мы уже достаточно услышали о Фанни Оуэн с чужих слов. Пора послушать ее саму.

«Мой дорогой Форейтор!» — так она адресуется к Чарльзу Дарвину. А он в ответ зовет ее Горничной. (Если вас интересует почему, вспомните, каким глупым именем звала вас ваша собственная первая любовь. Вспомнили? Покраснели? Ну и зря, это ведь тоже согревает нашу жизнь, как июньское солнце, как земляничные поляны.)

«Мой дорогой Форейтор! Конечно же, ты посвящен во все черные таинственные события [подчеркивания здесь и далее Фанни Оуэн. — П.Б.], которые, я уверена, творятся в Лесу, я думаю, ты знаешь, что если у меня есть страсть, так это к исчерпывающему знанию таинственных событий, поэтому я заклинаю тебя, пришли мне подробное описание всего, что происходило в последнее время между благородными домами Леса, Замка Блаженства и Дарвинова Холма, потому что я умираю, дюйм за дюймом, так мне хочется знать все, и поскольку твоя хорошо известная и достойная похвала жажды полезных знаний, я уве-

рена, всегда позволяла тебе держаться в курсе всех особенных событий, умоляю тебя, сядь и напиши мне все, избавь меня от моего чудовищного состояния ажитации...».

Бедная девочка уже безумно долго гостит у родни и ничего не знает о страшных тайнах родного Леса — кто в чем был, и кто с кем танцевал и сколько раз. Как жаль, что она не сохранила ответных писем Дарвина. Ужасно интересно было бы прочесть его [это уже мое подчеркивание. — П.Б.] описание этих страшных тайн.

И в постскриптуме — «я слышала, ты почтил Лес своим присутствием, как жаль, что меня там не было, чтобы обставить тебя в карты или вести себя безобразно (make a beast of myself) на земляничных полянах».

Чтобы понять, что она и ее современницы считали безобразным поведением, заглянем еще в одно ее письмо. В нем она упоминает миссис Бартон, видимо, шропширскую сестру грибоедовской княгини Марьи Алексевны. «Я уверена, если бы мадам Бартон могла знать о моей переписке с м-ром Чарльзом Дарвином, она бы сказала, Боже мой, мэм, я не могу себе представить, какое же чувство приличия мисс Фанни Оуэн должна иметь в таком случае. Я и сама думаю, что это неправильно, но давай надеяться, что это никогда не достигнет ее ушей».

И постскриптум: «Я должна послать это в хорошо запечатанном конверте, я точно знаю, что твои сестры подглядывают, и умоляю тебя, сделай тайну из этого, скажи им, что это что-то очень особенное».

Как видите, по тем временам уже сама переписка была «безобразным поведением».

Но постараемся понять, чем были эти глупые письма для Дарвина, шестнадцатилетнего мальчика, который только что покинул, пусть и холодный, но родной дом и оказался в еще более холодном и прекрасном Эдинбурге. Это самый краси-

вый город на Земле. И самый одинокий. Ни в одном другом городе вы не почувствуете так остро свое одиночество, как в Эдинбурге. Ну, разве еще в Санкт-Петербурге.

Днем мальчик слушал скучные лекции профессора Монро и смотрел его грязные и кровавые демонстрации. Всего год прошел с тех пор, как закончились похождения легендарных Хэа и Барке на ночных улицах Эдинбурга. Эти два приятеля решили, что продажа трупов медикам — занятие, конечно, выгодное, но уж больно грязное и хлопотное: идти на кладбище, раскапывать могилу; гораздо проще делать эти трупы своими руками. Вот они их и делали. Заманивали прохожего к себе домой, там его удавливали и тащили еще тепленького к профессору Монро, благо он лишних вопросов не задавал.

По этим самым улицам возвращался шестнадцатилетний Дарвин в свою квартиру на Лотин Стрит. Дома его ждали письма от сестер и от Фанни Оуэн. Но какие они были разные.

От сестер из Дарвинова Холма:

«Папа просил передать тебе кое-что, что, я боюсь, тебе не понравится. Он желает, чтобы я сказала тебе, что он вовсе не считает хорошим твой план выбирать лекции по вкусу, и поскольку ты не имеешь достаточно информации, чтобы знать, что тебе может пригодиться, для тебя весьма необходимо выполнять всю ту работу, которую ты считаешь глупой и сухой, и если ты не прекратишь потакать своим слабостям, твое обучение будет абсолютно бесполезным. Папа был очень огорчен, что ты подумываешь вернуться домой до конца курса лекций, но надеется, что ты этого не сделаешь».

«Кстати, Edinburgh пишется с h на конце, а altogether с одним l».

А вот от неподражаемой la bella Фанни из курортного Брайтона:

«В среду я была на очень веселом балу. Множество офицеров, которые, как ты говорил, должны быть очаровательными. Мне больше нравятся моряки.

Прости меня за эти каракули, ну что за перо у меня, и вообще мне никогда не следовало бы писать всего этого, но что делать, вот такая я Горничная, и поэтому, дорогой Форейтор, всегда твоя Ф.Оуэн.

Сожги это, как только прочтешь, или трепещи в ожидании моей ярости и мщения».

Дарвин все же оставляет Эдинбург и возвращается домой. Отец решает отправить его в Кембридж учиться на богослова. Ну что же, Кембридж так Кембридж, богословие так богословие. Все лучше, чем лекции профессора Монро и его операции на детях без наркоза.

Дарвин готовится к Кембриджу и ждет писем от Фанни. Он пишет ей в Брайтон и наконец получает ответ:

«Мой дорогой Чарльз, я никогда не испытывала такого ужаса, как вчера, когда получила твою короткую записку. Меня так заела совесть, что я даже не могла есть за завтраком, хотя горячий тост дымился так аппетитно на моей тарелке. Я горько упрекаю себя за мою неблагодарность, за то, что так долго задержалась с изливанием моих чувств в ответ на твое восхитительное внимание.

Я была очень удивлена, когда Сара сказала мне, что ты решил стать доктором богословия вместо доктора медицины, ты никогда не посвящал меня в этот секрет.

Мы ведем здесь очень рассеянную жизнь, балы и вечеринки каждый вечер, что, как ты догадываешься, мне очень нравится. Но все подходит к концу, и скоро нас увезут во мглу Леса, далеко от Брайтона и всего его веселья.

Умоляю, расскажи мне какой-нибудь шрусберийский скандал, ты хорошо знаешь, что если у Горничной и есть к чему-то слабость, так это к тайнам. Я

надеюсь, когда я вернусь, застаю тебя дома, и жду от тебя вагон и маленькую тележку черных тайн, так что молю, собирай все что можешь. Я такая глупая и сонная сегодня, что ничего не могу делать, кроме как дремать в кресле. Я уверена, ты скажешь, каким глупым, скучным созданием стала твоя Горничная, но не забывай — уже 1828 год и она на год старше — верь мне, мой дорогой Форейтор, я всегда и истинно твоя Фанни О.».

А что в постскрипуме? Верно — все то же: «Сожги это».

А потом опять долгое молчание. И снова Дарвин шлет в Брайтон отчаянные письма. Она их сжигает, опасаясь злой тени миссис Бартон. Но, наконец-то, она цитирует Дарвина в своем ответном письме, и мы слышим его голос.

«Мой дорогой Форейтор, ты, должно быть, думаешь, что твоя Горничная абсолютно ужасно испорчена брайтонской атмосферой, если ты хоть на момент допустил, что она сввернула с негодованием твое милое письмо в огонь и намерена относиться к его автору с заслуженным презрением. — Истинная причина, почему я давно не послала тебе излияния моих чувств, в том, что ты сказал мне, что уедешь в Кембридж в конце месяца, сейчас, когда слово Кембридж звучит для меня пугающе, призрак миссис Бартон постоянно перед моими глазами, и кажется, он говорит: “Боже мой, мэм, вы не поверите, но мисс Фанни Оуэн переписывается с молодым человеком, мэм, из Университета”. Этот жуткий фантом является мне так часто и так действует на мое разгоряченное воображение, что по зрелом размышлении я взяла за лучшее хранить молчание, и если Форейтор будет в ярости на мою неблагодарность, я все ему объясню, когда мы опять встретимся в Лесу. Теперь ты видишь, всему виной миссис Бартон, и я надеюсь, прощаешь свою бедную Горничную. ...».

Привыкший к неодобрению, он боялся, что и Фанни относится к нему «с заслуженным презрением», что она «с негодованием» бросает в огонь его письма. А ей было просто некогда: балы, визиты, счета от портних.

Дарвин уезжает в Кембридж и там, наконец, находит свое место: встречает людей, которые его понимают и любят таким, как он есть, а не стараются сделать его таким, каким он должен быть. Он встречает профессоров Сэдживика и Хенслоу. Его долгие геологические и ботанические экскурсии, его охоту на жуков здесь воспринимали как важное и полезное дело, а не как блажь бездельника. У него появляются друзья, с которыми он весело проводит время.

Забавно читать его воспоминания о тех временах. «Время, которое я провел в Кембридже, было всерьез потеряно, и даже хуже, чем потеряно. Моя страсть к ружейной стрельбе и охоте, а если это не удавалось осуществить, то — к прогулкам верхом по окрестностям, привела меня в кружок любителей спорта, среди которых было несколько молодых людей не очень высокой нравственности. По вечерам мы часто вместе обедали, хотя, надо сказать, на этих обедах нередко бывали люди более дельные; по временам мы порядочно выпивали, а затем весело пели и играли в карты. Знаю, что я должен стыдиться дней и вечеров, растраченных подобным образом, но некоторые из моих друзей были такие милые люди, а настроение наше бывало таким веселым, что я вспоминаю об этих временах с большим удовольствием».

Именно так: время потрачено зря, но как хорошо потрачено.

Их переписка с Фанни продолжается. Он посылает ей книги. Интересно, какие? Сам он тогда зачитывался путешествиями Гумбольдта по Южной Америке. Но ее больше интересова-

ли триллеры тех времен, вроде «Тайн Замка Удольфо». Он посылает ей в подарок бабочку, которая, как пишет Фанни, «абсолютно поразила мой слабый рассудок, в ней есть что-то очинь ниабычное [а как еще можно перевести *wery resoolier*? — П.Б.]».

Наверное, он пишет ей о своей кембриджской жизни. Но ее занимает совсем другое — балы, визиты, она так занята, так устала, что пусть он не ждет от нее частых писем. И дальше о том, что без него она совсем разучилась играть в бильярд.

«Почему ты не приехал домой на Рождество? Я так надеялась тебя увидеть, но полагаю, какое-то дорогое маленькое Насекомое из Кембриджа или Лондона не позволило тебе приехать. Я знаю, когда речь идет о насекомых, все остальные жалкие и ничтожные субъекты отходят на задний план. Вот если бы я написала тебе, что я обнаружила *Scrofulum morturiorum* [надо отдать должное чувству юмора этой ветреной красавицы — эту абракадабру можно перевести как золотушник похоронный. — П.Б.], тогда бы ты, может быть, и приехал».

Но время идет, они взрослеют, и их детская любовь движется к печальному концу. Вот уже и Дарвин жалуется своему другу, что он не может писать длинных писем, «даже Фанни Оуэн».

Вдруг он узнает, что готовится помолвка Фанни с одним из ее брайтоновских приятелей, с преподобным Джоном Хиллом. Казалось бы, все кончено. Но нет, вскоре до Дарвина доходят слухи, что помолвка расторгнута. А осенью 1831 г. он внезапно получает приглашение к путешествию на «Бигле».

И Чарльз, и Фанни понимают, что им предстоит долгая разлука, по крайней мере на два года.

Все решается очень быстро, и вот он уже должен уходить в свое кругосветное плавание, а Фанни, как всегда, нет дома. Она гостит у родни в Девонши-

ре и оттуда пишет ему пронзительное прощальное письмо.

«Твоя сестра сказала мне, что ты хотел бы проститься со мной. Я не имела представления, что это случится так скоро. Я надеялась и даже была уверена, что успею вернуться домой и увидеться с тобой. Я не могу тебе выразить, как я разочарована и раздосадована, что это невозможно. Я и не думала в последний раз, когда я виделась с тобой в нашем бедном старом Лесу, что нам предстоит такая долгая разлука. Этот ужасный Девоншир, какая я была дура, что поехала сюда. Я бы отдала все на свете, чтобы увидеть тебя хоть разок до твоего отъезда, и Бог знает, что случится со всеми нами за эти два года. Судя по всему, мы должны стать старыми и остепениться — все эти приятные дни, вся радость, что была с нами в Лесу, все это уже не сможет вернуться никогда. Как хотела бы я быть там сейчас, чтобы хоть последний раз поговорить с тобой, — я не могу себе представить, что, в самом деле, ты совсем уезжаешь и я даже не попрощаюсь с тобой!! — Говорят, ты был в Плимуте 10 дней назад и я тоже была там, как очень-очень жаль, что мы не встретились».

Она спрашивает Дарвина о его дальних планах на жизнь, и затем вдруг следует очень странная фраза: «и скажи мне еще, не надо ли мне присмотреть для тебя миленькую маленькую жену, с которой ты осядешь в своем Приходе по возвращении, скажи мне, что тебе нужно, а я уж присмотрю и прослежу до времени, когда она тебе понадобится — естественно, от нее потребуются глубокие знания Жучиного племени». Что это: свидетельство того, что любовь давно прошла, и Фанни по праву давней подружки действительно намерена присматривать жену для одинокого мореплавателя? Или намек на то, что она сама со временем может стать его «миленькой маленькой женой»?

И в конце, как всегда: «Сожи это перед отплытием, во имя милосердия!»

Потом было еще одно письмо, ответ на прощальную записку Дарвина. Письмо, в котором она пыталась развеять его печаль и тревогу.

«Ты спрашиваешь, что изменится до твоего возвращения, и надеешься, что я не совсем тебя забуду. Я не сомневаюсь, что ты найдешь меня в Лесу все той же, только повзрослевшей и остепенившейся. Но какой бы я ни стала, что бы ни произошло со мной, я никогда не изменю своего отношения к тебе. Так что, мой милый Чарльз, не говори о том, что я тебя забуду!!! — те многие счастливые часы, что мы провели вместе с того времени, когда стали Форейтором и Горничной. Они не могут быть забыты — и хорошо бы никогда не кончились».

Они так и не встретились. В конце декабря 1831 г. Дарвин ушел в пятилетнее плавание на «Бигле». Прошло полгода. Солнечным утром 4 апреля 1832 г. «Бигль» с блеском (сначала убрав все паруса, а потом мгновенно подняв их вновь) вошел в бухту Гуанабара. В Рио-де-Жанейро Дарвина ждали письма: от профессора Хенслоу, сестры Катерины и Фанни Оуэн.

Которое из них он распечатал первым?

Письмо Катерины датировано февралем.

«Каролина провела 2 дня в Вудхаузе; она думала застать их всех там одних, но, к ее удивлению, войдя в комнаты, она обнаружила там м-ра Биддалфа. — Ты будешь поражен не меньше, чем потрясена была Каролина, когда Фанни увела ее в свою комнату и сказала, что обручилась с м-ром Биддалфом.

Я очень надеюсь, Чарли, ты не будешь очень горевать, хотя я боюсь, что твои пророчества о «замужествах» оправдались.

Ты можешь быть абсолютно уверен, что Фанни всегда будет так же расположенной и привязанной к тебе, как всегда, и так



же будет рада тебя видеть вновь, хотя, я боюсь, это будет тебе слабым утешением, мой дорогой Чарльз».

Письмо от Фанни отправлено было в марте.

«Твои сестры сказали мне, что они написали тебе об ужасном и важном событии, которое вскоре здесь случится.

Моя судьба действительно решена и жребий брошен.

И, мой милый Чарльз, я абсолютно уверена, что во всем мире нет у меня друга более искренно озабоченного моим благополучием, чем ты, или такого, кто был бы более чем ты рад, что я имею все надежды на счастье в том уделе, что я выбрала.

Я знаю м-ра Биддалфа уже довольно давно и всегда считала его очень симпатичным и добросердечным.

Я бы все отдала, чтобы увидеться с тобой и поболтать, пока я еще Фанни Оуэн, но, увы, это невозможно».

Потом опять о том же, «когда ты вернешься в свой Приход и тебе понадобится маленькая Жена, умоляю, поручи мне найти ее для тебя».

«Не сомневайся, когда вернешься, ты найдешь во мне все того же верного и искреннего друга, каким я всегда была для тебя с тех пор, когда мы были вместе Горничная и Форейтор. А теперь прощай, и Господь тебя

благослови, мой очень дорогой Чарльз».

Вот так и закончился этот детский роман.

Он вернулся через 5 лет из своего кругосветного плавания, совсем взрослый и уже знаменитый, через пару лет он женился на доброй, умной и заботливой Эмме Веджвуд, с которой счаст-

ливо прожил всю оставшуюся долгую жизнь.

Она была очень несчастлива с «симпатичным и добросердечным» м-ром Биддалфом и его вздорной родней, долго и тяжело болела.

От него остались книги, перевернувшие мир, от нее — стопка писем с множеством

подчеркиваний и непременно припиской «Сожги немедленно».

Он их не сжег. Он бережно хранил ее письма всю оставшуюся жизнь. ■

Все письма, представленные в статье, переведены П.М.Бородиным.

Литература

Дарвин Ч. Воспоминания о развитии моего ума и характера. Сочинения. М., 1959. Т.9. С.166—242.

The Correspondence of Charles Darwin. V.1. 1821—1836 / Ed. F.Burkhardt, S.Smith. Cambridge, 1985.

Brent P. Charles Darwin. Feltham, 1981.

Desmond A., Moore J. Darwin: The Life of a Tormented Evolutionist. W.W.Norton and Company, 1994.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

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

Литературный редактор
С.В.ЧУДОВ

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

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

Графика, верстка:
Д.А.БРАГИН

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

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

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-26-33
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 16.03.2005
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 155
Набрано и сверстано в редакции

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