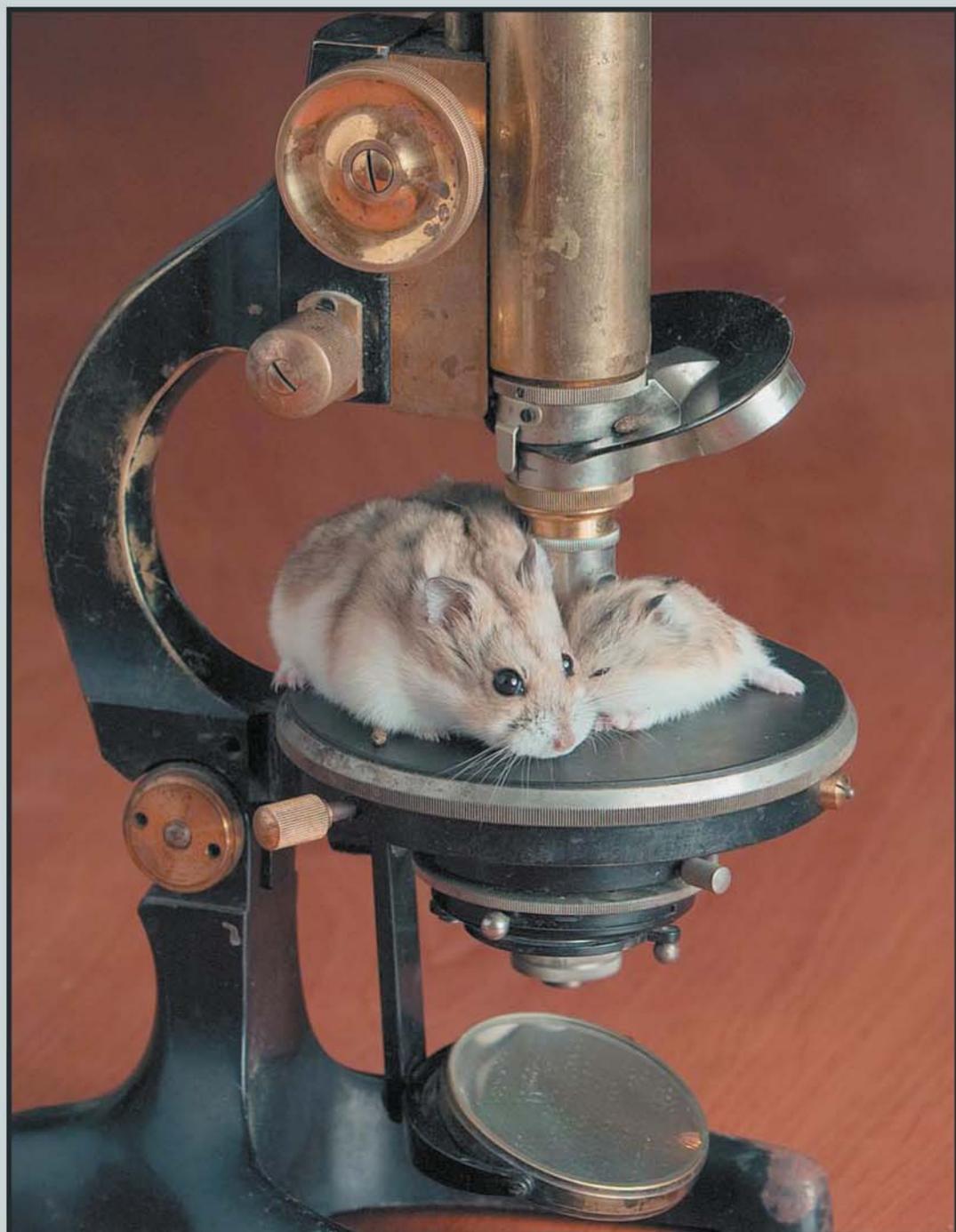


ПРИРОДА

4 08



В НОМЕРЕ:

3 Аксенович Т.И., Бородин П.М.
Как наследуется плодовитость
 Современные методы генетического анализа позволяют обнаружить у млекопитающих три типа контроля над плодовитостью, которая служит важнейшей характеристикой приспособленности данного вида.

9 Сурдин В.Г.
Галактический зонд: от звезды к звезде
 Реально ли создать автоматический межзвездный аппарат, способный проводить исследования и переносить информацию в пределах Галактики со скоростью несколько процентов от скорости света без существенных затрат энергии со стороны отправителя? Вполне!

16 Рянжин С.В., Кочков Н.В., Карлин Л.Н.
Загадочные циркуляции
 Наряду со смерчем и шаровой молнией циркуляции Ленгмюра в перемешанном слое водоемов остаются одними из самых загадочных и до конца не понятых гидрометеорологических явлений.

24 Суров А.В., Феоктистова Н.Ю.
Из жизни мохноногих хомячков
 Мохноногие хомячки — уникальные лабораторные животные. В 1960-х годах их использовали в основном в медицинских исследованиях, но не менее интересны результаты изучения особенностей физиологии, экологии и поведения самих хомячков.

Научные сообщения

33 Осипов Д.О.
Кожевенные изделия из раскопок Московского Кремля

39 Хренов Б.А., Климов П.А.
Ожидается открытие

Вести из экспедиций

42 Трофимова Е.В.
Притяжение Воклюза

Заметки и наблюдения

46 Захаров И.А., Коростылева Т.В.
Ветреницы в парке Коломенское

49 Наугольных С.В.
Музеи естественной истории: взгляд из Китая

55 Комаров В.Н.
Ринхолиты — стрелки геологических часов?

Апрельский факультатив

59 Расцветаева Р.К.
А что у Земли под мантией?

Г.-Х. А.-Младший
Сказка про Нана (65)

Веселые ЕГЭизмы (69)

Гомогенизация населения
 Из научных трактатов (72)

73 Голубовский М.Д.
Мир эволюциониста
Джулиана Хаксли

78 Новости науки

Премия Краффорда — Р.А.Сюняеву. **Короткевич Г.В.** (78). Выдающиеся ученые РАН (79). Магеллановы Облака — не спутники Млечного Пути? (79). Сближение с астероидом 2007 TU24. **Сурдин В.Г.** (80). Высокотемпературные сверхпроводники для энергетики (81). Гордон Мур недоволен нанопрогрессом (81). Наномембраны (82). Синапсы участвуют в энергетическом метаболизме (82). Гнездовой консерватизм у европейской болотной черепахи. **Семенов Д.В.** (83). Черепаха Кантора, оказывается, жива (84). Голубиный «компас» (84). Геохимический стресс и вымирание мамонтов Северной Евразии (84). Самая южная в Восточной Европе находка овцебыка (85). Хазарский слон из Люберецкого района Подмосковья (85). «Альпеншток» из каменного века. **Малолетко А.М.** (86). **Коротко (48, 68, 71)**

Рецензии

87 Закгейм А.Ю.
И академик, и герой
 (на кн.: Аксель Иванович Берг)

90 Новые книги

92 Глушков В.В.
Последнее прибежище онкилонов

CONTENTS:

3 **Aksenovich T.I., Borodin P.M.** **How Fertility Is Inherited**

Modern methods of genetic analysis allow to find in mammals three types of regulation of fertility, the crucial indicator of fitness of a given species.

9 **Surdin V.G.** **Galactic Probe: From Star to Star**

Is it possible to build an automated interstellar vehicle capable to carry out exploration and transfer information in Galaxy at speed of several percent of light speed without considerable energy expenditure by a sender? Quite possible!

16 **Ryanzhin S.V., Kochkov N.V., Karlin L.N.** **Mysterious Circulations**

Along with tornado and kugelblitz, Langmuir circulations in mixed layer of reservoirs still are most mysterious and not fully understood hydrometeorological phenomena.

24 **Surov A.V., Feoktistova N.Yu.** **From the Life of Rough-Legged Hamsters**

Rough-legged hamsters are unique laboratory animals. During 1960s they were used mostly in medical research, but the results of studies of physiology, ecology and behavior of the hamsters themselves are no less interesting.

Scientific Communications

33 **Osipov D.O.** **Leather Goods from Moscow Kremlin Excavations**

39 **Khrenov B.A., Klimov P.A.** **Discovery Is Expected**

News From Expeditions

42 **Trofimova E.V.** **Attraction of Vacluse**

Notes and Observations

46 **Zakharov I.A., Korostyleva T.V.** **Anemone ranunculoides in Kolomenskoe Park**

49 **Naugolnykh S.V.** **Natural History Museums: A View from China**

55 **Komarov V.N.** **Rhyncholithes: Hands of Geological Clocks?**

April Lectures

59 **Raszvetaeva R.K.** **And What Is There under Earth Mantle?**

H.-K. A.-Yunior **A fairy tale about Nana (65)**

Merry Quotes from Exam Tests (69)

Homogenization of Population From Scientific Treatises (72)

73 **Golubovsky M.D.** **The World of Evolutionist Julian Huxley**

78 **Science News**

Crafoord Prize — to R.A.Sunyaev. **Korotkevich G.V. (78)**. Outstanding Scientists of RAŚ (79). Clouds of Magellan Are not Milky Way Satellites? (79). Approach of Asteroid 2007 TU24. **Surdin V.G. (80)**. High-temperature Superconductive Materials for Energetics (81). Gordon Moore Is not Happy with Progress in Nanotechnology (81). Nanomembranes (82). Synapses Are Involved in Energy Metabolism (82). Nesting Conservatism in *Emys orbicularis*. **Semenov D.V. (83)**. *Pelocbelys cantorii* Is Alive (84). Dove's «Compass» (84). Geochemical Stress and Mammoth Extinction in Northern Eurasia (84). The Most Southern in East Europe Finding of Musk-Ox (85). Khazar Elephant from Lubertzy Region Near Moscow (85). «Alpenstock» from the Stone Age. **Maloletko A.M. (86)**. In Brief (48, 68, 71)

Book Reviews

87 **Zakgejm A.Yu.** **Academician and Hero** (on book: Aksel Ivanovich Berg)

90 **New Books**

Encounters With Forgotten

92 **Glushkov V.V.** **The Last Refuge of Onkilons**

Как наследуется плодовитость

Т.И.Аксенович, П.М.Бородин

Плодовитость и приспособленность

Ощутимый результат естественного отбора — это преимущественное выживание и размножение особей, более приспособленных к данным условиям среды. Как оценить такую адаптивность? Для этого не нужно измерять скорость бега каждого конкретного животного, хитрость в ускользании от хищников, способность находить и использовать пищу, привлекательность для противоположного пола, достаточно знать, сколько у него потомков. Из двух особей более приспособлена та, которая внесла больше своих генов в генофонд следующего поколения.

Казалось бы, самый простой путь повышения индивидуальной приспособленности — это производство максимально возможного количества потомков. Однако чем больше детей у особи, тем больше ресурсов она тратит на их вынашивание и выращивание. Важно не то, сколько потомков рождается, а сколько их доживает до половой зрелости и принимает участие в размножении. Между этими двумя величинами (числом рожденных и числом участвующих в производстве следующего поколения) существуют очень сложные зависимости. Ясно, что одинаково плохо, когда детей слишком мало (они проигрывают сразу) или слишком много



Татьяна Иосифовна Аксенович, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории рекомбинационного и сегрегационного анализа Института цитологии и генетики СО РАН, профессор кафедры цитологии и генетики Новосибирского государственного университета. Занимается проблемами генетического анализа сложных признаков на материале родословных человека и животных.



Павел Михайлович Бородин, доктор биологических наук, заведующий той же лабораторией, профессор той же кафедры. Область научных интересов — эволюционная генетика.

(ведь большинство или даже все они могут погибнуть из-за нехватки ресурсов). Преимущество получают особи, оставляющие оптимальное количество потомков. Вот только оптимум этот нестабилен и непредсказуем: он сильно зависит от условий среды, и в первую очередь от количества доступных ресурсов. Кроме того, неумолимая логика борьбы за существование постоянно подталкивает отдельных особей к риску превысить оптимум в надежде на светлое будущее. Однако следует по-

мнить, что отбор ведет к изменениям только наследственных признаков. Мать может передать дочери аллели генов, обеспечивших высокую плодовитость. А удача, например, в том, что сезон размножения матери совпал с обилием ресурсов, дочери не передается.

Изменчивость признаков в популяциях обусловлена не только генетическими факторами, но и влиянием среды. В общем случае предполагается, что в контроле признака участвуют гены главного эффекта,

или майоргены (полиморфизм которых сильно влияет на изменчивость признака); гены более слабого эффекта, или полигены, а также различные условия среды, влияющие на проявление конкретных генотипов. Выявить значимость этих эффектов позволяют методы комплексного сегрегационного анализа. Основной характеристикой полигенной компоненты служит коэффициент наследуемости признака, определяющий участие генетической компоненты в общей изменчивости признака. Оценить этот коэффициент можно, сопоставив количественные значения признака у родителей и потомков [1].

Долгое время полагали, что плодовитость млекопитающих строго контролируется естественным отбором, который безжалостно отсекает все генетические варианты, вызывающие значительные отклонения от популяционного оптимума. Такое убеждение базировалось на результатах генетического анализа плодовитости домашних и модельных животных, согласно которым генетическое разнообразие по этому признаку внутри пород равно или близко к нулю [2]. Однако эти результаты могут быть обусловлены не только и не столько стабилизирующим отбором в природе, сколько направленной селекцией на повышение плодовитости, неизбежной при выведении пород.

Интересно оценить генетическую изменчивость по плодовитости в природных популяциях и ее роль в динамике численности и эволюционных процессах. К сожалению, природные популяции мало пригодны для генетического анализа количественных признаков. Такой анализ требует направленных скрещиваний между инбредными линиями или, по меньшей мере, знания родственных связей между особями. Первый подход в принципе неприменим к природным популяциям. Второй подход с развитием методов молекулярной генетики становится

более реальным. Однако в настоящее время он крайне дорог и весьма ненадежен. Есть еще одно препятствие на пути генетического анализа количественных признаков в природе: в своем развитии и проявлении они сильно зависят от факторов среды.

Решить многие из перечисленных выше проблем можно, выращивая и размножая представителей природных популяций в контролируемых условиях среды, т.е. в неволе. Тогда, точно зная происхождение каждой особи и значения интересующих нас признаков, можно изучать их изменчивость с помощью современных методов генетического анализа.

Конечно, этот подход не идеален прежде всего из-за того, что, выращивая животных в лаборатории в унифицированных условиях, мы не учитываем влияние природных факторов в фенотипическом разнообразии признаков. Второй недостаток связан с ограниченностью выборки из природных популяций. Генетическое разнообразие по признаку тем выше, чем больше в популяции контролируемых его аллелей. Если число основателей лабораторной колонии невелико и сама колония малочисленна, риск потерять значительную часть природных аллелей при разведении в неволе достаточно высок. Естественный и искусственный отбор на повышение эффективности размножения также могут приводить к выбраковке части аллелей из генофонда лабораторных колоний. Таким образом, генетическая составляющая изменчивости признаков в природных популяциях окажется заниженной.

Имея в виду эти ограничения, мы провели детальный генетический анализ одного из самых важных индикаторов приспособленности — числа рожденных потомков — у тех групп животных, предки которых еще относительно недавно были дикими и хотя бы частич-

но сохранили характерное для природных популяций разнообразие. Нашими объектами стали южно-американский хомячок *Akodon cursor* и домовая землеройка *Suncus murinus* из лабораторных колоний, а также вуалевые песцы *Alopex lagopus*, разводимые в зверосовхозе Пушкинский под Москвой. Против всех ожиданий, генетическое разнообразие по плодовитости во всех этих популяциях оказалось достаточно велико, и что самое интересное, в разных популяциях этот признак наследуется поразному*.

Южно-американский хомячок

Один из наиболее распространенных видов разнообразного рода *Akodon*, встречающийся от влажных теплых лугов Бразилии до альпийских лугов Анд, — южно-американский хомячок. Один из нас, работая в Боливии, был потрясен, обнаружив неподалеку от города Кочабамба своего земляка — хомячка под названием *Akodon siberiae* — сибирского акодона. Правда, вскоре выяснилось, что земляк он только по названию: просто живет в боливийской провинции Сибирь (уж очень там холодно, оттого эту область так и назвали). Объект нашего исследования *A.cursor*, обитающий в засушливых степях Бразилии, в природе размножается круглый год, и темп его размножения очень сильно зависит от условий среды.

Мы исследовали две лабораторные колонии *A.cursor*, основателей которых отловили в природных популяциях [3]. Комплексный сегрегационный анализ распределения признака в родословных этих колоний не выявил эффекта майоргенной компоненты. Однако участие

* В исследованиях участвовали также И.Акбердин, Л.Арапинс, Ю.Аульченко, С.Бекетов, Р.Д'Андреа, И.Захаров-Гезехус, С.Каштанов, И.Зоркальцева, С.Ода, М.Рогачева.

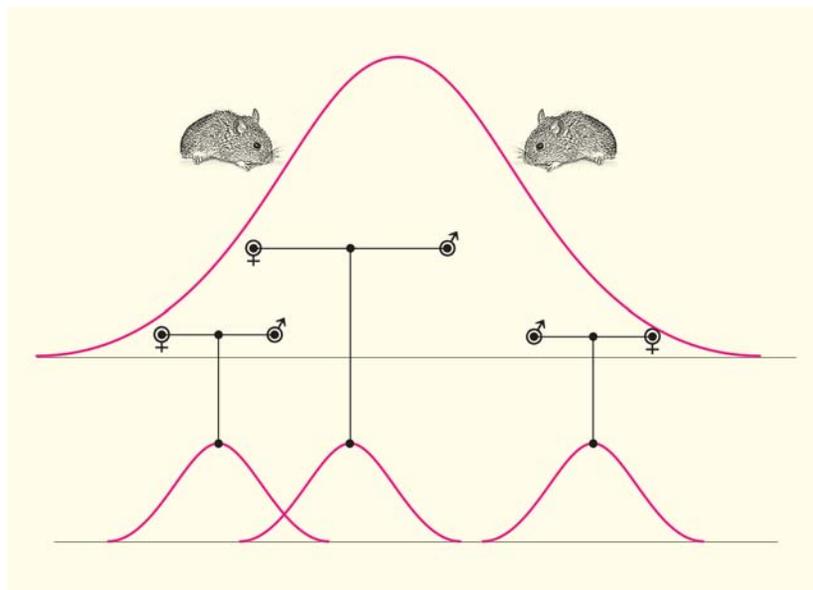
полигенов оказалось очень высоким: они обеспечивали почти половину всей фенотипической изменчивости по данному признаку.

На первый взгляд, полученный результат противоречит представлению о низком полиморфизме генов, контролирующих приспособленность, предсказанном теоретически и наблюдаемом у лабораторных и домашних животных. Следует помнить, однако, что число потомков при рождении — важный, но далеко не единственный компонент приспособленности. У многих млекопитающих наблюдается отрицательная корреляция между числом новорожденных и их живой массой [2]. Чем больше потомков рождается у самки, тем мельче, слабее каждый из них, тем меньше у него шансов дожить до репродуктивного возраста и передать дальше гены своих родителей. Максимальная жизнеспособность может обеспечиваться различными комбинациями размера и веса помета.

Как мы уже отмечали, *A.cursor* — вид-приспособленец с коротким временем жизни, ранним созреванием и непродолжительной беременностью. Благодаря этому популяция быстро реагирует на смену внешних условий, а естественный отбор ведет скорее к накоплению генетических вариантов контроля различных составляющих приспособленности, чем к их элиминации.

Песцы *Alopex lagopus*

Теперь перенесемся из степей Бразилии в полярную тундру. Обитающие там песцы — крайне интересная модель для изучения генетического контроля плодовитости в контексте динамики численности. Популяции, населяющие прибрежные и внутренние области тундры и имеющие разные источники пищи, сильно отличаются



Полигенный контроль плодовитости у южно-американского хомячка *Akodon cursor*. Вверху — распределение полигенов в популяции у трех родительских пар, внизу — у дочерей этих пар.

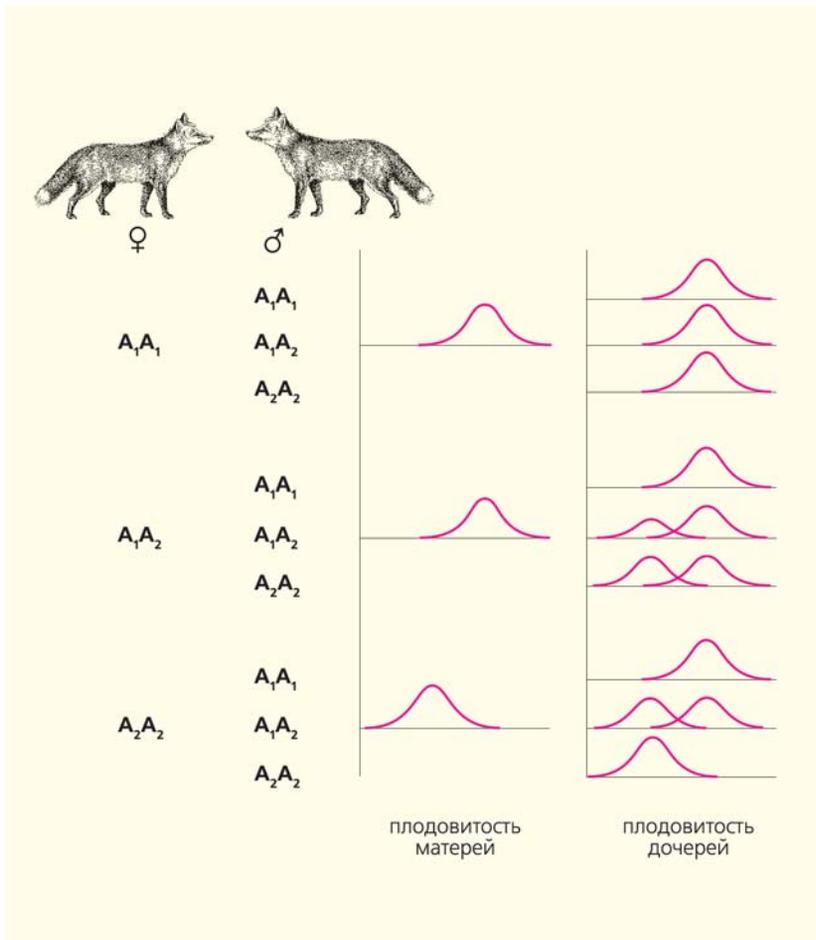
друг от друга по стратегии размножения. Береговые песцы питаются в основном яйцами чаяк, выброшенной на берег рыбой и падалью. Эти пищевые ресурсы относительно постоянны из года в год, так же как и численность береговых песцов. Совсем по-другому обстоят дела в популяциях песцов, населяющих внутренние области тундры и питающихся в основном мелкими грызунами, в первую очередь полевками и леммингами. Для этих грызунов характерны регулярные циклы колебаний численности. Примерно раз в четыре года их количество может увеличиваться в несколько сот раз. В такие годы самки континентальных песцов рожают и выращивают до 16–18 щенков, а в голодные годы выживает только малая часть потомков [4].

Мы анализировали наследование числа потомков при рождении в популяции вуалевых песцов, разводимых в зверосовхозе Пушкинский под Москвой [5]. Эта порода ведет свое начало от норвежских голубых песцов, которые в свою очередь

произошли от береговых песцов Шпицбергена и Гренландии и континентальных песцов из внутренних областей Аляски.

Мы обнаружили, что лучшее наследование числа потомков описывается майоргенной моделью с доминированием высокого уровня плодовитости. Такой майоргенный полиморфизм они очевидно унаследовали от диких предков. Можно предположить, что в береговых популяциях закрепился аллель умеренной плодовитости (в среднем восемь щенков на самку), а в континентальных — аллель высокой плодовитости (12 щенков). Тогда полиморфизм у изученных нами песцов появился в результате смешения предковых генов, взятых как из береговых, так и из континентальных популяций. Однако гораздо интереснее гипотеза, согласно которой сами континентальные популяции полиморфны по гену плодовитости А.

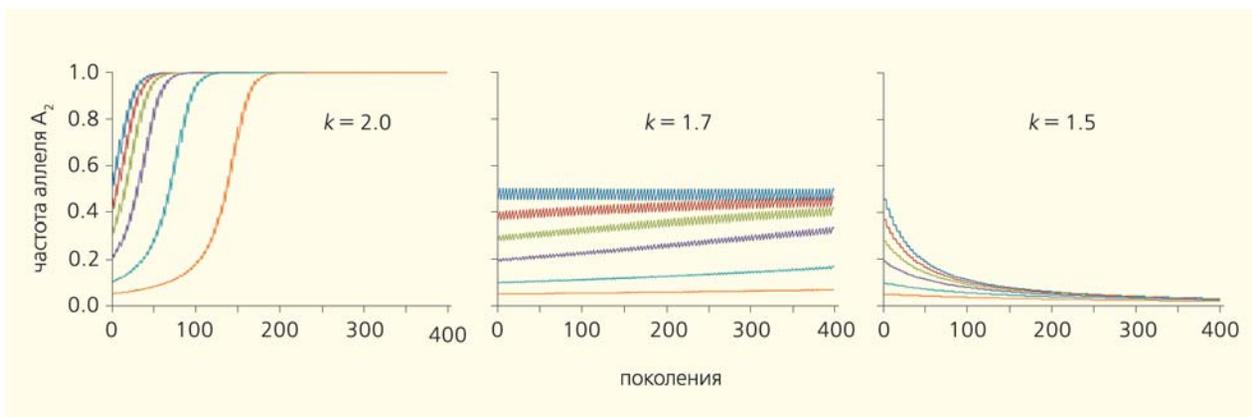
Допустим, что у самок с генотипами A_1A_1 и A_1A_2 в среднем больше детенышей, чем у самок с генотипом A_2A_2 . Допустим также, что при избытке пищевых



Доминантный контроль плодовитости песцов *Alopex lagopus*. Среднее значение плодовитости самок определяется их генотипом: самки с генотипами A_1A_1 и A_1A_2 имеют высокую плодовитость, а самки с генотипом A_2A_2 — низкую. Генотипы их дочерей зависят от генотипов отца и матери. Например, если оба родителя гетерозиготны, примерно четверть их дочерей будет иметь генотип A_2A_2 и низкую плодовитость, а три четверти дочерей с генотипами A_1A_1 и A_1A_2 — высокую.

ресурсов дожить до репродуктивного периода смогут все щенки, независимо от количества рожденных. Если бы популяция жила в таких условиях постоянно, аллель A_2 , контролирующей меньшую плодовитость, быстро исчез бы. Логично допустить, что при дефиците пищи щенок из малого помета имеет больше шансов выжить, чем каждый из большого помета, так как доля ограниченных пищевых ресурсов, приходящихся на одного детеныша самки, обратно пропорциональна числу ее потомков. В условиях постоянного дефицита пищи естественный отбор работает против аллеля высокой плодовитости A_1 и рано или поздно выбивает его из популяции. Таким образом, при постоянном дефиците пищевых ресурсов генетический полиморфизм должен исчезнуть.

Теперь вспомним, что основной источник пищи континентальных песцов — грызуны, численность которых циклически колеблется: на один хороший год приходится три плохих. Что будет с аллелями A_1 и A_2 в такой ситуации? В хорошие годы должна вырасти частота аллеля A_1 , а в плохие — аллеля A_2 . Очевидно, что динамика изменения аллельных частот будет зависеть от того преимущества, которое имеют щенки из малых пометов в плохие годы.



Динамика частоты рецессивного аллеля A_2 , контролирующего низкую плодовитость, в ряду поколений при предположении, что в годы с дефицитом пищи жизнеспособность потомков из малого помета в k раз выше, чем из большого.

Мы попытались смоделировать динамику частоты аллеля A_2 при разных показателях этого преимущества (k). Когда шансы выжить в плохой год у щенков из малого помета в два раза выше, чем из большого, аллель A_2 быстро фиксируется в популяции независимо от его начальной частоты. Напротив, при преимуществе всего в 1.5 раза частота аллеля A_2 быстро уменьшается, но не достигает нуля даже за 400 поколений. При среднем значении k (1.7) стабильно сохраняются оба аллеля, причем независимо от начальной частоты аллеля A_2 частоты аллелей A_1 и A_2 выравниваются.

Наша двухаллельная модель показывает, что сбалансированный полиморфизм может поддерживаться в популяции, во-первых, если доступность пищевых ресурсов колеблется, и, во-вторых, если изменчивость в плодовитости контролируется генотипом самки и не зависит от количества пищи. Норвежские экологи М.Таннерфельдт и А.Ангерборн в своих исследованиях показали обоснованность этих допущений. Авторы назвали высокую плодовитость континентальных песцов *jackpot* стратегией — ставкой на большой куш в лотерее жизни [4]. Согласно нашей модели, такая стратегия эволюционно стабильна, если ее принимают не все особи популяции, а только ее определенная часть, и сам выбор стратегии контролируется двумя аллелями гена главного эффекта.

Домовая мускусная землеройка

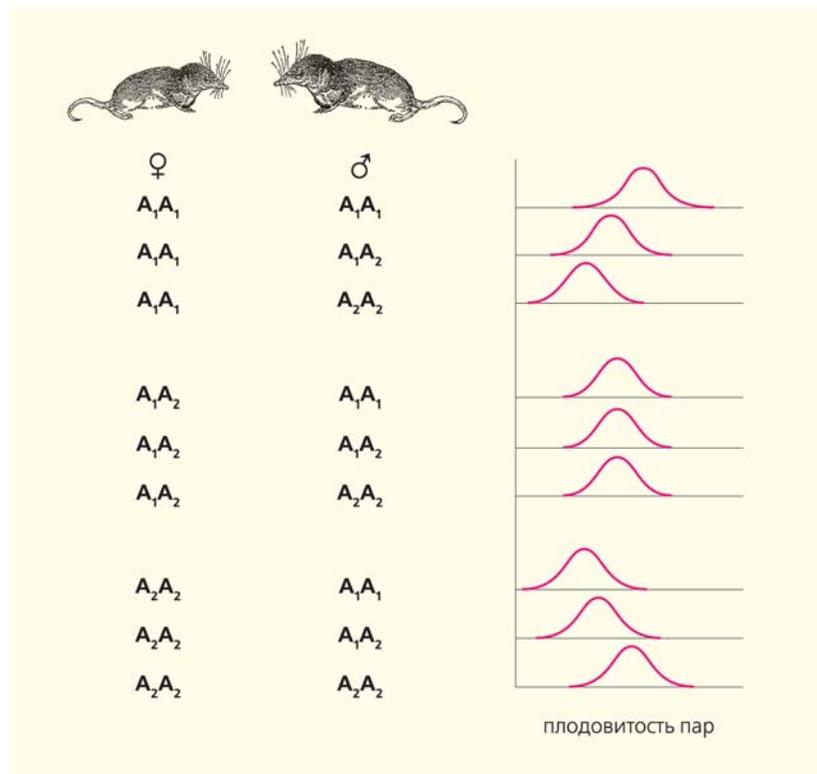
Очень далеко и от тундры и от южно-американских лугов, в тропиках Азии живет третий объект наших исследований — домовая мускусная землеройка *Suncus murinus*. Те, кто читал сказку Р.Киплинга о смелом мангусте Рики-Тики-Тави, наверное, помнят мускусную кры-

су Чучундру, ту «что никогда не выбежит на середину комнаты, а все крадется у самой стены». Так вот, эта Чучундра вовсе не крыса, а землеройка, которую в Индии так и называют — Chuchunder. Принадлежит она к семейству насекомоядных млекопитающих, населяющих всю Южную Азию (от Аравии до Японии) и многие острова Океании. Такое широкое расселение обусловлено тем, что домовая землеройка последние 10 тыс. лет своей истории следовала за человеком, т.е. давно стала домашней. Где бы ни поселился человек, вскоре по соседству с его домом оказывалась домовая землеройка. Локальные популяции мускусной землеройки сильно отличаются друг от друга и по размеру тела, и по внешнему виду, и по набору генетических и хромосомных маркеров [6].

Мы провели комплексный сегрегационный анализ числа потомков при рождении в не-

скольких замкнутых лабораторных колониях домашней землеройки, происходящих от различных популяций (Непала, Бангладеш, островов Шри-Ланка, Окинава и др.) [7]. Оказалось, что *внутри* каждой из этих колоний генетическая изменчивость по плодовитости равна или близка к нулю. Это может быть следствием естественного отбора в природе, или искусственного отбора на плодовитость при разведении в неволе, или отражением общего обеднения генного разнообразия в замкнутых популяциях небольшой численности. Однако генетические различия *между* популяциями оказались весьма значительны. Так, землеройки из Непала имели вдвое более высокую плодовитость, чем их сородичи с острова Шри-Ланка.

Когда эти две разновидности скрестили в лаборатории, выяснилось, что плодовитость самки зависит не только от ее собственного генотипа, но и от гено-



Совместный майоргенный контроль плодовитости домашней мускусной землеройки *Suncus murinus* генотипами обоих партнеров брачной пары.

типа ее брачного партнера. Значит, в отличие от других описанных выше случаев, где число рожденных потомков считалось признаком самки, здесь его нужно рассматривать как совместный фенотип двух брачных партнеров.

Проанализировав наследование этого признака в гибридной популяции, мы обнаружили, что он контролируется комбинацией двух аллелей гена главного эффекта.

В чем причина такого совместного контроля признака? Число рожденных потомков определяется в основном двумя переменными: числом оплодотворенных яйцеклеток (зигот) и жизнеспособностью эмбрионов. Если число зигот зависит не от генотипа, а от их жизнеспособности, контроль числа рожденных потомков определяется совместным участием брачных партнеров, поскольку генотип каждого эмбриона есть комбинация аллелей его родителей. Однако, если бы носители одних комбинаций аллелей избирательно погибали, а носители других преимущественно выживали, то проявились бы значительные отклонения от менделевских правил передачи аллелей. Мы таких отклонений в исследуемой родословной не обнаружили [7, 8]. Значит, гипотеза о том, что генотипы обоих брачных партнеров определяют число зигот, выглядит более правдоподобной. Дело в том, что у самок домового землерой-

ки овуляция ооцитов происходит только в ответ на ухаживания самца. Если допустить, что число потенциальных зигот, с одной стороны, зависит от самки, а с другой — от способности самца стимулировать у нее овуляцию, и оба эти свойства зависят от генотипов брачных партнеров, то мы получим вполне удовлетворительное объяснение совместного генетического контроля числа потомков при рождении.

* * *

Итак, изучив наследование одного и того же признака приспособленности (числа потомков при рождении) на трех разных видах млекопитающих, мы обнаружили три системы генетического контроля этого признака:

— у бразильских хомячков — чисто полигенное наследование и поразительно высокое внутривидовое генетическое разнообразие по плодовитости;

— в популяциях песцов при незначительной полигенной компоненте — устойчивый полиморфизм по генам главного эффекта;

— в локальных популяциях домового землеройки при отсутствии генетического разнообразия — фиксация альтернативных аллелей одного майоргена, видимо, контролирующего плодовитость за счет влияния на репродуктивную систему и самок, и самцов.

В природе у многоплодных млекопитающих наиболее часто встречается полигенный контроль плодовитости. Он гарантирует лабильность численности популяций в пределах нормальных, ожидаемых колебаний условий внешней среды. Мутации с сильным влиянием на плодовитость быстро закрепляются или так же быстро утрачиваются. Примером такой альтернативной фиксации служат локальные популяции домового землеройки. Если это происходит в географически изолированных популяциях, живущих в разных экологических условиях, то наблюдается их дивергенция по генам главного эффекта. И наконец, в определенных условиях, при резких, но регулярных колебаниях внешних условий в популяции может устанавливаться стабильное равновесие между аллелями, контролирующими высокую и низкую плодовитость, как это, видимо, произошло у континентальных песцов.

Сравнение разных видов и популяций по фенотипическому проявлению признаков — довольно старый и весьма надежный инструмент, позволяющий устанавливать родственные связи между таксонами. Результаты наших исследований показывают, что детальное изучение характера наследования признаков, тесно связанных с приспособленностью, дает новый ключ к пониманию путей и закономерностей эволюции природных популяций. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 04-04-48074, 07-04-00119, 07-04-00120) и программ Президиума РАН «Происхождение и эволюция жизни на Земле» и «Биоразнообразие и динамика генофондов».

Литература

1. Гинзбург Э.Х. Описание наследования количественных признаков. Новосибирск, 1987.
2. Фолкнер Д.С. Введение в генетику количественных признаков. М., 1985.
3. Aulchenko Yu. S., Araripe L.O., D'Andrea P.S. et al. // Genetical Research. 2002. V.80. P.55—62.
4. Tannerfeldt M., Angerbörn A. // Oikos. 1998. V.83. P.545—559.
5. Axenovitch T.I., Zorkoltseva I.V., Akberdin I.R. et al. // Heredity. 2007. V.98. P.99—105.
6. Бородин П.М., Рогачева М.Б., Ода С.И. Домовая землеройка на пути к видообразованию // Природа. 2002. №9. С.1—11.
7. Aulchenko Yu.S., Oda S.-I., Rogatcheva M.B. et al. // Genetical Research. 1998. V.71. P.65—72.
8. Rogatcheva M.B., Oda S.-I., Aulchenko Yu.S. et al. // Heredity. 1998. V.81. P.335—341.

Галактический зонд: от звезды к звезде

В.Г.Сурдин

Как мы знаем, живая природа методом проб и ошибок давно уже решила многие задачи, над которыми бьются сегодня инженеры. Вантовые конструкции, машущий полет, эхолокация — это и многое другое было подсмотрено человеком в живой природе. Бионикой назвали инженеры искусство переносить готовые решения из биосферы в технику. А подобное же искусство, но черпающее вдохновение в неживой природе, пока не имеет названия. Но оно существует, и одной из его находок посвящена эта статья.

Она касается романтического направления в астрономии. Впрочем, для астронома это не более романтическая задача, чем для биолога — задача продления жизни, или для математика — попытка научить компьютер стихосложению. Речь пойдет о способах связи с внеземными цивилизациями. Одно из новых решений этой задачи подсказала классическая звездная динамика, изучающая движение светил под действием их взаимного притяжения. Оказалось, что гравитация может не только препятствовать межзвездным перелетам, но и способствовать им.

Зонд-вестник Брейсуэлла

Идея использовать межзвездные зонды для связи между цивилизациями принадлежит австралийскому радиоастроному Ро-



Владимир Георгиевич Сурдин, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Государственного астрономического института им.П.К.Штернберга (МГУ), доцент физического факультета МГУ. Основные работы посвящены звездной динамике, вопросам происхождения и эволюции звездных скоплений.

нальду Брейсуэлли (1921—2007) [1]. Она была вызвана к жизни несколькими известными недостатками прямой межзвездной радиосвязи: высокой энергоемкостью сигнала, низкой пропускной способностью канала связи и малой вероятностью случайных совпадений момента времени и пространственного направления приема/передачи. За прошедшие годы эта идея обсуждалась не раз (см., например, [2, 3]), причем с годами она становится все более привлекательной. Во-первых, прогресс электроники дал возможность миниатюризировать носители информации и управляющие системы; в результате существенно уменьшились размер и масса космических зондов. Во-вторых, появились новые идеи и даже опытные разработки методов разгона космических аппаратов, позволяющие сообщать им скорости порядка 10^2 — 10^3 км/с (ионные двигатели, электромагнитные ускорители и др.). Нако-

нец, полувековые бесплодные усилия по поиску радиосигналов внеземных цивилизаций сеют сомнения в широкой распространенности этого способа межзвездной связи и заставляют искать альтернативные методы.

Сегодня идея зонда-вестника Брейсуэлла видится как метод односторонней, альтруистической рассылки информации в форме так называемой «космической энциклопедии», содержащей все сведения о нас и окружающем нас мире. Предполагается, что в сторону каждой звезды, которая потенциально способна быть прибежищем жизни, посылается автоматический аппарат, имеющий средства радиосвязи и содержащий в своей памяти все без исключения знания, что накоплены человечеством. Составить и записать такое послание в принципе возможно уже сегодня [4].

Можно вспомнить, что первые послания с помощью «космической бутылочной почты»

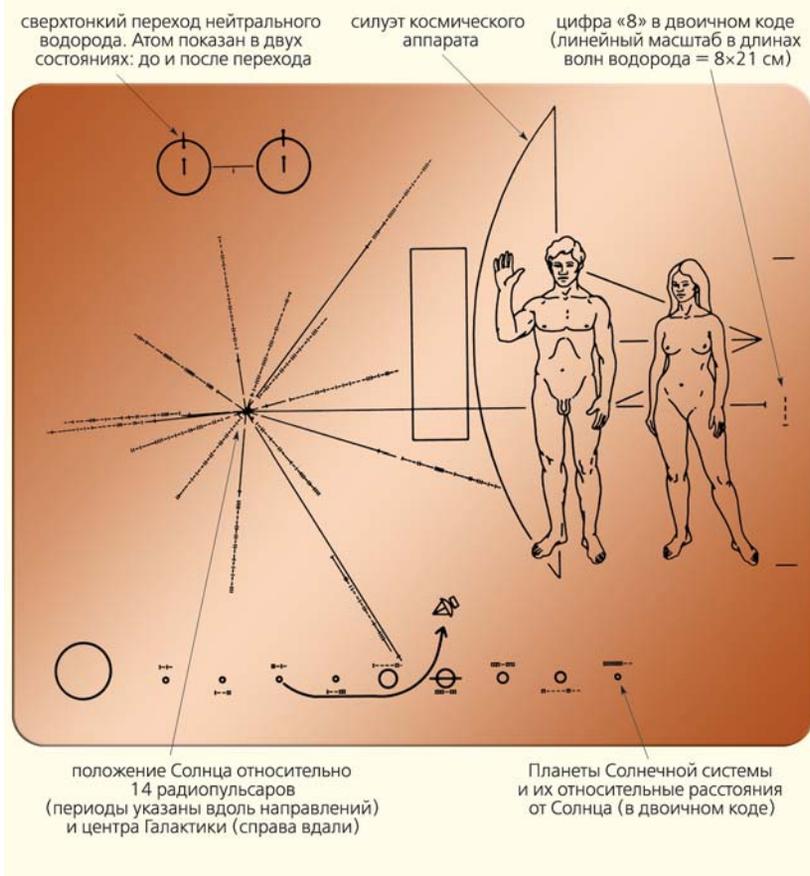


Рис.1. Табличка, отправленная на борту «Пионеров».

уже были отправлены с Земли более 30 лет назад. Тогда пределы Солнечной системы покинули четыре американских межпланетных зонда: «Пионер-10 и -11», запущенные в 1972—

1973 гг., и «Вояджер-1 и -2», запущенные в 1977 г. Облетев внешние планеты, они вырвались из поля притяжения Солнца и теперь безадресно удаляются в межзвездное пространст-

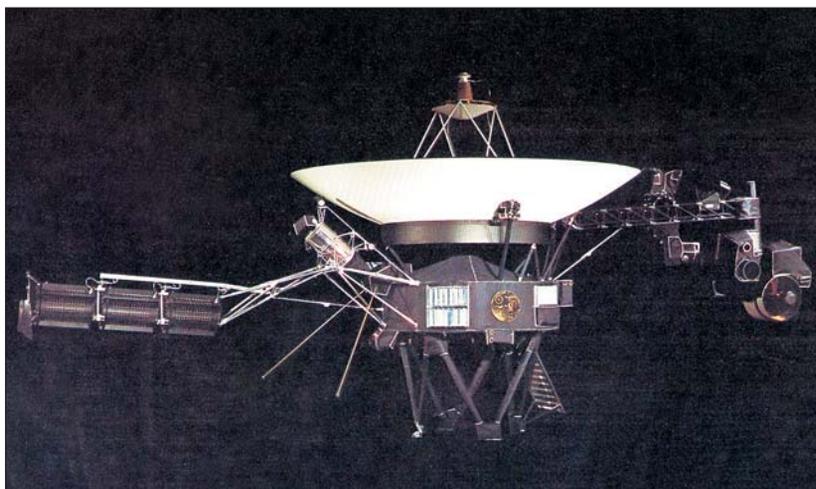


Рис.2. Космический зонд «Вояджер».

во. Поскольку есть шанс, что они когда-нибудь попадут в руки разумных существ, каждый из них несет послание. Внутри «Пионеров» заложены небольшие металлические пластинки с выгравированной на них «визитной карточкой» землян, содержащей наш галактический обратный адрес (рис.1). По сути, это одна картинка объемом около 10 кб. Послание, отправленное через пять лет с «Вояджерами» (рис.2), значительно богаче: каждый из аппаратов несет видеодиски объемом порядка 100 Мб, на которых классическим эдисоновским способом записаны 118 статических изображений, а также несколько часов звуковой информации: музыка, голоса людей, птиц, зверей и шумы природы (рис.3).

Авторам посылки на «Вояджерах» потребовалось изрядное напряжение сил, чтобы составить и уместить в объеме одной грампластинки емкое и уравновешенное послание неведомым братьям по разуму от лица всех землян. Но за прошедшие три десятилетия плотность упаковки информации повысилась на много порядков. Поэтому сегодня уже можно не ломать голову над содержанием послания, а просто отправить всю письменную и электронную информацию, созданную человечеством. Это не так уж много — всего около 10^{18} байтов. Зато тот, кто эти данные получит, сможет узнать о нас не меньше, чем мы знаем о себе. Такой паниформизм вполне оправдан, ибо гарантирует небесплодность существования цивилизации. Кстати, одной из целей подобного проекта является сохранение наших текущих знаний для будущих поколений человечества: разместив несколько экземпляров этой энциклопедии подальше от Земли, например на Луне, мы гарантировали бы сохранность плодов своего разума от всяческих катаклизмов.

Для создания энциклопедии Роуз и Райт [4] предлагают самый современный способ —

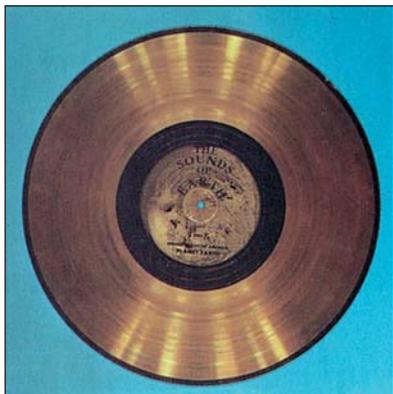
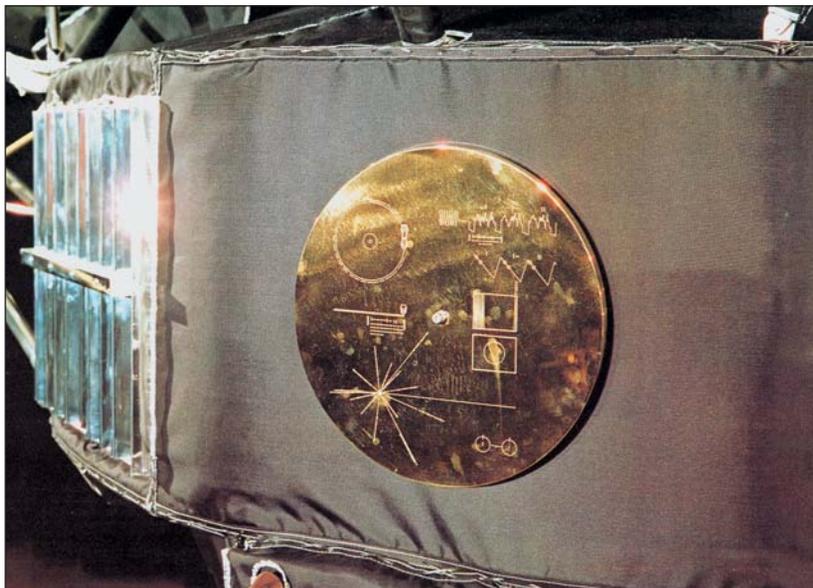


Рис.3. Контейнер с видеодисками, укрепленный на приборном отсеке «Вояджера» (справа), и сам позолоченный видеодиск, предназначенный иным разумным существам.



сканирующий туннельный микроскоп, манипулирующий отдельными атомами. Он может делать записи, в частности атомами ксенона на никелевой подложке. В принципе такой метод записи позволяет достичь плотности упаковки информации до $7.5 \cdot 10^{25}$ бит/кг (при использовании легких атомов лития и бериллия). Это выше, чем, например, в молекуле РНК вируса полиомиелита ($3.6 \cdot 10^{24}$ бит/кг). Но даже если использовать для запаса надежности по 1 тыс. атомов никеля на бит, создавая элементарные метки размером в нанометр, то все равно плотность упаковки получается невероятно высокая: около 10^{22} бит/кг. Поразительно: вся культура человечества будет представлена в суперэнциклопедии весом всего в 1 г! Правда, чтобы ее прочитать, понадобится весьма дорогой сканирующий туннельный микроскоп.

К сожалению, подобный миникристалл памяти нельзя «голышом» отправить в межзвездное путешествие на тысячи лет, поскольку его структура будет повреждена космическими лучами. Для защиты от них кристалл должен быть укрыт броней не хуже земной атмосферы, имеющей при многокилометровой толщине среднюю поверхност-

ную плотность 1 кг/см^2 . Это требование существенно утяжеляет посылку: толщина брони составит несколько метров, а масса — сотни тонн. Если использовать помехоустойчивые коды записи, то можно снизить уровень защиты, уменьшив толщину брони до 1 м, но и тогда капсула будет весить не одну тонну. Для межзвездного перелета за разумное время ей необходимо сообщить скорость порядка 1 тыс. км/с. Возможно ли это?

Межзвездный гравитационный маневр

Реактивные двигатели в принципе позволяют разгонять даже крупные аппараты до околосветовых скоростей. Уже существует несколько проектов термоядерных звездолетов, из которых наиболее проработанный — английский «Дедал» (рис.4) — дает возможность за десятки лет достичь соседних звезд (первоочередной его це-

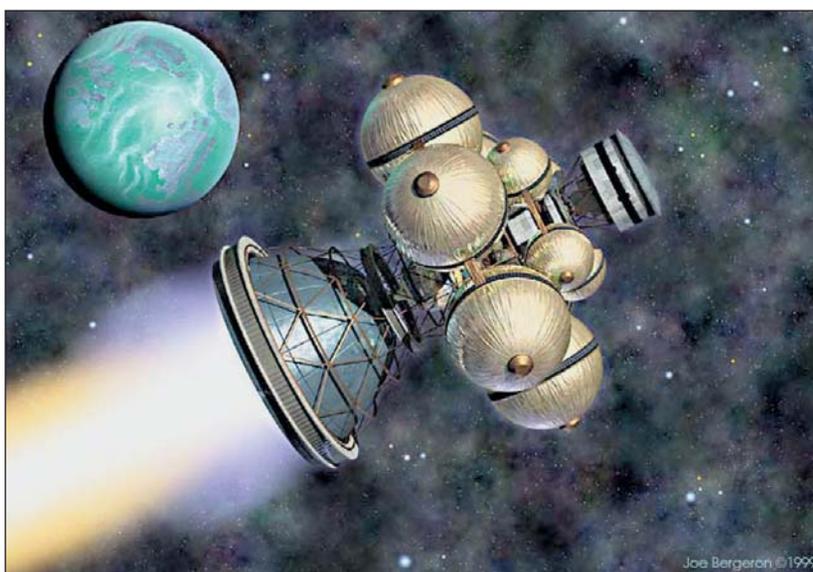


Рис.4. Звездолет «Дедал», проект которого предлагают английские инженеры (рисунок художника).

люю намечена звезда Барнарда). Но размер этого корабля (около 200 м) и его масса (десятки тысяч тонн) делают стоимость проекта фантастической. Вряд ли можно рассчитывать на создание даже одного такого корабля. И уж конечно он совершенно не пригоден для массовой рассылки легкой «галакти-

ческой энциклопедии» во все уголки Галактики.

При массовом запуске небольших зондов существенно сократить затраты может электромагнитный ускоритель, прототип которого был создан в рамках программы стратегической оборонной инициативы еще 20 лет назад [5]. Расположив

электромагнитную катапульту в космическом пространстве и снабдив ее солнечными батареями, вырабатывающими электричество, мы получим очень эффективный аппарат для запуска беспилотных зондов к звездам.

Однако в любом случае трудно ожидать, что в ближайшей перспективе стартовая скорость зонда составит заметно более 100–200 км/с. Поэтому для рассылки зондов в пределах Галактики требуются дополнительные методы разгона, по возможности использующие природные источники энергии. Один из таких методов — межзвездный гравитационный маневр, использующий для ускорения зонда кинетическую энергию звезд [3]. В природе этот метод реализуется стохастически: взаимодействие звезд в скоплениях приводит к тому, что некоторые звезды приобретают большую скорость и навсегда покидают скопление. Им на это требуются миллионы и даже миллиарды лет. Но если гравитационное ускорение осуществляется целенаправленно, сроки сокращаются.

Гравитационный маневр уже несколько десятилетий успешно применяется в пределах Солнечной системы. Например, он был использован для экспедиции «Вояджер» по маршруту Земля—Юпитер—Сатурн—Уран—Нептун, для перелета зонда «Кассини—Гюйгенс» по маршруту Земля—Венера—Венера—Земля—Юпитер—Сатурн. Суть гравитационного маневра в том, что пролет зонда мимо каждой промежуточной планеты планируется таким образом, чтобы ее притяжение ускоряло космический аппарат и сообщало ему направление движения, обеспечивающее сближение со следующей планетой. Добавка к скорости зонда в результате каждого пролета в принципе может достигать удвоенной скорости движения планеты (рис.5).

Аналогично может осуществляться и межзвездный гравитационный маневр. Его стратегия

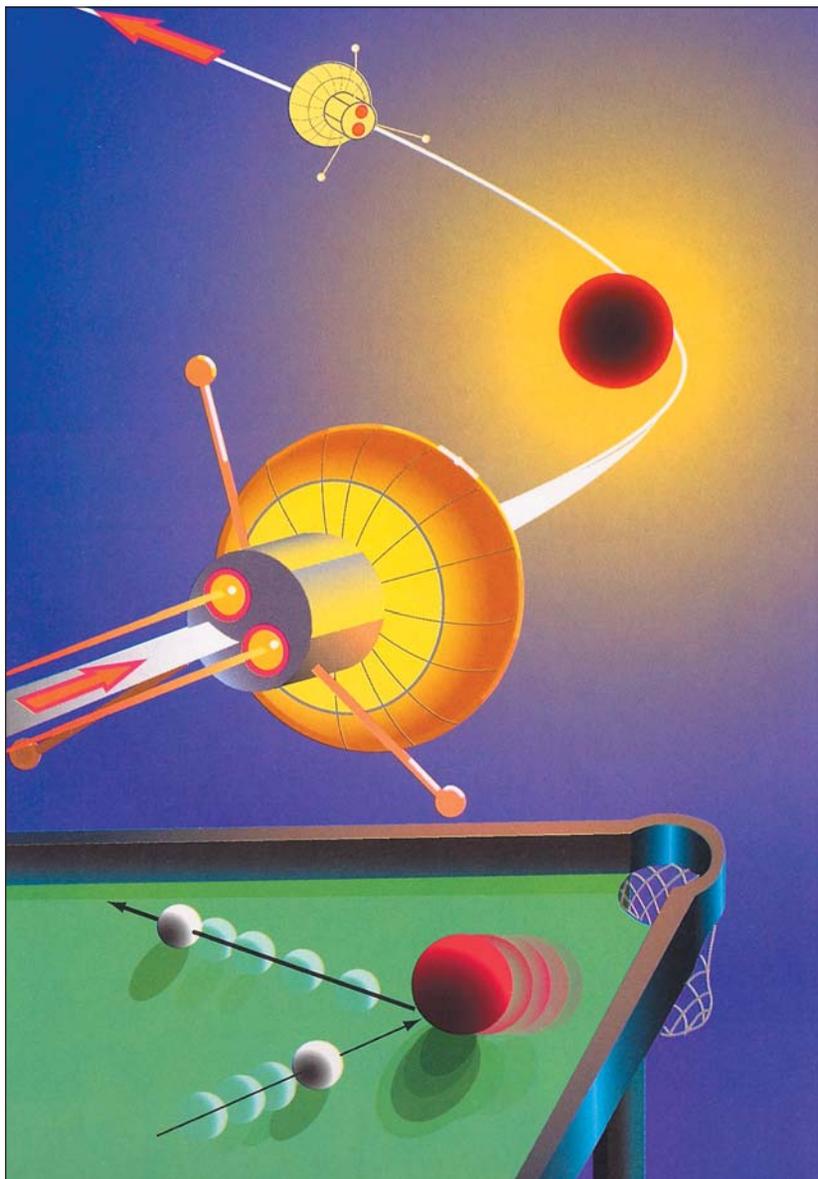


Рис.5. Гравитационный маневр космического зонда в поле тяготения планеты или звезды в механическом смысле аналогичен соударению двух шаров разной массы: если легкий шар катится навстречу тяжелому, то после соударения отскакивает с возросшей скоростью. Другой пример — серфинг: спортсмен на доске ищет волну, идущую ему навстречу, за счет ее движения взлетает вверх, разворачивается и скатывается вниз с возрастающей скоростью. Спортсмен ускоряется, а волна тормозится.

вполне очевидна: на дальних подступах к очередной звезд-ускорителю автопилот зонда должен наметить из числа ближайших звезд следующую, движущуюся ему навстречу, и так скорректировать траекторию сближения аппарата с первой звездой, чтобы гравитационный маневр направил его в сторону второй звезды. Если коррекция траектории происходит достаточно далеко от точки сближения, то для этого потребуется мизерное количество топлива или даже, как мы покажем ниже, вообще будет достаточно «безрасходных» методов управления.

Каковы возможности этого метода? Характерные скорости движения звезд лежат в пределах от 10–20 км/с у молодых звезд галактического диска до 250–300 км/с у старых звезд гало и компонентов тесных двойных систем. Значит, каждая встреча со звездой при соответствующем подборе траектории сближения добавит зонду несколько десятков, а то и сотен километров в секунду. Пределом для эффективного гравитационного маневра является такое сближение, при котором зонд почти касается поверхности звезды. Небесная механика говорит, что при этом максимальная скорость удаления зонда от звезды после сближения (V_{\max}) составит около 50% скорости отрыва (вторая космическая скорость) у поверхности звезды.

У всех звезд главной последовательности значение V_{\max} приблизительно такое же, как у Солнца — около 300 км/с, поэтому такие звезды для нас большого интереса не представляют. Для гравитационных маневров привлекательны компактные объекты — белые карлики и нейтронные звезды.

Светимость большинства компактных звезд невелика, и в этом смысле они не особенно опасны для пролетающего мимо них зонда. Но существует физический эффект, способный существенно ограничить возможности гравитационного манев-

Таблица 1

Максимальная скорость зонда V_{\max} и приливное ускорение a , которое зонд испытывает на дистанции в 1 м при пролете вблизи звезды массы M , и радиуса R , имеющей скорость отрыва у поверхности V_0

Параметр	Нормальная звезда	Белый карлик	Нейтронная звезда	
			$R_{\min} = R_s$	$R_{\min} = 50R_s$
M/M_\odot	1	0.7	2	2
R_s	$1R_\odot$	$0.01R_\odot$	20 км	20 км
V_0 , км/с	617	5165	$16 \cdot 10^4$	$23 \cdot 10^3$
V_{\max} , км/с	309	2583	$8 \cdot 10^4$	$12 \cdot 10^3$
a , м/с ²	10^{-6}	0.5	$7 \cdot 10^7$	530

ра, особенно вблизи нейтронной звезды. Речь идет о приливном влиянии гравитационного поля звезды, которое стремится сообщить различным частям зонда взаимное ускорение a . Как видно из табл.1, приливное ускорение, разрывающее зонд, довольно велико у поверхности нейтронной звезды и может представлять опасность для конструкции аппарата. Сейчас промышленность изготавливает некоторые электронно-механические приборы, выдерживающие ускорение до 10^6 м/с². Поэтому выбранный нами в этой таблице интервал для минимального расстояния межзвездного зонда от поверхности нейтронной звезды кажется вполне разумным.

Теперь оценим время, необходимое зонду для достижения скорости V_{\max} , если он стартовал из Солнечной системы со скоростью V_0 . Очевидно, таким же будет и время торможения, если требуется доставить зонд в конкретную планетную систему и

оставить его там. Пусть, для простоты, все звезды равномерно распределены в пространстве на среднем расстоянии S друг от друга и имеют одинаковые скорости хаотического движения σ . Если при каждом сближении со звездой зонд получает приращение скорости $\Delta V = \sigma$, то ему необходимо совершить $N = (V_{\max} - V_0)/\sigma$ гравитационных маневров, на которые будет затрачено время

$$t = \sum_{k=0}^{N-1} \frac{S}{V_0 + k\sigma}$$

Табл.2 демонстрирует характерные значения обсуждавшихся величин в различных областях Галактики при использовании представителей ее различных звездных населений в качестве ускорителя. Как видим, при сделанных предположениях время разгона зонда в окрестности Солнца весьма велико (~ 10^5 лет), но оно существенно сокращается в шаровых скопле-

Таблица 2

Характерное время разгона зонда t при его начальной скорости $V_0 = 100$ км/с. В скобках указаны теоретические оценки исходных величин, без скобок — наблюдательные

Локализация	Население	S , пк	σ , км/с	t , лет	V_{\max} , км/с
Окрестности Солнца	Звезды диска	2	45	10^5	400
	Звезды гало	6	250	$2 \cdot 10^5$	400
	Белые карлики	3	50	$2 \cdot 10^5$	5000
	Нейтронные звезды	(10)	(100)	$4 \cdot 10^5$	10^5
Шаровые скопления	Нормальные звезды	0.03	20	$4 \cdot 10^3$	400
	Белые карлики	(0.03)	20	$3 \cdot 10^3$	5000
	Нейтронные звезды	(0.1)	20	10^4	10^5
Ядро Галактики	Белые карлики	(0.01)	250	300	5000
	Нейтронные звезды	(0.05)	250	10^3	10^5

ниях (~10⁴ лет) и становится чрезвычайно коротким в ядре Галактики (~10² лет).

В принципе возможны и более изощренные варианты гравитационного ускорения межзвездных зондов. Например, астрономам известны двойные звездные системы, состоящие из нейтронной звезды и белого карлика. Эти компактные звезды обращаются по орбите со скоростью более 1 тыс. км/с. Сближение с одним из компонентов подобной системы сразу может добавить к скорости зонда около 2 тыс. км/с! Особенно часто такие объекты должны встречаться в ядрах шаровых скоплений. Вообще нужно заметить, что центральные части шаровых звездных скоплений — чрезвычайно привлекательные места для цивилизаций, делающих первые шаги на пути колонизации космоса.

Таким образом, гравитационный маневр в окрестности звезд представляется приемлемым методом массовой рассылки информационных зондов в пределах Галактики. С точки зрения отправителей он особенно эффективен для обитателей плотных звездных систем — шаровых скоплений и ядер галактик. А с точки зрения других обитателей Галактики эффективность этого метода указывает на необходимость поиска таких зондов в своих планетных системах.

Нам осталось обсудить важный вопрос — как управлять зондом в полете.

Управление зондом силой Яркковского

Использование гравитационного маневра в окрестности звезд, очевидно, требует точных методов навигации и коррекции траектории полета. Оставляя в стороне вопросы навигации (принципиальных проблем в этой области нет), сосредоточимся на методах коррекции траектории. В литературе обсуждалась возможность воспользо-

вать для этого компоненты межзвездной материи, например диффузный водород для ракетных двигателей и межзвездное магнитное поле как источник силы Лоренца. Очевидно, для компактного зонда эти способы неприемлемы. Поэтому мы рассмотрим возможность использования звездного излучения, несущего не только энергию, но и импульс, который может послужить для коррекции траектории.

В рамках небесной механики рассматриваются два радиативных эффекта — широко известный эффект Пойнтинга—Робертсона и малоизвестный эффект Яркковского. Первый из них возникает по причине абсорбции света и всегда создает тормозящее ускорение, лежащее в орбитальной плоскости объекта. Второй эффект порождается импульсом отдачи, который приобретает из-за переизлучения звездной энергии, поглощенной объектом (рис.6). Этот эффект был предсказан российским инженером И.О.Ярковским в конце XIX в., но обнаружился в движении искусственных спутников Земли и астероидов только век спустя [6].

Действие эффекта Яркковского в основном определяется сочетанием собственного (суточного) и орбитального вращения объекта. Если направление суточного вращения объекта совпадает с направлением его орбитального обращения (оба совершаются по часовой стрелке или против нее), то нагретая звездой сторона поверхности объекта постоянно разворачивается в сторону, противоположную направлению его движения. В этом случае импульс отдачи уходящего с нагретой стороны инфракрасного излучения направлен в сторону движения объекта и «подталкивает» его вперед. Если же моменты импульсов вращения и обращения антипараллельны, сила Яркковского тормозит объект. В общем случае импульс отдачи может быть направлен произвольно, так что эффект Яркковского

способен влиять на все орбитальные параметры.

В отличие от эффекта Пойнтинга—Робертсона, заметно действующего лишь на микроскопические частицы, эффект Яркковского сказывается на движении сравнительно крупных объектов. Например, в Солнечной системе он влияет на движение астероидов размером от метра до километра [7]. Объекты меньшего размера легко прогреваются и не сохраняют различие температуры на разных участках поверхности; более крупные объекты слишком массивны.

Очевидно, что искусственный объект, каким является межзвездный зонд, может без труда управлять вектором силы Яркковского. Достаточно разные части аппарата покрасить краской с разным альбедо и предусмотреть возможность их взаимного перемещения. Возможны и другие варианты, например, с использованием жидкого теплоносителя, перемещающего тепло по поверхности аппарата. При этом сила Яркковского может быть использована с максимальной эффективностью.

Но как любой фотогравитационный эффект, сила Яркковского мала. Поэтому стратегия управления зондом с его помощью должна быть довольно сложной. Если рассматривать три очередные звезды, с которыми последовательно сближается зонд, то корректирующий импульс, полученный от эффекта Яркковского при пролете ми-



Рис.6. Действие эффекта Яркковского на вращающийся зонд, проходящий вблизи звезды.

мо звезды №1, должен так уточнить траекторию, уже и без того ведущую к звезде №2, чтобы пролет мимо нее без дополнительной коррекции направил зонд к звезде №3, расположенной произвольно относительно направления от №1 к №2, но уже намеченной при подлете к №1. И эта задача должна рекуррентно решаться при пролете каждой очередной звезды. Каковы критические параметры зонда, при которых эффект Ярковского позволит решить задачу управления полетом?

Ясно, что сила Ярковского пропорциональна количеству звездного излучения, падающего на поверхность зонда. Полученное же им ускорение обратно пропорционально массе аппарата. Следовательно, управляемость зонда возрастает с уменьшением его поверхностной плотности. С другой стороны, как мы помним, требуется достаточно плотная броня для защиты информационного ядра зонда от космических лучей. Существует ли компромисс между этими требованиями?

Аккуратный расчет показал [8], что компромисс достижим: управление полетом межзвездного зонда с помощью силы Ярковского легко осуществимо в большинстве областей Галактики и в не очень плотных звездных скоплениях. Лишь в плотных шаровых звездных скоплениях и в ядре Галактики защиту зонда от космических лучей придется облегчить.

Итак, идея межзвездной связи, основанная на рассылке «космической энциклопедии» с помощью зонда-вестника Брейсуэлла, получает развитие. Создание миниатюрной энциклопедии, содержащей весь информационный багаж человечества, уже сегодня выглядит технически реализуемым. Использование электромагнитного ускорителя, гравитационного маневра в поле тяготения звезд и управления зондом с помощью эффекта Ярковского дает принципиальную возможность свести к минимуму энергетические затраты при массовой рассылке подобных зондов. Не расходуя массу для коррекции орбиты, такой зонд может чрезвычайно долго путешествовать в Галактике, сохраняя «информационный портрет» пославшей его цивилизации. Более того, информационный багаж зонда будет постоянно обогащаться детальными данными о тех звездах, с которыми он сближался в ходе гравитационных маневров.

Обратившись к табл.1, мы увидим принципиальную возможность посылать информационные зонды даже в соседние галактики, поскольку значение V_{max} превосходит скорость отрыва из центральной области типичной галактики, в том числе и нашей ($\sim 10^3$ км/с). Если максимально эффективно использовать возможности гравитационного маневра в поле нейтронных звезд, можно сообщить зонду скорость $\sim 10^5$ км/с, с которой

он достигнет объектов Местной группы галактик за время, сравнимое с характерным временем эволюции человека ($\sim 10^7$ лет). Разумеется, в столь отдаленной перспективе могут быть найдены и более эффективные методы хранения и перемещения информации, но тот факт, что мы уже сейчас видим принципиальную возможность реализации автоматических межзвездных посланников с долговременным хранением информации, внушает оптимизм.

Идея информационного посланника настолько заманчива, что не может долго оставаться лишь на бумаге. Новые научные принципы и технические решения делают эту идею все более осуществимой, а отсутствие электромагнитных сигналов от иных цивилизаций — все более насущной. Не исключен вариант, что в каждый момент времени в Галактике наличествует не более одной технически развитой цивилизации. В этом случае узкие «информационные фронты» электромагнитных сообщений, пересекающие Галактику за короткое время ($\sim 10^4$ лет), вообще не имеют шанса быть принятыми. Информационный зонд дает единственную альтернативу передать сообщение не только в пространстве, но и во времени, и не только цивилизациям иных звезд, но и тем, которые сменяют нас в окрестности Солнца. Подобные зонды нужно искать и создавать самим. ■

Исследования динамики межзвездного зонда были частично поддержаны Российским фондом фундаментальных исследований (проекты 04-02-17447-а, 06-02-16077-а, 06-02-16366-а) и грантом поддержки ведущих научных школ НШ-5920.2006.2.

Литература

1. *Bracewell R.N.* // Nature. 1960. V.186. P.670 (Брейсуэлл Р. Сигналы высокоразвитых галактических цивилизаций // Межзвездная связь. М., 1965. С.271—277).
2. *Шкловский И.С.* Вселенная, жизнь, разум. М., 2006.
3. *Сурдин В.Г.* // Астрон. Вестник. 1985. №9. С.354—358.
4. *Rose Ch., Wright G.* // Nature. 2004. V.431. P.47—49.
5. *Сурдин В.Г.* Звездные войны: научно-технический аспект. М., 1988.
6. *Сурдин В.Г.* Эффект инженера Ярковского // Природа. 2004. №11. С.91—96.
7. *Сурдин В.Г.* // Физика. 2005. №1. С.13—18.
8. *Сурдин В.Г.* // Бюлл. Спец. астрофиз. обсерв. 2007. Вып.60—61. С.254—259.

Загадочные циркуляции



Никто не верит в теории, кроме теоретиков. Однако все верят в эксперименты, кроме экспериментаторов.

Научный фольклор

С.В.Рянжин, Н.В.Кочков, Л.Н.Карлин

Для вертикальной структуры природных водоемов (озер, водохранилищ, морей и океанов) умеренных широт характерен верхний перемешанный слой, ниже которого располагается скачок плотности — пикноклин. Последний моряки-подводники иногда называют жидким грунтом. Представление о механизмах формирования перемешанного слоя и пикноклина важно не только для решения теоретических, но и для многих прикладных задач, таких как прогноз погоды, рыбный промысел, подводная навигация. Характер экологической системы озера часто зависит от того, существует ли в середине лета перемешанный слой или нет. Принято считать, что перемешанный слой и, соответственно, пикноклин, образуются и эволюционируют под действием таких механизмов вертикального перемешивания, как мелкомасштабная турбулентность, гравитационная конвекция, обрушение поверхностных и внутренних волн, а также... циркуляции Ленгмюра.

Наряду со смерчем и шаровой молнией, циркуляции Ленгмюра остаются одними из самых загадочных и до конца не понятых гидрометеорологических явлений. Несмотря на то, что с момента их первого описания прошло почти семьдесят лет, механизм возникновения не вполне ясен, а предложенные теории слишком сложны для проверки по данным наблюдений. Да и сами они про-

© Рянжин С.В., Кочков Н.В., Карлин Л.Н., 2008



Сергей Валентинович Рянжин, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Института озероведения РАН (Санкт-Петербург). Область научных интересов — физическая лимнология, гидрофизика и термика озер, взаимодействие атмосферы и водоема.



Лев Николаевич Карлин, доктор физико-математических наук, профессор, ректор Российского государственного гидрометеорологического университета (Санкт-Петербург). Специалист в области физической океанологии, взаимодействия атмосферы и водоемов.



Николай Владимирович Кочков, кандидат географических наук, научный сотрудник Института озероведения РАН. Занимается проблемами физической лимнологии, гидрофизики и термики озер, эволюции перемешанного слоя и внутренних волн в озере.

тиворечивы и не систематизированы. Например, отсутствуют экспериментально установленные зависимости между параметрами циркуляций и фоновыми гидрометеорологическими условиями (скоростью ветра, характеристиками волн, глу-

биной перемешанного слоя и/или места и др.). Нами была предпринята попытка установить вероятностные закономерности для параметров циркуляций Ленгмюра на основе анализа собственных полевых измерений, а также данных, опубли-

кованных в мировой литературе. О присутствии циркуляций свидетельствуют полосы пены, выстроенные вдоль направления ветра.

Ветровые полосы и поперечные циркуляции

Тот, кто наблюдал за поверхностью моря или озера в ветреную погоду, возможно, обращал внимание на параллельные полосы, выстроенные примерно в направлении ветра. В эти так называемые ветровые полосы (от англ. wind-streaks) сбивается пена, водоросли, фито- и зоопланктон, воздушные пузырьки, сухие листья и другие мелкие плавающие предметы (рис.1). Расстояние между соседними полосами может меняться от десятков сантиметров до десятков и, возможно, сотен метров. Полосы становятся заметны, когда скорость ветра превышает 3–5 м/с, а ветер возбуждает в воде течение, которое тоже называют ветровым. В некоторых ситуациях полосы более заметны, иногда менее. Это может зависеть, например, от устойчивости пены, которая, в свою очередь, связана с присутствием поверхностно-активных веществ, температурой воды и др. Иногда, но далеко не всегда, направление полос отклоняется от направления ветра на небольшой угол.

Оказалось, что ветровые полосы маркируют особые упорядоченные циркуляции, развивающиеся в верхних слоях водоемов. Вблизи поверхности частицы воды движутся (конвергируют) в направлении ветровых полос и там опускаются, образуя так называемый даунвеллинг (от англ. downwelling). Между полосами частицы, наоборот, поднимаются, образуя апвеллинг (от англ. upwelling) и дивергируют (рис.2). На глубине проникновения циркуляций картина меняется на противоположную. Таким образом, две соседние ветровые полосы (полосы конвергенции) ограничивают двумер-



Рис.1. Выстроенные вдоль ветра ветровые полосы пены, маркирующие присутствие циркуляций Ленгмюра в водоеме.

ную циркуляционную ячейку, состоящую из двух разнонаправленных вихрей. Не зря же эти циркуляции иногда называют поперечными циркуляциями в ветровом течении. Скорости опускания в ветровых полосах, достигая необычайно больших значений, ~10 см/с, превосходят скорости подъема. Поэтому вихри в циркуляционной ячейке асимметричны. Кроме того, каж-

дая частица в ячейке имеет и продольную составляющую скорости, направленную вдоль ветра. Причем в полосах она больше, чем между ними (рис.2). Таким образом, частицы движутся по спиралям. Важная особенность циркуляций заключается в том, что вслед за внезапно изменившимся направлением ветра в течение нескольких минут полосы также перестраиваются

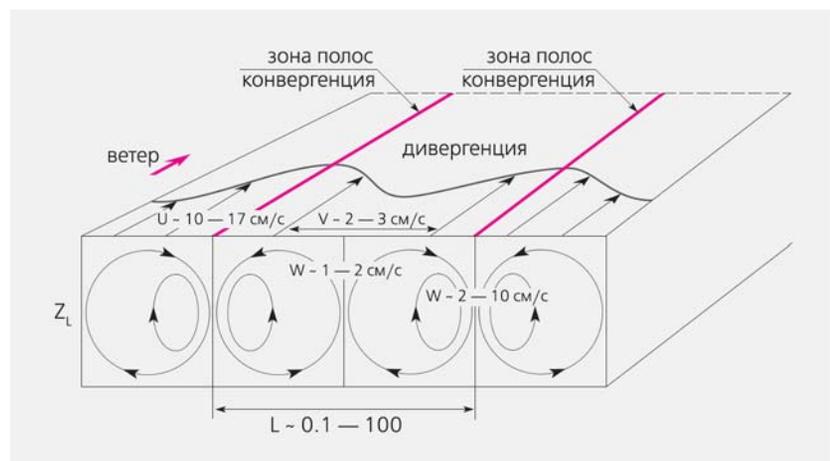


Рис.2. Схема течений в циркуляционных ячейках Ленгмюра. Вблизи поверхности конвергенции располагаются в ветровых полосах, а дивергенции — между ними. W, U и V — вертикальная, продольная и поперечная (относительно направления полос) составляющие скорости; L — расстояние между соседними ветровыми полосами (поперечный размер ячейки); Z_L — глубина проникновения циркуляций.

вдоль этого нового направления. Таким образом, характерный масштаб времени для циркуляций составляет всего несколько минут.

После усиления ветра очень быстро возникают ветровые полосы, маркирующие появления циркуляций Ленгмюра. Время, необходимое для их генерации, варьирует от нескольких секунд в лаборатории до нескольких минут в открытом океане. При этом оказалось, что между значением времени и поперечным расстоянием между возникающими полосами конвергенции существует степенная зависимость. Это отчетливо видно на рис.3, где собраны результаты измерений различных авторов, время и поперечное расстояние показаны в безразмерном виде, а при переходе к безразмерным переменным в качестве харак-

терных нами были взяты масштаб длины и период поверхностных ветровых волн.

Эксперименты Ленгмюра и теоретические исследования

Теперь пора сделать небольшое отступление. Капитан Джеймс Кук, лорд Чарльз Дарвин, сэр Конан Дойл, профессор Ирвинг Ленгмюр. Что общего между этими distinguished gentlemen, кроме того, что все они прекрасно владели английским? А то, что каждый из них хотя бы раз в своих произведениях описывал ветровые полосы на поверхности моря. Например, Кук, который, по некоторым сведениям был еще и пиратом, — в рапортах Его Величеству о проделанной в море

работе, Дарвин — в своей монографии о знаменитом плавании на «Бигле», Дойл — в захватывающем рассказе «Полосатый сундук». И только Ленгмюр, американец французского происхождения и лауреат Нобелевской премии по химии 1932 г., не ограничился простым созерцанием и описанием. В 1938 г. он опубликовал пионерскую статью [1], в которой изложил серию своих блестящих по простоте полевых экспериментов на оз.Джордж (штат Нью-Йорк, США), показавших, что ветровые полосы ассоциируются с поперечными циркуляциями в ветровом течении именно с такими свойствами, которые были описаны выше. Впоследствии эти циркуляции и получили его имя. Кстати, Ленгмюр почти всю свою жизнь проработал в лаборатории «Дженерал Электрик».

С момента появления его работы прошло около 70 лет. За это время опубликовано около 300 теоретических, экспериментальных и лабораторных работ, включая два десятка диссертаций, посвященных циркуляциям (рис.4). Однако до сих пор механизм их возникновения неясен. В истории исследования циркуляций Ленгмюра можно выделить несколько этапов. Рассмотрим их коротко.

Если вышележащие частицы жидкости становятся тяжелее нижележащих (например, в результате охлаждения), они опускаются, а на их место поднимаются более легкие. Это — гравитационная конвекция. Часто она происходит в форме так называемых шестигранных ячеек Бенара. По краям такой ячейки жидкость опускается, а в центре поднимается. Если на ячейки накладывается, например, ветровое течение, то ячейки выстраиваются вдоль течения и образуют полосы конвергенции, напоминающие ленгмюровские. Не удивительно, что в середине 40-х годов прошлого столетия А.Вудкок, в то время капитан дальнего плавания, а впоследствии профессор физической

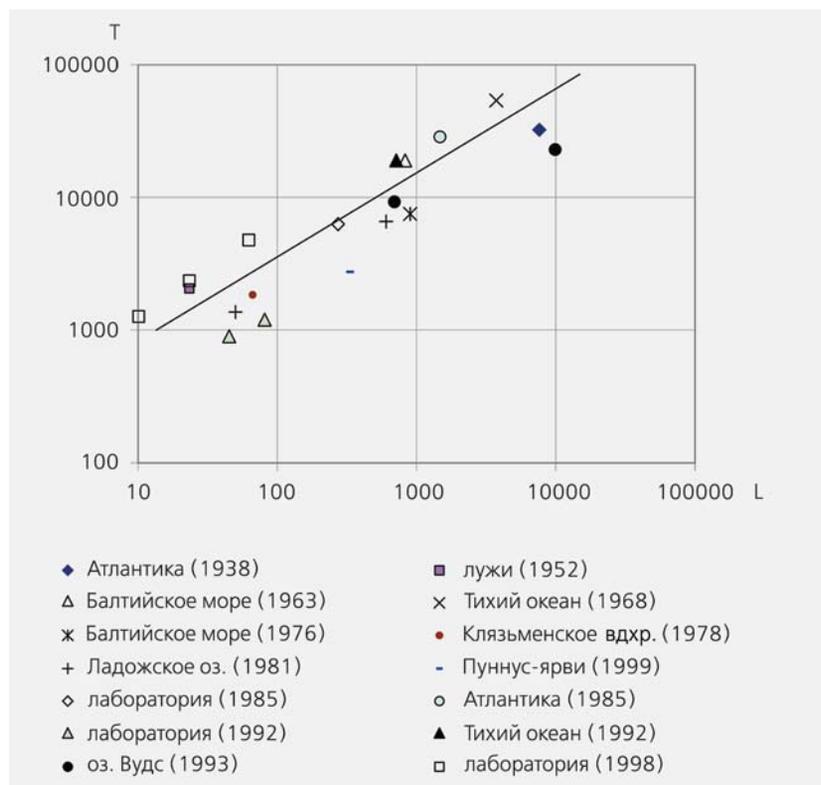


Рис.3. Зависимость между безразмерным временем возникновения циркуляций Ленгмюра (T) и расстоянием между возникающими полосами конвергенции (L) по данным различных авторов, полученным в разные годы. При переходе к безразмерным переменным в качестве характерных значений выбраны соответственно характерный период и длина поверхностных ветровых волн.

океанографии в Гавайском университете, предположил [2], что циркуляции Ленгмюра и есть не что иное, как упорядоченная гравитационная конвекция. И такой взгляд в то время широко разделялся океанологической общественностью. Однако к началу 70-х годов стало ясно, что не все так просто. Оказалось, что циркуляции Ленгмюра возникают и при нагревании поверхности водоема, и, следовательно, при отсутствии гравитационной конвекции.

При достаточно длительном и устойчивом ветре в верхних слоях водоемов может развиваться так называемое экмановское ветровое течение. В начале 60-х годов прошлого века профессор Мэрилендского университета А.Фаллер показал [3], что при некоторых условиях неустойчивость экмановского ветрового течения проявляется в форме поперечных циркуляций, очень похожих на ленгмюровские (рис.4). Однако этот механизм также был подвержен серьезной критике. Оказалось, что характерный масштаб времени экмановской неустойчивости — несколько часов*, тогда как циркуляций Ленгмюра, как мы знаем, — несколько секунд или минут. Вспомним о быстрой перестройке ветровых полос при смене направления ветра!

Воздействуя на поверхность водоема, ветер возбуждает два неразрывно связанных явления — течение и волны. Неудивительно, что в середине 70-х годов прошлого столетия профессора А.Крэйк и С.Лейбович предложили [4] и в серии последующих работ развили механизм, рассматривающий циркуляции Ленгмюра как результат сложного взаимодействия ветрового течения и поверхностных гравитационных ветровых волн (рис.4). Хотя этот механизм, получивший название «теория Крэйка—

* Надо сказать, что внесший большой вклад в исследование циркуляций Ленгмюра и ныне здравствующий профессор Фаллер впоследствии сам публично отказался от предложенной им теории.

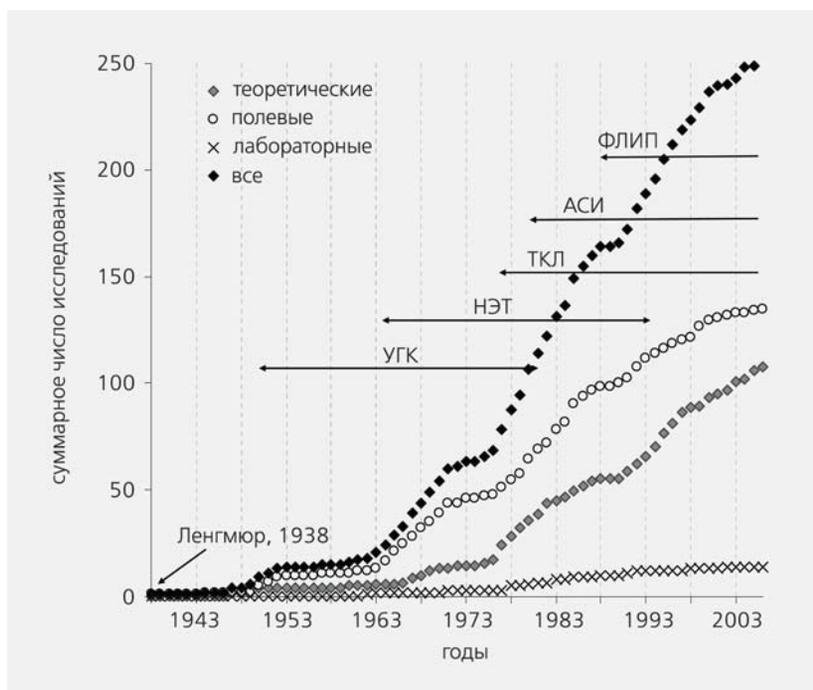


Рис.4. Теоретические, полевые и лабораторные публикации по циркуляциям Ленгмюра, начиная с пионерской работы [1] до 2006 г. Показаны примерные периоды преобладающих направлений исследования и/или объяснения механизма генерации циркуляций: УГК — упорядоченная гравитационная конвекция; НЭТ — неустойчивость экмановского течения; ТКЛ — теория Крэйка—Лейбовича; АСИ — полевые акустические сонарные измерения; ФЛИП — полевые измерения с научно-исследовательской платформы «Флип».

Лейбовича», выглядит очень привлекательным, он остается слишком сложным и запутанным для проверки по экспериментальным данным.

Экспериментальные исследования

А что же экспериментальные исследования? Здесь тоже свои проблемы. В природных водоемах обычно одновременно происходит множество гидродинамических процессов, зачастую имеющих близкие пространственно-временные масштабы. Например, близкие к циркуляциям Ленгмюра характерные масштабы (метры, минуты) могут иметь внутренние волны или сейши. Однако океанологическая или лимнологическая аппаратура измеряет в водоеме некоторый интегральный сиг-

нал. Поэтому серьезнейшая проблема при натурных измерениях — «отфильтровать» сигнал полезный, а сделать это удастся далеко не всегда. Кроме того, полевые исследования, в отличие от теоретических, требуют больших финансовых затрат. И, наконец, сами океаны, моря и озера тоже не всегда дружелюбны к ученым-экспериментаторам**.

Надо сказать, что картину циркуляций, описанную Ленгмюром, за последующие годы удалось лишь немного расширить. Например, выяснилось [5], что циркуляции возникают вблизи поверхности, а затем развиваются в глубину. Иногда

** Возможно, поэтому ученые-экспериментаторы обычно не расстаются со своими натурными данными «без стон»». Чтобы убедиться в этом, попробуйте выпросить натурные данные у какого-нибудь гидробиолога!

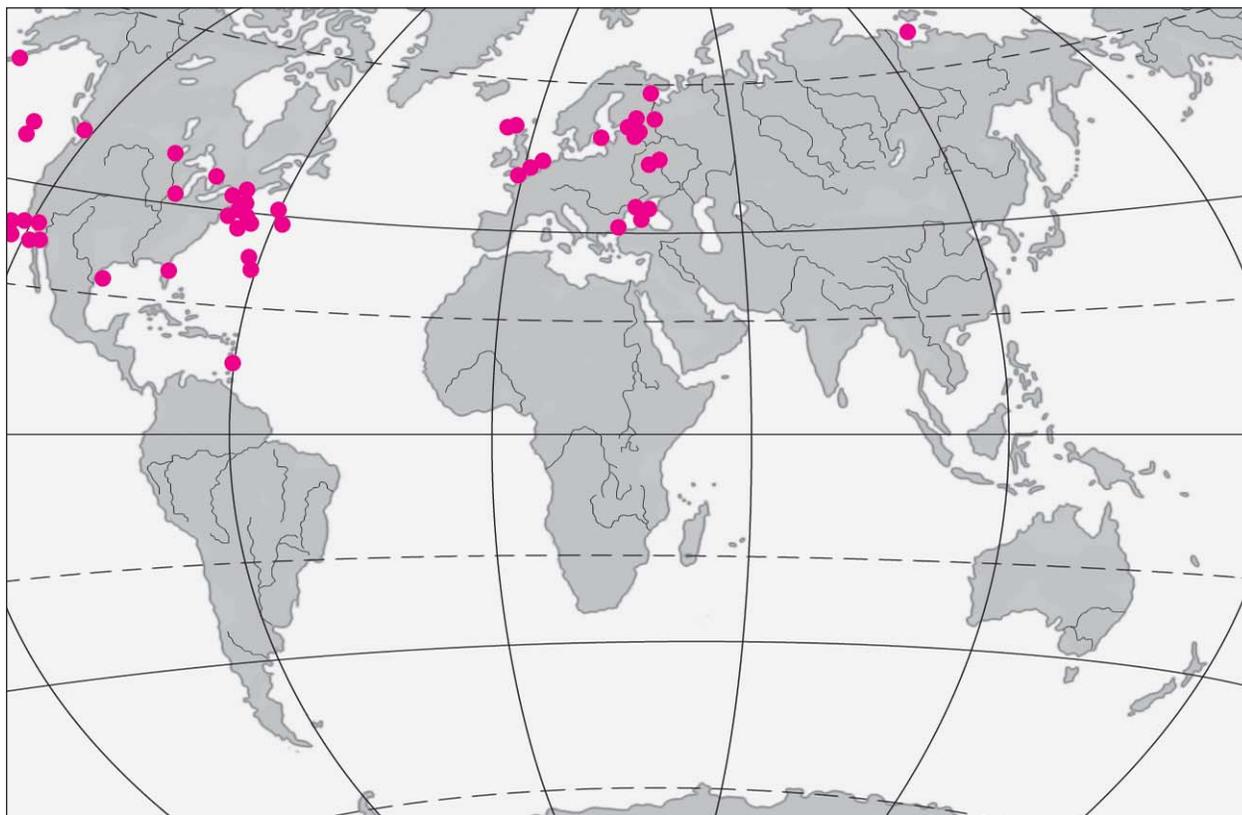


Рис.5. Географическое распределение полевых исследований циркуляций Ленгмюра, результаты которых собраны в базе LANGMUIR-2.

ветровые полосы смещаются в поперечном к ветру направлении, оставаясь параллельными ветру и друг другу [6]. Возможно, это происходит, когда циркуляции Ленгмюра развиваются на фоне какого-либо крупномасштабного течения. В поле циркуляционных ячеек обнаружены групповые структуры, состоящие из различного количества ячеек [7], что очень напоминает групповую структуру ветрового волнения. Следует также отметить оригинальные исследования профессора С.Торпа и его коллег на оз.Лох-Несс [8]. Установленные ими на дне озера акустические сонары позволили проследить облака пузырьков, образующиеся при разрушении волн, стягивающиеся в ветровые полосы и переносимые циркуляциями Ленгмюра в пределах верхнего перемешанного слоя (рис.4). Примечательны также исследования доктора Р.Веллера

с коллегами [9], а также последующие измерения с научно-исследовательской платформы «Флип». С помощью трехмерных измерителей течений, а также акустических сонаров им удалось непосредственно в океане измерить трехмерную структуру течений в циркуляциях Ленгмюра (рис.4).

География натуральных исследований циркуляций Ленгмюра довольно обширна (рис.5). Однако сами натурные данные часто противоречивы и не систематизированы. Например, отсутствуют экспериментально установленные универсальные зависимости между параметрами циркуляций и фоновыми гидрометеорологическими условиями (скоростью ветра, характеристиками волн, глубиной перемешанного слоя или места и др.). Это обстоятельство затрудняет экспериментальную проверку теории Крэйка—Лейбовича.

Измерение поперечных размеров ленгмюровских ячеек

В наших исследованиях была сделана попытка восполнить один из пробелов, в частности на основе анализа экспериментальных данных выяснить некоторые закономерности изменчивости поперечных размеров циркуляционных ячеек Ленгмюра (поперечных расстояний L между соседними ветровыми полосами). Выбор именно этой характеристики объясняется тем, что она наиболее легко и надежно измеряемая характеристика циркуляций. Например, сравнительно несложно получить аэрофотографии поверхности обширной водной акватории, покрытой ветровыми полосами. По фотографии можно измерить поперечные размеры ячеек. А что же дальше? Дело в том, что поперечные размеры

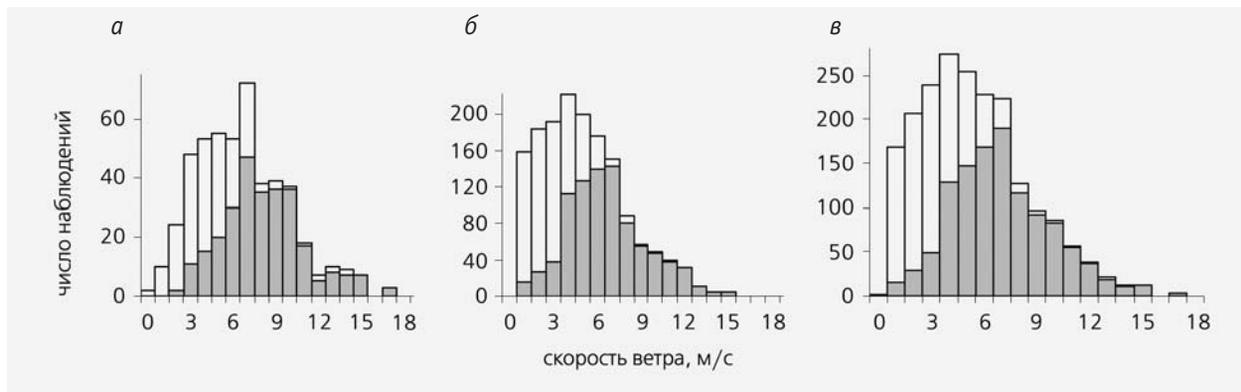


Рис.6. Гистограммы повторяемости циркуляций Ленгмюра при различных скоростях ветра в различных условиях. Высота столбика показывает общее число наблюдений в данном диапазоне скоростей ветра, заштрихованного — число наблюдений циркуляций; *а* — морские наблюдения, *б* — озерные, *в* — морские и озерные. Наличие циркуляций определялось по присутствию на поверхности ветровых полос. Морские условия: Балтийское и Черное моря; озерные условия: пруд Ашумет (Массачусетс, США), озера Гурон и Джордж (Нью-Йорк, США), Ладожское; Пуннус-ярви (Карелия, Россия).

ленгмюровских ячеек каким-то пока не вполне понятным образом коррелируют с глубиной проникновения самих циркуляций и, следовательно, со степенью их воздействия на перемешанный слой. Поэтому было бы заманчиво, например, оценить степень такого воздействия на большой акватории по аэрофотографии ветровых полос на поверхности водоема.

Кстати, для полевых измерений серий последовательных поперечных расстояний между ветровыми полосами в современной океанологии и лимнологии используют два подхода. О первом мы уже упомянули. Это — аэрофотосъемка поверхности акватории. Однако этот метод требует не только значительных финансовых затрат, но и проведения «подсамолетных» измерений фоновых гидрометеорологических характеристик. Второй, чаще применяемый подход состоит в следующем. Научно-исследовательское судно движется с постоянной скоростью поперек поля ветровых полос. При этом измеряются не только фоновые гидрометеорологические условия, но и промежутки времени между последовательным пересечением очередной полосы. Затем по скорости судна и временным интервала-

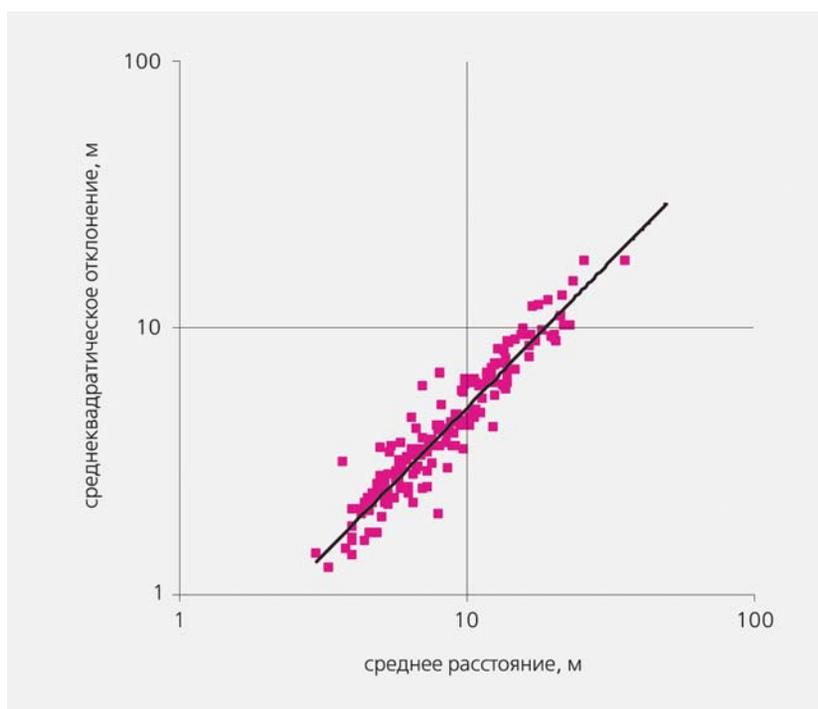
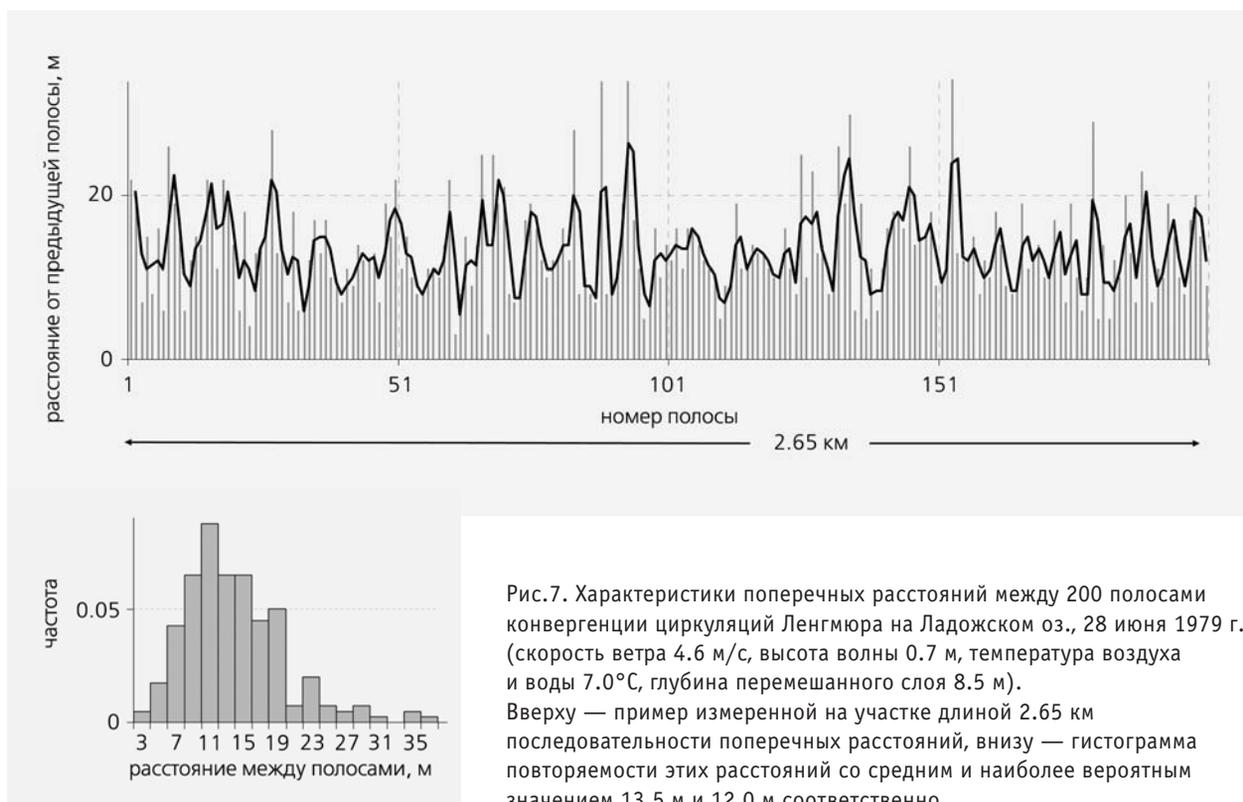
лам пересечений полос рассчитываются поперечные размеры циркуляционных ячеек.

В основу наших анализов было положено около 150 серий авторских «корабельных» измерений поперечных размеров циркуляционных ячеек на Ладожском озере. Каждая серия, сопровождавшаяся измерениями фоновых гидрометеорологических условий, содержит от нескольких сотен до полутора тысяч измеренных ячеек. Эксперименты проводились со второй половины 70-х до конца 80-х годов прошлого столетия. Но не будем о грустном. Все эти исходные данные были собраны в авторскую базу LANGMUIR-2 [10]. Сюда же были добавлены результаты натуральных измерений поперечных размеров циркуляционных ячеек, опубликованные в мировой литературе (рис.5). Покажем некоторые результаты анализов собранных экспериментальных данных.

В некоторых гидрометеорологических кругах до сих пор бытует представление о циркуляциях Ленгмюра как об эпизодически встречаемом экзотическом явлении. Данные рис.6, где показаны гистограммы повторяемости циркуляций Ленгмюра при различных скоростях ветра, опровергают такое пред-

ставление. Отчетливо видно, что, во-первых, в промежутке скоростей ветра от штиля до шторма (18 м/с) средние вероятности возникновения циркуляций достигают 0.56–0.58. Во-вторых, эти вероятности близки как для морских, так и озерных условий. И, в-третьих, с увеличением скорости ветра вероятность того, что вы увидите циркуляции, возрастает, приближаясь к единице при скоростях ветра, превышающих 9 м/с. Наконец, рис.6 показывает, что при слабых ветрах есть некоторый «докритический» режим, когда циркуляции Ленгмюра не возникают. К сожалению, отсутствуют сведения о «встречаемости» циркуляций Ленгмюра при очень сильных ураганных ветрах. Однако можно предположить, что при таких ветрах циркуляции разрушаются («надкритический» режим).

Даже при устойчивых фоновых гидрометеорологических условиях (например, скорости ветра и характеристик волнения) поперечные размеры циркуляционных ячеек Ленгмюра проявляют значительную изменчивость (рис.7, сверху). Например, между ярко выраженными полосами на поверхности водоема часто заметны менее выраженные. Очевидно, полосы



различной выраженности маркируют циркуляционные ячейки Ленгмюра различной интенсивности и различного размера. Поэтому при анализе поперечных размеров ячеек продуктивным оказывается аппарат вероятностного анализа. Его применение, в частности, показало, что, несмотря на значительную изменчивость размеров ячеек, всегда можно выделить некоторый доминирующий масштаб (рис.7, внизу).

Кроме того, статистический анализ серий измеренных размеров ячеек, собранных в базе данных LANGMUIR-2, показал, что средний поперечный размер ячейки положительно коррелирует со среднеквадратическим отклонением размеров (рис.8). Иными словами, отношение среднеквадратического значения поперечных размеров к среднему выдерживает некоторое соотношение — так называемый статистический коэффициент вариации, равный ~0.40–0.60.

Чрезвычайно полезным бывает знание статистического распределения исследуемой характеристики. Известно, например, что площади озер или размеры живых организмов подчиняются степенному распределению, а скорости ветра — распределению Релея. Любое статистическое распределение можно характеризовать статистическими моментами. Например, средним и среднеквадратическим значениями, коэффициентами эксцесса и асимметрии и др. Так вот, для 94 серий измеренных значений поперечных размеров циркуляционных ячеек, собранных в базе LANGMUIR-2, мы рассчитали статистическое распределение и соответствующие статистические моменты. При анализе результатов расчетов выяснились интересные особенности. Например, оказалось, что статистические распределения поперечных размеров ячеек

Ленгмюра всегда характеризуются положительными значениями коэффициента асимметрии. Это значит, что наиболее вероятное значение размера ячейки всегда меньше среднего значения. Далее мы проверили, насколько близки «экспериментальные» статистические распределения к теоретическим с хорошо известными свойствами. При этом выяснилось, что размеры ячеек распределились в основном по логнормальному закону. Напомним, что при таком распределении логарифмы величин подчиняются нормальному или гауссову распределению.

* * *

Таким образом, в результате проведенных исследований удалось впервые выяснить некоторые статистические зависимости и свойства поперечных размеров циркуляционных ячеек

Ленгмюра. Однако вернемся к эпиграфу нашей статьи. Почему же все верят в эксперименты, кроме экспериментаторов? А все дело в том, что любое исследование, и экспериментальное не исключение, часто порождает больше вопросов, чем дает ответов. Почему, например, между средними поперечными размерами ячеек и их среднеквадратическим отклонением выдерживается некоторое соотношение? Почему в распределениях размеров ячеек преобладает логнормальное? Может быть, это как-то связано с изменением фоновых гидрометеорологических условий или нестационарностью самих циркуляций Ленгмюра? Каким образом связаны поперечные и вертикальные размеры циркуляционных ячеек Ленгмюра? И, наконец, каков механизм генерации циркуляций Ленгмюра? Все эти и многие другие вопросы ждут ответов. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 01-05-64049а, 05-05-64494а и 05-05-90598-ННС.

Литература

1. *Langmuir I.* // Science. 1938. V.187. P.119—123.
2. *Woodcock A.H.* // J. Marine Res. 1944. V.5. №3. P.196—205.
3. *Faller A.J.* // J. Fluid Mech. 1963. V.15. №4. P.560—576.
4. *Craik A.D.D., Leibovich S.* // J. Fluid Mech. 1976. V.73. №3. P.401—426.
5. *Scott J.T., Myer G.E., Stewart R., Walther E.G.* // Limnol. Oceanogr. 1969. V.14. №4. P.493—503.
6. *Дмитриева А.А., Рянжин С.В.* // Вестник ЛГУ. 1976. Т.18. №3. С.110—117.
7. *Рянжин С.В.* // Известия АН. ФАО. 1982. Т.18. №10. С.814—820.
8. *Thorpe S.A., Stubbs A.R.* // Nature. 1979. V.279. №5712. P.403—405.
9. *Weller R.A., Dean P.Jr, Marra J., Price J.F. et al.* // Science. 1985. V.227. P.1552—1556.
10. *Ryanzhin S.V., Chu P., Karlin L.N., Kochkov N.V.* Developing LANGMUIR-1 and LANGMUIR-2 — the Databases for a Study of Langmuir Circulation / Ed. A.Yu.Terzhevnik. Proc. 7th European Workshop Physical Processes in Natural Waters. Petrozavodsk, 2003. P.50—53.

Из жизни мохноногих хомячков

А.В.Суров, Н.Ю.Феоктистова

Хомяковые (Cricetidae) — довольно разнообразное семейство грызунов, объединяющее более четырех сотен видов, которые обитают на всех, за исключением Австралии, континентах. Однако помимо зоологов знают об этом немногие; обычно хомяка представляют как пестро окрашенного грызуна с большими защечными мешками, в которых он переносит запасаемое зерно, с разлапистой неспешной походкой и довольно злобным нравом. Такое описание больше соответствует хомяку обыкновенному и существенно меньшему по размерам — сирийскому, который агрессивен, как правило, только к сородичам, к человеку же относится миролюбиво, а потому стал обитателем живых уголков и домашним питомцем.

Считалось, что сирийский хомяк в природе уже не встречается, однако в 2000 г. его обнаружили в Сирии и в Турции немецкие ученые во главе с профессором Р.Гаттерманом. И что интересно — дикие особи очень мало отличаются от лабораторных, разведение которых началось почти 70 лет назад от одной самки, что казалось бы неизбежно должно было отразиться на биологических особенностях ее потомков. Такая «устойчивость» к доместикации — уникальное явление, которое еще ждет своих исследователей. Но наш рассказ о других хомяках, с не менее инте-



Алексей Васильевич Суров, доктор биологических наук, заместитель директора и заведующий лабораторией сравнительной этологии и биокommunikации Института проблем экологии и эволюции им А.Н.Северцова РАН. Область научных интересов — химическая коммуникация, поведение и экология грызунов, в частности хомяков Палеарктики.



Наталья Юрьевна Феоктистова, кандидат биологических наук, ученый секретарь того же института. Занимается изучением поведения, экологии, сезонной биологии грызунов, а также исследованием их гормонального статуса.

ресной историей доместикации, которая началась гораздо позже — в середине 60-х годов XX в. Речь пойдет о мохноногих хомячках рода *Phodopus*, которые столь же популярны у любителей животных, как и сирийские. В настоящее время в роде выделяют три вида — джунгарского хомячка (*Ph.sungorus*), хомячков Роборовского (*Ph.roborovskii*) и Кэмпбелла (*Ph.campbelli*). «Мохноногими» их назвали за опушенные стопы, приспособленные к перемещению по мягкому, обычно песчаному, грунту.

Немного истории

Джунгарского хомячка впервые обнаружил в 1773 г. знаменитый ученый и путешественник П.С.Паллас во время экспедиции по районам современного Казахстана. Данное им описание столь изысканно и точно, что стоит привести его целиком: «Мышь зюнгурская (*Mus sungorus*) видом совсем похожа на хомяка, но величиною меньше земляной мыши. Голова коротенькая, щекастая, усы густые; зубы передние желтые, мешки за щеками превеликие, кои про-



Титульная страница книги П.С.Палласа, в которой он впервые привел описание и изображение «зюнгорской мыши», впоследствии переименованной в джунгарского хомячка [11].

стираются даже до самых плеч. Ушки кругленькие, голенькие. Передние лапки четырехпалые, большой палец маленькой без ногтя. Туловище и ноги коротенькие. Хвост прекороткий, кругловатый. Цвет на спине и голове серый, с черной по спине полосой, бока разноцветные; по ним имеются белые пятна, меж коими проседают к спине темные полосы, из коих первая выходит от ушей и простирается изгибом к лопаткам, вторая треугольная перед ледвями, третья спускается по заду, между ею и проседающей темной полоской находятся также белые пятна. С изподы (с брюшка) весь зверек, равно как и ноги и кончик хвоста белый. Находится любопытное сие животное на холмистых сухих полях в полуденной стране около Иртыша. Нора со многими отнорками, к коим проход длинный прости-

рается под самую земли поверхностью; но у самечиков она проще. Рожает в июне по шести и по семи, и молодые вырастают скоро. Из норы выходят днем.

Впоследствии «мышь» была переименована Палласом в «хомячка» (*Cricetulus*), видовое же название осталось прежним, отражающим историческое наименование местности, где он был впервые встречен и обитает поныне. Дело в том, что Восточный Казахстан до 1759 г. входил в состав Ойратского ханства, или Джунгарии (в более ранней латинской транслитерации — Sungoria). Заметим, что на территории Джунгарии в ее современном понимании (область на северо-западе Китая) джунгарский хомячок не обитает.

Хомячка Роборовского описал К.А.Сатунин по двум экземплярам, отловленным в июле 1894 г. и 1895 г. участниками

экспедиции, проходившей по малоисследованным областям Центральной Азии. Видовое название хомячку (*Cr. roborovskii*) Сатунин дал в честь руководителя экспедиции — В.И.Роборовского. Шкурки типовых экземпляров зверьков, привезенных из экспедиции, поныне хранятся в коллекции Зоологического музея в Санкт-Петербурге и доступны специалистам.

Однако этим история описания хомячка Роборовского не ограничивается; продолжил ее хранитель коллекций млекопитающих Британского музея естественной истории — зоолог, описавший более двух тысяч видов и подвидов животных, О.Томас. Его соотечественники, путешествуя по Китаю, присылали образцы крупных и мелких животных. В результате в Лондонском музее естественной истории была создана прекрасная



В.И.Роборовский.



О.Томас.



Мария, герцогиня Бедфордская.

коллекция китайских видов млекопитающих, обработанная и описанная Томасом. Однако он давно мечтал организовать более полные сборы, причем не только в Китае, но и в других, столь же интересных с зоологической точки зрения странах — Японии, Монголии и Корее. Этой мечте Томаса суждено было сбыться, когда средства на организацию экспедиций в 1904 г. выделил Гербранд, 11-й герцог Бедфордский, который был большим поклонником зоологии и какое-то время до этого даже возглавлял Британское зоологическое общество.

Руководство экспедиции было поручено М.Андерсону. В мае 1908 г. он обнаружил в песчаных дюнах в пустыне Ордос хомячков неизвестного ему вида. Один из биологов, участвующих в экспедиции, А.К.Соверби писал, что это были «очаровательные зверушки, которых очень легко держать, так как они от природы практически ручные. У них много забавных привычек и особенностей. Они набивают до отказа свои защечные мешки просом или семенами трав, так что голова увеличивается, и пропорции тела становятся очень смешными. Затем, когда к хомячку пристают или беспокоят его, он опорожняет свои мешки с помощью передних лапок. Он очень тщательно умывается, выполняя тщательно продуманные действия с регулярными интервалами, и, будучи пойманным, ведет себя очень послушно, никогда не пытается ни укусить, ни вырваться и убежать прочь».

Пойманных зверьков доставили в Британский музей Томасу, который выбрал типовой экземпляр (взрослого самца, пойманного 8 мая 1908 г.) и назвал вновь описанный вид «очаровательных зверушек» *Cr.bedfordiae* — в честь Марии, герцогини Бедфордской (жены Гербранда, 11-го герцога Бедфордского). Эта уникальная, достойная отдельной публикации женщина была пилотом, орнитологом и таксономистом, а за рабо-

ты в области радиографии даже награждена орденом Британской империи. Начав пилотировать в возрасте 65 лет, она самостоятельно совершала перелеты в Индию, Европу, Южную Африку и спустя шесть лет погибла во время очередного перелета.

Хомячка *Кэмпбелла* описал все тот же Томас. Обнаружил он его при разборе коллекции грызунов, присланных из Северо-Восточной Монголии. Среди представленных там мохноногих хомячков он нашел особей, отличающихся по ряду признаков от джунгарских. Новый вид Томас назвал *Cr.campbelli* в честь К.У.Кэмпбелла, поймавшего типовой экземпляр на караванном пути из Калгана в Табол на северо-востоке Монголии примерно в 500 км к востоку от Урги (столицы Монголии). Заспиртованный взрослый самец вновь описанного вида хранится в Музее естественной истории в Лондоне.

Интересно, что в коллекции Зоологического музея Санкт-Петербурга хранятся хомячки Кэмпбелла, добытые гораздо раньше типовых экземпляров Томаса. Эти зверьки были привезены из экспедиций, возглавляемых русскими исследователями — Г.И.Радде, Н.М.Пржевальским, П.К.Козловым, отнесены русскими таксономистами к подвиду джунгарского хомячка, причем отдельного описания сделано не было.

В 1910 г. американец Дж.Миллер предложил изменить статус мохноногих хомячков и выделить их в самостоятельный род — *Phodopus*. Два года спустя другой американский исследователь, Н.Холлистер, уже на основании собственных сборов в Чуйской степи на южном Алтае описал еще один подходящий под критерий нового рода вид, назвав его *Ph.crepidatus*.

Более поздние ревизии коллекционного материала позволили, с одной стороны, отнести к роду *Phodopus* некоторые уже описанные формы, а с другой — сократить число официально

признанных видов, относящихся к данному роду. Так, хомячки Роборовского и герцогини Бедфордской (зверьки с палевой или желтовато-серой окраской спины без темной полоски по хребту) были объединены в один вид — *Ph. roborovskii*, в кариотипе которого 34 хромосомы. Всех остальных мохноногих хомячков (с темной полоской по спине) сначала также объединяли в один вид — *Ph. sungorus*, пока не была доказана видовая самостоятельность хомячков Кэмпбелла и джунгарского: самцы, родившиеся от скрещивания этих видов, оказались стерильны, самки же могут приносить потомство, но менее плодовиты по сравнению с рожденными в «равном браке» [1]. Кроме того, хотя кариотипы обоих видов имеют и равный набор ($2n = 28$) хорошо дифференцированных хромосом, однако содержат различные по строению половые хромосомы. По результатам наших молекулярно-генетических исследований, хомячок Кэмпбелла — не просто хорошо обособленный вид, а вид с двумя четко выраженными группами («западной» и «восточной»), ареалы которых разделены горной системой Хангая [2]. Дивергенция этих групп произошла около 500 тыс. лет назад, в период плейстоценовых оледенений. Столь значительное время расхождения «западной» и «восточной» групп хомячка Кэмпбелла привело к накоплению существенных



Джунгарский хомячок в зимнем меху.

Здесь и далее фото авторов

поведенческих и физиологических различий между ними, что и было выявлено исследователями Канады, Германии и России.

Сходства и различия

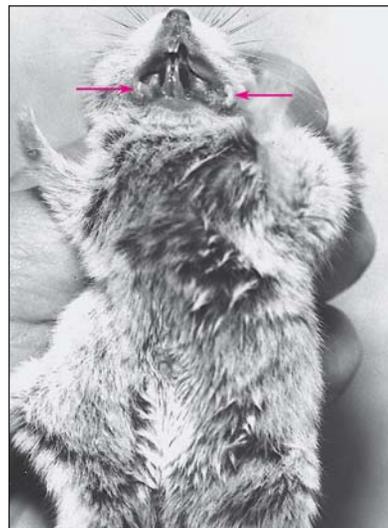
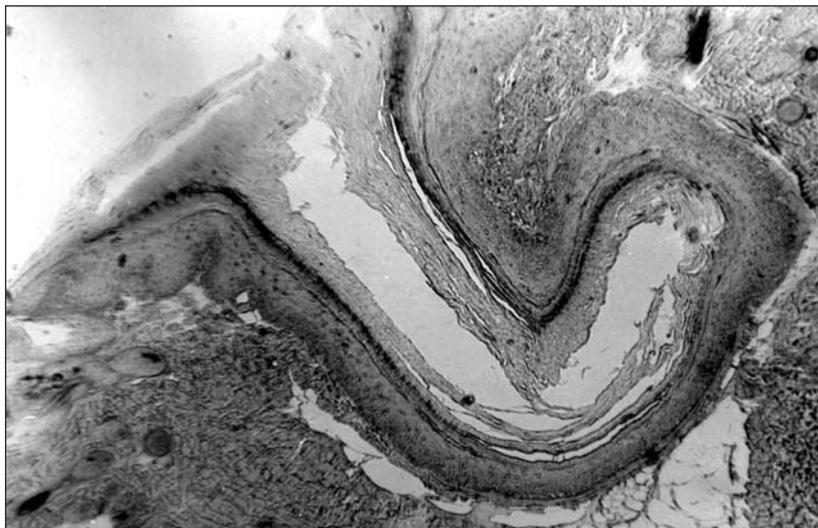
Летом темно-пепельная, почти черная спинка джунгарских хомячков контрастирует со снежно-белым брюшком. Зимой эти зверьки становятся белыми целиком, даже черная полоска на спине, как правило, исчезает [3]. Мех хомячков Кэмпбелла светлеет в зимние месяцы толь-

ко у зверьков из восточной группы, летом же их окраска варьирует вплоть до бурой, но никогда не бывает такой темной, как у джунгарского хомячка. Сезонной смены окраски меха у хомячка Роборовского не происходит.

В зимнее время джунгарские хомячки, как и все их сородичи, активны — перемещаются по поверхности снега в поисках семян растений. Однако замечено, что в сильные морозы, требующие больших энергетических затрат, хомячки именно этого вида на несколько часов



Хомячок Роборовского (на руке) и джунгарский хомячок (рядом с ботинками). Эти мохноногие хомячки не пугливы — они быстро привыкают к присутствию человека и поэтому стали любимыми домашними питомцами.



Среднебрюшная железа и дополнительные мешочки в углах рта у хомячка Кэмпбелла (показано стрелками). На микрофотографии — срез дополнительного мешочка.

могут впадать в состояние оцепенения, при этом температура их тела снижается на 20°C. Это явление так называемого торпора было описано нами в условиях лаборатории (животных содержали при низких температурах), а потом подтверждено и в природе (использовались терморациопередатчики). Интересно, что торпор возникает у этих животных не только при низких температурах, но и при стрессе или недостатке кислорода. Раскопав нору, мы брали в руки джунгарских хомячков, которые внешне выглядели неживыми, но уже через несколько минут начинали шевелиться, открывать глаза и пытаться убежать. Возможно, этот механизм позволяет не только сэкономить энергию, но и служит защитой от хищника. С хомячком Кэмпбелла ничего подобного не происходит: при раскапывании его нор зверек быстро выскакивает и скрывается. Возможно, эти различия связаны с особенностями местобитаний этих двух видов.

Важное отличие между тремя видами — наличие или отсутствие специфических кожных желез в углах рта: у хомячков Кэмпбелла и джунгарского (эволюционно более молодых) они есть,

а у хомячка Роборовского — нет. Пахучий секрет этих желез формируется в результате деятельности бактериальной флоры и обладает высокой, сопоставимой с желудочной, ферментативной (амилолитической и протеолитической) активностью, к тому же это — источник витамина B12 [4]. Интересно, что состав бактериальной флоры у взрослых животных весьма стабилен и меняется только у выкармливающих потомство самок.

Эксперименты, проведенные на взрослых особях хомячка Кэмпбелла, выявили важную роль бактериального секрета в нормализации процесса пищеварения у взрослых животных, поддержании их иммунного статуса и в итоге — в выживании и взрослых хомячков, и их детенышей. Кроме того, жизнеспособность выводков, по мнению К.Вин-Эдвардс, более 17 лет изучающей особенности родительского поведения и гормонального статуса самцов и самок джунгарских хомячков и хомячков Кэмпбелла, зависит от проявления родительской заботы. У хомячка Кэмпбелла в присутствии обоих родителей выживаемость выводков выше, чем в аналогичной ситуации у джунгарских хомячков. Более

того, только у самцов хомячка Кэмпбелла была обнаружена плацентофагия, что окончательно убедило Вин-Эдвардс в наличии у этого вида облигатной моногамии [5, 6]. Наши данные не подтвердили выводов Вин-Эдвардс: в экспериментах хомячки Кэмпбелла проявляли не большую заботу о потомстве, чем джунгарские, да и гормональный статус самцов обоих видов не различался и свидетельствовал о сходных отцовских «чувствах» [7]. Причины подобных различий могут крыться в разном происхождении лабораторных колоний: у Вин-Эдвардс животные были получены из Тувы (принадлежащие к западной группе), тогда как в наших опытах использовались зверьки из Монголии (из восточной группы).

Жизнь в природе

Изучать поведение животных в природе, особенно у мелких ночных видов, — дело сложное и малопродуктивное. Но эти знания необходимы для грамотного планирования и правильной интерпретации лабораторных экспериментов. В конце 80-х годов в течение несколь-

ких лет мы вместе с американскими и канадскими коллегами наблюдали за поведением хомячков Кэмпбелла в их естественной среде обитания — в Южной Туве [8, 9]. Их численность здесь, как, впрочем, и в других частях ареала, обычно невысока — гораздо ниже, чем других видов грызунов (тушканчиков, полевок, песчанок) [10]. Много ночей пришлось выставлять ловушки, прежде чем удалось поймать первого зверька. Еще труднее было не упустить из виду бегущего по степи хомячка. Чтобы иметь возможность проследить за каждым шагом зверька, были использованы миниатюрные радиопередатчики, которые вживляли в брюшную полость животного. Как показали специальные исследования, такая процедура практически не отражается на поведении зверьков, а к лишним 2 г веса он привыкает довольно быстро. Теперь риск потерять объект наблюдения сведен к минимуму. Приемник всегда подскажет, как близко находится источник радиосигнала, позволит отыскать незаметный выход из норы или куст, где отсиживается зверек. Постоянно наблюдая за одним животным, обычно удается встретить и его собратьев. Самое интересное, конечно, если передатчики установлены не на одном, а на нескольких зверьках сразу. Тогда можно увидеть, как они совместно используют тер-

риторию и норы, зафиксировать встречи.

Десять часов вечера — время, когда хомячки обычно покидают свои норки. Маленький фонарик заранее установлен у входа из норы. Вот, наконец, появляется симпатичная мордочка, хомячок обнюхивает выход. Если все в порядке и никакой опасности нет, он осторожно вылезает на поверхность. Конечно, запах человека непривычен, особенно в первое время. Однако несколько часов спустя наши подопечные настолько свыкаются с присутствием человека, что вовсе его не замечают, а иногда так близко подходят к ногам, что начинаешь бояться: как бы не раздавить столь маленькое создание. Приподнявшись на задние лапки, хомячок принюхивается, отходит чуть-чуть в сторону, опять принюхивается. И вдруг стремглав, как будто спустили пружинку, бросается прочь. Наверное, причина такого бегства — в желании скрыть местонахождение своей норы. Лучше уйти от нее подальше, а потом уж заняться делом. А главное — обеспечить себя кормом. Это могут быть и семена, и насекомые, и зеленые части растений. Обычно в середине лета, когда у хомячков Кэмпбелла самый напряженный период жизни (размножение и выкармливание детенышей), семена большинства видов растений еще не созрели, поэтому

основной корм — зеленая трава и насекомые. Хорошо, если год влажный, тогда и насекомых бывает много, и зелень сочная, вкусная. А в иной сухой год прокормиться ей как трудно!

Забавно наблюдать, как хомячки отыскивают личинок жуков, спрятавшихся в песке. Еще за 1—1,5 м до добычи вибриссы зверька начинают дергаться, ощупывают все вокруг. Хомячок часто принимает позы внимания, или поднимаясь на задние лапки, или делая стойку на трех с приподнятой передней (наподобие легавых собак, обнаруживших дичь). Но вот местонахождение добычи установлено, и хомячок с усердием начинает разрывать песок. Если личинка обнаружена, она немедленно и с вождением поедается. Но бывает и иначе: зверек так увлекается раскопкой, что не замечает, как личинка «удирает» от незадачливого охотника. За ночь зверек, сам-то весом не более 30 г, способен съесть до двух десятков личинок. Поистине завидный аппетит!

Но близится к концу лето, созревают семена многих трав и кустарников. Теперь именно они становятся основной едой для хомячков Кэмпбелла. Крупные, 2—3 мм в диаметре, бобы караганы — легкодоступный и чрезвычайно калорийный корм. Тем более что собирать его можно сидя под кустом, не рискуя попасться в лапы ноч-



Хомячки Кэмпбелла и Роборовского в природе.



Дюны в Котловине Больших озер (Монголия) — типичный биотоп, где совместно обитают хомячки Кэмпбелла и Роборовского.

ного хищника. В это время сокращаются радиусы ночных пробежек, и наблюдать за хомячками становится труднее: ориентируешься только на хруст, доносящийся из глубины куста. Большая часть семян не съедается на месте, а закладывается в защечные мешки — при этом передняя часть туловища так раздувается, что хомячка просто трудно узнать, а сам зверек не может протиснуться в нору. Приходится сбросить часть груза прямо в отверстие, и уж потом влезать самому. Но не только семена переносятся в защечных мешках. Важная роль самки — подготовка теплого гнезда. Лучшим материалом для этого служит овечья шерсть, которой в степи после прогона отар обычно остается довольно много. Обнаружив клочок шерсти, самка отрывает от него зубами кусочек и заталкивает в мешок, потом еще и еще. Набив туго оба защечных мешка, она, никуда не сворачивая, устремляется к норе. А разгрузившись, снова возвращается к остаткам шерсти, даже если для этого нужно пробежать более сотни метров. И так пока весь клочок не окажется

в норе. Теперь хомячата не замерзнут, подолгу оставаясь в норе без матери, пока та добывает пропитание.

Удивительно, как хомячки отыскивают дорогу к норе. Для нас, людей, в отсутствие каких-либо зрительных ориентиров такая задача практически невыполнима. А хомячки, кажется, даже не задумываются над тем, как добраться домой. Наиболее вероятное объяснение — использование зверьками химических сигналов, или, проще говоря, пахучих меток.

Известно, что любые экскременты животных, будь то слюна, моча или выделения кожных желез, имеют индивидуальную специфику, т.е. обладают уникальным составом или количеством определенных химических веществ. По их запаху зверьки легко узнают не только собственные выделения, но и вид, пол и физиологическое состояние другой особи.

Совершить обратный проход к норе по размеченному таким образом участку для хомячка ничуть не труднее, чем для нас пройти по освещенной аллее к дому. Но вот вопрос: как долго

сохраняются такие метки? Не окажется ли так, что, проснувшись вечером и выйдя из норы, зверек не найдет знакомых тропинок? Обычно этого не происходит. После сильного дождя и ветра или после заточения в клетке в течение нескольких дней хомячку приходится чаще метить свою территорию, но уверенность в движениях не пропадает. Следовательно, большинство пахучих меток сохраняется в природе длительное время. Это в первую очередь относится к секрету специфических кожных желез, расположенных на брюшной стороне тела. Роль желез в углах рта в процессах маркировки пока не ясна, но, может быть, их секрет наносится на попадающий в защечные мешки корм, что помогает отыскать запасы, если они сложены не в норе, а где-то еще на территории участка. Такие временные кладовые очень характерны для хомячка Кэмпбелла. Уйдя далеко от норы, он часто оставляет собранный корм в каком-нибудь потаенном месте по пути домой. А затем, например на следующий день, приходит и подбирает запас. Не раз, следуя за хомячком, мы обнаруживали такие кладовые, сделанные под куртинками злака и лишь слегка присыпанные песком. Для нас доказательством того, что обнаружена кладовая именно этого зверька, а не его собрата, служил яркий флажок соответствующего цвета. Для самого же хомячка, вероятно, — пахучий сигнал.

Существует мнение, что обонятельные сигналы необходимы зверькам для передачи информации сородичам: о занятости территории, о физиологическом состоянии и т.д. Разумеется, пахучие метки не могут оставаться незамеченными другими особями, и они как-то реагируют на них. Но вероятным кажется и то, что животное оставляет метки в основном для самого себя: «Это место знакомое. Я здесь уже был». Это вселяет уверенность в своих действиях, позво-

ляет быстрее отыскать собственную нору или кладовую и, соответственно, повышает вероятность выживания. Но вот в период размножения оставляемые зверьками метки, несомненно, предназначены и для других особей. И на этом надо остановиться подробнее.

У самки в заранее подготовленной норе с теплой подстилкой родились детеныши. И она вновь готова к встрече с самцом. Такое явление — способность зачать новый выводок сразу после родов (послеродовая рецептивность) — характерно для обитателей мест с суровым климатом, там, где благоприятный для выращивания потомства период достаточно короток. Самка, разродившись, выходит на поверхность, выбирает подходящую полянку и начинает активно метить ее вагинальным секретом. Самцы, вероятно, заранее знают о наступлении этого периода — часть из них уже накануне перебрались в норы поближе к этой самке. Но некоторые самцы живут очень далеко даже по человеческим меркам: за 1.5—2 км. Каким образом узнают они о готовности самки к спариванию? Ничего, кроме запаха, на такое расстояние распространиться не может. И вот, выйдя из своей норы, самец практически по прямой устремляется к вожденной цели. Через 1.5—2 ч после выхода самки из норы поблизости от нее может собраться сразу несколько самцов.

Как это ни парадоксально, но на небольшой территории, обильно помеченной самкой, отыскать ее сложнее, чем с большого расстояния, так как градиент интенсивности запаха выражен в таких условиях плохо. Зрение вряд ли хороший помощник — трава, кусты, темнота. Предполагают, что при близком контакте более эффективна звуковая сигнализация. Известно, что в процессе спаривания мохноногие хомячки, как и некоторые другие виды грызунов, издадут ультразвуковые сигналы,



Высокогорное плато (более 2700 м над ур.м.) с песчаными дюнами. Сюда из долины по песку распространился хомячок Роборовского.

причем сигналы самки и самца, а также самок в разном физиологическом состоянии отличаются. Вполне вероятно, что, приблизившись к месту нахождения самки, самцы ориентируются уже по ее пisku, не доступному человеческому уху. Действительно, наблюдая поведение самца с высоты человеческого

роста, видно, как сильно он возбужден от обилия пахучих меток, как трудно ему отыскать самку, которая так близка (мыто видим ее). Он мечется, кидается то в одну, то в другую сторону. Но вот, наконец, самка обнаружена, она не убегает от самца, а замирает на несколько секунд, происходит спаривание.



Курайская степь — местообитание хомячка Кэмпбелла.

Чуть позже акт повторяется. И так несколько раз. Иногда в это же время рядом оказывается и другой самец. Его предшественник, в зависимости от своего ранга, уступает или прогоняет соперника. Бывают случаи, когда самцы не хотят уступать друг другу, и между ними возникают драки. Но до кровопролития обычно не доходит, и один из соперников довольно скоро уходит восвояси.

Рецептивность у самки продолжается несколько часов, после чего она возвращается в свою нору к оставленному выводку. Теперь в течение 18 дней она будет кормить детенышей и ухаживать за ними. А за несколько дней до новых родов подготовит новую нору с шерстяной подстилкой. Почему самка не остается в старой норе? Этому может быть несколько объяснений. Во-первых, детеныши прежнего выводка к 18-дневному возрасту еще не настолько окрепли, чтобы самим разыскать себе новое жилище, но в то же время они уже не нуждаются в материнском тепле. Во-вторых, при длительном использовании норы в ней накапливается большое количество паразитов

(блох, клещей), и новый выводок лучше поместить в чистую нору. Но молодые не остаются совсем беспризорными, после того как мать их покинет. Иногда случается так, что самец (сказать с уверенностью, отец он этим детенышам или нет, мы, конечно, не можем) заходит в эту нору и остается с молодыми в дневное время. Кроме того, он приносит сюда запасы корма, служащие хорошим подспорьем приступающим к самостоятельной жизни хомячкам. Объяснить, что влечет к ним самца, живущего порой на большом расстоянии от этой норы, очень трудно. Тем более что взрослые хомячки живут поодиночке и совместной заботы о выводке не проявляют.

Влияние взрослых особей на рост и развитие молодых не ограничивается одной лишь заботой. Если детенышей содержать в группах с взрослыми самцами, то молодые самки развиваются быстрее, а самцы — медленнее. Предполагается, что это происходит под воздействием каких-то веществ, выделяемых среднебрюшной железой взрослого самца. Биологический смысл этого понятен. Быстрое созревание

самок позволит им скорее приступить к размножению (может быть, уже в этом же году) и, соответственно, увеличить численность популяции. А молодые самцы «с точки зрения» взрослых — потенциальные конкуренты, которые могут подождать и до следующего года.

И вот приходит осень, а за ней и зима. А зимы в тувинских степях действительно суровые: снега почти не бывает, ветры обычно сильные и порывистые, температура, как правило, стоит ниже -20°C . Что происходит с хомячками Кэмпбелла зимой — мы не знаем. Может быть, они собирают запасы корма и используют их в норах в зимнюю стужу? Вопросов таких еще много, и мы пока не можем найти на них ответов. А искать их все же следует не только в лабораторных «застенках», где, действительно, удалось раскрыть множество интересных феноменов. Главной задачей биологии остается описание процессов, происходящих в природе на уровне популяций и целых сообществ, и тут не обойтись без объединенных усилий специалистов разных профессий — зоологов, физиологов, медиков и т.д. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 06-04-48039, 06-04-49528.

Литература

1. Сафронова Л.Д., Васильева Н.Ю. // Генетика. 1996. Т.32. №4. С.560—569.
2. Феоктистова Н.Ю., Мецкерский И.Г. Сравнительный анализ генетической изменчивости хомячков *Ph.campbelli* и *Ph.robortovskii* // Материалы конференции «Современные проблемы биологической эволюции». 2007. С.153—155.
3. Flint W.E. Die Zwerghamster der Palaarktischen Fauna. Wittenberg, 1966.
4. Соколов В.Е., Феоктистова Н.Ю., Нестерова Н.Г. // Докл. АН. 1996. Т.349. №1. С.138—140.
5. Gregg J.K., Wynne-Edwards K.E. // Dev. Psychobiol. 2006. V.48. P.528—536.
6. Wynne-Edwards K.E., Reburn C.J. // Trends Ecol. Evol. 2000. V.15. P.464—468.
7. Феоктистова Н.Ю., Найденов С.В. // Сенсорные системы. 2007. Т.21. №3. С.256—261.
8. Суков А.В., Васильева Н.Ю., Телицына А.Ю. Экология сообществ грызунов северо-востока Убсу-нурской котловины // Информационные проблемы изучения биосферы. Эксперимент Убсу-Нур. Пушино, 1990. С.204—214.
9. Wynne-Edwards K.E., Surov A.V., Telitzina A.Y. Field studies of chemical signalling: direct observations of dwarf hamsters (*Phodopus*) in Soviet Asia // Chemical Signals in Vertebrates VI / Eds R.L.Doty, D. Muller-Schwarze. N.Y., 1992. P.485—491.
10. Юдин Б.С., Галкина Н.Ф., Потаникина Н.Ф. Млекопитающие Алтае-Саянской горной страны. Новосибирск, 1979.
11. Pallas P.S. Reise durch verschiedene Provinzen des Russischen Reichs. S.-Ptb., 1773.

Кожевенные изделия из раскопок Московского Кремля

Д.О.Осипов,

кандидат исторических наук

Государственный историко-культурный музей-заповедник «Московский Кремль»

В 2007 г. археологическая служба Музея-заповедника «Московский Кремль» совместно с Институтом археологии РАН провела масштабные археологические исследования на Подоле Боровицкого холма*. Нам удалось определить характер планировки и застройки этой части Кремля, получить ценные сведения о занятиях проживавшего там населения, его социальном статусе.

Была собрана обширная коллекция замечательных вещей, включая женские украшения, изделия мелкой пластики, предметы вооружения, медные и серебряные монеты, стеклянную и металлическую посуду, другие предметы быта. По уникальной сохранности культурного слоя эти раскопки более напоминают древний Новгород.

Подол — низменная часть Боровицкого холма, примыкающая к Москве-реке, поэтому грунт здесь обильно насыщен влагой. Именно благодаря высокой влажности, отсутствию доступа кислорода и наличию естественных консервантов деревянные постройки, изделия из кожи, войлока, бересты, пролежавшие в земле несколько столетий, прекрасно сохранились.

Человек с древнейших времен активно использует кожу для самых различных нужд благода-

ря физико-механическим свойствам этого природного материала — его эластичности, прочности на разрыв, небольшой массе и способности долго сохранять придаваемую форму. Среди множества изделий из кожи самым массовым видом является обувь. Сырьем для ее производства служили шкуры домашних животных — мелкого и крупного рогатого скота (который, в сравнении с нашим временем, отличался небольшими размерами). Свиная шкура из-за особенностей ее строения для изготовления обуви не использовалась вовсе.

На протяжении Средневековья технология сапожного ремесла претерпела в своем развитии существенные изменения. В конце XIII в. русские ремесленники стали использовать новый прием — киселевание. Квашение кож «киселями» — специальными составами, необходимыми для ее размягчения перед дублением, позволило выделять шкуры взрослых особей крупного рогатого скота (яловики и бычины), имевших значительно большую толщину. При киселевании получались лучшие сорта кож — юфть и полувал. Качественное дубление придавало коже мягкость и эластичность, благодаря чему она могла выдерживать, не ломаясь, множество перегибов.

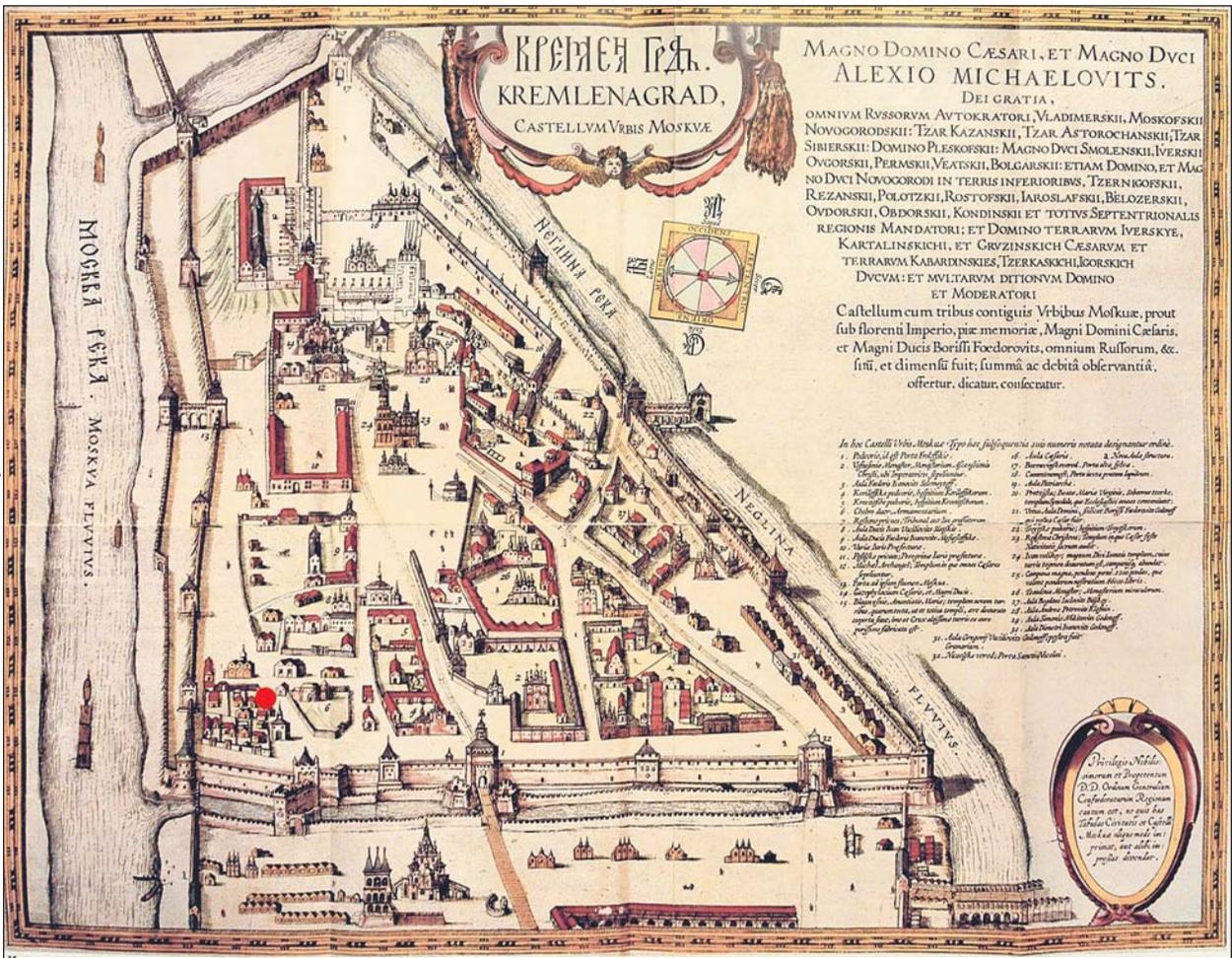
Если древнерусские туфли и сапоги были сшиты из тонкой и мягкой кожи, имели наборную подошву (от слова «подшивать»), то с начала XIV в. повсеместно

распространяется обувь на жесткой однослойной подошве. Такая конструкция отличалась большей износоустойчивостью и влагонепроницаемостью, достигалось это за счет так называемого потайного шва, проходившего в толще кожи и предохранявшего нить от истирания и намокания. Кроме толстой подошвы, при изготовлении обуви стали использовать дополнительные детали, такие как поднаряд (подкладка) и жесткий задник, сшитый в виде кармана с берестяной вставкой внутри.

Среди найденных на Подоле Боровицкого холма образцов древнерусской обуви можно упомянуть несколько туфель и так называемых поршней. Это слово в письменных источниках впервые встречается в Никоновской летописи под 1074 г.: «Егда же приспеаше зима и мрази лютии, стоящие въ поръшьныхъ въ протоптаныхъ» (ПСРЛ. 1897. С.106). Один из поршней, относящихся к типу «ажурных», был обнаружен в Москве впервые. Помимо кожаной обуви, нам удалось найти несколько лыковых лаптей — это очень редкая находка, поскольку обувь, сплетенная из растительных волокон, никогда не пользовалась популярностью у горожан, предпочитавших кожаную обувь.

С конца XIII в. в моду прочно входят сапоги, которые быстро вытеснили доминировавшие прежде низкие формы. В отличие от Западной Европы, где высокая обувь была принадлежно-

* См. также: Панова Т.Д., Осипов Д.О. Раскопки на Подоле Боровицкого холма // Природа. 2007. №12. С.78.



Карта Московского Кремля начала 1600-х годов. Место на Подоле Боровицкого холма, где проводились археологические раскопки, показано кружком.

стью солдат, охотников или путешественников, в России в сапогах ходило все городское население.

На примере коллекций кремлевской обуви мы можем наблюдать постоянную смену фасонов. Если для обуви XIII—XIV вв. характерен мало заостренный носок, то в XV — начале XVI в. особенно популярными становятся сапоги с острыми, загнутыми кверху носками. Голенища таких сапог украшали декоративные швы и цветная ткань, вшивавшаяся в круглые отверстия на верхней части голенища. В письменных источниках XVI в. такая обувь называлась «сапоги с обувными платками».

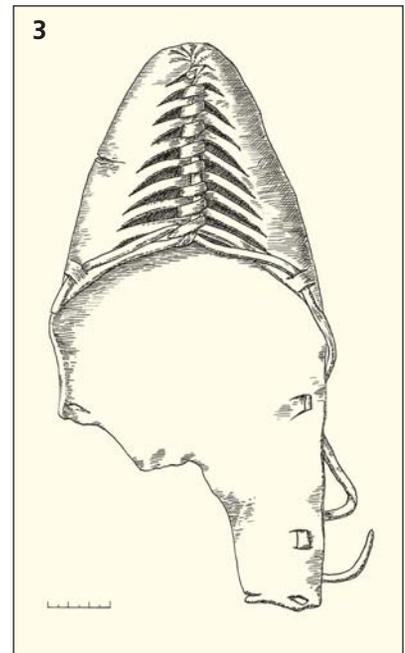
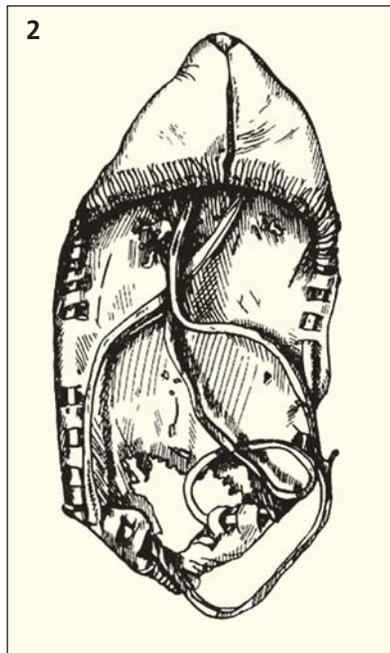
Чаще всего сапоги окрашивали в различные цвета, преимущественно в красный.

Автор «Записок о Московитских делах» — немецкий барон, дипломат и путешественник Сигизмунд Герберштейн, посетивший Москву в 1516—1517 гг., в частности, сообщал: «...сапоги они носят красные., а подошвы у них подбиты железными гвоздиками» (Иностранцы о древней Москве. М., 1991. С.14).

Однако пролежавшая в земле кожа, как правило, теряет свою окраску, приобретая одинаковый темно-коричневый землистый оттенок. Тем не менее несколько найденных нами обрывков кожи сохранили свой изначальный цвет. Химические анализы, проведенные в научно-исследовательской лаборатории московского Музея со-

временного искусства, позволили археологам установить и состав растительных красителей, которым и пользовались средневековые кожевенники.

Во второй половине XVI в. в моду входят наборные каблуки (по-древнерусски — подборы), достигшие к началу XVII в. значительной высоты. Этот факт отмечает в своей книге «Записки о Московии» известный немецкий путешественник и ученый Адам Олеарий: «У женщин, в особенности у девушек, сапоги с очень высокими каблуками: у иных в четверть локтя длиною. В таких сапогах они не могут много бегать, так как передняя часть носка едва достает до земли» (Там же. С.314). Ходить в такой обуви в отсутствие супина-



Образцы обуви, найденной при раскопках на Подоле Боровицкого холма: 1 — лапоть из лыка; 2 — простой поршень; 3 — ажурный поршень; 4 — туфля XIII в.; 5 — туфля XVI в.; 6 — сапог XVI в.; 7 — голенище с декоративным вырезом; 8 — обувная колодка.



Сумка. XV — начало XVI в.



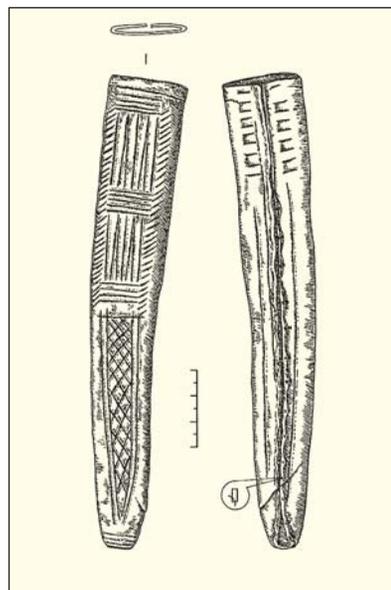
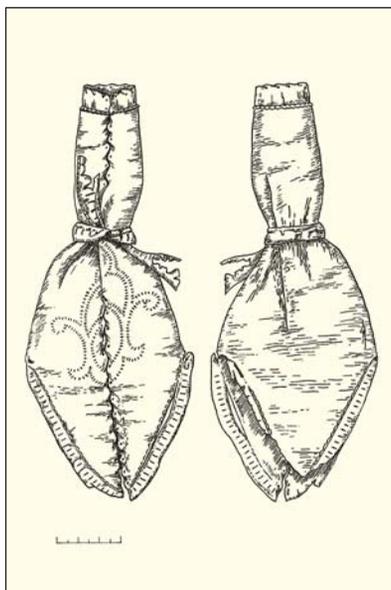
Чехол для топора.



Футляр для гребня. Конец XV в.



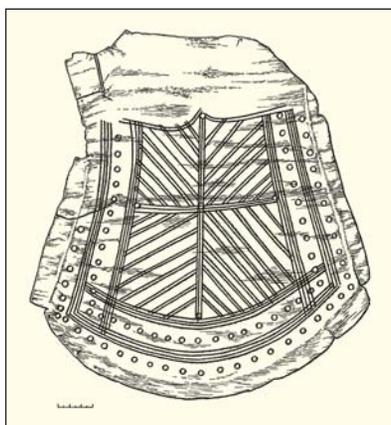
Чехол для ложки и его прорисовка.



Ножны с нанесенным тиснением.



Фрагмент седла и его прорисовка. XVI в.



торов, появившихся гораздо позже, было невероятно трудно и опасно. Этот факт лишний раз подтверждает приверженность женщин к «высокой моде», ради которой они готовы терпеть любые мучения.

Дальнейшие изменения в технологии обувного производства были связаны с поворотом в сторону западноевропейской моды, произошедшим в начале XVIII в. Вместе с новым костюмом при Петре I в моду снова входят башмаки и туфли. Меняется технология



Латунный наперсток (Голландия).



Войлочная шапка-грешневик. XVI в.



Самец сокола-балобана в кlobушке.

изготовления обуви, ее конструкция. Именно с этого времени в России получают развитие модели женской обуви, ранее отличавшейся от мужской лишь размерами.

* * *

Помимо кожаной обуви, в археологической коллекции Кремля имеются многочисленны́е изделия из кожи, отражающие различные стороны быта его обитателей. Это ножны различных фасонов, орнаментированные тиснением и аппликацией, а также другие чехлы. Их обилие и разнообразие вызвано отсутствием в средневековом костюме карманов, поэтому все необходимые вещи приходилось носить на поясе. При раскопках было найдено несколько чехлов для гребней, большие напоминающих сегодняшние кошельки с клапаном, а также чехлы для хранения кресала и трута. В походных условиях использовались специальные футляры для ложек; в нашей коллекции их несколько. Наиболее нарядные из них орнаментированы вышивкой и цветными вставками. К редким находкам можно отнести два кожаных чехла для ношения топоров. Их тоже крепили к поясу, для чего на тыльной стороне имелись специальные петли.

В качестве более крупных вместительниц применялись разно-

образные сумки. Одна из самых интересных московских сумок была найдена в Кремле ранее, при раскопках у Кутафьей башни. Изящно скроенная и богато орнаментированная, эта сумка-калита изготовлена в XV в. Она имела несколько отделений, клапаны которых тоже украшены тиснением. Внутри сумки археологи обнаружили нож и кубик для игры в зернь (кости). Ремни, которыми сумка крепилась к поясу, оказались срезаны острым ножом: по-видимому, ее содержимое стало добычей вора, незаметно срезавшего сумку в толчее на мосту через Неглинку у Кутафьей башни и поставившего сразу же избавиться от опасной улики.

В полевом сезоне 2007 г. найдены две целые сумки и множество их обрывков. Эти сумки не имеют такого богатого украшения, как описанная выше калита, однако они тоже снабжены несколькими отделениями и металлическими замками. Хорошая сохранность изделий говорит о том, что они не были выброшены: одна обнаружена в подклете сгоревшего дома, где хранилась и другая полезная утварь, а вторая, использованная, очевидно, в качестве тайника, была зарыта во дворе усадьбы. Внутри этой сумки обнаружены предметы личного благочестия: янтарный крест-тельник, каменная иконка с изображением Бо-



Крой кlobука.



Момент соколиной охоты с фрески из Софийского собора в Киеве. XI в.

гоматери, а также янтарная бузина, железный нож и цилиндрический замок.

Из кожи изготовлялась и разная конская утварь. При раскопках в Кремле мы нашли разнообразные ремни от подпруг, обкладки хомутов, обрывки седла. Большие куски кожи ремесленники не выбрасывали, а использовали для изготовления новых изделий. Именно для вторичного использования хранился найденный в подклете жилого дома большой кусок седельного крыла, украшенный тиснением.

* * *

Влажный грунт позволяет сохранять помимо кожи и другую органику. В частности, нам удалось обнаружить валяную войлочную шапку, имеющую вид колпака. Она происходит из слоя XVI в., однако такие шапки — иначе грешневики — сохранились в быту вплоть до XIX в. Парадной разновидностью такой шапки служил науруз; он имел, в отличие от простого колпака, небольшие загнутые вверх поля с разрезом, образующим острые уголки. Этот головной убор можно часто видеть на миниатюрах XVI в. Для современников наличие такого убора определяло этническую принадлежность его владельца.

Кроме обуви, сумок и других изделий при раскопках обнаружено более 12 тыс. обрезков от раскроя. Как правило, их находят в заполнениях хозяйственных ям или в засыпке погребов (подклетов) заброшенных построек. Отходы производства — тоже предмет пристального исследования, поскольку и они несут важную информацию. Прежде всего, их локализация позволяет определить место и время существования сапожной мастерской, что подтверждается найденными сапожными инструментами, такими как обувная колодка, обломки сапожных ножей, стальные шилья ромбического сечения, а также кожаные и металлические наперстки.

По форме обрезков можно выявить характерные приемы раскроя деталей и сборки обуви. Большая часть найденных нами обрезков утилизировалась населением в ямах, основная же часть отходов складировалась за пределами усадеб. Обычно для этого использовались овраги и другие неудобья, непригодные для жилой застройки. Характер таких скоплений говорит о стремлении москвичей содержать улицы в чистоте.

* * *

К наиболее интересным находкам полевого сезона 2007 г., никогда ранее не встречавшимся при раскопках, можно отнести соколиный клубок — наглазник для ловчих птиц, изготовленный в виде шапочки. Он был обнаружен в заполнении деревянного подклета XIV в. Клубок — одна из важнейших составляющих наряда (снаряжения) ловчих птиц. Его основное практическое назначение сводится к тому, чтобы лишить птицу возможности видеть, а значит, сделать ее спокойной и послушной человеку. Клубок необходим на протяжении всего периода работы с птицей: при ее поимке, приручении, во время охоты. Птица, лишенная возможности реагировать на окружающий мир, позволяет охотнику спокойно управлять конем, высматривать добычу и приблизиться к ней на нужное расстояние.

Согласно определению специалистов, найденный нами клубок по размеру подходит для самки сокола-балобана (*Falco cberrug* Gray) или самца кречета (*Falco gyrfalco*). Он скроен из двух деталей. Передняя часть — так называемая совка (очевидно, от слова «сова» — слепая птица), имеет спереди треугольное отверстие для клюва. Сзади у клубка есть вертикальный надрез, прошитый тачным швом, по обе стороны которого заметно округлое вытяжение кожи. Очевидно, что при такой форме края надрез обеспечивал увеличение объема задней части. Найденный

нами клубочек изготовлен из сафьяна (тонкая мягкая козлиная кожа растительного дубления). В настоящее время он темно-коричневый, хотя изначально скорее всего был цветным.

Охота с ловчими птицами известна с глубокой древности. Сцены соколиной охоты в Древней Руси представлены на фресках Киевской Софии, фигурируют они на страницах летописей и других письменных источников. Настоящий же расцвет соколиной охоты наступил на Руси при Алексее Михайловиче. На протяжении всего тридцатилетнего царствования его жизнь была тесно сплетена с соколиной охотой, и никакие события не могли надолго отлучить царя от этой «потехи». На охоте с ловчей птицей царь зорко подмечал отличительные черты и приемы каждого сокола, сколько он делает ставок, какой верх берет. Лучше всего характеризует царя его же собственное выражение: «охотник достойный», т.е. истый, заклятый.

Смерть «тишайшего» царя Алексея Михайловича положила конец блестящему времени царской охоты. Окончательный ее упадок наступает при Петре Великом. Молодой Петр не видел в ней смысла, поэтому все охотники, содержащиеся на Преображенском сокольном дворе, были записаны в потешный полк. Память о былом расцвете соколиной охоты сохранилась ныне в названии «Сокольников», Сокольниковской заставы и нескольких Соколиных улиц.

* * *

Обработка полной коллекции вещевого материала, собранного при раскопках в Московском Кремле, еще далека от своего завершения. Надеемся, что в процессе этой работы будет сделано немало открытий, дающих возможность лучше представить себе приметы повседневной жизни той уже очень далекой эпохи, которые не нашли отражения в скупых строчках письменных источников. ■

Ожидается открытие

Б.А.Хренов,

доктор физико-математических наук

П.А.Климов

Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В.Скобельцына
МГУ им. М.В.Ломоносова

Два года назад сообщество ученых, занимающихся исследованием космологии, физики элементарных частиц и космических лучей, отмечало 40-летие проблемы, которая возникла в связи с открытием микроволнового фонового электромагнитного излучения, оставшегося после Большого Взрыва (рождение Вселенной). В 1966 г. К.Грейзен в США и независимо Г.Т.Зацепин и В.А.Кузьмин в СССР опубликовали свои расчеты, убедительно показывающие: это реликтовое излучение закрывает доступ к наблюдателю на Земле протонов и ядер космического излучения с энергией выше $5 \cdot 10^{19}$ эВ, идущих от удаленных источников (с расстояний более 50—100 Мпк). Астрономы уже тогда знали, что размеры Вселенной значительно превышают этот масштаб. Стало очевидным, что если источники космических лучей столь высокой энергии (выше предела ГЗК, как называли впоследствии по именам первооткрывателей значение энергии $5 \cdot 10^{19}$ эВ) равномерно распределены по Вселенной, энергетический спектр космических лучей должен испытывать излом при пределе ГЗК. Возможно, вблизи Земли частиц космических лучей с энергией заметно выше этого предела и вообще нет («обрыв» спектра космических лучей).

К тому времени уже был разработан метод наблюдения частиц такой высокой энергии на больших площадях, необходимых для подобных исследований: космические частицы с энергией, приближающейся к пределу ГЗК, встречаются крайне редко, с частотой порядка нескольких раз в год на площади 100 км². Метод заключается в том, что регистрируется не сама частица, а каскад вторичных частиц в атмосфере — «широкий атмосферный ливень» (ШАЛ), генерируемый первичной частицей*.

Два года назад результаты 40-летнего изучения все еще оставались неутешительными. Одна группа авторов (сотрудничество японских университетов, построивших установку AGASA в Японии) утверждала, что обрыва энергетического спектра при пределе ГЗК нет. Другие группы (сотрудничество с американских университетов, построивших

установку HIRES в США, и сотрудничество российских университетов и институтов РАН, построивших установку около Якутска, РФ), напротив, получали данные, подтверждающие излом спектра. В 2006 г. самой большой установкой ШАЛ стала новая обсерватория «Пьер Оже», созданная в Аргентине силами международной коллаборации физиков из 17 стран мира (к сожалению, Россия в этой работе не участвует). Там детекторы частиц ШАЛ располагаются с шагом 1.5 км на площади около 3000 км².

В 2007 г. достоянием общественности стали первые результаты новой установки. На международной конференции по космическим лучам в Мексике в июле 2007 г. были представлены предварительные данные об энергетическом спектре космических лучей в области предела ГЗК [2] (для получения окончательных результатов потребуются несколько лет работы установки), которые говорят в пользу излома спектра при пределе ГЗК, рис. 1.

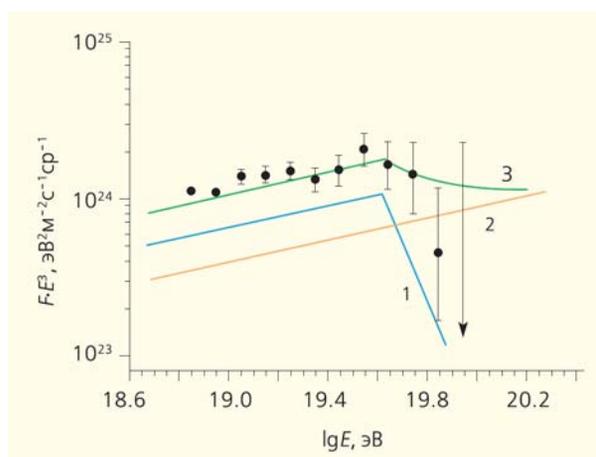


Рис. 1. Энергетический спектр космических лучей в области предела ГЗК. Точки — данные обсерватории «Пьер Оже» [2] (зенитные углы ШАЛ меньше 60°). F — интенсивность потока частиц, E — энергия частицы. Кривые — энергетические спектры, обсуждаемые в тексте. 1 — спектр с изломом при пределе ГЗК, ожидаемый для «далеких» источников, 2 — спектр без излома, ожидаемый для «местных» источников, 3 — сумма двух предыдущих спектров.

* Подробнее о методе наблюдения ШАЛ, истории создания экспериментальных установок с площадью в десятки и сотни квадратных километров см. [1].

Казалось бы, торжествует теория рождения космических лучей в источниках, находящихся на самых далеких, «космологических» расстояниях (энергетический спектр частиц с изломом при пределе ГЗК, спектр 1 на рис.1). Но позже, в ноябре 2007 г., публикуется информация обсерватории «Пьер Оже» [3] относительно направления прихода частиц с энергией выше предела ГЗК (используемое пороговое значение энергии — $5.7 \cdot 10^{19}$ эВ), указывающая на сравнительно малые расстояния до источников, которые вносят основной вклад в наблюдаемый поток частиц. Оказывается, в Южном полушарии, где находится обсерватория, направление прихода большинства частиц предельной энергии совпадает с направлением на источники, называемые «активными галактическими ядрами», которые расположены на расстоянии от Земли не более 75 Мпк (по каталогу [4]). Авторы [3] приводят рисунок (рис.2 в настоящей статье), который очень удачно иллюстрирует метод анализа экспериментальных данных. Каждое событие прихода первичной частицы с заданной пороговой энергией изображено в виде овала, размеры которого характеризуют экспериментальную ошибку в определении направления прилета частицы. Эта ошибка, к сожалению, значительно больше, чем погрешность астрономических измерений положения источника, поэтому поиск корреляции между направлением прихода частиц и положением потенциально источника частиц проводится лишь статистически, путем сравнения вероятности совпадения координат источника и частицы. Авторы [3] показали, что распределение направлений прихода выбранных частиц предельных энергий явно не изотропно (вероятность создания эксперимен-

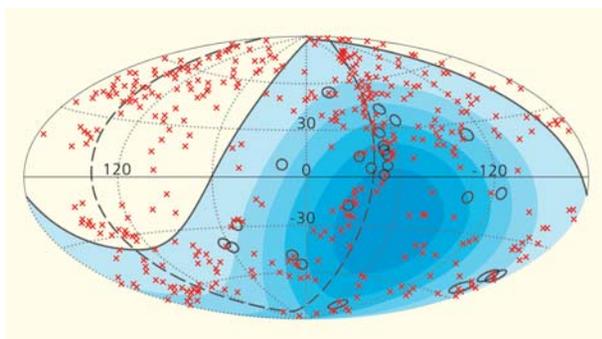


Рис.2. Экспериментальное распределение направления прихода 27 частиц с энергией выше $5.7 \cdot 10^{19}$ эВ (овалы) в сравнении с распределением 428 активных ядер галактик (красные крестики) по каталогу [4] с расстоянием менее 75 Мпк от Земли. Используются галактические координаты, галактическая плоскость — центральная горизонтальная прямая; значения галактической широты приведены при нулевом значении долготы. Штриховая кривая — плоскость местного скопления галактик.

тального набора направлений при изотропном распределении источников менее 1%). Вместе с тем выбор типа источников (активные галактические ядра), которые дают удовлетворительное согласие с экспериментом, пока неоднозначен: не исключено, что и другие источники, распределенные примерно так же, как все «местные», т.е. близкие, галактики, могут объяснить наблюдаемую анизотропию прихода частиц. На рис.3 приведено распределение галактик, находящихся на расстоянии менее 100 Мпк, согласно работе [5]. Легко заметить, что карта расположения активных галактических ядер (рис.2) в значительной степени повторяет карту «местных» галактик (рис.3), и сегодня можно говорить только о корреляции между распределением «местных» галактик и направлением прихода частиц предельных энергий (такой осторожный вывод и сделан в работе [3]).

Для частиц, ускоренных в «местных» источниках, не следует ожидать излома в энергетическом спектре, так как на расстояниях от источника до Земли менее 50–100 Мпк частицы не успевают потерять значительную часть своей энергии. Чтобы излом при пределе ГЗК все-таки проявил себя, как это оказывается в опытах на установках «Якутск», «HIRES» и «Пьер Оже», следует предположить, что в области излома вклад в спектр наблюдаемых частиц дают как «местные» источники, так и «далекие». На рис.1 приведен пример суммы вкладов близких и далеких источников (кривая 3), когда можно объяснить как вид наблюдаемого энергетического спектра, так и корреляцию направления частиц предельной энергии с положением источников, расположенных в местном скоплении галактик. Вместе с тем ясно, что крайне важно продолжить изучение энергетического спектра в области энергий 10^{20} – $3 \cdot 10^{20}$ эВ, где разница между спектрами частиц от далеких и местных источников особенно велика.

Возможности действующей установки в Аргентине далеко не исчерпаны, но без привлечения новых установок и методов наблюдения проблему происхождения космических лучей предельно высоких энергий полностью не решить. На рис.2 показана область небесной сферы, доступная для наблюдения с помощью обсерватории «Пьер Оже» в Южном полушарии (область закрашена голубым цветом и ограничена сплошной линией). События с различными зенитными углами отвечают разным областям на небе, области с разным оттенком голубого цвета соответствуют равной экспозиции установки в выбранных диапазонах зенитных углов. Видно, что обсерватория «Пьер Оже» не позволяет наблюдать достаточно долго многие участки неба с большой плотностью активных галактических ядер. Возможно, поэтому сегодня там не зарегистрировано столько частиц, сколько ожидается в гипотезе о главной роли активных галактических ядер в рождении частиц

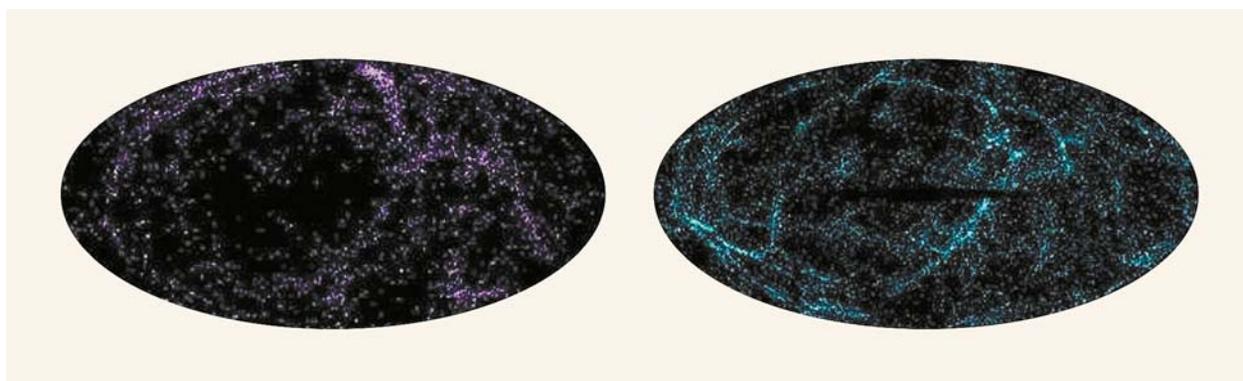


Рис.3. Распределение «местных» галактик в галактических координатах (те же координаты, что на рис.2): слева — на расстояниях менее 40 Мпк, справа — на расстояниях 40—80 Мпк. Данные работы [5].

ультравысокой энергии. Кроме того, установка в Южном полушарии совсем не «видит» значительную часть галактик, принадлежащих Северной части местного скопления. Международное сотрудничество обсерватории «Пьер Оже» планирует создание установки, идентичной аргентинской, в Северном полушарии, чтобы вести измерения сразу в двух полушариях Земли.

Другой путь к равномерной регистрации частиц предельных энергий, приходящих из разных частей небесной сферы, — наблюдение флуоресценции атмосферы на ночной стороне Земли с борта спутника Земли. Одним из первых орбитальных детекторов будет детектор ТУС, о котором в журнале «Природа» уже рассказывалось [1]. Орбитальный детектор, который отслеживает свечение в ночной атмосфере каскада ШАЛ, генерируемого первичной частицей предельно высокой энергии, за год работы, в принципе, равномерно «просматривает» всю небесную сферу. Орбитальный детектор имеет еще одно замечательное преимущество: наблюдение по всему небу проводится одним и тем же прибором, так

что систематическая ошибка в измерении энергии (которой трудно избежать при использовании даже близких по конструкции, но разных детекторов в двух полушариях Земли) не сказывается при сравнении числа зарегистрированных событий с заданной энергией в различных областях небесной сферы. С помощью подготавливаемых орбитальных детекторов [6—8] есть шанс проверить, повторяет ли распределение направлений прихода первичных частиц предельной энергии глобальное распределение «светящейся материи» [9].

* * *

На наших глазах разворачивается грандиозная экспериментальная работа по изучению происхождения космических лучей «предельной» энергии — проблемы, фундаментально важной для понимания рождения Вселенной. В ближайшие годы следует ожидать открытий в этой области астрофизики и интересных теоретических обобщений, стимулируемых новыми экспериментальными данными. ■

Литература

1. Хренов БА., Панасюк М.И. // Природа. 2006. №2. С.17—25.
2. The Pierre Auger Collaboration, Proceedings of ICRC-30 (Merida), 2007, arXiv:0706.2096 [astro-ph].
3. The Pierre Auger Collaboration // Science. 2007. V.318. P.938—943.
4. Véron-Cetty M-P., Véron P. // Astronomy&Astrophysics. 2006. V.455. P.773—777.
5. Jarrett T. arXiv:astro-ph/0405069. V.1. 4 May 2004.
6. Abrashkin V., Alexandrov V., Arakcheev Y. et al. // Advances in Space Research. 2006. V.37. P.1876—1883.
7. Ebisuzaki T. for JEM-EUSO Collaboration // Nuclear Physics B (Proceedings Supplements). 2008. V.175—176. P.237—240.
8. Takahashi Y. for JEM-EUSO Collaboration // J. Phys.: Conference Series. 2007. V.65. P.012022.
9. Kalashev O.E., Khrenov B.A., Klimov P.et al. arXiv:0710.1382 [astro-ph], 2007.

Притяжение Воклюза

Е.В.Трофимова

Институт географии РАН
Москва

Вести из экзотической

Ежегодно более миллиона человек приезжают открыть для себя очарование Воклюза. Об этом уникальном источнике на юго-востоке Франции и его живописном окружении упоминают в своих сочинениях Страбон, Сенека, Плиний Старший, а великого итальянского поэта Ф.Петрарку (1304—1374) он вдохновил на создание знаменитого «Песенника», включающего 366 стихов, посвященных «даме сердца» — прекрасной Лауре.

В зависимости от сезона года Воклюз разыгрывает удивительные природные спектакли — летом и осенью это спокойное озеро с ярко-бирюзовой гладью, весной же оно переполняется и становится бурным, иногда выбрасывая вверх «кипящую» струю.

Для специалистов Воклюз — один из наиболее интересных карстовых объектов на Земле. Более того, он дал название типу источников, и в геолого-географических словарях можно прочесть, что к воклюзам относятся карстовые источники, обладающие большим дебитом и непрерывающимся стоком в период маловодья. Свое название они получили по имени собственному: фонтану Воклюз, дающему начало р.Сорг.

Мне посчастливилось посетить этот замечательный уголок природы в 25 км от г.Авиньона дважды: в 2001 г. [1] и 2006 г., когда удалось познакомиться с источником поближе.

Воклюз открывается на дне карстового провала, представляющего собой глубочайшую в мире затопленную пропасть глуби-

ной до 315 м, в высокую воду воды озера переливаются в русло р.Сорг через порог — водослив, сложенный обвальными глыбовыми отложениями. В меженный период сток из озера осуществляется подземным путем — через расположенные в 100—400 м от него небольшие источники. Экстремальные уровни озера варьируют от 1 до 25 м.

Бассейн питания источника Воклюз имеет название эмпливиум, по аналогии с резервуаром, который использовался в античности, чтобы собирать воду от выпадающих дождей. На карте водосбор представляет собой обширный треугольник, площадь которого, по уточненным данным, достигает 1100 км² [2]. Сложен он трещиноватыми известняками нижнего мела общей мощностью от 1000 до 1500 м. В них наблюдается большое разнообразие карстовых ниш, создаваемых размывающей и растворяющей деятельностью

дождевых и талых вод в совокупности с процессами выветривания. Горные массивы, составляющие бассейн питания Воклюза, образуют карстовое плато с одноименным названием.

Впервые карстовое плато Воклюз было обследовано в начале XX в. отцом французской спелеологии Е.-А.Мартемом. В результате этих работ было обнаружено и исследовано более 400 провалов и карстовых воронок.

В течение XX в. на водосборной площади источника было выявлено несколько крупных подземных карстовых полостей (авенов, по местной терминологии), среди которых выделяются грандиозный авен Отран глубиной 670 м и общей протяженностью 8 км, вертикальная подземная система Тру суффлер (глубиной 610 м и протяженностью 1,5 км), авен Жоли (глубиной 465 м) и др.

Интересна история открытия пещеры Тру суффлер. Издавна



Схемы расположения карстового источника Воклюз.



Долина р.Сорг в 500 м от источника Воклюз.

Здесь и далее фото автора



Водяная мельница бумажной фабрики пос.Воклюз.



Металлическая линейка соргуометра.

Воклюз: в высокую воду, май 2001 г. (вверху) и в период осенней межени, ноябрь 2006 г. (внизу).

жители небольшой деревушки Сент-Кристоль слышали шум, формирующийся в небольшом отверстии на поверхности плато во время выпадения сильных дождей. Причину шума местные жители связывали с резкими скачками дебита источника Воклюз: к примеру, в сентябре 1935 г. рост дебита составил $57 \text{ м}^3/\text{с}$ за трое суток. В августе 1986 г. спелеологическая группа под руководством Б.Маркуля увеличила узость Тру суффлер и открыла вход в пропасть.

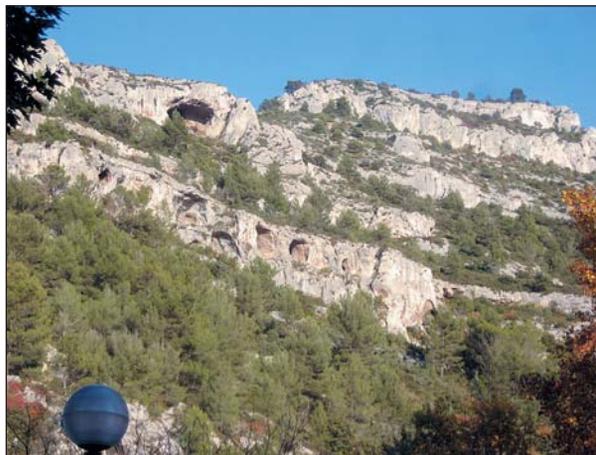
На глубине 600 м исследователи обнаружили подземную реку (названную ими Альбион), протянувшуюся на 1 км под землей до своего исчезновения в непроходимом для человека колодце. Расход подземного потока во время обследования пещеры составлял 200 л/с. После детального изучения натечных отложений подземной полости максимальный расход подземного потока был оценен в $3 \text{ м}^3/\text{с}$. Но наиболее длительную историю исследований имеет сам карстовый источник Воклюз [3, 4].

Первое погружение в его пропасть осуществил исследователь Ф.Ребуль, в октябре 1869 г. опустившийся на глубину 6 м без специального снаряжения. С 1946 по 1957 г. Воклюз изучала команда знаменитого судна «Калипсо» под руководством Ж.-И.Кусто, обнаружившая на 64-метровой отметке галерею протяженностью 80 м, а на глубинах 35 м и 45 м — две области оттока воды. В августе 1957 г. в эти области был запущен мощный краситель — флюоресцеин, уже через 45 минут обнаруженный в карстовых источниках рядом с Воклюзом. В 1967 г. в затопленную пропасть впервые опустился телеуправляемый аппарат, достигший глубины 106 м. А период 1981—1983 гг. — это время испытаний возможностей человеческого организма. Автономные глубоководные погружения проводят известные ныряльщики К.Тулумьян, достигший 153 м, и Ж.Хазенмайер, опустившийся до отметки минус 205 м. И, наконец, 2 августа 1985 г. телеуправляемые аппараты «увидели» ее дно на глубине 315 м.

Карстовый источник Воклюз — объект ежедневных гидрометеорологических исследований Бюро по гидрометеорологическим наблюдениям: метеорологические условия, уровень, дебит, температура, химический состав воды. Но первые инструментальные наблюдения за режимом его уровня осуществлялись с помощью фигового



Карстовый провал источника Воклюз.



Карстовые ниши плато Воклюз.

дерева, нашедшего приют на скале над входом в карстовую пропасть: измерялось расстояние между корнями дерева и уровнем воды, которое оценивалось в условных шагах (па), равных 24,5 см.

17 ноября 1869 г. для измерений уровня воды Воклюза уже упомянутый Ребуль соорудил соргометр (от названия реки Сорг) с репером нуля на отметке 84,45 м над ур.м. (на юге Франции он отсчитывается от уровня Средиземного моря). Приспособление представляет собой 25 металлических линеек длиной 1 м каждая, объединяющихся в четыре секции: первая — от 1 до 6 м, вторая — от 6 до 11 м, третья — от 11 до 17 м и четвертая — от 17 до 25 м.

До 1966 г. дебит источника измерялся с помощью простой градуированной рейки, а с 1966 г. — современным высокоточным оборудованием. За последние сорок лет максималь-

ный дебит источника зафиксирован в январе 1994 и составил 85 м³/с, а минимальный — в январе 1990 — 3,77 м³/с.

По данным многолетних наблюдений, практически постоянный в течение года (281 день) сток из источника в р.Сорг наблюдался только в 1977 г., а в особо засушливом 1967 г. его не было вообще. Обычно отсутствие стока отмечается в теплый период (июль—сентябрь). Максимальные дебиты источника наблюдаются в январе—июне и в октябре—декабре.

Воды в источнике удивительной прозрачности, ярко-бирюзового цвета, с температурой от 11° до 13°С. Ее значения не изменяются под влиянием температуры внешней среды, но понижаются с ростом дебита источника.

Вокруг источника Воклюз вырос поселок с одноименным названием, представляющий собой крупнейший туристический

центр на юге Франции. Рядом с ним возвышаются руины старинного замка-крепости прямоугольной формы со сторонами 49×22 м, основанного еще в 1030 г. на месте древнего монастыря. Украшение Воклюза — церковь Нотр-Дам. Здесь же разместились античный акведук, более 2000 лет назад снабжавший водами источника поселения на юге Франции, музей поэта Ф. Петрарки, музей спелеологии, а также знаменитая бумажная фабрика Воклюза.

Растет количество не только туристов, но и специалистов. Здесь есть чему поучиться, но есть и чисто исследовательские задачи. До сих пор не удалось, например, определить вид, к которому принадлежит рыба длиной 20—25 см, встреченная во время тренировок Ж.Хазенмайером 14 сентября 1983 г. на глубине 70 м. Существуют и «карстовые» загадки, которые еще предстоит решить. ■

Литература

1. Трофимова Е.В. Путешествие по карстовым пещерам Франции // Природа. 2006. №1. С.25—33.
2. Depambour Ch., Guendon J.-L. // Karstologia. 2003. №42. P.1—14.
3. Fontaine de Vaucluse. Le Vallons, 2001.
4. Fontaine de Vaucluse. Histoire de la Fontaine / Ed. F.Haesevoets. Le Cannet, 1994.

Ветреницы в парке Коломенское

И.А.Захаров,

доктор биологических наук

Т.В.Коростылева,

кандидат биологических наук

Институт общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН

Москва

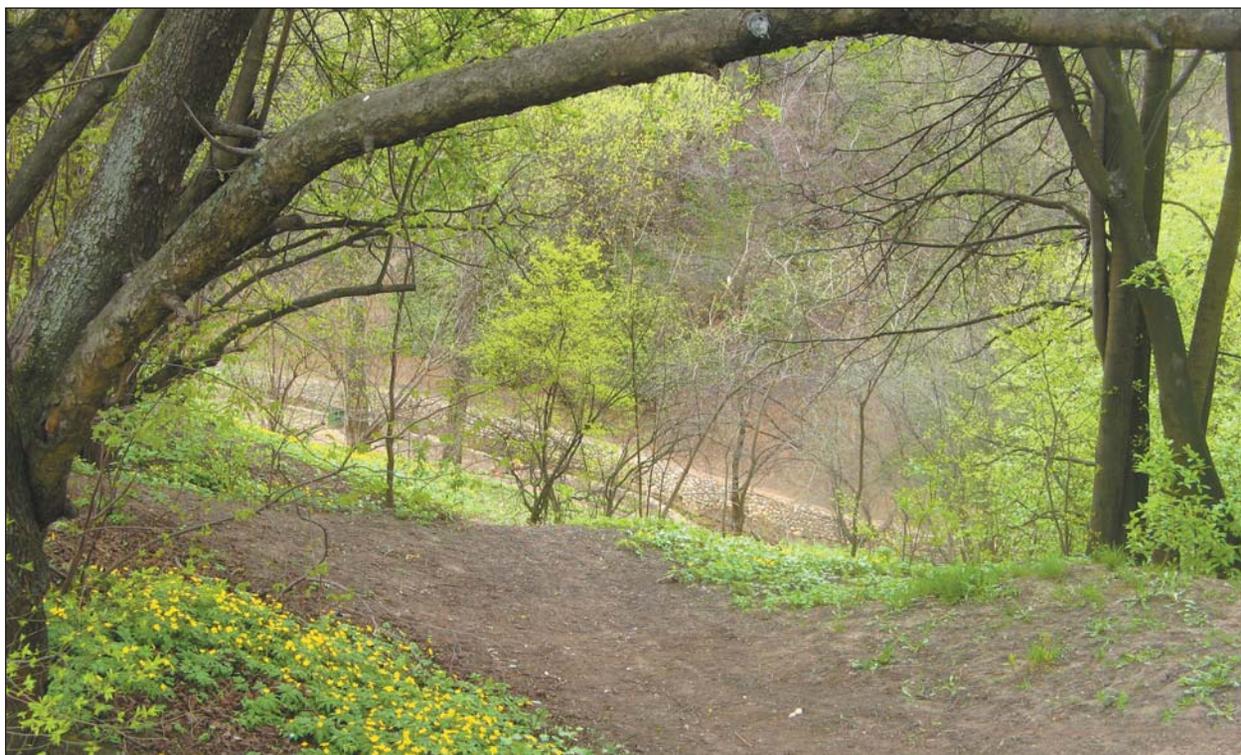
Обычно у самых разных организмов — растений, животных, человека — так называемые количественные признаки (рост, вес, число листьев или лепестков и т.п.) варьируют, следуя колоколообразной кривой нормального распределения. Крайние варианты (например, низкорослость и высокорослость) более редки, а чаще всего встречаются особи

© Захаров И.А., Коростылева Т.В., 2008

со средним значением признака. Один из основоположников генетики, ботаник Г.де Фриз еще в конце XIX в. обратил внимание на то, что у некоторых растений, особенно в семействе лютиковых, изменчивость числа лепестков в цветках показывает совершенно иную картину: чаще всего встречается именно самый крайний вариант, с минимальным значением признака. Хорошим примером такой изменчивости могут служить

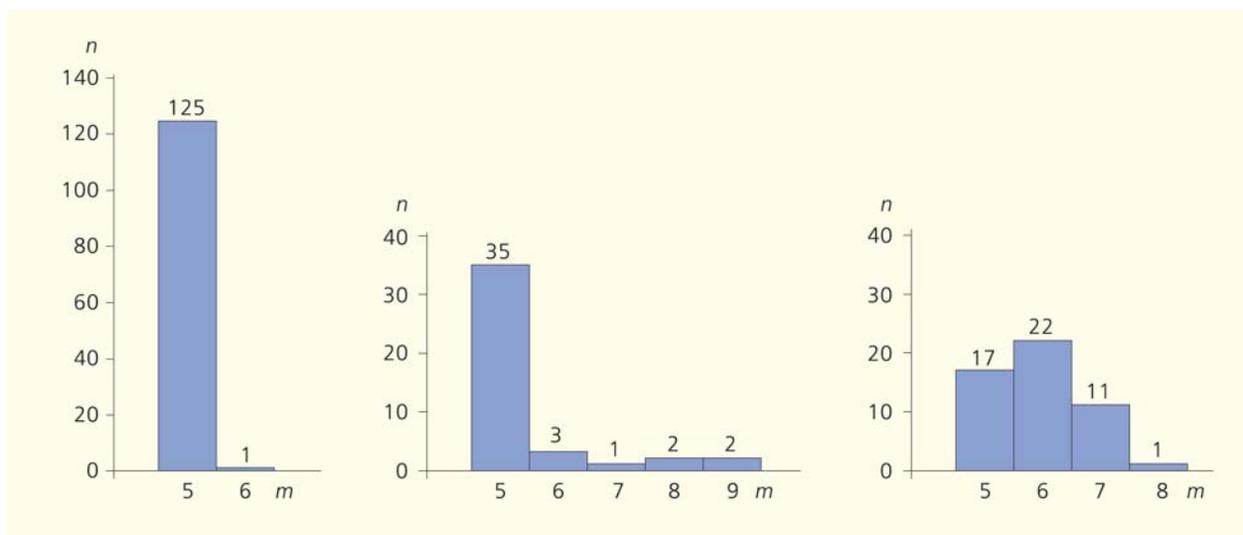
два вида ветреницы — дубравная, с белыми цветами, и лютиковая — с желтыми. У первой чаще всего встречаются цветки с шестью лепестками (с меньшим числом — отсутствуют), у второй — с пятью.

Ветреница лютиковая (*Aquilegia vulgaris*) — цветущее весной растение, обычное в парках Москвы и в Подмоскowie. Оно размножается корневищем и среди других травянистых растений образует «клум-



Голосов овраг в парке Коломенское, на переднем плане — колония ветреницы.

Здесь и далее фото Т.В. Коростылевой



Варьирование числа лепестков в цветках трех колоний ветреницы. m — число лепестков в цветках, n — число цветков.

бы», густо покрытые желтыми цветами. Вероятно, такие «клумбы» представляют собой клоны, т.е. размножившиеся вегетативно отдельные растения. Однако клоновая природа таких групп нуждается в специальной проверке, и в дальнейшем мы будем называть их не клонами, а колониями.

В известном московском парке Коломенское особенно много

колоний ветреницы можно найти в апреле—мае вблизи церкви Усекновения главы Иоанна Предтечи. Именно там мы проводили свои наблюдения. На одной крупной колонии, растущей на старом кладбище близ церкви, оказалось, что среди более чем сотни цветков 125 имели пять лепестков и только один — шесть. В двух других, более мелких колониях обнаружили лишь

пятилепестковые цветки (всего было учтено 53 цветка). Однако в колониях, растущих вдоль Голосова оврага, картина оказалась иной. В одной преобладали пятилепестковые цветки, но были и цветки с шестью—девятью лепестками, в другой чаще всего встречались шестилепестковые цветки, а в иных удавалось найти цветки с 10 лепестками и, совсем уже редко, махровые,



Цветок ветреницы с восемью лепестками.



Колония ветреницы, растущей вдоль Голосова оврага, с преобладанием многолепестковых цветков.



Махровые цветки ветреницы.

принадлежавшие, очевидно, мутантным растениям.

Изменчивость числа лепестков в цветках разных колоний, описанная нами, наглядно показывает, что генотип (наследственная основа) организма определяет не только наиболее обычную величину проявления признака, но и степень и харак-

тер его варьирования, т.е. устойчивость развития.

Ветреница лютиковая часто встречается в городских парках. Это растение может служить хорошим объектом для демонстрации школьникам и студентам явлений изменчивости в природе. А каковы возможности использования ветреницы в науч-

ных исследованиях? Их можно проводить в двух направлениях.

Во-первых, изучить географическую изменчивость этого растения и зависимость ее характера от экологических факторов. Такого рода исследования доступны любому натуралисту и требуют только желания и небольших средств на оплату транспортных расходов.

Второе направление для своей реализации нуждается в гораздо большем времени и в значительных финансовых средствах. Известно, что тип симметрии — важный для систематики признак. Пара ветреница дубравная / ветреница лютиковая (виды с шестью и с пятью лепестками) представляет перспективный материал для выяснения того, каким геном (или генами) определяется тип симметрии цветка и как этот ген изменяется при видообразовании. Дикие ветреницы генетически не изучены, поэтому нахождение такого гена — задача достаточно трудная, хотя и решаемая современными методами. Такое исследование позволило бы выяснить, от этого ли гена зависит махровость, которая изредка встречается у обоих видов ветреницы. ■

260 тыс. евро — цена, за которую на аукционе Кристи ушел скелет мамонта эпохи плейстоцена, а скелет шерстистого носорога куплен за 100 тыс. евро. Видимо, это знак увлечения ископаемыми видами.

Sciences et Avenir. 2007. №724. P.25 (Франция).

Английские археологи открыли в 3 км от известного мегалитического сооружения Стоунхендж, находящегося на юго-западе Англии, остатки маленькой деревни. Мощеная до-

рога связывала ее с другим кругообразным сооружением, из древесины. В противоположность Стоунхенджу, зимой он обращен на восход Солнца, а летом за закат. Очевидно, этот древний религиозный комплекс состоял из двух дополняющих друг друга святилищ.

La Recherche. 2007. №407. P.18 (Франция).

В течение 18 лет Франция поэтапно создавала новые национальные парки. Восьмой парк находится в маленькой

Гайяне, имеет общую границу с Бразилией; он занимает огромную территорию в 3,3 млн га и представляет собой крупнейший в мире лесной резерват. Девятый новый национальный парк — это о.Реюньон, который находится на одной из 25 «горячих точек». Своеобразие этого парка заключается в том, что здесь смешаны наземные и морские зоны (почти 3500 га отведено под сохранение коралловых рифов).

Terre Sauvage. 2007. №227. P.60 (Франция).

Музеи естественной истории: взгляд из Китая

С.В.Наугольных,
доктор геолого-минералогических наук
Геологический институт РАН
Москва

За иллюминатором транс-континентального лайнера показались первые лучи солнца. Сначала они очертили в темном безоблачном небе силуэты гор у горизонта, а затем расцвели багряными и золотистыми пятнами цепи гобийских барханов, далеко внизу убегающих назад. Восемь часов полета из московского Шереметьева до Пекина, и вот уже иной мир, далекий от родного дома, самый край света.

Китай, несмотря на то, что это — один из наших ближайших соседей, протяженность общей границы с которым у нас составляет не одну тысячу километров, во многом остается страной загадочной, таинственной цитаделью Востока.

Целью моей поездки в Китай было участие в Международном палеонтологическом симпозиуме, проходившем с 4 по 7 октября в г.Бэньси, а также посещение интересных и важных геологических разрезов. Однако не в меньшей степени меня привлекала возможность познакомиться с естественноисторическими музеями Китая и с тем, как работают палеонтологическая и стратиграфическая службы Поднебесной.

Стратиграфия и палеонтология Китая в последние годы развиваются высокими темпами. Открыты многие местонахождения ископаемых остатков различных организмов (например, раннекембрийская биота в северной части Китая; ордовик-

ские и силурийские морские беспозвоночные в окрестностях г.Гуйчжоу в провинции Хэнань; раннемеловая биота Бейпяо* в провинции Ляонин), уточнен возраст вмещающих толщ, а также описаны очень интересные новые группы древних растений и животных. Примечательно, что остатки доисторических существ вошли в жизнь и культуру китайцев очень давно. Издавна встречавшиеся в пустынных районах Внутренней Монголии (северо-западная часть Китая) гигантские кости воплотились в образах драконов и органично влились в мифологическую символику духовно соприкасающихся и дополняющих друг друга противоположностей, олицетворенных в живущих и ушедших поколениях [1].

На симпозиум, посвященный проблемам палеонтологии и стратиграфии, меня пригласил профессор Ге Сунь, возглавлявший оргкомитет. В этом форуме приняли участие более 80 специалистов из разных стран мира, включая Россию, США, Францию, Румынию, Японию, Корею, Таиланд, Вьетнам, Германию, Колумбию. Многие доклады были сфокусированы на палеоботанических вопросах, связанных с таксономией, морфологией и систематикой высших растений палеозоя и мезозоя, а также на разных аспектах ре-

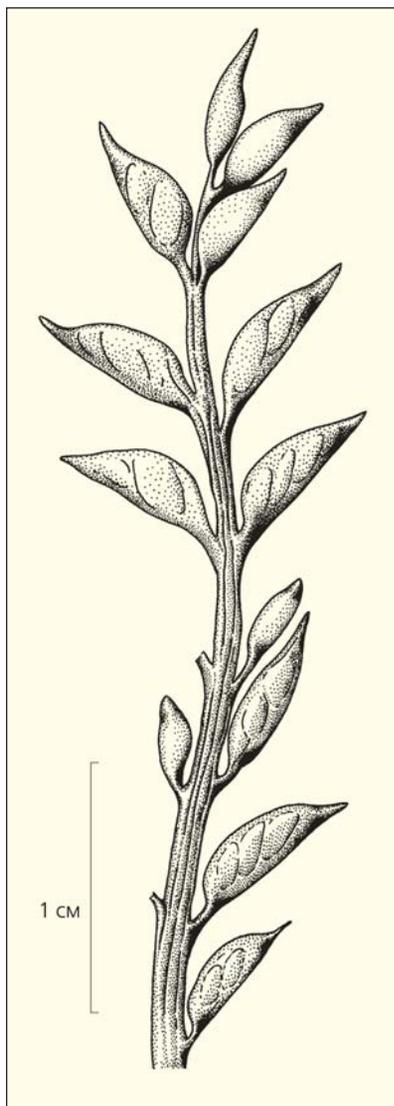
* К сожалению, далеко не всем китайским названиям удалось найти русское соответствие. А насколько они отличаются, можно судить по привычному нам звучанию Пекин, которое китайцы произносят как Бейдзин. — *Примеч. ред.*

конструкции механизмов и основных причин мел-палеогеновой биотической перестройки.

Российские палеонтологи выступили с целой серией докладов о меловых биотах Сибири и Дальнего Востока. Сотрудники Геологического института РАН А.Б.Герман и М.А.Ахметьев сделали интересные сообщения, посвященные в основном меловым и палеогеновым флорам северной части Евразии. В ходе обсуждения докладов были проанализированы основные события в истории растительности на рубеже мезозоя и кайнозоя. В.С.Маркевич и Е.В.Бугдаева из Биолого-почвенного института ДВО РАН (Владивосток) представили данные о значительном сходстве нижнемеловых флор Забайкалья и Северного Китая. Е.Б.Вольнец из того же института изложила свои взгляды на био-стратиграфию нижнемеловых и сеноманских отложений Приморья.

Интересные сообщения сделали Д.Дильчер (США) и Г.Сунь (Китай); Х.Нишида (Япония); П.Гроте (Таиланд); С.Шааль (ФРГ).

Общее внимание привлек доклад Дильчера о происхождении покрытосеменных. По мнению этого палеоботаника, становление их морфологического архетипа прошло через четыре основных фазы: замыкание плодolistика; образование околоцветника и нектарников, вызванное необходимостью привлечь насекомых-опылителей; появление в цветках элементов билатеральной симметрии, уп-



Древнейшее из известных ископаемых покрытосеменных растений — археофруктус ляонинский (*Archaeofructus liaoningensis*), обнаруженный в нижнемеловых (по другим данным — верхнеюрских) отложениях провинции Ляонин.

рошающих проникновение насекомых к пыльникам; формирование плодов с сочной и яркой мякотью для привлечения растительноядных животных в целях расширения площади потенциального распространения семян.

Очевидно, что многие из этих процессов могли происходить независимо в разных груп-

пах эволюционно продвинутых голосеменных, причем первые намеки на эволюцию в этом направлении появились уже в конце палеозоя.

Мой доклад был посвящен позднепалеозойским представителям порядка Ginkgoales, их морфологическому разнообразию и главным архетипам; подчеркивались сложность рассматриваемой проблемы и важность привлечения для ее решения материалов из пермских отложений Приуралья. Там остатки гинкгофитов, включая вегетативные и репродуктивные органы, встречаются относительно часто, причем их сохранность позволяет изучать и макроморфологические, и эпидермально-кутикулярные особенности материнских растений [2, 3]. Мне удалось посетить университеты городов Чанчунь (провинция Цзилин) и Шэньян (провинция Ляонин), ознакомиться с палеонтологическими коллекциями, хранящимися в музеях этих университетов.

Сначала я побывал в Палеонтологической лаборатории Ге Сунь, которая находится в специально отведенном для нее корпусе Университета провинции Цзилин. Лаборатория хорошо оснащена технически, располагает большим количеством просторных помещений и собственным палеонтологическим музеем. В нем собрана представительная коллекция ископаемых остатков, преимущественно юрского и мелового времени, большинство которых происходит из районов Внутренней Монголии или из соседней провинции Ляонин. Особенно интересны хорошо сохранившиеся остатки древнейших покрытосеменных и гнетофитов раннемелового возраста.

После работы с коллекциями в Чанчуне участники симпозиума переехали в г.Бэньси, что находится в восточной части провинции Ляонин. В этом городе проходила сессия симпозиума, сопровождавшаяся полевыми экскурсиями. В ходе экскурсий

мы осмотрели разрезы группы Аншань (архей; формации Юнктаоюань, Дайюгоу, Сигоу, Тонгшикун и Шипенгси), расположенные у г.Наньфэн; протерозойские и кембрийские отложения, обнажающиеся у г.Диаоютай (протерозой: формации Диаоютай, Кваотоу и Кангыя; кембрий: формации Джинчанг, Мантоу, Маожуанг); разрезы нижнего ордовика (формации Майягоу, Саншанзи и Ляангиашань). Особый интерес вызвало посещение протяженного разреза Ниумаолин, в котором обнажены преимущественно терригенные каменноугольные и пермские отложения. В той части разреза, возраст которой оценивался по одним данным как позднекаменноугольный, а по другим — как раннепермский, мне посчастливилось найти семязачаток голосеменного растения ангарского облика, относящийся к роду *Sakmarospermum*. Это однозначно свидетельствует в пользу раннепермского (сакмарского) возраста вмещающих пород. Мы познакомились также с выходами угленосных терригенных отложений ранне- и среднеюрского возраста, расположенными в районе Тяньшифу и относящимися к формациям Шанглиангци (нижняя юра) и Дапу (средняя юра). В районе Хуанрен на склонах горы Вуншань осмотрели риолиты, туффиты и песчаники раннемелового возраста, а в районе Миаохушань посетили палеолитическую пещеру с ископаемыми остатками плейстоценовых позвоночных.

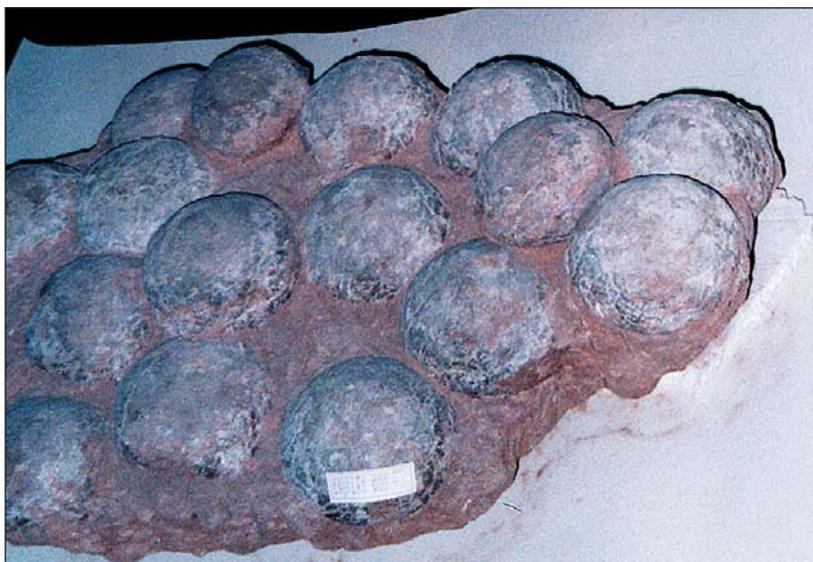
Уже после окончания симпозиума, в Пекине, я побывал в Национальном музее естественной истории. В его экспозиции, помимо скелетов мезозойских рептилий, вызывающих неизменный интерес посетителей, представлены и менее традиционные для музеев такого профиля тематические экспонаты: докембрийские биоты многоклеточных организмов, раннекембрийские мягкотелые беспозво-

ночные уникальной сохранности, становление наземной растительности. В музее большое внимание уделяется популяризации науки.

Знакомство с китайскими музеями естественной истории заставило меня задуматься о путях, которыми развивается музейное дело в целом, в том числе о хранении и экспонировании палеонтологических материалов и популяризации знаний об истории органического мира Земли.

В Китае, как, впрочем, и в России, а может быть, и во всем мире, наиболее традиционными способами подается экспозиционный материал в университетских музеях. Они, как правило, независимо финансируются из университетского бюджета, и поэтому им не приходится заботиться о привлечении посетителей. Университетские музеи обычно отличаются повышенной академичностью, точностью и строго научным представлением материала. Правда, иногда их можно упрекнуть в излишней педантичности или консерватизме, но если сотрудники внимательно следят за научными новостями в своей области и вносят необходимые изменения в экспозицию, тогда университетский естественноисторический музей становится надежной опорой любого ученого в его повседневной работе. Применительно к палеонтологии такие музеи обычно, помимо учебно-дидактической нагрузки, служат местами хранения монографических коллекций и других материалов, включая текущие поступления, например коллекции, собранные сотрудниками музея во время экспедиций.

Из палеонтологических музеев, в которых я побывал, типичным примером хорошего университета музея может служить музей Университета провинции Цзилин. Здесь хранятся уникальные находки примитивных покрытосеменных растений *Archaeofructus liaoningensis* и *Asi-*



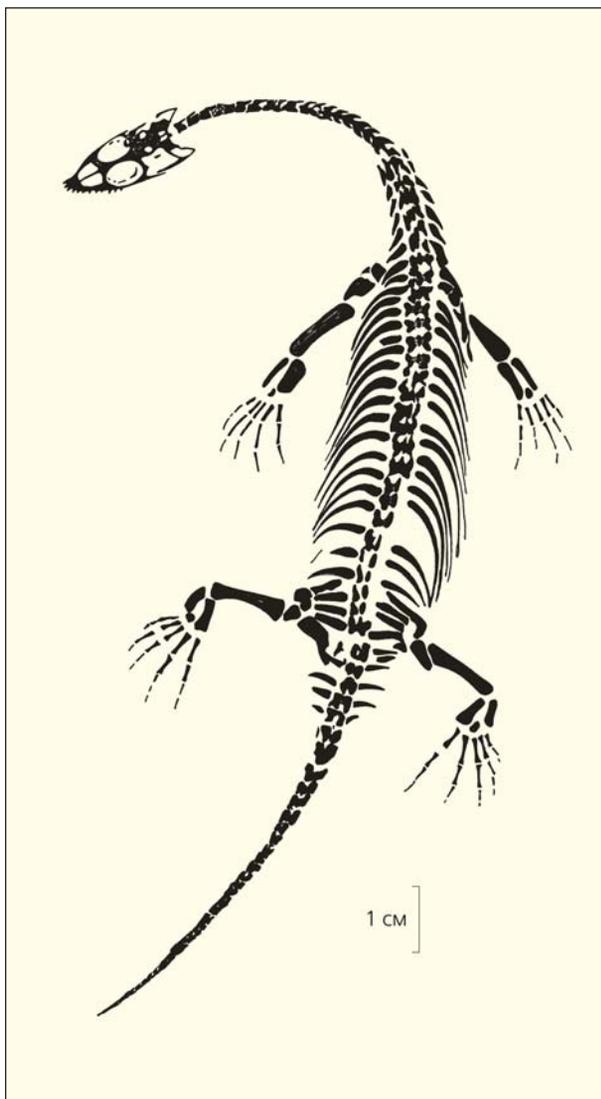
Кладки яиц динозавров в Палеонтологическом музее Университета в Чанчуне. Здесь и далее фото автора



Скелет каудиптерикса, удивительного пернатого динозавра из нижнемеловых отложений Ляонина.

nensis [4, 5] из нижнемеловых (по другим данным, верхнеюрских) отложений провинции Ляонин. В экспозиции музея, которая, кстати, постоянно обновляется, показаны многие другие ископаемые остатки из плитчатых алевролитов и аргиллитов: раковины листоногих рачков-филлопод *Eosestheria ovata*, отпечатки де-

сятиногих раков *Cricoidoscelosus actbus*, разнообразные и прекрасно сохранившиеся остатки насекомых — личинки поденок *Ephemeroptera trisetalis*, четырехкрылые снифы *Sniphes delicata*, стрекозы *Sinaeschnida cancellosa*, *Rudialeschnida limnobia*, *Liogomphus yixianensis* и многие, многие другие. У насекомых из Ляо-



Скелет триасовой водной рептилии кейхозавра (*Kueichosaurus*) из Геологического музея Бэньси.



Ордовикский трилобит рода *Coronoscephalus* из северных районов Китая.



Стена конфуциусорнисов в Геологическом музее Бэньси.

нина отлично сохранились жилкование крыльев и мельчайшие детали строения лапок и усиков. Встречаются даже экземпляры с рисунком на крыльях!

«Звезды» экспозиции — полные отпечатки крупных осетровых рыб *Protopsephurus liui*, а также целые панцири черепах *Manchurochelys liaoxiensis*. Особое внимание привлекают остатки крылатых и пернатых ди-

нозавров, открытие которых в верхнеюрских и нижнемеловых отложениях Ляонина во многом заставило пересмотреть существующие гипотезы происхождения птиц. В музее представлены и оригинальные образцы, и хорошо сделанные точные копии (разумеется, с соответствующими разъяснениями). Здесь можно увидеть и каудиптериков *Caudipteryx zoui*,

C.dongi и бейпозавра *Beipiaosaurus inexpectus*, и многие другие находки, сообщения о которых прошумели в ведущих научных журналах мира. В специальной витрине располагается еще одна уникальная находка — распластавшийся на плите сланца скелет пситтакозавра с сохранившимися очертаниями тела и отпечатками кожного покрова.



Динозавры «встречают» посетителей Национального музея естественной истории в Пекине.

Помимо университетских музеев — в основном научных учреждений — в Китае много публичных естественноисторических музеев, открытых для всех, кто интересуется природой и историей органического мира Земли. Нередко такие музеи созданы не в городе, а в пригороде, рядом с какими-нибудь интересными природными объектами или геологическими памятниками.

Таков Геологический музей Бэньси, расположенный в огромном геопарке возле одноименного города. В громадном здании музея с большими и просторными залами, приспособленными для одновременного проведения нескольких экскурсий, выставлены палеонтологические сокровища Ляонина. Музей расположен в очень живописной горной местности, рядом со всемирно известной карстовой пещерой. Помимо знакомства с обширной экспозицией, экскурсанты могут приобрести отлично изданные книги о палеонтологии Ляонина и в целом об окаменелостях Китая. Можно купить и некоторые окаменелости, отпечатки растений, насекомых

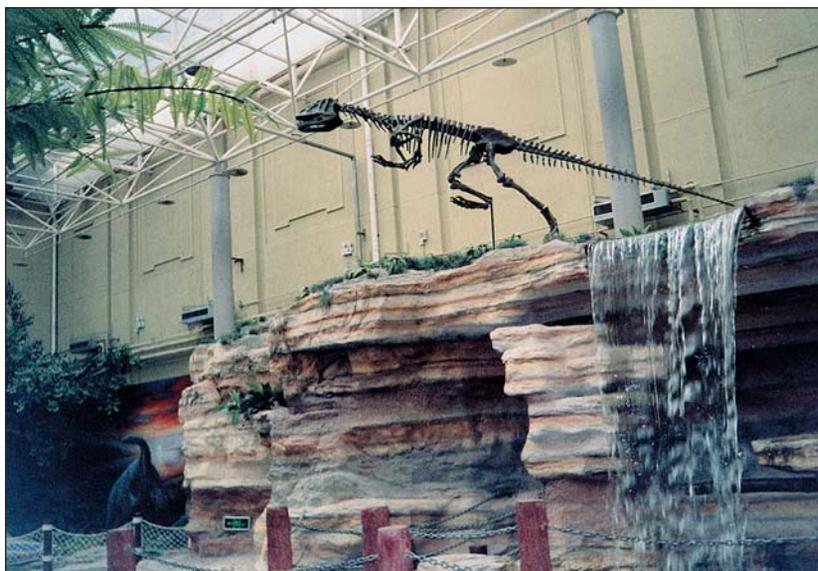
и рыб, к которым помимо этикетки с подробными сведениями об образце прилагается сертификат, позволяющий на законном основании вывезти находку из страны.

В Геологическом музее Бэньси есть уникальные скелеты летающих ящеров — птерозавров *Eosipterus yangi* и *Haoipterus gracilis*. Ну и, конечно, динозавров: великолепно сохранившиеся скелеты «попугаеклювых» пситтакозавров *Psittacosaurus meileyingensis*, удивительных пернатых динозавров *Sinosauropteryx prima*, *Protarchaeopteryx robusta*, *Sinornithosaurus millenii* и череп игуанодона *Jinzhousaurus yangi*. Древним птицам конфуциусорнисам *Confuciusornis sanctus* посвящена отдельная большая витрина в одном из залов.

Не менее глубокое впечатление оставляет и грандиозный Национальный музей естественной истории в Пекине. Он, пожалуй, в меньшей степени фактологичен, чем Геологический музей Бэньси, но зато более зрелищен за счет использования развивающих и информационных интерактивных компьютерных программ, а также размещения в отдельных залах спе-



Палеонтологический сувенир — окаменелая раковина головоногого моллюска наутилоида, относящегося к роду *Lituities*, из ордовикских отложений провинции Хэнань.



Бегущий теропод из пекинского музея.

циализированных тематических выставок. Здесь так же, как и в музеях Чанчуня и Бэньси, можно приобрести палеонтологические образцы и безупречно изданные книги об окаменелостях Китая.

Знакомство с экспозициями музеев естественной истории в Китае позволяет заметить некоторый эволюционный тренд — от узко специального строго научного университетского музея к музею, более приспособленному для широкой аудитории. Конечным звеном этого тренда можно было бы считать

зрелищный музей, в котором экскурсанты не только узнали бы что-то новое, но и просто отдохнули.

В результате неизбежной коммерциализации публичных музеев, обозначившейся в последние годы (а на Западе значительно раньше), научная составляющая некоторых музеев подчас стала уступать место зрелищности. И некоторые явления, сопровождающие этот процесс, на мой взгляд, нельзя приветствовать. Прежде всего, доступность и популярность изложения материала не должны

конфликтовать с научной достоверностью. Понятно, что о каком-нибудь видовом определении могут спорить и специалисты, но самые общие сведения или, скажем, характеристика фактического материала должны быть безупречными настолько, насколько это позволяют современные знания.

Обдумывая впечатления от китайских музеев, я пришел к выводу, что региональные геологические и палеонтологические музеи могут быть созданы и у нас. И первые «ласточки» уже есть. Это и Палеонтологический музей в г.Котельнич Кировской обл., где группой энтузиастов фактически на пустом месте создана великолепная экспозиция с целыми скелетами пермских ящеров, и Палеонтологический музей-заповедник в Ундорах (под Ульяновском), в витринах которого можно увидеть перламутровые раковины причудливых головоногих моллюсков аммонитов и части скелетов морских ящеров мезозоя — ихтиозавров и плезиозавров, и новый палеонтологический отдел в Самарском краеведческом музее с реконструированным гигантским плиозавром, будто зависшим над юрским рифом. Я уверен, что пройдет еще несколько лет, и в России появятся новые музеи-геопарки, которыми можно будет гордиться. ■

Литература

1. Ежов В.В. Мифы древнего Китая. М., 2003.
2. Наугольных С.В. Гинкго — история в четверть миллиарда лет // Природа. 2002. №12. С.62—71.
3. Naugolnykh S.V. // Paleontological Journal. 2007. V.41. №8. P.109—153.
4. Sun G., Dilcher D.L., Zbeng S., Zhou Z. // Science. 1998. V.282. P.1692—1695.
5. Sun G., Ji Q., Dilcher D.L. et al. // Science. 2002. V.296. P.899—904.

Ринхолиты — стрелки геологических часов?

В.Н.Комаров,

кандидат геолого-минералогических наук

Российский государственный геологоразведочный университет

им.С.Орджоникидзе

Москва

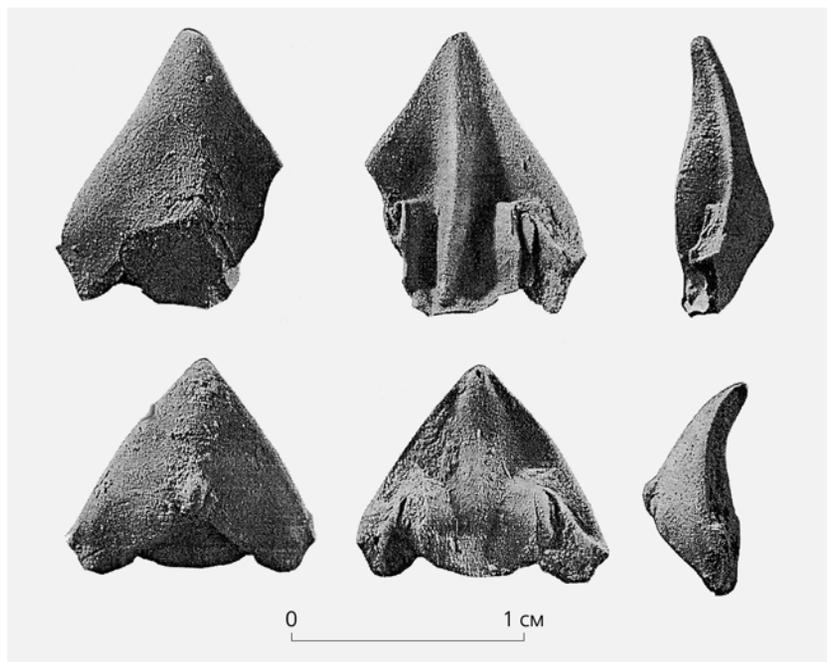
Ринхолиты (*Rhyncholithes*; от греч. ρηψυχηος — рыло, морда и λιθος — камень) — обызвестленные кончики верхней челюсти ископаемых головоногих моллюсков (наутилоидей и аммоноидей) — всесторонне изучаются на протяжении уже более чем 150 лет [1]. Тем не менее следы аккреционного (связанного с последовательным приращением новых частей) роста ринхолитов, очень хорошо видные на их срезах, а у выветрелых экземпляров и на поверхности, никогда ранее не анализировались.

Аккреционный тип скелетообразования в той или иной мере свойствен многим беспозвоночным. На поверхности раковин двустворчатых моллюсков (особенно пектенид и кардит), аммонитов, брахиопод, на эпитеке кораллов, а также на срезах ростров белемнитов наблюдаются отчетливые знаки нарастания. Их ширина зависит от неравномерного поглощения организмом из морской воды карбоната кальция. Знаки нарастания нередко обнаруживают на чешуе рыб и костях позвоночных, а также на древесине.

Как показывает обширный фактический материал, многие минеральные скелеты, образующиеся путем аккреции, отражают ритмику роста, обусловленную свойственной всем природным процессам циклическостью различного происхождения. Такие скелеты могут служить иде-

альными регистрирующими структурами. Первым мысль о возможности использовать окаменелости в качестве геологических часов высказал Дж.Уэллс. Проанализировав кольца годового прироста у современного коралла *Manicina areolata*, он обнаружил в каждом из них примерно 360 тончайших струек. Уэллс высказал предположение, что одна струйка соответствует нарастанию за сутки [2]. С физиологической точки зрения подобное объяснение вполне правомерно, так как кальцификация у современных шестилучевых кораллов напрямую зависит от фотосинте-

зирующей активности их симбионтов — одноклеточных жгутиковых водорослей зооксантелл, — которая заметно различается в разное время суток. При изучении ископаемых кораллов Уэллс установил, что число тонких поясков нарастания в пределах годовых лентовидных колец у них гораздо больше, чем число суток в современном году (у девонских форм от 385 до 410, а у каменноугольных от 385 до 390). Ученый объяснил данный факт другой продолжительностью года в палеозое. К.Скратон опубликовал детальные исследования циклического нарастания ске-



Общий вид ринхолитов.

© Комаров В.Н., 2008



Разрезы Горного Крыма уникальны по насыщенности ринхолитосодержащих толщ.

Фото А.В.Турова (вверху) и автора

лета у некоторых девонских кораллов [3]. Он не нашел у них следов годичной периодичности роста, но выявил небольшие структуры, морфологически схожие с суточными знаками роста, обнаруженными Уэллсом. Они были сгруппированы в более крупные полосы, содержащие в среднем по 30,6 мелких поясков. Это позволило предположить, что продолжительность лунного месяца в девоне составляла 30,6 сут. Позднее на основе

изучения склерактиний удалось определить продолжительность года и в раннетриасовую эпоху, которая составила 380 дней [4]. Все приведенные данные совпадают с результатами теоретических расчетов, по которым скорость вращения Земли вокруг оси в прошлом была выше, чем сейчас (число дней в году больше): происходит ее постепенное уменьшение из-за приливного трения в системе Солнце—Земля—Луна.

На сегодняшний день помимо суточных, месячных и годовых циклов образования знаков нарастания установлены и другие (шестичасовые, полусуточные, двухдневные, недельные, двухнедельные, полугодовые). Перерывы в накоплении кальцита, обеспечивающие слоистое строение раковины, могут быть обусловлены их видовой принадлежностью, индивидуальными физиологическими особенностями, катастрофическими событиями в жизни животного или внезапными изменениями в среде обитания (повышением динамики водных масс, резким изменением состава и интенсивности накопления осадков и др.).

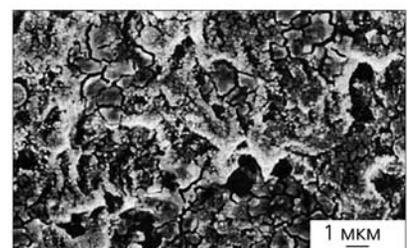
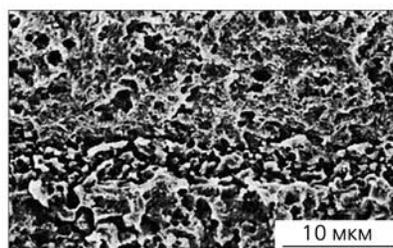
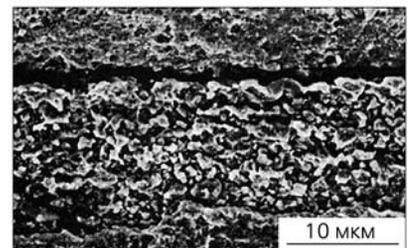
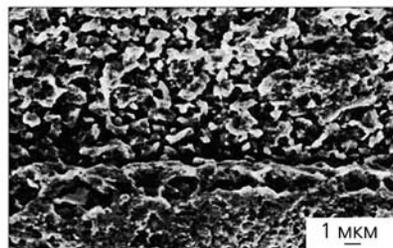
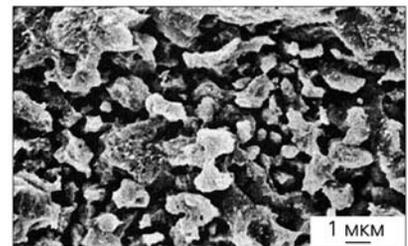
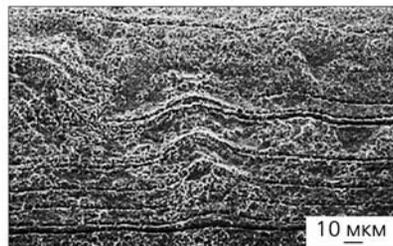
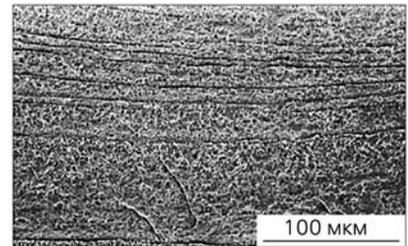
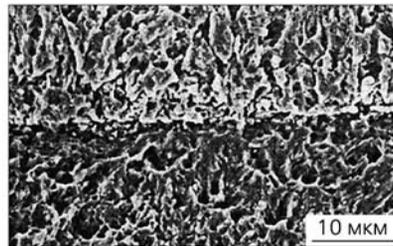
Мы провели исследование знаков нарастания на сканирующем электронном микроскопе «Jeol» у трех видов ринхолитов — *Hadrocheilus optivus*, *H. fissum* и *Akidocheilus infirus*. Все они собраны в верхнебарремско-аптских отложениях Юго-Западного Крыма.

Напомним, что ринхолиты подрода *Hadrocheilus* состоят из многократно чередующихся слоев зернистого (толщиной до 10,8—17,2 мкм) и скрытокристаллического (толщиной до 74,0—87,0 мкм) кальцита, а ринхолиты подрода *Planecapula* — из слоев мелкокристаллического (толщиной до 0,8—6,3 мкм) и скрытокристаллического (толщиной до 29,0—33,3 мкм) кальцита [5]. В аккреции этого скелетного материала обнаружена ритмичность разного порядка. У всех видов выявлены знаки нарастания самого низкого — третьего порядка, представленные отдельными однородными слоями. У ринхолитов рода *Hadrocheilus* их в среднем 492, а у *Akidocheilus* — 310. Два смежных слоя третьего порядка четко группируются в полосы нарастания второго порядка. У рода *Akidocheilus* знаки нарастания более высокого порядка не наблюдались, что, возможно, связано с какой-то спецификой образа жизни ринхолитоносите-

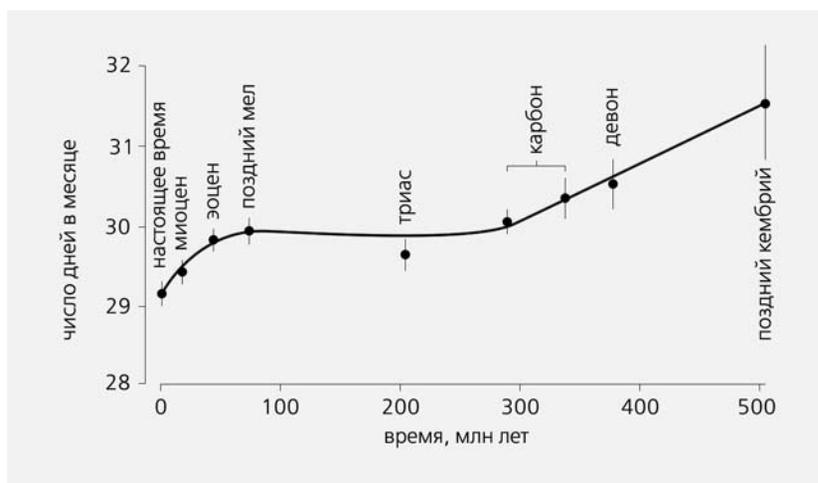
лей. У всех экземпляров *Hadrocheilus* выявлены и знаки нарастания первого порядка, число которых в среднем составляет 17. Они представляют собой довольно отчетливые полосы примерно одинаковой ширины, состоящие в среднем из 30 (29.84) слоев третьего порядка и, соответственно, примерно из 15 полосок второго порядка. Одинаковый характер чередования знаков нарастания 3-го порядка позволяет считать, что каждая полоска 2-го порядка формируется за сутки. Соответственно каждый слой 3-го порядка образуется за полусуточный ритм. Слои скрытокристаллического кальцита превышают по толщине слои микрокристаллического и зернистого кальцита. Это может означать то, что скорость нарастания ринхолитов зависела от интенсивности освещения и заметно отличалась в разное время суток. Хорошо известно, что современные наутилусы могут совершать протяженные суточные вертикальные миграции. Ночью они поднимаются к поверхности воды, а в течение дня остаются на значительной (около 550–600 м) глубине. Наличие функционировавшего сифона и заполненность последних камер жидкостью говорят о том, что такие же суточные вертикальные миграции могли совершать и аммоноидеи, используя ионный механизм регуляции плавучести. Позднебарремско-аптский палеобассейн, располагавшийся в пределах Юго-Западного Крыма, отвечал максимуму трансгрессии и вполне позволял ринхолиноносителям вести подобный образ жизни. Таким образом, можно предположить, что ночью в теплой приповерхностной морской воде происходило значительно более активное (судя по разной толщине скрытокристаллического и зернистого кальцита, в 5–10 раз), чем днем на большой глубине, поглощение из морской воды карбоната кальция. Почему на разной глубине формировались слои кальцита разного строе-

ния, не совсем понятно. Знаки нарастания 1-го порядка, вероятно, обязаны своим образованием цикличности лунного происхождения. Они могли возникать за полумесячный приливный цикл, обнаруживающий зависимость от максимальной и минимальной приливной амплитуды. Знаки нарастания месячной периодичности роста в принятой модели аккреционной ритмичности, вероятно, отвечают двум полосам 1-го порядка. Полученные данные позволяют считать, что продолжительность лунного месяца в позднем баррем-апте составляла 29.84 сут. Это число в целом со-

гласуется с имеющимися данными о продолжительности лунного месяца в раннемеловую эпоху [6]. Ни у одного из изученных экземпляров не выявлены признаки полугодной и годичной периодичности роста, что можно объяснить климатическими особенностями. Известно, что в неокоме и апте — ярусах нижнего отдела меловой системы — низкие и часть средних широт обоих полушарий Земли занимал огромный аридный тропически-экваториальный пояс, в значительной мере совпадавший с Тетическим биогеографическим царством, населенным богатой и разнообраз-



Микроструктурные особенности ринхолитов можно использовать в качестве своеобразных «геологических часов».



Изменение числа дней в лунном месяце с течением геологического времени, установленное по линиям нарастания скелетов различных ископаемых организмов.

ной теплолюбивой фауной. Он простирался приблизительно от 30–40° северной палеошироты до 45° южной палеошироты [7]. В океанах и сообщающихся с ними морях суточным и сезонным колебаниям подвергались лишь поверхностные зоны до глубин 25–30 м. На глубинах 150–200 м разница в средних температурах и амплитуде годовых колебаний была сильно сглажена. В то время в океане отсутствовала психросфера — толща холодных глубинных и придонных вод. В современных океанах ее температура колеблется от –0,5 до +5°, а в меловых океанах составляла от 7–11° до 20°. Палеотемпературы воды в меловых морях были более однородными, чем сейчас. При таком мягком климате и отсутствии значимых сезонных колебаний температуры воды

аккреция скелетов в течение всего года должна быть довольно равномерной.

Насколько поздно кончик клюва головоногих моллюсков начинал обызвествляться, непонятно. Тем не менее полученные данные все же можно попытаться использовать при определении продолжительности жизни ринхолитоносителей. Для животных, обладавших клювами акидохейлюсового типа, она составит не менее 4,5–5,5 мес., а для обладателей клювов гадрохейлюсового типа не менее 7,2–10,2 мес. Продолжительность жизни наутилуса, обладавшего самым крупным из известных мне ринхолитом — *Rhyncholithes irinae* из среднего апта Западной Грузии [8], — должна составить не менее 1,3–2,5 лет. Полученные числа вполне сопоставимы с имеющимися данны-

ми о продолжительности жизни ископаемых и современных головоногих. Известно, что в аквариумах головоногие моллюски живут недолго: кальмары *Loligo* — всего лишь несколько дней, в лучшем случае один-два месяца, каракатицы — несколько месяцев. Осьминогов, правда, иногда удается содержать в неволе год-два, но случается это не часто. В естественных условиях осьминоги живут, по-видимому, ненамного больше, лишь два-три года, и умирают после размножения. Попытки определить с помощью линий роста продолжительность жизни конкретных экземпляров ископаемых головоногих единичны. Изучение роста белемнита из юрских отложений о. Скай (западное побережье Шотландии) позволило предположить, что животное умерло в возрасте 4 лет [9].

Полученные новые данные, безусловно, нуждаются в уточнении и подтверждении на более представительном фактическом материале. Однако не вызывает сомнения, что изучение ритмов онтогенетического роста у ринхолитов (как и у других беспозвоночных) может играть важную роль для реконструкции образа жизни организмов, восстановления палеоклиматических обстановок и свойственных им сезонных изменений. Как уникальные геологические часы знаки нарастания могут также способствовать значительному пополнению наших знаний о тех параметрах, которые в далеком прошлом зависели от динамики системы Солнце—Земля—Луна. ■

Литература

1. Комаров В.Н. Ринхолиты — знакомые и неожиданные // Природа. 2001. №5. С.29–31.
2. Wells J.W. // Nature. 1963. V.197. P.948–950.
3. Scrutton C.T. // Palaeontology. 1965. V.7. №4. P.552–558.
4. Beauvais L., Chevalier J.P. // Bull. Soc. Zool. France. 1980. T.105. №2. P.301–308.
5. Комаров В.Н. // Палеонтол. журн. 2001. №5. С.35–41.
6. Pannella G., MacClintock C., Thompson M.N. // Science. 1968. V.162. P.792–796.
7. Чумаков Н.М. Климатическая зональность и климат мелового периода // Климат в эпохи крупных биосферных перестроек. М., 2004. С.105–123.
8. Комаров В.Н. // Изв. вузов. Геология и разведка. 2002. №3. С.44–48.
9. Urey H.C., Lowenstam H.A., Epstein S., McKimney C.R. // Bull. Geol. Soc. Am. 1951. V.62. №4.

А что у Земли под мантией?

Р.К.Расцветаева,

доктор геолого-минералогических наук
Институт кристаллографии им. А.В.Шубникова
Москва

От автора

В глубинах Земли, как и в земной коре, среди минералов преобладают силикаты. Однако разнообразие структурных мотивов в глубинных оболочках существенно меньше и связано, главным образом, с перестройкой Si-тетраэдров в Si-октаэдрах. Но вместе с тем мантийная минералогия не так примитивна, как это считалось еще совсем недавно. Хотя данные о структурных трансформациях под высоким давлением малочисленны, они важны для понимания строения глубинных оболочек Земли и процессов, протекающих в них. Я попыталась рассказать о составе и строении минералов земных глубин и условиях их существования и преобразования в форме сказки, где научная информация взята из публикаций*, а события вымышленные.

Пролог

Они дружили с детства — **оливин** и **благородная шпинель**. По правде говоря, шпинель, $MgAl_2O_4$, была не столь уж благородного происхождения, в ней чувствовалась примесь железа. Но оливин $(Mg,Fe)_2[SiO_4]$ не обращал внимания на такие мелочи, он и сам далеко не **хризолит**, и в нем также было изрядное количество железа. Они ро-

* См., напр.: Пушаровский Д.Ю., Оганов А.Р. // Кристаллография. 2006. Т.51. №5. С.819—829; Пушаровский Д.Ю., Зубкова Н.В. Современная рентгенография минералов // Природа. 2007. №8. С.11—18.

дились из одной магмы (сначала оливин, а затем шпинель) и с тех пор не разлучались. Прошли века и тысячелетия, а они, как обычно, сидели на высокой скале в лучах заходящего солнца и вели неспешную беседу. Шпинель поведала, что решила осуществить давнюю мечту — узнать тайну Земли. Она много слышала о стране, которая находится далеко внизу, а точнее, глубоко под землей. Оливин попробовал отговорить ее от рискованного путешествия, но шпинель оставалась непреклонной. И тогда оливин взялся проводить ее и предложил часть пути проделать через океан. Дождавшись сильной грозы, они скатились прямо в шумный селевой поток, в котором, весело кувыркаясь, добрались до берега, где их подхватила приливная волна и унесла далеко в океан. Друзья медленно погружались в пучину. Наконец движение прекратилось, и они оказались на самом дне, куда не проникал ни один луч света и не было никого, кто бы нарушил тишину и покой.

— Дальше ты пойдешь одна, — сказал оливин. — Сначала по мягкому илу идти будет легко, а потом начнется твердый грунт. Но ты обязательно дойдешь. За меня не беспокойся, я вернусь домой. Как? Есть много путей. Я могу забраться в раковину моллюска и притвориться жемчужиной. Люди охотятся за жемчугами и выловят меня. Если какая-нибудь рыба проглотит меня, я поработаю гастролитом, а потом освобожусь где-нибудь неподалеку отсюда. Правда, ученые удивятся, увидев меня в неподходящей компании, но для меня хороша любая компания.

А как ты вернешься на землю? Ведь обратного пути нет: сила тяжести поможет тебе погрузиться в глубину, но не позволит подняться наверх.

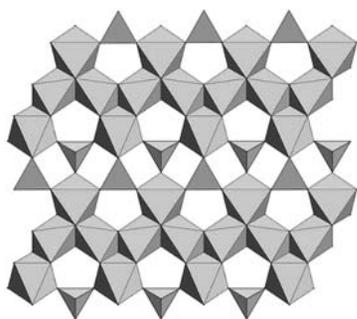
— Ничего, — ответила шпинель, — попрошу магму вынести меня наружу. Конечно, она сначала растворит меня (не пугайся, это совсем не больно), зато потом родит заново — молодой и прекрасной.

— Ты и сейчас прекрасна (при этих словах розовая шпинель покраснела от удовольствия). Я бы пошел с тобой, но боюсь глубины. Там мне придется стать другим, а я не готов к этому. С тобой же ничего не случится, ты плотнее меня на 9%, у тебя высокая твердость и тугоплавкость, и ты устойчива даже к химическим воздействиям. Если, конечно, не зайдешь слишком далеко. Но я надеюсь на твое благоразумие. Иди же, не мешкай. — И оливин отвернулся, чтобы скрыть набежавшую слезу (забыв, что слезы в воде не видны).

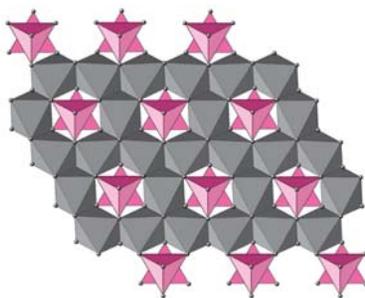
Серия первая

Оба магниевого и чуть-чуть железистые, оливин и шпинель все же были разными. Зигзагообразные колонки из октаэдров магния придавали оливину стройность, а соединяющие их тетраэдры кремния — крепость мужского характера. В шпинели же вместо кремния содержится алюминий. Он захватил просторные октаэдры, а более крупный магний с трудом втиснулся в тетраэдры. Алюминиевые октаэдры в шпинели тоже выстраиваются в зигзагообразные ко-

Дипломатический фракционизм



оливин



шпинель

лонки, но эти колонки смыкаются в ажурные слои с шестиугольными окошками, а узкие каналы, в которых застряли тетраэдры магния, тянутся в трех направлениях (шпинель же не ромбическая, как оливин, а кубическая).

Шпинель слышала, что в глубинах Земли много выглядит по-другому. Когда давление и температура очень высоки, то даже электронная структура некоторых элементов не выдерживает, деформируется и теряет сферичность. Любой нормальный минерал, попадая в подземелье, непременно уменьшается в объеме. И чем слабее связь между атомами, тем больше сжимается минерал. Вот как в галите, у которого связь между Na и Cl такая слабая, что в супе он сразу же растворяется.

Даже легкомысленные холода инертные газы — гелий, аргон, неон и ксенон, — которые всегда хвастаются своей независимостью, при высоких давлениях соединяются с другими газами или друг с другом — аргон и неон с водородом, гелий с азотом или неоном. Говорят, что аргон и ксенон при давлении чуть больше 30 ГПа* переходят в кристаллическое состояние. Они становятся такими твердыми, что при высоких температурах, когда даже железо плавится и испаряется, им хоть бы что. А взять железо и калий, которые на поверхности земли просто не выносят друг друга,

* 1 ГПа (гигапаскаль) = 10 тыс. атм = 10 тыс. бар.

при давлении же и нагревании начинают дружить и объединяются в один сплав.

Минералы под давлением не только сжимаются, но и становятся более симметричными.

«Как это замечательно, что ты становишься совершеннее. Чтобы стать прекрасней, выдержишь любое давление, — подумала шпинель». Только одно ее тревожило, ведь некоторые минералы изменяются до неузнаваемости. Когда-то шпинель познакомилась с метеоритным **меджоритом**, $Mg_2(Fe,Al,Si)_2[SiO_4]_3$. Он открыл ей свою маленькую тайну — при ударе о Землю часть его кремниевых тетраэдров превратилась... в октаэдры. «Чего только не бывает на свете, — подумала она, — но чтобы кремний очутился в октаэдрах — невозможно себе представить... Конечно, слухи могут быть и преувеличены, — засомневалась шпинель. — Но стоит преодолеть все трудности, чтобы побывать в подземном царстве и увидеть страну Октаэдрию своими глазами».

Серия вторая

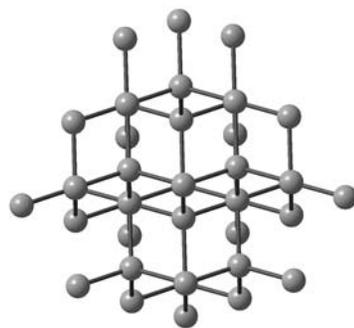
Шпинель пробиралась в глубь Земли долго, потеряв счет времени. Хорошо еще, что часть пути она проделала в воде, не прилагая никаких усилий. Страшно подумать, если бы не оливин, ей пришлось бы продирается сквозь скалу целых 6 км.

Углубившись почти на 800 м ниже океанского дна, она неожиданно наткнулась на толщу

древних пород с мириадами живых бактерий. Некоторые из них имели весьма почтенный возраст в 16 млн лет. Шпинель даже не догадывалась (да и люди узнали об этом совсем недавно), что под морским дном есть такие долгожители. Бактерии открыли ей свою тайну: в темноте они не вымирают потому, что научились использовать в качестве источника энергии не солнечный свет, а различные геохимические процессы.

Шпинель продвигалась к центру Земли, влекомая силой притяжения, лишь иногда отклоняясь, чтобы обойти особенно плотный участок породы. На глубине 25 км земная кора закончилась, и шпинель ступила на просторы верхней мантии. Сначала она пересекла пиролитовую зону, где ей все время попадались многочисленные родственники оливина, а также знакомые моноклинные пироксены, а иногда и гранаты. Но когда на глубине 220 км началась пиклогитовая зона, шпинель уже почувствовала перемены. Здесь также попадались пироксены (но теперь уже ромбические), гранаты и редко оливины. А на глубине 300 км в эклогитовой зоне оливины вовсе пропали. Зато она наткнулась (кто бы мог подумать?) на **кианит** Al_2SiO_5 . Он и на земле-то большая редкость, а здесь она и вовсе не ожидала его встретить.

Но настоящие хозяева верхней мантии — **коэсит** и **алмаз**. Коэситу достаточно давления 3 ГПа и температуры 700°C,

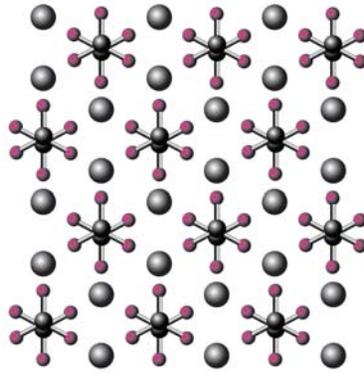


алмаз

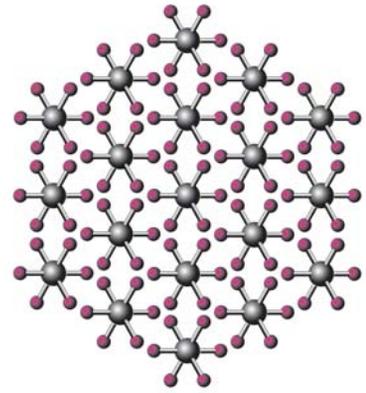
чтобы чувствовать себя прекрасно. Он, как и кварц, состоит из тетраэдров SiO_4 , но связанные между собой тетраэдры располагаются не равномерно по пространству, а группируются в цепочки.

А вот для алмаза нужны давления не менее 5 ГПа. Зато какое это чудо увидеть, как из невзрачного черного мягкого **графита** рождается в высшей степени твердый сверкающий и люминесцирующий алмаз. Там, наверху, шпинель была знакома и с графитом, и с алмазом, но даже не догадывалась, что это один и тот же углерод. А в чем же между ними разница? Ведь атомы углерода и в графите и в алмазе держатся на расстоянии 1.5 Å друг от друга и сначала объединяются в шестиугольники, а потом в сетки. Вот тут и начинаются различия. В графите параллельные сетки слабо связаны между собой, потому что удалены на расстояние более трех ангстрем друг от друга, а в алмазе под давлением они сблизилась.

На земле шпинель была хорошо знакома с карбонатными минералами — **кальцитом, магнезитом, доломитом и арагонитом**. В них тоже есть углерод, но в окружении трех кислородов. Здесь, в верхней мантии, кальцит CaCO_3 с рыхлой слоистой структурой из Ca -октаэдров, соединенных CO_3 -группами, переходит в арагонит точно того же состава, но с более плотной структурой, за счет того, что Ca оказывается



арагонит



кальцит

не в октаэдре, а в 9-вершиннике. Доломит же $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ распадается на магнезит MgCO_3 и арагонит. Выше 40 ГПа сам арагонит трансформируется в новую фазу с еще более плотной структурой, в которой Ca оказывается в окружении 12 атомов кислорода.

Постарагонитовый минерал при 137 ГПа тоже трансформируется в нечто ромбическое, пироксеноподобное, с цепочками из CO_3 -тетраэдров и координационным числом $\text{Ca} = 10$. Такая судьба, по слухам, возможна и для магнезита.

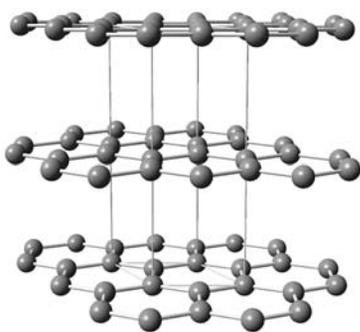
Серия третья

Шпинель всегда мечтала познакомиться с легендарным **стишовитом** (тоже SiO_2), о котором была так много слышана. На земле говорили, что он проживает уединенно в Аризонском кратере, образовавшемся после падения метеорита. Но неожиданно она встретила его здесь, в подземелье. Откуда он взялся, никто толком не знал. Известно только, что на глубине 300 км стишовит образуется из коэсита, а на глубине 450 км клинопироксен под давлением 15 ГПа при температуре 1600—1700° разваливается на **вадслеит** и стишовит. Стишовит охотно объяснил шпинели принцип своего чудесного превращения. Оказалось, все очень просто:

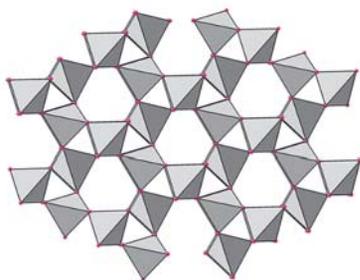
под давлением уменьшаются расстояния между кремнием и кислородом, а когда они достигают критической средней величины 1.59 Å, тетраэдры перестраиваются сначала в пятивершинники, а затем в октаэдры. Пятивершинное окружение кремния не удивило шпинель, она встречалась с этим раньше в каком-то органическом соединении олова. Но кремний в октаэдре она видела впервые. Атомы кремния располагаются в пространстве более плотно, несмотря на то, что расстояния Si—O в октаэдре увеличиваются и становятся 1.77 Å вместо 1.63 в тетраэдрах. Это понятно, ведь раньше тетраэдры смыкались только вершинами, а теперь октаэдры соединяются и по ребрам тоже.

— Конечно, — продолжал стишовит свою лекцию, — многое зависит от первоначальной укладки тетраэдров. Если тетраэдры соединяются в каркас (как в коэсите), то сжатие происходит быстро и достаточно ~8 ГПа, чтобы структура перестроилась. А если тетраэдры образуют цепочки (как в клинопироксене), то процесс замедляется, и нужно более высокое давление ~15 ГПа. Ну, а если тетраэдры вовсе не соединяются друг с другом, то тут нужны давления посерьезнее ~30 ГПа. И во всех случаях — температура не менее 1000°C.

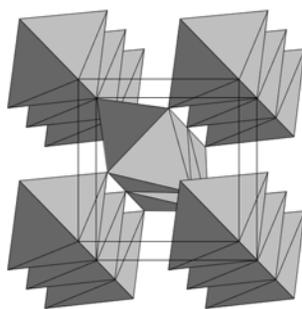
— Это еще что... — похвастался стишовит. — Я еще и не то



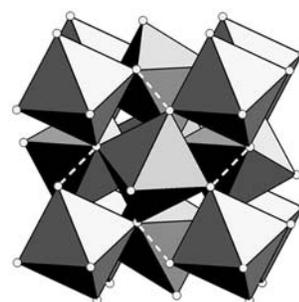
графит



кварц



штишовит



пирит

могу. Я сейчас тетрагональный и похож на **рутил** TiO_2 , а могу стать кубическим, и меня не отличишь от **флюорита** CaF_2 . А на глубине 2300 км при давлении 100 ГПа проживает мой родственник — **зейфертит**. (С зейфертитом шпинель была знакома еще на поверхности. Как-то на обычный кремнезем упал метеорит, и он на глазах превратился в зейфертит.)

— Ты даже не представляешь, как приятно сжиматься. Ощущаешь себя не рыхлым, как кварц, а крутым — плотным и упругим. Мне бы еще давления (ну, хотя бы чуточку больше 200 ГПа!), так я стал бы похож аж на **пирит** FeS_2 . Здесь, в мантии, мне не дают развернуться, а вот мои родственники живут в ядре некоторых гигантских планет под давлением несколько тысяч гигапаскалей. Вот бы туда попасть! — размышлял стишовит.

Серия четвертая

На глубине 410 км верхняя мантия осталась позади. До глубины 670 км тянулась средняя мантия, или как ее называют ученые, «переходная мантийная зона». Здесь минералы выглядели совсем по-другому. По всем признакам, это была настоящая страна Октаэдров...

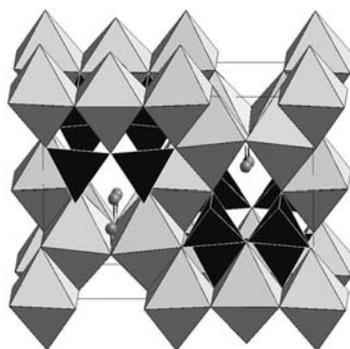
Шпинель повстречала и родственников оливина. Она знала, что некоторые его родственники проживают на Луне в престижном районе Моря Изобилия. Однажды, воспользовав-

шись автоматической станцией «Луна-16», они навестили Землю. Да и в небесных камнях (по научному — метеоритах) их очень много. Но те оливинички ничем не отличались от земных. Эти же, на глубине 410 км, хотя и были такими же зелеными, но с трудом узнавались — не ромбические, а кубические. Оливин предупреждал, что где-то глубоко в Земле живет его брат **вадслеит**, получивший свое имя в честь австралийского химика А.Вадсли.

К счастью, вадслеит сам представился и сообщил, что еще один их братец **рингвудит** живет ближе к центру Земли в еще более суровых условиях — на глубине 520 км, где давление почти 17 ГПа (иногда доходит даже до 20 ГПа), а температура — 1100, а то и все 1500°C. Прав был оливин, когда боялся такой глубины. Она могла потерять его навсегда. Вадслеит (как и рингвудит) устойчив к высоким дав-

лениям и температурам. Сомкнув зигзагообразные колонки в слои, он стал похожим на шпинель. Но ни вадслеит, ни рингвудит сами по себе не могут образоваться на поверхности Земли, как шпинель. Секрет в том, что в настоящей шпинели общие ребра октаэдров (как следует из правила Полинга) меньше, чем свободные ребра, а у рингвудита (и вадслеита) наоборот. Вот они и неустойчивы при атмосферном давлении. К тому же из-за увеличенных расстояний в тетраэдре и уменьшенных в октаэдре кремний и железо путаются, и часть атомов кремния попадает в октаэдры, а часть железа — в тетраэдры.

Шпинель пожалела оливинных братцев. Но что поделаешь, если даже железный **фаялит** $Fe_2[SiO_4]$, который плавится при 1205°C, стал рингвудитом, похожим на шпинель. Здесь многие минералы устроены на манер шпинели, недаром и фаялит и рингвудит ученые называют «силикатными шпинелями». «Что бы там ни говорили, а женщины выносливее мужчин... — вздохнула шпинель. — Страшно подумать, — продолжала она печалиться, — что где-то на глубине 650 км эти оливинные родственники потеряют всякое сходство не только с ним, но и со мною — произойдет полная замена тетраэдров на октаэдры, и они станут подобны перовскитам. И не только они, но и другие минералы тоже. Вот, к примеру, гранаты сначала становятся по-



вадслеит

хожими на **ильменит** $FeTiO_3$, а на глубине 800 км — уже на **перовскит** $CaTiO_3$. Здесь из всех карбонатных минералов наиболее устойчив лишь магнезит $MgCO_3$, вплоть до 1900 км глубины, до 80 ГПа. Но дальше при 110 ГПа он тоже теряет устойчивость и переходит в какую-то новую форму $MgCO_3$.

Довольно часто шпинели попадались незнакомые минералы, напоминающие своим строением гранат и ильменит. Один из них (по составу $MgSiO_3$) был похож на **акимотоит**, но шпинель не была в этом уверена.

Серия пятая

Чем ближе шпинель продвигалась к нижней мантии, тем становилось жарче. Идти было все труднее и труднее, но любопытство взяло верх, и она продолжила путь. На глубине 670 км шпинель вдруг увидела, как знакомые минералы теряют свое лицо и становятся похожими совсем на других. **Анортит** $CaAl_2Si_2O_8$ (Ca в 7-вершинниках, каркас из тетраэдров) — стал похожим на **голландит** с каркасом из Si и Al-октаэдров. **Гранат-пироп** $Mg_3AlSi_3O_{12}$, в котором Si-тетраэдры сочетались с Al-октаэдрами и Mg-кубами, сначала стал похожим на перовскит (кто бы мог подумать!), а потом и вовсе распался на **корунд** Al_2O_3 и **(Mg,Fe)SiO₃** со структурой ильменита.

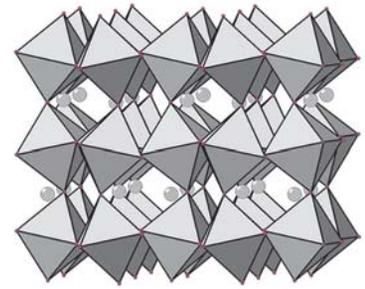
Гематит Fe_2O_3 при 30 ГПа сначала стал похожим на перовскит, а при 50 ГПа приобрел новый вид (ученые это называют постперовскитовой структурой).

Водород и гелий здесь, в верхней и нижней мантии, образуют плотные скопления — как в недрах гигантских планет Сатурна и Юпитера, а скопления NH_3 и CH_4 — как на Уране и Нептуне.

— «Да, — подумала она, — слухи о твердом состоянии аргона и ксенона не были преувеличены, теперь газы и железо поменялись ролями. Газы играют роль огнеупоров, в то время как железо — летучего компонента».

На глубине 1200 км стишовит, как и предупреждал, уступил место ромбическому минералу со структурой $CaCl_2$, которому нипочем давления аж в 50 ГПа. А при 100 ГПа хорошо себя чувствовали зейфертит и какие-то неизвестные магниевые силикаты — тоже со структурой перовскита.

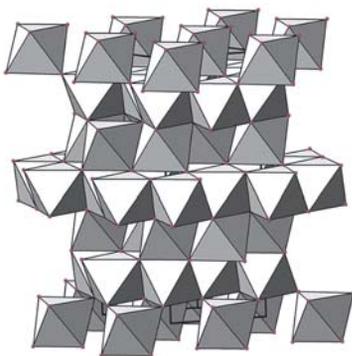
Но еще больше она удивилась, когда повстречала изменившийся до неузнаваемости пироксен. Из моноклинного он стал... ромбическим. Но это еще не все. Куда девалась его знаменитая пироксеновая цепочка из тетраэдров кремния? И что случилось с тетраэдрами вообще? Они превратились в октаэдры и соединились по вершинам и ребрам в слои, между которых



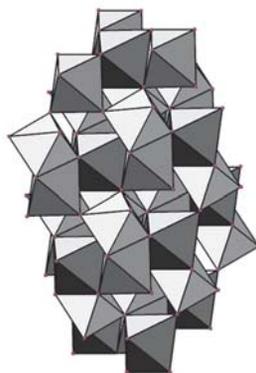
перовскит



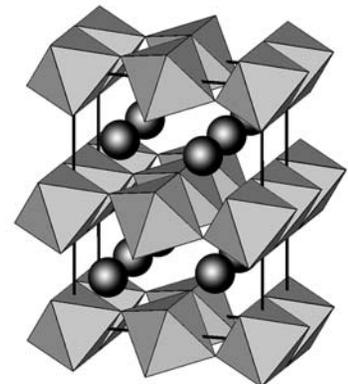
пироксен



корунд



ильменит



постперовскит

ми расположился магний. Это был настоящий «оборотень в погонах», и он очень гордился своей высокой электропроводностью.

Серия шестая

Шпинель убедилась, что в центре Октаэдрии все стремились походить на перовскит и полностью заменяли тетраэдры на октаэдры. Сама шпинель чувствовала, что с ней что-то происходит. Невидимая сила сжимала ее все больше и больше, а жара стояла такая, как будто она была на глубине не 1200, а 1500 км. Еще немножко — и она тоже станет перовскитом. Она так рассчитывала на свою жаропрочность (ведь 2135°C не каждому по карману), но противостоять одновременно и давлению и температуре шпинель не могла. Оливин был прав, предупреждая ее об опасности земных глубин. Нельзя заходить слишком далеко. Но как же быть? Неужели весь этот путь проделан зря, и она так и не узнает, что прячет Земля под своей мантией?

Случай помог ей. Она познакомилась с плюмами, которые живут как раз под мантией, в загадочном слое D. Здесь глубина 2700—2900 км, а давление зашкаливает за 100 ГПа, и мантия начинает плавиться. Местами плюмы пробиваются сквозь нее к поверхности Земли, а шпинель как раз оказалась на их пути. Конечно, тепло-массо-поток (так называют их ученые) очень подвижны и капризны, а их информация изменчива и порой противоречива, но шпинель смогла найти с ними общий язык и воспользовалась этой встречей, чтобы узнать как можно больше о местах, куда она уже не могла добраться.

Плюмы рассказали, что в нижней мантии при 70 ГПа **вюстит** FeO, который всегда был похож на галит, металлизировался

и стал походить на **никелин**. И хотя благодаря температуре плавления 5000 К он смог выжить на границе нижней мантии и слоя D, его железо частично превратилось в трехвалентное. Здесь, в невероятно суровых условиях, не только в вюстите, но и в перовскитоподобных и постперовскитовых минералах железо из двухвалентного становится трехвалентным и стремится заполнить не только Mg-позиции, но и Si-позиции тоже, благо выравнивание расстояний в полиэдрах способствует такому беспределу. Даже корунд становится ромбическим и на глубине 2100 км при 90 ГПа теряет анионную плотнейшую упаковку. Но настоящая сенсация — металлическое железо Fe⁰. Конечно, все превращения сопровождаются выделением громадного количества тепла, которое дополнительно разогревает мантию еще на 100°.

В слое D, где нешуточные температуры в 3000 К, расплавленное железо набрасывается на (Mg,Fe)SiO₃ со структурой перовскита и отбирает у него кремний и кислород. Немногие минералы средней и нижней мантии (даже стишовит) выживают в слое D. И конечно же, там образуются невиданные и совершенно необычные минералы, такие как FeSi. Но основной минерал слоя D — MgSiO₃ со структурой плотнее, чем у перовскита.

Серия седьмая

О внутреннем ядре, куда не ступала нога минерала, никто (даже плюмы) не знал ничего достоверного. Предполагали, что там находится сплав железа и никеля, который вплоть до 260 ГПа сохраняет гексагональную плотнейшую упаковку атомов металла. Любопытная шпинель смогла разузнать, что эта таинственная область имеет радиус 1225 км, она твердая, очень плотная (12.5 г/см³), го-

рячая и отделена от мантии вязкой жидкостью. Переплыть вязкое кипящее море с радиусом 3500 км, чтобы достичь ядра, никто не решался. Подозревали, что в жидкости есть и некоторые легкие элементы (Si, S, O, C и H), поскольку она менее плотная, чем ядро. Конечно, и в ядре есть некоторые легкие элементы, такие как Si и S и даже O. И железо с ними соединяется, как, например, Fe₃S. Поговаривали также, что там возможен и минерал FeH (?!). Но особенно интригующей была легенда о том, что в ядре при ужасающем давлении прекрасно себя чувствует особое, никем не виданное эпсилон-железо, у которого атомы укладываются по закону гексагональной плотнейшей упаковки, а это значит, что такое железо самое тяжелое на свете.

— «Как романтично!.. — подумала шпинель. — Наверное, этот тяжелый «камушек» под мантией Земля держит для того, чтобы ее куда-нибудь не сдуло...»

Эпилог

Но вот путешествие по стране Октаэдрии подошло к концу. Оно вполне удалось. Шпинель узнала много интересного и обзавелась новыми друзьями. Но навсегда оставаться в этих жарких краях и жить в кромешной тьме ей не хотелось. Конечно, к жаре можно привыкнуть, да и темнота ее мало смущала — здесь все научились видеть внутренним зрением. Но она тосковала по свободе, все время хотелось выпрямиться и расправить плечи. Ей не хватало пения птиц, шума ветра и дождя, ручейков, в которых так весело кувыркаться. К тому же там наверняка ее ждали верный оливин и множество друзей. Ей будет что им рассказать... Она попрощалась с гостеприимными плюмами и отправилась на поиски базальтовой магмы... ■

Сказка про Нана

Жил-был наномальчик. Папа и мама получили его не традиционно, как все люди, а методом супрамолекулярной самосборки на наноразмерном темплате. Роды были трудными, но помогли современные нанотехнологии. Для кормления ребенка использовали атомную капельницу силового микроскопа. Мальчику дали имя Нан, ласково Нанчик.

Нанчик быстро рос, и через некоторое время его уже можно было разглядеть даже в простой, а не электронный просвечивающий микроскоп. Родители сначала никак не могли подобрать игрушки для ребенка, но он нашел их сам. У него был фуллереновый футбольный мяч и даже мяч для игры в регби. Папа их как-то принес с работы и забыл дома. Не было только Нанчику с кем играть. Но он и сам увлеченно играл с молекулярными гироскопами и магнитными компасами, вязал молекулярные узлы и, как мальчик, естественно, возился с многочисленными молекулярными машинами, лестницами и даже ножницами. Мама только не разрешала трогать молекулярные нанопровода, проводящие нанотрубки и подходить к квантовым точкам. Как многие женщины, она побаивалась электричества и квантовых флуктуаций. В последнем она мало что понимала, но за ребенка боялась.

Появление Нана на свет вызвало реакцию общественности в стране, включая самый высокий уровень. Сам Президент, человек широко образованный, в своем ежегодном послании Федеральному собранию несколько раз употребил такие непонятные, но значимые слова, как наноиндустрия и нанотехнологии, а министр обороны

сказал, что это сильно поднимет обороноспособность страны. Однако больше всех радовался первый вице-премьер, так как появление нанодетей улучшит демографическую ситуацию в стране и поможет решить жилищную проблему без дополнительных затрат. Ведь нанолюди вполне могут жить в недорогих MOF'ах, а их строительство уже шло полным ходом. Кроме того, такие нанодома получаются методом самосборки, без больших проблем со строителями и их регистрацией, а сами дома к тому же прочны, как нанотрубки. В холодное время их можно отапливать водородом или легкими углеводородами — недорогим топливом, которое можно поставлять в дома в виде наноструктурированных газовых конденсатов.

Когда Нан подрос, он захотел путешествовать. Родители не сильно возражали, поскольку ребенок был самоорганизован и все время искал для себя пути применения в наноиндустрии, а за это уже неплохо платили по сравнению с другими отраслями, даже супрамолекулярными. К тому же мама заканчивала диссертацию по самосборке и спонтанному растворению кристаллов поваренной соли, добавляемых в еду. Она выяснила, что если сильно пересолить, например, грибной суп, а потом охладить, то выпадают наноструктурированные мозаичные кристаллы кубического хлорида натрия с размером блока мозаики порядка тысячи ангстрем (т.е. около 100 нм). Поваренная соль, таким образом, — типичный самоорганизующийся нанообъект.

Хотя теория мозаичного строения кристаллов и рассеяния ими рентгеновского излучения была разработана Эвальдом еще в 1925 г., ее экспери-

ментальное подтверждение на наноуровне и новое осмысление было получено совсем недавно с использованием новейших достижений нанотехники. Ученый совет института даже предложил рассматривать этот результат как научное открытие, но тут помешал ряд других уже почти оформленных заявок в Комитете по науке и изобретениям. Там фигурировали заявки на управление химическими процессами с помощью торсионных полей, трансмутации элементов, холодного термояда и ряда других, в том числе магнитного вечного двигателя.

Нанов папа тоже работал в области физхимии, точнее, коллоидной химии — предметом ныне почти забытым и архаичным. Папа по заказу составлял большую новую наноэнциклопедию, а его молодые сотрудники писали наноазбуку для будущих поколений. Работа не очень клеилась, поскольку он много знал из старой до-нанонауки и поэтому нередко закрывал «новые» наноэффекты, а это не нравилось молодому руководству, которое пообещало высшему начальству в ближайшее время все перевести на атомно-молекулярный наноуровень, даже включая медицинское обслуживание пенсионеров. Долго приходилось доказывать, что многие наноэффекты и явления уже давно известны, например зависимость удельной активности катализаторов от размера частиц, суперпарамагнетизм, размерные эффекты проводимости малых частиц, методы стабилизации гелей и зольей и рассеяние ими света и т.д. Не будучи понятым, папа впал в запой. С деньгами было плохо, и он разводил лабораторный спирт водой по Менделееву — в отношении 2:3. Чтобы ускорить процесс супрамолеку-

лярной самоорганизации на-питка за счет компенсации всех водородных связей, он достал в соседней лаборатории спи-санную ультразвуковую баню и получал желаемый напиток (хоть «Столичную», хоть «Гжел-ку») за считанные минуты. Нуж-ны были лишь незначительные отдушки и чуть-чуть ацетата на-трия для мягкости.

Но и это изобретение, полу-чившее одобрение коллег, папу не успокаивало. Ему хотелось признания, хотя бы частичного, своей классической точки зре-ния. Однажды он пошел на тол-кучку возле института и всего за 150 кубиков только что изгото-вленной им «Богородской мяг-кой» приобрел бритву Оккамы*. Она была старой и проржавев-шей, так как ею давно не пользо-вались. Но на Ученом совете к папе не прислушались, когда он говорил про бритву, сочтя его призывы не умножать сущ-ностей противоречащими на-ступательному характеру нано-науки и целевому настрою руко-водства страны поднять все на-селение на уже готовые нано-рельсы. На том же Совете папу еще и ретроградом обозвали — ведь Оккама жил 700 лет назад. В итоге папа сник и стал снова анализировать когда-то давно им сделанные, но не опублико-ванные структуры кристаллов на языке не просто кристалличес-ких упаковок, как он всю жизнь легко делал и описывал извест-ными раньше словами, а на язы-ке супрамолекулярных ансамб-лей, и даже нашел в них какие-то синтоны, наноканалы, нанопо-ры и прочие порой замыслова-тые архитектурные сооружения. В конце концов, ему дали грант РФФИ, что позволило папе не тратить время, повторяя опыты Менделеева, которого он крайне зауважал с тех пор.

Между тем Нан продолжал начатое путешествие по нано-

миру. Все ему здесь было инте-ресно, но многое и непонятно. Он часто вспоминал разговоры с папой о науке и некоторые рассказанные им исторические примеры, размышления о кото-рых приводили порой к не сов-сем радостным мыслям и анало-гиям. В частности, папа расска-зывал, что когда открыли высо-котемпературную сверхпрово-димость (ВТСП), деньги, им-портные приборы, поездки и т.д. на некоторых ученых какое-то время лились рекой. Все ожида-ли прорыва — скорейшего появ-ления скоростных поездов на магнитных подушках, мощных линий электропередач и много других чудес, но все как-то бы-стро закончилось ничем. Нану очень хотелось, чтобы такого же не случилось с нанотехноло-гиями и наноиндустрией — ведь руководство страны уже призва-ло население достичь в этих об-ластях мировых рубежей и при-оритетов и дало в надежные ру-ки большие средства на опере-жающее развитие этих направ-лений. И получится как-то не-ловко, если все сорвется, — по-думал он.

Однажды, размышляя над этим, Нан бродил в нанолесу, сбился с тропинки и заблудился. Разросшиеся нанодендриты хва-тали за ноги, нанофотонные кристаллы переливались в лучах заката ядовитыми фиолетовыми и оранжевыми оттенками, обы-чно незвучные фотонные кри-сталлы опала зловеще мерцали всеми цветами радуги, сквозь дыры в нанотрубках просачива-лись и противно журчали неиз-вестные Нану водные наноклас-теры, а наноструктурированные ионные жидкости противно чав-кали под давно промокшими но-гами. Началась гроза, и пошел сильный ливень. Нан вымок на-сквозь и замерз. Он впервые пожалел, что не взял на дорогу непромокаемое нанобелье на супрамолекулярной основе и малофуллереновую палатку с прочным и легким нанотрубча-тым каркасом. Но у Нана было с собой совсем новое нанокал-

сулированное лекарство от про-студы (папа позаимствовал на какой-то американской выстав-ке «на пробу»), а также пузырек с народным, как сказал папа, средством для растирания и воз-можного приема внутрь исклю-чительно в медицинских целях. В общем, Нан не заболел, а поут-ру, когда солнце встало и кон-чился дождь, лето снова закру-жило лес, траву, цветы, небо и землю в каком-то супрамоле-кулярном и совсем несооргани-зованном хаосе.

Из леса Нан вскоре вышел на красивую поляну. Внизу текла небольшая речка, с обеих сто-рон поляны вдалеке виднелись синие горы, а сзади чернел на-нолес, в котором Нан и заблу-дился ночью. Посередине поля-ны стоял большой красивый дом, построенный по самым со-временным нанотехнологиям с использованием новейших до-стижений науки о материалах (сверхпрочный нанокаркас, фо-тонные наностекла, самозажив-ляющиеся биокирпичи, много-численные сенсоры на супрамо-лекулярной основе, солнечные батареи на крыше, нанострукту-рированные светоизлучающие диоды на молекулярных шарни-рах для освещения и т.д.). Над домом возвышалась молеку-лярная тарелка-антенна, замас-кированная под нейронную на-носеть, которую используют в биоинформатике и прочих на-нофотонных биотехнологиях. Прямо изба на курьих ножках — подумал Нан — тогда где же здесь баба-Яга?

Однако вместо бабы-Яги на поляну выехал небольшой нано-трактор с фуллереновыми ша-рами-колесами и энергосбере-гающим водородным двигате-лем. В кузове трактора был уро-жай — проросшие нанокристал-лы окиси титана и цинка, исп-пользуемые как основа мазей против солнечного загара и в производстве солнечных оч-ков. Пожалуй, кроме давно изве-стных лазеров и композитов на основе таких окислов, это было почти единственное новое при-

* Методологический принцип, назван-ный по имени английского монаха францисканца У.Оккама. Упрощенно принцип гласит: не следует множить су-щес без необходимости. — *Примеч. ред.*

менение наноматериалов, о котором Нан знал к тому времени. За рулем же сидела симпатичная девушка, которая сразу понравилась Нану, и он моментально потерял интерес ко всяким мажам, наноструктурам и способам их самонанесения. Молодые люди познакомились и сразу подружились. Девушку звали Супра, она отдыхала на даче у дедушки — нобелевского лауреата. Сам дедушка постоянно разъезжал по всему миру с лекциями, а Супра почти все свои каникулы и просто свободное время проводила здесь, на даче, иногда переделывая от руки старые прозрачки для очередной дедушкиной лекции на новую тему. Старик терпеть не мог современные ноутбуки и электронные презентации, а лазерной указкой постоянно светил в глаз кому-либо из слушателей.

Нан и Супра жили дружно и интересно. Днями Нан собирал в лесу саморастущие наногрибы и ловил самоклюющую рыбу, а Супра сушила на солнце старые нанослои, используемые вместо одеял и ковров, пыталась заниматься их самосборкой, но что-то не получалось и все приходилось делать своими руками. Видимо, как ей подсказал Нан, надо было сменить супрамолекулярный растворитель и поменять полярность среды для устойчивости нанодетергентов. Однако в ближайшей керосинной лавке все растворители уже давно продали, а чтобы купить новые, надо было писать какие-то тендеры, участвовать в непонятных лотах, оформлять сложные заявки и писать многочисленные обоснования. На это уходило очень много времени и сил, а доставка товаров длилась неделями.

С рыбалкой у Нана открылось понимание нового термина «конфаймент», широко используемого в нанонауке. Оказалось, что если в реке сделать запруду и единственную протоку загородить наносеткой, то на границе раздела вода—воздух рыбы ловится много больше.

Особенно хороша также рыбалка на самонасаживающихся молекулярно-магнитных живцов. Кроме того, Нан выяснил, что квантовые точки на основе наноструктурированных халькогенидов мышьяка и висмута прекрасно хватают раки, и поэтому ребята всегда были сыты и довольны. Что же касается слова «конфаймент», то оно нравилось Нану просто по звучанию. Правда, от папы он знал и некоторые иные до-нанонаучные занятные термины типа «эффекта узкого фононного горла» (папа почему-то любил повторять его) или «вибронная мексиканская шляпа».

Вечера у молодых людей тоже проходили тихо и спокойно. Нан что-то постоянно ремонтировал в доме — то обгоревшие нанопровода, то окислившиеся и барахлившие молекулярные выключатели и транзисторы, то молекулярные насосы, качавшие воду в противоположном направлении, то нанофильтры, засорившиеся супрадендритами. Нан не раз вспоминал папу, который все такие мелкие ремонты быстро делал дома с помощью простой отвертки, пассатижей, разводного ключа и куска изоляционной ленты или пакли. Теперь же надо было доставать атомный силовой микроскоп и капать атомы поштучно на разорванные химические связи для их восстановления в нанопроводах и транзисторах или заживлять молекулярные насосы разными супрамолекулярными добавками. Работа была сложной, так как часто нарушалась стехиометрия самоорганизации, мешали тепловые шумы, а работу с атомной капельницей затрудняли туннельные эффекты и квантовые флуктуации.

Супра вечерами читала старые дедушкины книги по физхимии. В них не было большинства непонятных ей нано- и супратерминов, хотя картина природы в рамках устаревших категорий выглядела вполне логично. Иногда Супра шила. Ей

особенно удавались короткие самонадевающиеся юбки «а-ля» каликсарен с супрамолекулярными застежками. Ранее она также часто шила кукурбитуриловые комплекты, но они начали выходить из моды, да к тому же это была скорее зимняя одежда. Также ей очень удавались дамские шляпки из легких нанопористых материалов с пышными супрамолекулярными антеннами вместо павлиньих перьев. Как-то, работая поздно вечером, она обнаружила с удивлением, что перья павлинов, как и чешуйки на крыльях бабочек, есть просто фотонный нанокристалл.

На досуге молодые люди часто играли в «скрэбл» со словами исключительно из наноазбуки, а Нан порой развлекался в «крестики-нолики» с молекулярным нанокomпьютером, но из-за квантовых флуктуаций тот постоянно сбивался, переходя в двоичные коды, или просто жутьничал.

Однажды вечером, когда шел сильный дождь и наноразмерные водяные капли барабанили по фотонному стеклу, к ним постучали, и в комнату вошел симпатичный молодой человек, судя по всему чуть моложе Нана. Это был Спинтроник, как выяснилось после знакомства. Так же как недавно и Нан, он заблудился в лесу, хотя весь был обвешан молекулярными магнитными компасами, кластерами и прочими атрибутами супрамолекулярной наномангнетики. Спинтроник вместе с родителями недавно переехал из Питера в Москву, где папа сразу пошел на ответственную руководящую работу в Агентство по силовому образованию (хотя специального образования не имел и занимался до этого мелким мебельным бизнесом), а сына пристроил в престижный вуз. Спинтроник увлекался мета- и супернаномангнетизмом, ходил заниматься на кафедру научного менеджмента и учился с удовольствием. Дополнительная специальность при родительской и прочей пи-

терской поддержке помогла бы ему в ближайшем будущем занять позицию председателя Совета каких-либо директоров, а также заработать орден за получение диплома и заслуги перед Отечеством.

Спинтроник рассказал, что первые успехи от супрамолекулярной нанонизации и самоорганизации в целом по стране и регионам оказались ошеломляющими. Поэтому Совет по науке и инновациям решил просить выделения дополнительных средств (уже выделенные быстро заканчивались) для дальнейшей обнанонизации и структурирования всей страны, чтобы сохранить мировое лидерство в данной области. Но Америка почему-то возвращается к старому, в частности, недавно созданный крупный фонд NSF (Nano-Science Foundation) был переименован в традиционный NSF (National Science Foundation), который стал вновь рас-

сматривать научные заявки без ключевых слов «нано» и «супра» в названии проектов. Для повышения эффективности исследований в наносфере, — продолжал Спинтроник, — решено создать несколько технологичных «нанозон» с переводом в них ведущих специалистов и при этом повысить им нанозарплату (правда, они вряд ли в ней нуждались бы на зоне). Людей пенсионного возраста, желающих продолжать исследования в нано- или супрасферах, собирались переселить по их желанию в нанопоселки возле зон и зеленых насаждений. Там было намечено широкое наностроительство, и начала развиваться супраипотека. Много чего еще рассказал Спинтроник, и чем больше он говорил, тем больше хмурились и расстраивались его слушатели.

На следующее утро Спинтроннику надо было возвращаться в Москву. Но у подлетевшего

к дому нановертолета сломался супрамолекулярный винт, и пока его ремонтировали, ребята успели позавтракать саморастущими в саду фруктами и овощами, а также нанокапсулированными пирожками, которые Супра недавно научилась готовить в молекулярной печи. Они тепло попрощались, и Спинтроник обещал прилететь снова. Ему очень понравилось в этой компании. Нан же и Супра попросили своего товарища привезти в следующий раз побольше старых учебников, а также найти бритву Оккамы, поскольку читать современную научную литературу становилось все труднее — она, как бы, была написана другим языком, не всегда понятным. И еще они просили непременно привезти старое бумажное издание сказки про старого короля. ■

Г.-Х. А.-Младший

Население нашей планеты, как известно, стареет год от года из-за увеличения продолжительности жизни. Тем не менее отдельные личности стремятся к бессмертию, желая сохранить себя для своих родственников и друзей. Для этого разрабатываются специальные методы консервации, например, глубокая заморозка тела или его фрагментов в атмосфере жидкого азота. По прошествии означенного в заветании срока тело необходимо оживить, но пока не найдены способы такого возвращения к жизни. Поскольку метод

консервации и хранения чрезвычайно дорог, надежду на бессмертие пока могут питать только очень состоятельные люди.

Но теперь, по всей видимости, и у любого желающего появится возможность радовать близких после расставания с земной жизнью. Нужно лишь выделить ДНК усопшего и сохранить ее в виде мемориального растения — любого комнатного цветка или даже дуба. Правда, домашние цветы весьма недолговечны, а жизнь дерева может измеряться столетиями, так что ориентироваться лучше

на дубы или секвойи. Когда родственники пожелают общаться не с растением, а с покойным, можно извлечь из древесных клеток его наследственную молекулу и воссоздать любимого человека.

Гипотетически такое клонирование человека совсем не за горами, но пока нигде в мире нет закона, который разрешал бы подобную манипуляцию. Однако ученые полагают, что сумеют справиться с юридическими и этическими проблемами.

<http://www.bessmertie.ru>

Веселые ЕГЭизмы

Несколько лет подряд я проверял работы выпускников школ — будущих студентов, сдающих Единый государственный экзамен по биологии. Любой педагог, хоть однажды оценивавший учебные ответы части С (задания с развернутым ответом) ЕГЭ, наверняка помнит серьезные лица коллег и разлитое по аудитории ощущение сосредоточенности. Но в этом море молчания периодически всплывают островки улыбок, когда экзаменатор задерживается на особо «выдающейся» фразе ученика.

Здесь приведены несколько таких биологических «ЕГЭизмов», записанных мною во время проверки работ. К ним не добавлено ни слова, лишь местами исправлены орфография и пунктуация. Такие ответы — лишнее напоминание о том, насколько тверд орешек знаний, который оказывается «по зубам» далеко не каждому.

* * *

Растение семейства мотыльковых...

* * *

Плод бобовых — это бобы, которые находятся в стручке. Плод капустных — это качан, который состоит из множества листьев.

* * *

Семейство капустные (крестцовые).

* * *

Некоторые грибы, в отличие от растений, размножаются половым способом.

* * *

Гриб зарождается и развивается в гробнице.

* * *

Кто-то собирает грибы для пищи, а кто-то для благ (кормят белок).

* * *

Бывают растения скороспелые и позднеспелые, и я считаю, что гидра относится к позднеспелым, потому что она цвела долго и расцвела только осенью. А животные тоже разные. Например, медведь питается ягодами в раннюю осень и к зиме уже падает в спячку, а, например, лошадь ест траву наоборот весной.

* * *

Человек заражается аскаридами через кровь или половой контакт.

* * *

Кольчатые черви — это наиболее высокоорганизованные насекомые-паразиты среди других червей. Вообще-то каждый вид червей относят к паразитам.

* * *

Моллюски произошли от древних земноводных рыб.

* * *

Тело моллюска состоит из головы, панциря и ног. Обитающие в воде моллюски дышат с помощью нервных окончаний на панцире.

* * *

Моллюски — тип не беспозвоночных животных, а беспозвоночных пресмыкающихся.

* * *

Перловицы питаются семенами перловки, а беззубки — перемолотой пищей.

* * *

У насекомых может быть не только четыре пары ног, но и меньше или больше в связи с различиями видов насекомых и среды обитания.

* * *

У насекомых две пары ног, а не четыре.

* * *

Развитие из личинки в куклу.

* * *

Бабочки и жуки проходят четыре стадии превращения: кокон—куполка—жужелица—бабочка.

* * *

Бабочки и жуки проходят четыре стадии превращения: личинка—гоган—бабочка—жук.

* * *

Саранчу и кузнечика относят к насекомым с неполным превращением, так как у них плохо развиты крылья, они в основном прыгают.

* * *

Бабочек и жуков относят к насекомым с полным превращением, потому что они уже прошли все стадии превращения, и эта стадия последняя.

* * *

Мелкие птицы помещаются жить на бегемотах.

* * *

Куриные птицы своими сильными ногами с длинными изогнутыми когтями могут разрывать снег и из-под снега добывать бруснику.

* * *

Куриные птицы могут хватать добычу на лету своими длинными когтями, а также они могут сидеть на ветках, вцепившись когтями и ждать своей добычи.

* * *

Очень многие из хищных птиц занесены в Красную книгу, так как происходит их массовое истребление из-за их больших размеров и полезного и вкусного мяса.

* * *

Со временем хищные птицы умирают и становятся падалью.

* * *

Если пасутся козы, то растения погибают, так как у коз ядовитые слюны.

* * *

У зайца-беляка представительная окраска.

* * *

Птицы и млекопитающие достигли успеха в освоении Земли благодаря приручению людьми диких кур и других птиц и животных (коров, собак и т.п.).

* * *

Тело животных покрыто хордой.

* * *

Детям рекомендуется принимать солнечные ванны, так как при нагревании вода поглощает солнечную энергию, а это очень полезно для детского организма.

* * *

В углекислом газе содержится гемоглобин.

* * *

Функции пластид в клетке в том, что пластиды задерживают заражение клетки; защищают ее от вредной среды; успокаивают клетку от раздражения.

* * *

Бактерии приносят вред людям: в домах вылезают на стенах или в погребах.

* * *

Мясные и рыбные продукты богаты белком, и если их не закрывать, все питательные вещества исчезают.

* * *

Простая цепь питания: мышь—заяц—лиса—человек.

* * *

Сова по отношению к мыши — это хищник, который ею питается. Мышь поедает еще кого-то, и для них она тоже является консументом II порядка. Если бы мышь поела сову, то все было бы наоборот: сова — консумент I порядка, а мышь — консумент II порядка.

* * *

В экосистемах на первом месте в цепях питания стоит хемотрофа, потому что она очень вкусная.

* * *

В данное время, т.е. в современное, можно совершенно все, так скажем, не все, но многое. Ну а от бактерий уже никуда не деться, они всегда были, есть и будут. Бактерии присутствуют даже вплоть до внутренностей человека. С одной стороны это хорошо. Например, при поцелуе несколько процентов бактерий от партнера переходит к партнеру. В книгах даже пишут, чтобы желательней они переходили. Это играет роль для здоровья человека.

* * *

Отличия царства растений от животных в том, что растения слабо подчиняются воле человека; животные размножаются половым размножением, а растения — семенами; животные обладают такой способностью как человек (кормит, греет, учит своих потомков).

* * *

В митохондриях размещаются кресты.

* * *

Митохондрии входят в основу всей клетчатки клетки.

* * *

У мужчин хромосом больше, чем у женщин.

* * *

Половые клетки мужчин содержат 46 хромосом, а женщин — 23.

* * *

Мутационный процесс ведет к деформации видов.

* * *

В первом поколении доминантом стал отец, а во втором — мать.

* * *

Основные свойства модификационной изменчивости заключаются в том, что генотип не затрагивается и особь остается не тронутой.

* * *

В практике сельского хозяйства горох часто сеют вместе с овсом, потому что они могут скреститься и дать новый вид, так как у них условия одинаковые.

* * *

Все произошло от генетики, и человек в том числе.

* * *

Вавилов скрещивал землянику с вишней. Первые опыты у него не получились. Он никак не мог определить наборы хромосом. Когда сорт получился, она получилась формой земляники, а сладким вкусом вишни.

* * *

Сущность работ Н.Вавилова в том, что он всеми умственными способностями расширял мир природы, добавляя в нее разнообразия и красоты.

* * *

Декоративные кустарники обрезают, чтобы была хорошая освещенность корням.

* * *

Скрещивание разных особей невозможно. Таковы законы природы.

* * *

Зародышевые листки: эктодерма, энтодерма, цитоплазма.

* * *

Развитие зародыша в утробе матери можно сравнить с развитием тритона.

* * *

Человек в своей длительной эволюции приобрел прогрессивные биологические черты: во-первых, это вырубка и уничтожение больших запасов лесов; во-вторых, загрязнение рек, озер и болот; в-третьих, уничтожение запасов природы и всего ее богатства.

* * *

Гуморальная регуляция — это регуляция физиологических функций с помощью морали и нравственности.

© Корсун О.В.,

кандидат биологических наук

Забайкальский государственный гуманитарно-педагогический университет им.Н.Г.Чернышевского

Чита

Когда бастуют врачи и не работают больницы, количество госпитализированных пациентов сокращается, а смертность уменьшается на 20—50%. Такую информацию государственные мужи не рекомендуют сообщать в печати, чтобы не пугать людей.

<http://www.medstat>

Больного ребенка, которому был поставлен первоначальный диагноз пневмония, пришлось оперировать, так как, несмотря на проведенный курс лечения, облегчение не наступило.

Врачам ничего не оставалось, как вскрыть грудную клетку. Хирурги несказанно удивились, когда обнаружили, что в правом легком растет трава. Ее удалили, и ребенок стал поправляться. Родители утверждают, что такая же трава растет на детской площадке, поэтому врачи полагают, что семена попали в легкие при дыхании и нашли там благоприятные условия для роста.

<http://www.skalpel>

Нервная система кишечника, устроенная довольно слож-

но, фактически представляет собой второй мозг. Он самостоятельно решает все, что относится к пищеварению, на всем протяжении ЖКТ, от пищевода до прямой кишки. Кишечный мозг использует те же инструменты, что и благородный (сеть нейронных цепей, медиаторы и белки), и своим трудом разгружает головной мозг от ненужной работы. В исследованиях доказано, что оба мозга, будучи автономными, находятся, тем не менее, в постоянном контакте.

www.kischki.ru

Гомогенизация населения

Из научных трактатов

Инсайт и есть возникновение гештальта...

...устойчивость циркумполярных человеческих сообществ...

...становление государственности... способствовало гомогенизации населения...

...русские кластеризуются с популяциями Центра Европы...

Ящер характеризуется... немногочисленными зубами на небольшой голове...

На осадке, который оставался на теле ученых, если он вскоре затвердевал, хорошо отпечатываются следы.

...причинные микробы...

На электронной микрофотографии видно, что частица обладает высокой механической прочностью.

...весной и осенью проходит сильно выраженный пролет птиц, берущий свое происхождение из более северных регионов...

В результате смерти организмов или отмирания их частей...

Гибель организмов может быть... естественной, постепенной.

Исследовались... экскурсии грудной клетки при дыхании.

Научение путем наблюдения у крыс.

Полученные данные свидетельствуют, что концентрация резервных веществ, а также утизинов и гормонов... оказывают значительное влияние на пищевое поведение рыб.

...учитывались возраст особей, район или место логова офлаженной семьи.

Пищеварительный тракт — самая протяженная система человеческого организма.

Селективность орудий лова определяет размерную группу в эксплуатируемой популяции рыб, которая объячеивается...

Структура рекламной вокализации чернобровой камышевки

Вокальное поведение лисиц на человека предопределено генетически

Во **время** хоминга **время** возвращения птиц зависит от **времени** выпуска, погоды и состояния птицы, из-за необходимости **вовремя** считывать информацию о местоположении солнца над горизонтом.

Они имеют характер лабильных постоянных...

...птены издают акустические сигналы, обозначающие их желание к приему пищи.

...нет никакой разницы между трансгенами и генами из генома пищи...

Быстрое нагревание климата вызывает генетические изменения у плодовой мушки.

Показателем численности служила площадь...

За последние 200 лет человечество выросло на 30 см.

Известный диетолог Лайнус Полинг считал, что, потребляя вволю витамин С, можно продлить жизнь на 16—24 кг.

...вовлечение в гистоэнзиматическую практику квалитетических методов придаст строгость данной категории исследований...



Мир эволюциониста Джулиана Хаксли

М.Д.Голубовский,
доктор биологических наук
Санкт-Петербург

Научные монографии в современной биологии подобны картинам с выцветавшими красками. Они неумолимо блекнут вскоре после выхода под напором новых фактов и опытов быстротекущей жизни. Это сравнение мудреца-цитолога В.Я.Александрова в меньшей степени относится к книгам по истории науки. Здесь ситуация зачастую обратная. Историк науки подобен археологу. Он обращается к первоисточникам и расчищает под наслоениями последующих знаний то, что было забыто, неправильно истолковано или стало научной мифологией.

Именно такое впечатление оставляет книга Я.М.Галла «Джулиан Сорелл Хаксли. 1887—1975», вышедшая в 2004 г. Выдающийся английский биолог, крупнейший эволюционист XX в. и организатор науки Джулиан Хаксли руководил зоологическими кафедрами университетов Оксфорда и Лондона, был секретарем Лондонского зоологического и президентом Евгенического общества, стоял у истоков обществ по поведению животных, изучению эволюции, возглавлял Ассоциацию научных работников Великобритании. Он работал в разных областях биологии (генетика, эмбриология, динамика развития, орнитология, поведение животных) и в гораздо большей степени, чем другие биологи, способствовал синтезу разных направлений генетики, теории эволюции и систематики. Хаксли

— автор многих научных и научно-популярных книг, по которым учились и приобщались к биологии во всем мире. Он проводил исследования и читал лекции в разных странах Европы, в США и Канаде; создавал музеи и заповедники в Африке. Наконец, Хаксли известен как социальный мыслитель, культуролог, радетель науки и крупный государственный деятель, первый президент ЮНЕСКО.

Написать научную биографию, объемлющую все творчество ученого такого ранга, — дерзновенная и трудная задача. Ее достойно выполнил историк биологии Яков Михайлович Галл. Недаром его книга выходит в этом году в Англии.

Джулиан Хаксли принадлежал к старинному роду, давшему Великобритании немало выдающихся деятелей. В этой семье несомненно произошло накопление генов и традиций, сопутствующих рождению и становлению талантов. Аура деда, Томаса Хаксли, соратника Дарвина и страстного проповедника его учения, всегда сопровождала творчество Джулиана. Его родной брат Олдос — всемирно известный писатель, автор знаменитой антиутопии 1930-х годов «Этот дивный новый мир» и необычного эссе-исследования «Двери восприятия» (1954), вызвавшего научный интерес к изучению измененных состояний сознания под действием психотропных средств. Другой (сводный) брат, Эндрю, стал лауреатом Нобелевской премии по физиологии. Таланты, подобно кристаллам, зарождаются



Джулиан Хаксли с огненной саламандрой. 1953 г.

и растут в среде, где один крупный талант служит затравкой для становления других.

Притягательность самого Хаксли как ученого определяется поразительной широтой его биологических познаний, даром эволюционного фокусирования всех экспериментов и ярким концептуальным мышлением. Я уверен, что до обсуждаемой здесь монографии, по сути первой научной биографии Хаксли, большинство биологов в России вряд ли представляли себе весь спектр экспериментально-теоретических исследований ученого.

Натуралист и экспериментатор

Его первой любовью стала орнитология, которой он остался верен всю жизнь. В 1914 г.

Хаксли провел классический анализ ритуала ухаживания и любовных игр у большой поганки. Он обнаружил, что у этих водоплавающих птиц, не имеющих внешних половых различий, ритуальные игры между полами продолжаются и после спаривания, преобразуясь в символы желаний держаться парами. Хаксли впервые применил к анализу поведения животных в естественной среде их обитания антропоморфные термины: *ритуал, смещенное поведение, символ, воодушевление, радостные эмоции*. Эта смелая новация вошла в основание этологии — зарождающейся науки об эволюционном поведении животных.

Именно пионерские исследования Хаксли, по ретроспективной оценке К.Лоренца, позволили понять, как свойственные всем животным импульсы внутри- и межвидовой спонтанной агрессии гасятся, входят в безопасное русло и преобразуются в чисто символические церемонии, которые сплачивают двух или большее число собратьев по виду. Как считает Лоренц, назвав безо всяких кавычек этот процесс *ритуализацией*, Хаксли «без колебаний отождествил культурно-исторические процессы, ведущие к возникновению человеческих ритуалов, с эволюционными процессами, породившими столь удивительные церемонии у животных. Если бы привычное не закреплялось и не становилось самостоятельным, если бы оно не возвышалось до священной самоцели, не было бы ни достоверного сообщения, ни надежного взаимопонимания» [1].

Вряд ли какая-либо работа прошлого века по поведению животных в природе может сравниться со статьей Дж.Хаксли 1914 г. по ее значению для биологии, социологии и психологии. Недаром спустя 50 лет после этой классической работы Британское Королевское общество организовало в 1965 г. конференцию по ритуализации поведения животных и челове-

ка. В ее трудах, изданных под эгидой и с предисловием Хаксли, наряду с исследованиями этологов вошли статьи о ритуалах в танцах, драме и разговорной речи, в системе образования, в международных отношениях и религии.

В творчестве Хаксли гармонично сочетались натуралист и экспериментатор. После орнитологии и этологии его опытные устремления касались прежде всего экспериментальной эмбриологии и эволюционной биологии развития. Он проводил эти исследования на морских биостанциях в Неаполе (Италия) и Вудс Холл (Массачусетс, США) и в зависимости от задачи выбирал объекты. Так, дедифференцировку и регенерацию изучал на *губках* и *асцидиях*, эффекты голодания и действия ядов на онтогенез у *гидроидов*, действие температуры на ход развития у *амфибий*, проявление генов, влияющих на скорость развития, у *рачка-бокoplава*, аллометрический рост мандибул у *жука-оленья* и рост клешней у *зеленого краба*.

Хаксли-биолог считал необходимым изучать любой биологический факт, любую особенность строения организма одновременно в трех взаимодополняющих аспектах: *как орган устроен и как происходит* тот или иной процесс; *функциональная роль* данного органа или процесса на уровне организма или вида; *возникновение в ходе эволюции*, видовое разнообразие, сравнительно-эволюционный анализ. К этим трем ипостасям биологического факта последователь Хаксли этолог Н.Тинберген добавил аспект онтогенеза. Такова специфика биологии по сравнению с другими науками и изучением иных эволюционирующих систем (планетарных, химических, геологических).

В 1920 г. Хаксли провел опыты по метаморфозу амфибий, вызвавшие большой ажиотаж в газетах. Он обнаружил, что добавление экстракта щитовид-

ной железы быка аксолотлю (водной личинке мексиканского вида саламандры) возобновляет метаморфоз — животное преобразуется во взрослую сухопутную форму. Эти опыты впервые показали, что гормональный фактор, взятый из эволюционно далекой группы, индуцирует метаморфоз у амфибий. Они инициировали целую программу исследований по регуляции этапов развития и роли неотении в эволюции. Неотения или задержка общего развития на ювенильной стадии при нормальном темпе развития органов размножения оказалась широко распространена в эволюции самых разных групп животных и растений.

Сохранение ювенильных признаков предковых форм (фетализация) в ходе взросления весьма характерно и для эволюции человека. У детенышей обезьян нет волос на теле, отсюда метафора: человек — голая обезьяна. Гимен или девственная плева — признак, наблюдаемый в эмбриогенезе половой системы ряда млекопитающих. Удлинение эмбриогенеза и замедление взросления, полагал Хаксли, было решающим фактором антропогенеза, дав возможность длительного обучения и психосоциальной или культурной эволюции. Здесь можно вспомнить замечание Эйнштейна, что своим открытиям он обязан сохранению детской способности удивляться и задавать простые вопросы.

Теоретик-эволюционист

Обычно начало синтеза генетики и дарвинизма связывают с выходом в 1937 г. книги Ф.Г.Добжанского «Генетика и происхождение видов». Однако теперь, после историко-научного анализа Галла, становится ясен приоритет Хаксли. Еще в 1936 г. он представил Британской ассоциации содействия науке специальный Адрес под названием «Естественный отбор

и эволюционный прогресс». В сжатой форме там были рассмотрены самые важные на тот период проблемы эволюционной биологии. Адрес 1936 г. — предтеча знаменитой сводки 1942 г.

Биолог-синтетист (термин Галла) сумел свести воедино арсенал фактов и концепций в области изучения эволюции, накопленный в последарвиновское время вплоть до 40-х годов XX в., и опубликовать в 1942 г. знаменитую сводку «Эволюция: Современный синтез». По свидетельству патриарха современной ботаники А.Л.Тахтаджяна, этот труд в 1948 г. перевели на русский язык, рукопись под редакцией профессора В.В.Алпатовова сдали в издательство, но грянула погромная сессия ВАСХНИЛ, и все пропало. Это вдвойне горестно, ибо в этой сводке, как в никакой другой, широко цитируются работы российских биологов-эволюционистов: В.Алпатовова, Л.Берга, Н.Вавилова, Г.Гаузе, Г.Дементьева, Н.Калабухова, А.Коротнева (статья на немецком 1905—1912 гг. по байкальской фауне), С.Метальникова, А.Промптова, И.Рубцова, Е.Синской, В.Сукачева, Н.Тимофеева-Ресовского, А.Формозова, Б.Шванвича и многие статьи по эволюционной генетике; среди их авторов Р.Л.Берг, С.Гершензон, Н.Дубинин, А.Зуйтин, Н.Ильин и Е.Ильин, Г.Карпеченко, А.Малиновский, Н.Соколов, Г.Тиняков и др.

В 1940 г., когда уже разгоралась пламя Второй мировой войны, Хаксли удалось собрать плеяду блестящих эволюционных биологов (23 автора из пяти стран) в один международный коллектив и выпустить коллективную монографию «Новая систематика». Уместно напомнить, что систематика, по мнению Тахтаджяна, есть «фундамент биологии, ее начало и конец... Без систематики мы никогда не поймем жизнь в ее изумительном многообразии». В круг авторов Хаксли привлек Н.В.Тимофеева-Ресовского, ра-

ботавшего в то время в Германии, и Н.И.Вавилова с его, пожалуй, последней перед арестом и гибелью статьей «Новая систематика культурных растений».

Интересно, что в очерке-предисловии ко второму изданию своих воспоминаний Хаксли отмечал, что факты широко распространения параллелизма и конвергенции вносят существенные изменения в теорию и практику систематики [2]. Многие таксоны могут быть одновременно и *клады* (филогенетические линии единого эволюционного ствола), и *грады* — ансамбли форм, достигшие независимо и конвергентно сходного уровня организации [3]. Впоследствии Н.Н.Воронцов особо отметил большую важность для систематики введенного Хаксли подразделения на *клады* и *грады* [4. С.583]. Ибо из-за неравномерности темпа эволюции и широкого распространения парафилии многие так называемые «естественные группы» на самом деле оказываются не ветвями единого ствола (*кладами*), а уровнями (*градами*) — костистые рыбы, амфибии, рептилии, млекопитающие. И не исключено, что восхождение до уровня человека происходило независимо в разных ветвях.

Действительно, если в центре внимания большинства авторов была связь эволюции и генетики популяций, то Хаксли анализировал триаду «генетика — индивидуальное развитие — эволюция». В этом смысле и его Адрес, и книга 1942 г. предвосхитили современный этап теории эволюции, который ныне сокращенно именуют «*Evo-Devo*», или эволюционная биология развития. Пожалуй, только Р.Гольдшмит может в этом смысле сравниться с Хаксли. Недаром этих двух авторов связывала длительная переписка и параллелизм в подходах к описанию эволюции [5]. Пионерские исследования Гольдшмита и Хаксли, впервые изучивших действие генов, влияющих на скорость

роста, имели большое значение в биологии развития и теории эволюции. Они во многом сформировали положение, что каждый ген должен действовать в ходе развития в определенное время, в определенном месте и надлежащим образом. Таков был ясный вывод Хаксли в сводке 1942 г.: «...большинство генов влияет на скорость, время наступления, продолжительность и тип развития, создавая основу эволюционной изменчивости в каждом из этих направлений» [4. С.555].

Эволюцию в самом общем виде Хаксли определяет как «естественный процесс необратимых изменений, который создает новации, разнообразие и усложнение организации». Вслед за космической (неорганической) эволюцией он выделяет биологическую, а затем *психосоциальную эволюцию*, свойственную только человеку. Он даже вводит специальный термин «психическая энергия», или психэргия (*psynergy*) для основного движущего фактора человеческой эволюции. Если биологическая эволюция основана на самовоспроизведении наследственного вещества, то эволюция человека — на самовоспроизведении и передаче достижений разума (*self-reproducing mind*). Этот оригинальный концепт Хаксли развил затем зоолог и популяризатор Доукинс, введя понятие «*мим*» по аналогии с понятием «ген». Мим — это любой элемент человеческой культуры, любой стереотип поведения, который передается в ряду поколений.

В системе воззрений Хаксли эволюции человека отводилось особое место. В своей статье «Возникновение дарвинизма» он назвал недостатком концепции Дарвина непонимание им «радикальных различий» между человеком и животными и глубокого несходства в характере их эволюции [6]. Хотя Дарвин считал человека высшим достижением эволюции, он не делал резких

отличий между ним и высшими приматами, сводя все к постепенному отбору. Это в свое время вызвало справедливые возражения А.Уоллеса, соавтора теории естественного отбора.

Хаксли полагал названия двух основных книг Дарвина неудачными. Вместо «Происхождение видов» и «Происхождение человека», по его мнению, «Эволюция организмов» и «Восхождение человека» были бы лучше. Эволюция — это прогрессивное восхождение к ее психосоциальной фазе, к человеку — таково было общее видение Хаксли. Многие крупные эволюционисты резко оппонировали (и оппонировать!) этому представлению, называя понятие «прогресс» темным и запутанным. К.Бэрло собрал специальное интересное сопоставление дебатов по этому поводу [7]. Вот, к примеру, страстное, как всегда, оппонирующее мнение Стефана Гулда: «Прогресс — это вредная, укорененная в культуре, непроверяемая, не операциональная и запутанная идея, которую следует заменить, если мы хотим что-либо понять в истории». С этой страстной инвективой вряд ли можно согласиться.

Хаксли относил к эволюционному прогрессу такого рода улучшения организации, которые «позволяют или облегчают возможность последующих улучшений» [8]. Тахтаджян развил этот тезис в рамках более общих представлений о принципах организации и трансформации сложных систем. Системный прогресс — это возникновение структурных и функциональных изменений, ведущих к усовершенствованию всей системы. Бесспорными случаями такого прогресса можно считать происхождение эукариотической клетки, возникновение полового процесса, многоклеточности, фотосинтеза, центральной нервной системы, развитие коры больших полушарий мозга. А в рамках психосоциальной эволюции — открытие огня, возникновение

языка, изобретение колеса, земледелия, технологические и инновационные новшества, от письменности вплоть до Интернета [9].

Евгеника

Она была еще одним проявлением творческой активности эволюциониста Хаксли. В 1920-е годы увлечение евгеникой и соблазн быстрых социальных решений были подобны духовной эпидемии. Ей оказались подвержены многие замечательные генетики: Н.К.Кольцов, Ю.А.Филипченко, друг Хаксли Г.Меллер. Разочарование в этом соблазне воплощено в блистательной метафоре Булгакова в «Собачьем сердце». Профессор Преображенский горестно восклицает: «...я заботился о другом, о евгенике, об улучшении человеческой породы... Вот что получается, когда исследователи, вместо того, чтобы идти ощупью и параллельно с природой, форсируют вопрос... На, получай Шарикова, и ешь его с кашей... Зачем надо искусственно фабриковать Спиноз, когда любая баба может родить его когда угодно». Позитивная евгеника («фабрикация Спиноз») — непредсказуемый и опасный соблазн. Однако следует ясно сознавать, что одно из основных положений негативной евгеники — необходимость защиты генофонда от мутаций — сыграло решающую роль в запрещении на мировом уровне атмосферных ядерных испытаний. Главным доводом стал принятый в рамках ООН в конце 1950-х годов тезис, сформулированный коллегой и единомышленником Хаксли, открывателем радиационного мутагенеза Г.Меллером: наследственное вещество человечества есть его самое ценное и невосполнимое достояние.

В 1920-е годы английское Евгеническое общество представляло собой «великолепное собрание», на заседаниях которого шли дискуссии между естество-

испытателями, социологами, экономистами, реформаторами. Хаксли стал активным деятелем общества в 1911—1928 гг., когда его возглавлял четвертый сын Дарвина — Леонард. В 1959 г. (по 1962 г.) президентом этого общества избрали самого Хаксли, который заражал всех своим энтузиазмом и романтическим соблазном о возможности улучшения человечества. С разрывом в 25 лет он прочел две программные Гальтоновские лекции — в 1936 и в 1962 г. Вторая лекция вошла в сборник его статей «Эволюционный гуманизм», вышедший в 1964-м и переизданный в 1992 г. в серии «Great Minds» [10].

Евгенический подход Хаксли базировался на знании эволюции, на желании следовать ее принципам, т.е. идти «параллельно с природой». Его лекция 1962 г. так и называлась: «Евгеника в эволюционной перспективе». Хаксли видел в евгенике «не только науку о сохранении человека, но и науку о сохранении человечества в единстве с биосферой». Сейчас нередка метафора, что Земля подобна космическому кораблю с ограниченными ресурсами и численностью экипажа. Для всех видов численность регулируется биологическими и ресурсными ограничениями. Человек вышел за пределы этих ограничений. И его будущее стало туманно и апокалиптично. Ни о каком единстве человека с природой, ни о каком раскрытии человеческих способностей не может идти речь в перенаселенном космическом корабле Земля. В 1920-е годы подобные взгляды считались кощунством, и Хаксли получил порицание за их публичное высказывание в передачах британского радиовещания. Однако ученому было свойственно качество пророка: бесстрашие в искании истины, в ее проповеди и отстаивании. Став Генеральным директором ЮНЕСКО, он расширил идею планирования семьи до природного воплощения.

В середине XX в. контроль над рождаемостью стал важным аспектом социальной, экономической и культурной политики разных стран и ООН. Здесь возникают трудные дилеммы. Стремительный рост народонаселения Африки и Азии «съедает» и сводит на нет все меры экономической помощи их населению. Получается, что при отсутствии контроля над рождаемостью снижение детской смертности за счет экономической помощи и современной медицины усложняет проблему. Хаксли полагал возможным оказывать помощь афро-азиатским странам только при условии введения ими контроля над рождаемостью.

И еще один штрих к творческой биографии крупнейшего биолога XX в. В середине 1990-х годов в области биологии развития произошел некий взрыв работ, который привел к выделению направления, получившего название «эпигенетика». Эта ветвь образовалась при слиянии двух полунезависимых потоков исследований, в которых семантика термина различалась [11]. Только совсем недавно обратили

внимание на пророческую заметку Хаксли полувековой давности [12]. Прилагательное «эпигенетический» давно бытовало в биологии при обсуждении дилеммы преформация—эпигенез. Сам термин «эпигенетика» ввел в начале 1940-х годов известный эмбриогенетик К.Уоддингтон для изучения всех каузальных процессов, которые ведут от генотипа к фенотипу. Этот концепт он развил в сводке «Принципы эмбриологии», вышедшей в 1956 г. Хаксли не только первый оценил важность нового термина, но прямо назвал свою рецензию «Эпигенетика», сожалея, что сам Уоддингтон не решился так назвать свою книгу [13]. Хороший термин, по Хаксли, подобен знамени, под которым сразу собирается новое научное движение, как это произошло в случае терминов «генетика» (1906) и «ген» (1909).

В своей заметке полвека назад Хаксли пророчески определил наиболее важные аспекты эпигенетики: изучение механизмов клеточной судьбы и переключения наследственных программ; регенерации как сугубо телеологического феномена;

клеточной дедифференцировки и ракового роста; анализ запрограммированной в онтогенезе гибели клеток. Кстати, последнее направление стало активно развиваться в начале 1990-х годов с изобретением нового термина *апоптоз* (от греч. «листопад») — в полном соответствии с историко-научным выводом Хаксли. Жаль, что эта важная заметка осталась незамеченной и не включена в список его работ, приведенный в книге Галла.

Итак, с именем Хаксли связаны такие важные в биологии и теории эволюции понятия, как *артефакт*, *аллометрический рост*, *стасигенез*, *грады* и *клады*, *клинальная изменчивость*, *ритуализация*, и многое из того, что он впервые исследовал, стало классикой современной биологии. А после выхода книг Хаксли его слава как эволюциониста и теоретика биологии затмила результаты его ранних экспериментальных исследований, которые он вел в разных областях и которые всегда сопровождались концептуальными новациями. Говорят, что когда работа становится классической, имя автора уже не цитируют. ■

Литература

1. Лоренц К. Обратная сторона зеркала. М., 1998.
2. Huxley J. Memoires. V.II. L., 1973.
3. Huxley J. Evolution. The modern synthesis. N.Y., 1964.
4. Воронцов Н.Н. Развитие эволюционных идей в биологии. М., 1999.
5. Голубовский М.Д., Галл Я.М. // Журн. общ. биол. 2003. Т.64. №6. С.510—518.
6. Julian Huxley. Biologist and statement of science. Houston, 1992.
7. Barlow C. Evolution Extended. Biological debates on the meaning of life. Cambridge, 1995.
8. Huxley J. Evolution in action. L., 1953.
9. Тахтаджян А.Л. Principia tektologia. Принципы организации и трансформации сложных систем: эволюционный подход. СПб., 1998.
10. Huxley J. Evolutionary humanism. N.Y., 1992.
11. Голубовский М.Д., Чураев Р.Н. // Динамическая наследственность и эпигены // Природа. 1997. №4. С.16—25.
12. Haig D. // Cold. Spr. Harb. Symp. Quant. Biol. 2004. V.VLXIX. P.1—4.
13. Huxley J. // Nature. 1956. V.177. P.807—808.

Новости науки

Организация науки. Космология

Премия Краффорда — Р.А.Сюняеву

«За решающий вклад в развитие астрофизики высоких энергий и космологии» Королевская академия наук Швеции присудила премию Краффорда по астрономии Рашиду Алиевичу Сюняеву — академику Российской академии наук, главному научному сотруднику Института космических исследований РАН, директору Института астрофизики Общества им.Макса Планка (Гаршинг, Германия).

Присуждение премии Краффорда есть признание огромного вклада Р.А.Сюняева в исследования экстремальных процессов во Вселенной (в частности, процессов, происходящих в окрестностях черных дыр и нейтронных звезд) и его работы в области реликтового излучения, оставшегося после Большого взрыва¹. Эти исследования, стоящие на переднем крае релятивистской астрофизики, стали ключом для понимания эволюции и современной структуры Вселенной.

В 1970 г. Я.Б.Зельдович и тогда молодой его ученик Рашид Сюняев опубликовали работу, в которой было предсказано существование акустических пиков в угловом распределении реликтового излучения (эти пики были открыты в конце 90-х годов в ходе баллонных экспериментов BOOMERANG и MAXIMA и с высочайшей точностью измерены с помощью спутника «Wilkinson-MAP», запущенного в 2001 г.). В 1969 и 1970 гг. Зельдович и Сюняев показали, что спектр реликтового излучения хранит

¹ Сюняев Р.А. Электромагнитное излучение Вселенной // Природа. 1972. №4. С.69—81.

специфическую информацию о любом выделении энергии в ранней Вселенной. Они обнаружили, как меняется спектр реликтового излучения, проходящего сквозь межгалактический газ. Сегодня этот эффект, названный эффектом Сюняева—Зельдовича, открыт в направлениях почти на 100 богатых скоплений галактик. Благодаря ему стали возможны поиски новых скоплений галактик, информация о которых позволяет уяснить природу «темной энергии», наблюдать эволюцию постоянной Хаббла и уточнить темпы расширения Вселенной.

За пионерские исследования природы космического микроволнового фона и его взаимодействия с окружающей материей Р.А.Сюняеву была присуждена премия Грубера — наиболее престижная в мире премия в области космологии².

Р.А.Сюняев совместно с Н.И.Шакуррой создали в 1972—1973 гг. «стандартную теорию» аккреции (падения) вещества на черные дыры и нейтронные звезды. В рамках этой теории, широко признанной астрофизиками всего мира, разработана модель аккреционного диска: падающее на черную дыру или нейтронную звезду вещество образует вокруг этих объектов быстро вращающийся диск, двигаясь в котором вещество разгоняется и начинает излучать фотоны высоких энергий. Так черные дыры становятся одним из наиболее мощных источников излучения во Вселенной.

Рентгеновские обсерватории, работающие под руководством Сюняева на модуле «КВАНТ» орбитальной станции «МИР», спутниках «ГРАНАТ» и «Интеграл», позволили открыть немало черных дыр,
² Международные награды российским ученым // Природа. 2004. №1. С.16—17.

нейтронных звезд и детально исследовать свойства этих объектов. Сюняевым и его коллегами подробно изучен процесс формирования спектра излучения при аккреции на нейтронные звезды, обладающие громадными гравитационными и магнитными полями.

В 1978 г. Сюняев показал, что вторичная ионизация вещества во Вселенной (произошедшая, когда ее возраст составлял приблизительно 1 млрд лет) тоже приводит к угловым флуктуациям реликтового излучения — сегодня такую флуктуацию обнаруживает спутник «Wilkinson-MAP».

Самые последние работы Сюняева касаются физики космологической рекомбинации — этот процесс происходил во Вселенной на первых стадиях ее развития (около 400 тыс. лет с момента образования), определяя ее дальнейшую эволюцию. При рекомбинации температура плазмы упала настолько, что протоны и электроны объединились в нейтральные атомы водорода и гелия, благодаря чему стало возможным распространение фотонов — Вселенная оказалась «прозрачной» для наблюдений.

Ныне Р.А.Сюняев, будучи главным научным сотрудником Института космических исследований РАН, возглавляет крупнейшую в России научную школу по проблемам астрофизики высоких энергий, созданную Я.Б.Зельдовичем, руководит международной рентгеновской обсерваторией «Интеграл» с российской стороны, является директором Института астрофизики Общества им.Макса Планка (Германия).

* * *

Премия Краффорда присуждается ежегодно начиная с 1982 г. за

исследования в области астрономии, математики, наук о Земле, наук о жизни (создатели премии особо выделили премию за исследование полиартрита). Эти номинации были отобраны таким образом, чтобы дополнить список дисциплин, предусмотренных Нобелевской премией. Ежегодно премия вручается за достижения в какой-либо одной номинации: первый год — по астрономии и математике, второй — по наукам о Земле, третий — наукам о жизни; премия за исследования по проблеме полиартрита вручается по решению специального комитета.

Размер премии — 500 тыс. долл. США. В 2008 г. эта сумма будет поделена пополам: первая половина присуждена совместно Максиму Концевичу (Институт высших научных исследований, Франция; Институт проблем передачи информации им. А.А.Харкевича РАН) и Эдварду Уиттену (Институт высших исследований Принстона, США), они получают ее за достижения в области математики — исследования различных типов геометрических объектов, в частности за решение ряда математических проблем, связанных с развитием теории струн; вторая половина присуждена Рашиду Алиевичу Сюняеву за достижения в области астрофизики. Церемония вручения премии состоится 23 апреля 2008 г. в Стокгольме в Королевской академии наук Швеции.

© Короткевич Г.В.
Москва

Организация науки

Выдающиеся ученые РАН

Попечительский совет и экспертная комиссия Фонда содействия отечественной науке объявили имена победителей конкурсов 2008 г.

В номинации «Выдающиеся ученые РАН» ими стали: С.К.Годунов (математика), С.Т.Беляев (физика), Д.Г.Кнорре (биология), Ю.А.Рыжов (инженерно-технические науки).

Лауреатами в номинации «Выдающиеся ученые РАН», которых

гранты были продлены на следующий год, названы: А.М.Ильин (математика), А.М.Фридман (физика), Г.П.Георгиев (биология), О.Н.Чупахин и Г.В.Сакович (химия), А.Л.Книппер и А.П.Лисицын (науки о Земле), В.Е.Накоряков (инженерно-технические науки), Н.П.Шмелев и М.Н.Боголюбов (гуманитарные науки).

Поиск. 2008. №5(975). С.10 (Россия).

Астрономия

Магеллановы Облака — не спутники Млечного Пути?

Большое и Малое Магеллановы Облака — две ближайшие к нашей Галактике относительно крупные звездные системы, которые искони считались ее наиболее массивными спутниками. Изучение их предполагаемого орбитального движения позволило бы больше узнать как об эволюции самих Облаков, так и о структуре Галактики — по особенностям их движения. Чтобы понять, как движутся эти близкие галактики относительно нашей звездной системы, Г.Бесла (G.Besla; Гарвардский астрофизический центр, США) и его коллеги провели самые точные на сегодняшний день измерения трехмерных пространственных скоростей Магеллановых Облаков.

Точнее говоря, лучевые скорости (скорости движения вдоль луча зрения) обоих Облаков давно известны, поскольку относительно легко измеряются по доплеровскому сдвигу спектральных линий. Но для вычисления пространственной (трехмерной) скорости нужно знать не только лучевую скорость, но и движение в картинной плоскости, измерить которое намного труднее, ибо требует необычайной точности наблюдений, которые во времени разделены к тому же промежутком как минимум в несколько лет.

Проведя два сеанса наблюдений на Космическом телескопе «Хаббл» с двухлетним интервалом, Бесла и его коллеги вычислили изменение координат БМО и ММО.

Скомпоновав их с лучевыми скоростями, авторы выяснили, что БМО движется в пространстве со скоростью 378 км/с, а ММО — со скоростью 302 км/с, что значительно выше предполагавшихся скоростей их движения.

Есть два возможных объяснения столь высоких скоростей. Если Облака гравитационно связаны с нашей Галактикой, то их избыточная скорость может быть обусловлена тем, что масса Галактики на самом деле больше, чем считалось ранее. Если же предыдущие вычисления массы Галактики верны, то Магеллановы Облака не могут быть гравитационно с ней связаны: они подлетели к нам впервые и через несколько миллиардов лет навсегда покинут наши окрестности. Больше того, скорости движения Магеллановых Облаков друг относительно друга тоже неожиданно высоки — может быть, они сами оказались рядом случайно, не будучи гравитационно связаны друг с другом. Впрочем, последнее маловероятно, так как обе эти галактики окружены общей водородной оболочкой.

Первое предположение не кажется авторам работы совсем уж неожиданным. Дело в том, что богатые межзвездным газом и молодыми звездами Магеллановы Облака морфологически заметно выделяются среди прочих наших спутников — карликовых систем, состоящих только из старых звезд и лишённых газа. Тем не менее оно чревато неприятными последствиями, причем независимо от того, которое из двух приведенных выше объяснений окажется верным. Даже если Магеллановы Облака гравитационно связаны с Галактикой, их скорость соответствует другому орбитальному решению с очень большим периодом — около 3 млрд лет. Это означает, например, что придется пересматривать историю звездообразования в Магеллановых Облаках. Исследование их звездных населений показывает, что Магеллановы Облака испытали несколько вспышек звездообразования, перемежавшихся длительными периодами затишья. Ранее эти эпохи

бурного рождения звезд связывали с предыдущими близкими прохождениями Облаков мимо нашей Галактики.

Кроме того, Магеллановы Облака со «старыми» их орбитами привлекались для объяснения изгиба периферии газового диска Галактики и возникновения Магелланова Потока — газового «хвоста», тянущегося за Магеллановыми Облаками почти на 100° по небесной сфере. Теперь и эти объяснения нуждаются в пересмотре. С другой стороны, возможно, именно будущие измерения кинематики Магелланова Потока прольют свет на истинную траекторию Облаков, а также на их связь друг с другом и с нашей звездной системой.

<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0703196>

Астрономия

Сближение с астероидом 2007 TU24

Астероид 2007 TU24 сблизился с Землей 29 января 2008 г. в полдень по московскому времени, пройдя на минимальном от нашей планеты расстоянии в 538 тыс. км. Для сравнения: среднее расстояние между Землей и Луной составляет около 384 тыс. км. Таким образом, астероид не проник даже внутрь лунной орбиты. Тем не менее это событие вызвало большой общественный интерес, вновь напомнив об астероидной опасности.

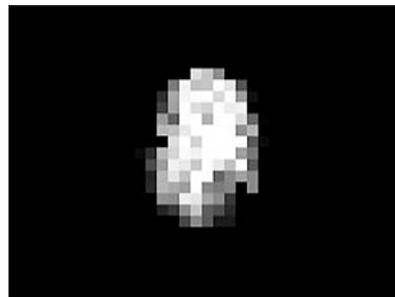
Астероид 2007 TU24 был открыт 11 октября 2007 г. в ходе реализации программы поиска околоземных астероидов «Catalina Sky Survey»¹, которую поддерживает НАСА. Этот астероид стал 920-м потенциально опасным для Земли космическим объектом. В каталоге малых тел Солнечной системы он получил порядковый номер 3388315. Судя по оптическим измерениям, размер астероида около 250 м. Он член семейства Аполлона, поскольку его орбита заходит внутрь орбиты Земли. В перигелии этот астероид приближается к Солнцу до расстояния 0.95 а.е. (напомним, что Земля обращается

¹ Сайт программы «Catalina Sky Survey»: <http://www.lpl.arizona.edu/css/>

вокруг Солнца на среднем расстоянии в 1 астрономическую единицу = 150 млн км). В афелии астероид удаляется от Солнца на 3 а.е., попадая в самую гущу Главного пояса астероидов. Его орбитальный период 2.85 года, а наклонение плоскости орбиты к эклиптике около 6° .

В момент наибольшего сближения с Землей видимый блеск астероида 2007 TU24 достиг 10.4 звездной величины, т.е. его можно было заметить в хороший бинокль или небольшой телескоп. Он быстро двигался по северному небу — от Рыб через Андромеду и созвездие Жираф к Большой Медведице — и оказался легко доступен для наблюдения даже любителям астрономии. К сожалению, угловой размер астероида слишком мал для изучения его формы и поверхности с помощью оптических телескопов, но для радиолокационных измерений он оказался вполне доступен. Для его наблюдений были использованы крупнейшие астрономические радиолокаторы: 305-метровая антенна в Аресибо (о.Пуэрто-Рико), 110-метровая антенна в Грин Бэнк (Западная Виргиния, США), 70-метровая антенна в Голдстоуне (пустыня Мохаве, Калифорния) и др. Они смогли определить размер астероида и выяснили, что он имеет неправильную, весьма вытянутую форму.

Вероятные последствия столкновения Земли с астероидом подобного размера оцениваются астрономами как катастрофа регионального масштаба. Учитывая скорость и массу астероида, энергия удара составила бы 1500 Мт тринитротолуола. После удара при падении на сушу должен был образоваться кратер диаметром около 5 км. При более вероятном по-



Радиолокационное изображение астероида 2007 TU24, полученное 28 января 2008 г., за 12 ч до его максимального сближения с Землей, с помощью радиотелескопов в Аресибо и Грин Бэнк.

паданию в океан возникло бы грандиозное цунами. Астрономы успокоили общественность, заявив, что более тесных сближений с известными космическими объектами подобной массы не будет до 2027 г. А столкновения с такими телами Земля испытывает в среднем раз в 40 тыс. лет. Однако более мелкие объекты встречаются с Землей значительно чаще. Сейчас известно около 7 тыс. тел, орбиты которых могут привести к их столкновению с Землей, но лишь около 1 тыс. из них, имеющих размер более 150 м, считаются потенциально опасными для нашей биосферы.

Приведенная здесь таблица наглядно показывает степень и частоту встреч Земли с астероидами. Минимальное расстояние пролета указано в средних радиусах орбиты Луны (РОЛ = 384 400 км). Этому расстоянию соответствует и максимальная звездная величина.

Большим достижением астрономии последних лет следует считать тот факт, что обнаружение потенциально опасных астероидов и прогноз их движения удаст-

Таблица

Сближения Земли с астероидами в январе 2008 года

Астероид	Дата	Мин. расстояние (РОЛ)	Зв. величина	Размер
2005 WJ56	10 января	10.9	11	1.2 км
2008 AF3	13 января	1.0	14	27 м
1685 Toro	24 января	76	13	6.2 км
2007 TU24	29 января	1.4	10	250 м

ся делать теперь за несколько месяцев до их сближения с Землей. В случае неминуемой катастрофы это оставляет время для эвакуации населения и подготовки к последствиям удара. К сожалению, объекты размером менее 100 м удается обнаруживать лишь за несколько дней до сближения, да и то не всегда. Можно вспомнить, что осенью 2003 г. маленький астероид 2003 SQ222 пролетел глубоко внутри лунной орбиты, но был замечен лишь после своего сближения с Землей. Однако развертывание сети автоматизированных телескопов делает такие неожиданные визиты все менее вероятными.

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

Энергетика

Высокотемпературные сверхпроводники для энергетики

В конце XX в. появились первые промышленные устройства и изделия из высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП). Высокая критическая температура T_c дала возможность использовать для их охлаждения не дорогой жидкий гелий, применявшийся в низкотемпературных сверхпроводниках, а сравнительно дешевый жидкий азот. Поскольку при $T < T_c$ электрический ток течет по сверхпроводнику без сопротивления, передача электроэнергии происходит без потерь (в современных электрических сетях они достигают 10%). Кроме того, что очень важно для мегаполисов, ВТСП-провода гораздо компактнее.

В США уже сданы в эксплуатацию две распределительные системы из ВТСП-кабелей длиной 200 и 350 м, ведутся работы по сооружению еще одной подстанции, в которой будет задействован ВТСП-кабель длиной 600 м.

Высокотемпературные сверхпроводники могут найти и другое применение, например в обмот-

ках роторов корабельных двигателей. Первый такой двигатель мощностью 36.5 МВт, успешно пройдя испытания, поступил в распоряжение военно-морских сил США. ВТСП также можно использовать для защиты различных силовых устройств и электрических сетей от короткого замыкания, поскольку они переходят в нормальное (с сопротивлением, отличным от нуля) состояние, когда ток через сверхпроводник превышает критическую величину I_c . Ограничители тока из ВТСП-кабелей, рассчитанные на мощность несколько мегаватт, уже изготовлены несколькими фирмами.

Несмотря на впечатляющий прогресс, широкому использованию высокотемпературных сверхпроводников в энергетике препятствует высокая стоимость изготовления и эксплуатации. Цена 1 м такого провода первого поколения составляет от 15 до 20 долл. США. Для трехфазного кабеля, способного пропускать ток 3000 А, нужно около 150 проводов, и в итоге 1 км такого кабеля обходится в 1.5–3 млн долл. А ведь потом его еще надо будет охладить! Пусть не гелием, а азотом, но и это очень дорого. Большие надежды возлагаются сейчас на ВТСП-провода второго поколения, представляющие собой тонкие пленки высокотемпературного сверхпроводника на гибких текстурированных подложках. Их стоимость, возможно, удастся понизить до 5–10 долл. за 1 м. Кроме того, более высокие I_c новых проводов позволяют увеличить их «пропускную способность» и уменьшить динамические потери энергии.

Сейчас работы по разработке и внедрению ВТСП-систем не приносят прибыли, поэтому почти все они финансируются (полностью или частично) государством. Чтобы привлечь в эту область частный капитал, нужно как минимум довести суммарную (с учетом эксплуатационных расходов) стоимость ВТСП-изделий до уровня их несверхпроводящих аналогов.

Malozemoff A.P. // Nature Mater. 2007. V.6. P.617; <http://perst.issp.ras.ru> (2007. T.14. Вып.18).

Организация науки. Электроника

Гордон Мур недоволен нанопрогрессом

С опережением плановых сроков европейцы изготовили демонстрационную ячейку памяти по 32-нанометровой технологии в рамках проекта «PullNano». Этот коллективный европейский проект (в нем участвуют 38 организаций из 12 стран ЕС) с бюджетом 25 млн евро стартовал в июне 2006 г. Цель его — создание технологии статического оперативного запоминающего устройства (СОЗУ) на основе КМОП-ячеек (с комбинированной структурой построения микроэлектронных схем на трехслойной основе металл—оксид—полупроводник) с минимальной шириной линии 32 и 22 нм. (Ранее успешно завершился проект NanoCMOS по разработке элементов 45-нанометровой технологии.) Запуск в производство 32-нанометровых ячеек может состояться в 2012 г., 22-нанометровых — не ранее 2015 г.

Для успешного перехода к новому поколению электронных устройств нужно изучить происходящие в них физические процессы. Партнеры из академических организаций и университетов сосредоточились на создании моделей и компьютерных программ для моделирования работы 32- и 22-нанометровых ячеек памяти. Именно с этих размеров и начнется фактически настоящая нанoeлектроника. Так, в 32-нанометровой ячейке разработчики впервые столкнутся с необходимостью учитывать и (желательно) использовать квантово-размерные эффекты, присущие наноструктурам¹.

К освоению 45-нанометровой технологии приступает крупнейшая российская компания ОАО «Ситроникс», объединяющая ряд компаний, занимающихся телекоммуникационными и информационными технологиями, из России, Украины, Чехии и Греции.

¹ Головин Ю.И. Нанотехнологическая революция стартовала! // Природа. 2004. №1. С.25–36.

Минэкономразвития России выделяет на строительство производственных площадей под этот проект 2.3 млрд. долл. По плану производство чипов должно начаться в октябре 2009 г.

И все же лидер в этой области — американская компания «Intel»: серийный выпуск 32-нанометровых процессоров она собирается начать в 2009 г.

Появление ультрапортативных мобильных интернет-приборов и персональных компьютеров приведет к тому, что полноценная связь станет доступной в любой точке планеты.

Гордон Мур, основатель «Intel» и автор знаменитого эмпирического закона Мура («число транзисторов на компьютерном чипе удваивается каждые два года»), выразил сожаление, что закон теперь выполняться перестал, а любимому занятию Мура, рыболовству, мешает мобильная связь (в любую минуту рыбу может вспугнуть неожиданный звонок из офиса). Классик микроэлектроники недоумен нанопрогрессом.

<http://perst.issp.ras.ru>
(2007. Т.14. Вып.17).

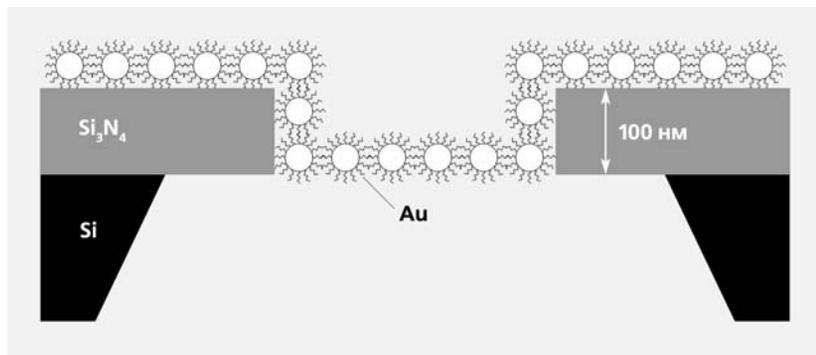
Физика. Химия

Наномембраны

Комбинация неорганических наночастиц и органических молекул позволяет изготавливать новые материалы с уникальными свойствами. Например, внедрение наночастиц в тонкие полимерные пленки приводит к существенному улучшению их термохимических характеристик¹. Однако из-за того что объемная доля наночастиц в таких композитах обычно мала и они расположены друг относительно друга нерегулярным образом, длинные цепочки полимерной матрицы перепутываются и прочность композита падает.

И вот недавно американские исследователи создали нанокompозит, в котором плотноупакованный квазидвумерный монослой образуют сферические наночас-

¹ Liff S.M. et al. // Nature Mater. 2007. V.6. P.76—83.



Схематическое изображение монослоя из наночастиц золота и молекул додекантиола, закрывающего отверстие в подложке Si_3N_4 .

тицы золота, прочно сцепленные друг с другом посредством молекул $CH_3(CH_2)_{11}SH$ (додекантиола)². Расстояние между соседними наночастицами (1.7 нм) намного меньше их диаметра (6 нм), поэтому молекулы додекантиола, соединяющие наночастицы, не перепутываются и прочность монослоя значительно возрастает. Если такой монослой сформировать на подложке с предварительно проделанным круглым отверстием диаметром ~1 мкм, на отверстии образуется мембрана.

Измерения, выполненные с помощью атомного силового микроскопа, показали, что такие мембраны хоть и тонкие, но очень прочные (модуль Юнга в среднем составляет около 6 ГПа). При этом они обладают высокой эластичностью (изгибаются под прямым углом вблизи краев отверстия на длине ~10 нм, что равно нескольким диаметрам наночастиц) и упругостью, которую сохраняют даже при нагревании (механические повреждения после воздействия иглы микроскопа отсутствуют вплоть до $T \approx 400$ К). Для экспериментаторов это стало неожиданностью, поскольку теория предсказывает плавление сверхрешеток Au/додекантиол уже при $T \approx 350$ К. Термостойкость обусловлена, по-видимому, жесткой фиксацией края мембраны, благодаря чему расстояние между наночастицами при нагревании почти не изменяется.

² Mueggenburg K.E. et al. // Nature Mater. 2007. V.6. P.656—660.

В отличие от большинства полимеров, системы плотноупакованных наночастиц проводят электрический ток — за счет туннельного механизма. Поскольку туннельное сопротивление экспоненциально зависит от расстояния между наночастицами, наномембраны можно использовать в качестве очень чувствительных электронных датчиков давления.

<http://perst.issp.ras.ru>
(2007. Т.14. Вып.17).

Нейрохимия

Синапсы участвуют в энергетическом метаболизме

Роль синапсов сводят в основном к регуляции потока информации в нейронной сети. Правда, есть экспериментальные данные об их участии в энергетическом метаболизме, но затрагиваются при этом исключительно глутаматергические синапсы (в них медиатором служит глутаминовая кислота). Вместе с тем Н-холинергическим (Н-ХЕ) периферическим синапсам принадлежит исключительная роль, так как в симпатических ганглиях они служат и пусковым звеном, и модулятором для остальных синаптических процессов. Однако роль Н-ХЕ медиаторной системы в метаболизме, в частности в энергетическом обмене ганглиев, пока не изучена.

Восполнить этот пробел удалось П.Л.Гореликову и С.В.Савельеву (Научно-исследовательский

институт морфологии человека РАНН). Они изучали содержание аденилатных макроэргических соединений в шейном симпатическом ганглии при экспериментально вызванной частичной или полной блокаде Н-ХЕ-синаптической передачи. Как известно, общее содержание аденилатов — АМФ, АДФ и АТФ — один из основных показателей энергетического обмена и универсальный регулятор клеточного метаболизма. Опыты проводились на кроликах породы шиншилла, функциональное отключение синаптической передачи осуществлялось разными дозами Н-холинолитиков. Блокирующее действие проверяли через 3 (ослабление блокады) и через 5 ч (окончание).

При блокаде (и частичной, и полной) Н-ХЕ-синапсов содержание макроэргов существенно снижалось, причем для каждого аденилата по-своему. По окончании блокады восстанавливался только общий уровень аденилатов, содержание же АТФ нормализовалось после частичного блокирования, не полностью восстанавливалось и количество АДФ, а уровень АМФ возрастал на 22% после частичной блокады и на 97% после полной. Таким образом, отключение синапсов приводит к существенному дефициту макроэргов, что свидетельствует о нарушении в ганглии энергетического обмена.

Авторы предполагают, что существует связь между уровнем аденилатов и интенсивностью синаптической блокады: с ее усилением сокращается доля незанятых ганглиоблокатором, способных полноценно функционировать, синаптических Н-холинорецепторов (Н-ХР). Когда свободных рецепторов практически не остается при полной блокаде, количество АТФ составляет всего 7% от контрольного и более чем наполовину снижается содержание АДФ и АМФ. Синхронность этих изменений вряд ли случайна, видимо, Н-холинорецепторы необходимы для поддержания в ганглии нормального уровня макроэргов: их содержание увеличивается при ослаблении и окончании блокады

вместе с постепенным восстановлением численности свободных рецепторов.

Авторы заключают, что аденилатный уровень и энергетический баланс в шейном симпатическом ганглии регулируется при активном участии ганглионарных Н-ХЕ-синаптических процессов. *Нейрохимия. 2007. Т.24. №2. С.132—137.*

Биология

Гнездовой консерватизм у европейской болотной черепахи

Обыкновенная болотная черепаха (*Emys orbicularis*), некогда широко распространенная в прудах, озерах, болотах и реках Европы, повсеместно стала редчайшим животным и находится под охраной. Везде, где еще сохранились популяции болотной черепахи, она привлекает особое внимание исследователей. Дело в том, что биология этого пресмыкающегося оказывается на удивление слабо изученной, а без соответствующих знаний трудно обеспечить выживание стремительно исчезающего вида.

Самки этого преимущественно водного вида откладывают яйца в гнезда, сооружаемые ими на берегу в определенных местах. В кладке не более дюжины яиц, которые очень уязвимы как относительно условий среды, так и по части многочисленных врагов: их могут погубить и засуха, и наводнение, и резкие отклонения температуры, и самые разные животные — от насекомых до кабанов. Во многих сохраняющихся еще популяциях от подобных невзгод гибнет 100% отложенных яиц, и такие популяции состоят исключительно из зрелых и даже старых особей. Понятно, что они обречены. Именно поэтому выбор самками благоприятных мест для сооружения гнезд оказывается одним из основных факторов сохранения вида.

В этой связи особенно ценными представляются результаты наблюдений, проведенных польскими герпетологами. С.Миртус

(S.Mirtus; Ягеллонский университет, Краков) 16 лет наблюдал за гнездованием болотной черепахи в Национальном заповеднике Борович, расположенном у р.Зволенка в Центральной Польше¹. За этот период здесь откладывали яйца 35 самок, каждая из которых была индивидуально помечена насечками на краях панциря. В общей сложности было использовано 115 мест для сооружения гнезд. Оказалось, что самки различаются по степени выраженности гнездового консерватизма: так, две особи в течение более 10 лет откладывали яйца только в одном месте, другие изредка меняли места, а некоторые — ежегодно. У семи самок из наблюдавшихся 35 зарегистрировано от восьми до 12 мест размножения; у остальных — от трех до шести.

Частично смена мест откладки яиц может быть связана с меняющимися условиями среды. Но определенную роль, несомненно, играют индивидуальные особенности черепах. И гнездовой консерватизм, и перемена мест гнездования могут давать некоторые преимущества: использование постоянных, проверенных мест в принципе снижает риск гибели потомства и способствует поддержанию популяционной стабильности (ведь у этого вида черепах пол потомства температурно детерминирован, и изменение режима инкубации при ином расположении гнезда может привести к изменению соотношения полов). С другой стороны, выбор новых мест размножения позволяет, например, избегать хищников, которые могут привыкнуть к постоянным гнездовьям как к кормушкам.

Несколько в ином плане проводили исследования Б.Нажбар и Е.Жужкиевич (B.Najbar, E.Szuszkiewicz; Университет в Зелёна-Гура)². С 1999 г. они наблюдают за откладкой яиц болотными черепахами на западе Польши у р.Иланка. Здесь они пометили 16 самок и регистрируют сооружаемые ими

¹ Mirtus S. // Belgian Journal of Zoology. 2006. V.136. №1. P.25—30.

² Najbar B, Szuszkiewicz E. // Acta zoologica cracoviensia. 2007. V.50A. №1—2. P.1—8.

гнезда. За восемь лет описаны условия среды в районе 54 гнезд. В этой популяции самки предпочитают из года в год делать кладки на одном и том же месте. Для кладок выбирают небольшие (площадью 300—1100 м²) светлые участки на расстоянии 70—80 м от воды; все гнезда, сделанные на большем расстоянии, разорены хищниками. Если сильно заросший участок становится слишком затененным, следующее гнездо черепаха сооружает поблизости, на более освещенном месте, а если прежнее место опять становится светлым, самка на него возвращается.

Результаты обеих работ показывают, что сохранение и воссоздание благоприятных мест для гнездования болотной черепахи способствует сохранению и восстановлению популяций этого вида.

© Семенов Д.В.,

кандидат биологических наук
Москва

Зоология. Охрана природы

Черепаха Кантора, оказывается, жива

Сотрудники Всемирного фонда дикой природы вместе с камбоджийскими исследователями нашли на берегах Меконга гигантскую черепаху Кантора (*Pelochelys cantorii*) — вид, считавшийся вымершим. Ее вес может достигать 50 кг при длине до 2 м; у нее длинные острые ногти и мощные челюсти, способные перегрызть кости. Черепаха ведет крайне скрытный образ жизни: большую часть времени проводит в иле и лишь когда добыча оказывается в пределах досягаемости, мгновенно выбрасывает голову, чтобы схватить ее.

Высоко ценяемая гурманами, эта черепаха обязана своим спасением... «красным кхмерам»: их истребительные рейды делали район ее обитания недоступным на протяжении десятилетий. Однако будущее этой рептилии все еще остается под угрозой: местные жители продолжают охотиться на

нее, а вырубка прибрежных зарослей разрушает ее местообитание.

Ученые призвали правительство Камбоджи принять меры для охраны этого редкого вида.

Conservation International. February 28, 2007.

Орнитология

Голубиный «компас»

Удивительную способность почтовых голубей точно определять свое географическое положение и отовсюду находить дорогу к дому издавна связывают с их восприимчивостью к магнитному полю Земли. Однако до сих пор не было известно, какие именно структуры в их организме чувствительны к направлению магнитного поля и как устроена в целом такая система ориентации. Новые исследования Г.Флейшнера (G.Fleissner; Франкфуртский университет) с коллегами позволили прояснить устройство голубино «комаса».

В сотрудничестве со специалистами Гамбургской синхротронной лаборатории (HASYLAB, Германия) они обнаружили в надклювье голубей микроскопические частички железосодержащих минералов маггемита и магнетита. Частички расположены внутри дендритов — чувствительных отростков нервных клеток, которые образуют специализированный орган ориентации: они объединены в сенсорные поля сложной формы. Это позволяет птицам чувствовать все три пространственные компоненты вектора магнитного поля Земли независимо от их собственного движения и положения.

Удивительной оказалась и микроскопическая структура чувствительных элементов, непосредственно воспринимающих магнитное поле. Оба минерала необходимы для работоспособности микроскопических датчиков магнитного поля, причем внутри дендритов они образуют сложные структуры определенных размеров и форм: маггемит присутствует в виде протяженных лент, идущих вдоль оси дендрита, а магнетит — в виде микроскопических пласти-

нок, перпендикулярных к мембране дендрита. Если ленты маггемита оказываются ориентированы вдоль силовых линий магнитного поля Земли, они намагничиваются и притягивают к себе множество пластинок магнетита, что вызывает растяжение мембраны дендрита. В результате открываются ионные каналы, чувствительные к растяжению мембраны, и возникают первичные электрические потенциалы рецепторов, воспринимаемые нейронами.

Исследователи считают, что обнаруженная ими рецепторная система может оказаться универсальной и присутствовать не только у голубей, но и у многих других птиц, совершающих перелеты на далекие расстояния.

Naturwissenschaften. 2007. В.94. №8. S.631—642 (Германия).

Палеоэкология

Геохимический стресс и вымирание мамонтов Северной Евразии

До последнего времени преобладали две концепции вымирания мамонтов: изменение растительности (пищевой базы мамонтов на рубеже плейстоцена—голоцена) и охота палеолитических людей. С.В.Лещинский (Томский государственный университет) исследовал около 20 тыс. костей и зубов мамонтов из научных коллекций различных учреждений России и зарубежья на предмет выявления следов энзоотических заболеваний. Выяснилось, что в конце плейстоцена крупные травоядные Северной Евразии испытывали мощный геохимический стресс, который проявлялся в деструктивных изменениях костей и зубов в связи с массовыми энзоотическими заболеваниями, вызванными минеральным голоданием. При этом остеодистрофия наблюдается у всех возрастных групп, включая новорожденных, т.е. начало заболевания часто приходится на внутриутробный период и объясняется минеральным голоданием самки во время беременности.

Около 25 тыс. лет назад в Северной Азии активно начали развиваться кислые и кислые глеевые геохимические ландшафты, характеризующиеся острой нехваткой Ca, Mg, Na и других щелочных и щелочноземельных минералов. Этому способствовало резкое увеличение скорости тектонических поднятий Западно-Сибирской плиты, фиксируемое с 50 тыс. лет назад и продолжающееся ныне. Подъем территорий активизировал процессы рассоления почв. Этот процесс усилился резким опусканием уровня океана. В итоге кислые ландшафты, достигнув к концу плейстоцена максимума распространения, и сегодня остаются определяющими на большей части Северной Евразии. В современных неблагоприятных геохимических ландшафтах часть особей адаптируется, но бесплодие самок в этих условиях достигает 50%, а некоторые виды млекопитающих в таких очагах без минеральной подкормки не выживают. Таким образом, палеоэкологический анализ позволяет оценить ситуацию, существовавшую на большей части Северной Евразии, как неблагоприятную для жизни мамонтовых популяций, которые были обречены на вымирание.

Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Материалы V Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Москва, 7–9 ноября 2007 г. С.226–229.

Палеонтология

Самая южная в Восточной Европе находка овцебыка

На территории Украины до недавнего времени достоверно было известно пять позднеплейстоценовых местонахождений овцебыка *Ovibos moschatus pallantis*. Впервые костные остатки этого характерного представителя мамонтовой фауны были найдены в селе Збранки Житомирской обл. еще в довоенные годы. Затем при раскопках на позднепалеолитической стоянке Мезин в Черниговской обл. за 1908–1961 гг. было

обнаружено 188 костей овцебыка данного вида, принадлежащих как минимум 17 особям. В Мезине же были найдены еще 14 черепов этого животного. По количеству находок Мезин остается пока самым представительным местонахождением этого вида на Украине. Согласно другим материалам, в Киеве в 1951 г. на территории кирпичного завода обнаружен неполный череп овцебыка, принадлежащий самцу. Еще несколько находок связано с двумя стоянками человека позднего палеолита — у с.Пушкарки в Черниговской обл. (найден череп) и в Добраничевке (Киевская обл.), где среди 3 тыс. костей разных животных определено две кости овцебыка. Судя по географическому положению, костные остатки на позднепалеолитической стоянке Добраничевка (50°02'с.ш.) до 2006 г. можно было считать самой южной находкой *O.moschatus pallantis* в Восточной Европе.

Более 20 лет с момента последней публикации, посвященной овцебыку позднего плейстоцена Украины, не поступало ни одного нового сообщения — и вот на IV Международной мамонтовой конференции (Якутск, июнь 2007 г.) стало известно о новой находке: недалеко от с.Ходоров (Киевская обл.) в 2006 г. был обнаружен неполный череп самца *O.moschatus pallantis* и передан для изучения Т.В.Крахмальной в Национальный научно-природоведческий музей НАН Украины. На сегодняшний день местонахождение Ходоров (49°55'с.ш.) — самая южная точка, где зафиксирован *Ovibos* на изучаемой территории.

В своем сообщении автор дает краткое морфологическое описание предоставленного ей черепа взрослого самца и сравнивает его с костными остатками других представителей вида из местонахождений Евразии.

Дальнейшее детальное изучение находки и описание некоторых других, до сих пор не изученных материалов из уже известных местонахождений позволит уточнить представления специалистов

о морфологии и географическом распространении этого вида не только в Украине, но и в Европе в целом.

Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Материалы V Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Москва, 7–9 ноября 2007 г. С.195–198.

Палеонтология

Хазарский слон из Люберецкого района Подмосковья

У пос.Некрасовка на северной окраине г.Люберцы (Московская обл.) в песчаном карьере на глубине 12 м в 2003 г. были обнаружены крупные кости. Для научной обработки они были переданы И.А.Дуброву в Палеонтологический институт РАН. Оказалось, что остатки — почти целая плечевая кость и часть нижней челюсти с правым и левым последними коренными зубами (M₃) — принадлежат взрослой особи ископаемого слона. Поскольку окраска и сохранность костных остатков одинаковы, следует полагать, что они не были переложены. Вероятно, эта находка происходит из основания аллювия второй надпойменной террасы р.Пехорки, на которой расположен пос.Некрасовка.

Строение и пропорции нижней челюсти характерны, по заключению Дуброва, для слонов рода *Mammuthus*. Сохранившиеся в ней зубы сильно стертые. Важные диагностические признаки коренных зубов, такие как частота пластин, равная 6.5–7 на 10 см, толщина эмали 2–2.5 мм и полное число пластин (видимо, 23–26) указывают на принадлежность этого слона виду *Mammuthus chosaricus* Dubrovo. Установить радиоуглеродный возраст костных остатков исследователям не удалось из-за полной выщелоченности коллагена.

Во внутренней полости диафиза плечевой кости сохранился песок с растительным детритом — для палинологического изучения он был передан В.В.Писаревой в Институт географии РАН. В об-

разце содержалось много пыльцы, спор, обрывков водорослей. В пыльцевом спектре преобладали древесные породы и кустарники (86% от общего состава). В меньшем количестве присутствовала пыльца широколиственных пород — дуба, вяза, липы, клена, граба; пыльца ели составляла 2%, березы — 22%, сосны — 24%. Травянистые и кустарничковые растения встречались реже (12%), но отличались большим разнообразием (30 таксонов). Споры насчитывали всего 2% от общего состава.

Большинство из определенных Писаревой растений имеют обширные ареалы в Евразии и произрастают ныне на территории Подмосковья. Спектр с таким флористическим составом типичен для разрезов микулинского межледниковья в Подмосковье, где находятся выходы озерно-болотных отложений этого возраста. Рассматриваемый автором хронологический срез относится ко времени климатического оптимума, когда на территории Подмосковья распространились смешанные хвойно-широколиственные леса с развитыми в подлеске орешником, серой ольхой, калиной, а на увлажненных участках существовали черноольховые заросли с ивой, смородиной, посконником; хорошо была представлена и луговая растительность. Эти данные свидетельствуют о благоприятных условиях для обитания слона в районе пос. Некрасовка; кормом ему могли служить ветки кустарников, кустарнички, травянистые растения.

Ранее остатки хазарского слона были обнаружены в Истринском р-не Московской обл. (Шик и др., 1993), но они относятся к среднему плейстоцену. Новая находка свидетельствует о том, что остатки хазарского слона могут встречаться не только в отложениях среднего плейстоцена, как считали прежде, но и позже — в межледниковых отложениях начала верхнего плейстоцена.

Новые материалы по морфологии хазарского слона и его стратиграфической приуроченности показывают, что вопрос о верхней

границе хазарского фаунистического комплекса, по-видимому, требует пересмотра.

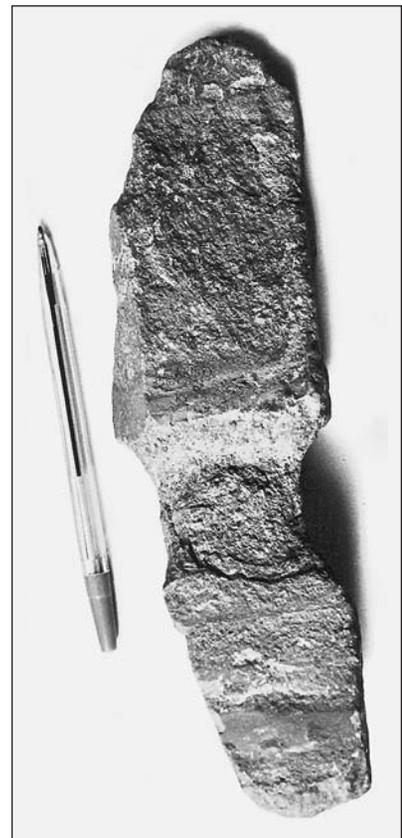
Фундаментальные проблемы квартала: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований // Материалы V Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Москва, 7–9 ноября 2007 г. С.114–116.

Археология

«Альпеншток» из каменного века

Трудно представить себе реальность такого открытия: среди каменного хаоса увидеть каменный ледоруб, сделанный руками древнего человека. Такое открытие, возможно первое в истории археологии и альпинизма, сделал томский третьеклассник Дима Санников. Как-то он бродил по берегам небольшой алтайской речки Актру, неподалеку от языка одноименного ледника, и обратил внимание на камень, который внешне очень походил на хорошо знакомый ему альпеншток. Школьник не поленился привезти его в Томск. Мне, геологу по профессии, хорошо известна ценность редкой находки, вот и захотелось познакомиться с ней читателей «Природы».

Орудие было изготовлено из зеленовато-серого туфопесчаника, в котором чередовались прослойки пеплового материала и лавы, ориентированные поперек орудия. Орудие имеет 28 см в длину и максимальную ширину в средней части 7.4 см. Для привязывания к деревянной рукоятке на орудии в 15 см от заостренного конца мелкой выбивкой по пепловому прослою была выработана «шейка» глубиной 3 см, шириной 4.5 см и длиной 4 см; тонкий конец подработан с двух сторон мелкими сколами для придания орудию остроты. Повсеместно сколы, в том числе и на «шейке», покрыты хорошо выраженной патиной, что свидетельствует о большой древности орудия. Что-то, вероятно, делали и массивным обушком: на нем тоже видны следы обработки. Некоторые грани «облагорожены» шлифовкой. Возраст орудия по технике изготовления оп-



Примитивный ледоруб из туфопесчаника с Алтая (описание в тексте).

ределяется как верхний палеолит—неолит (7–12 тыс. лет).

Туфопесчаник — порода очень твердая, и орудиями из него можно обрабатывать только рыхлый материал — пески, глины, слежавшийся на леднике снег (фирн). Но что заставило древнего человека подняться до горного ледника?

Наши далекие предки были очень практичными людьми и вряд ли совершали восхождения на ледники ради простого любопытства. Скорее всего ими двигали прагматичные устремления, например добыча горных баранов. Примитивный ледоруб мог облегчить им восхождение по льду к одиноким скалам — любимым местам обитания этих животных. А может быть, они вырубали в фирне и молодом льду ямы для хранения охотничьей добычи?

© Малолетко А.М.,

доктор географических наук

Томск

И академик, и герой

А.Ю.Закгейм,

кандидат технических наук

Московская государственная академия тонкой химической технологии им.М.В.Ломоносова

Пушкин написал замечательные слова: «Неуважение к предкам есть первый признак дикости и безнравственности». Добавлю: не только к предкам биологическим, но, пожалуй, прежде всего к предкам культурным. Внимательное изучение жизни и дел тех, кто создавал культуру (и научную, и художественную), кто обеспечивал жизнь ее, непрерывное созидание и обновление, способно много дать душе любого из ныне живущих. Особенно это важно и плодотворно, если творец культуры был человеком высокой нравственности.

Таким был А.И.Берг, и книга о нем заслуживает самого серьезного внимания.

Книга состоит из пяти глав. Первая — биография Акселя Ивановича (1893—1979) и два очерка, посвященных главным периодам его творчества: трудам в области радиоэлектроники и радиолокации и работе в созданном им Научном совете по кибернетике. Вторая глава — личные воспоминания, воспоминания о нем его дочери, друзей, коллег и тех, кто, однажды увидев и услышав его, воспринял это как стимул для всей последующей работы. Глава третья — подборка статей и текстов выступлений академика, относящихся к кибернетическому периоду его деятельности. Четвертая — фрагменты «научных дневников» Акселя Ивановича, его размышления «для себя» о кибернетике, начиная с происхождения и истории этого термина (встреченного и у Платона, и у Ампера) и кончая раздумьями о сакраментальной проблеме:

может ли машина мыслить. Последняя, пятая глава — подборка документов о жизни и трудах, включая обзор фонда Берга в архиве Академии наук.

Составители книги — Я.И.Фет, Е.В.Маркова, Ю.Н.Ерофеев и Ю.В.Грановский — проанализировали большое количество источников, в том числе и неопубликованных. Книга имеет несомненную ценность как историко-биографическое исследование. И вместе с тем она проникнута чувством любви и уважения к тому, о ком пишется, к человеку, которого составители знали лично.

В октябре 1955 г., незадолго до своего 62-летия, Аксель Иванович написал в дневнике: «Нет, жизнь прожита не напрасно. Хотя я не открыл ни одного нового закона, не сделал ни одного изобретения, но 30 лет работы в области радиоэлектроники, несомненно, принесли немало пользы моей стране. Не знаю, сколько времени мне еще осталось жить и работать, но я горю желанием сделать еще многое.

Интерес к работе, делу у меня не остыл, признаков вялости, старости нет — только я устаю скорее, чем раньше. Но ведь я и работаю много». В этой строгой и очень точной самооценке он многое сказал о себе. Действительно, сферой его деятельности была не академическая наука, приводящая к открытиям (хотя он немало сделал для развития теории радиоэлектронных устройств, и «функции Берга» были известны специалистам), и не работа изобретателя. Он был организатором науки, блестящим образцом организатора. Такие люди в истории мировой науки очень редки. В Берге соеди-



АКСЕЛЬ ИВАНОВИЧ БЕРГ

М.: Наука, 2007. 518 с.

© Закгейм А.Ю., 2008



А.И.Берг — начальник НИИ связи Военно-морского флота. Ленинград, 1933 г.

нились лучшие качества, необходимые для этой деятельности: предельная организованность; высочайшее научное чутье, позволявшее безошибочно находить и направления, требующие разработки, и людей, способных их разработать; колоссальная работоспособность; безукоризненная порядочность, требовавшая признания роли сотрудников и коллег и скромности (хотя и без самоуничтожения) в признании собственных заслуг; и настоящая научная смелость, позволявшая отстаивать идеи, которые он считал верными, даже вопреки официальной идеологии или мнению признанных научных авторитетов.

Начинал Берг как морской офицер. Штурман на линкоре, а затем — на подводных лодках, смело воевавший в I Мировую войну, награжденный за храбрость орденом. С первых дней Советской власти он встал на ее сторону и до конца дней остался верен этому выбору. (Никогда не скрывал ни своего дворянского происхождения, ни того, что его отец был в XIX в. генералом.) И сразу же разворачивается деятельность Берга-инженера. Он по очереди принимает командование над тремя подводными лодками, пострадавшими в прошедших войнах, и доводит их до

рабочего состояния. Оценка этой работы была высокой: в 1922 г. Берг получил звание «Герой труда Отдельного дивизиона подводок Балтфлота».

Следующее поприще его деятельности, ставшее основным на три с лишним десятилетия, — оснащение армии, флота и народного хозяйства современным радиоэлектронным оборудованием. С 1925 по 1932 г. он — преподаватель высших учебных заведений Военно-морского флота, создает учебные курсы и публикует ряд учебников по общей теории радиотехники, теории генераторов и усилителей. Одновременно с подготовкой специалистов-радиотехников он занят и созданием радиотехнического оснащения флота.

В 1926 г. Берг — председатель Комиссии для выработки политики в области вооружения флота радиотехническими средствами, а с 1927-го — председатель секции радиосвязи и радионавигации Военно-морских сил РККА. Под его руководством была создана прогрессивная для того времени система «Блокада-1», теоретическое обоснование которой провел целиком он. В начале 30-х годов создается Научно-исследовательский морской институт связи, и Берг становится его начальником.

Отдельный очерк в книге посвящен трагическому периоду в жизни А.И.Берга. Как пошутил он сам, намекнув на свое шведское происхождение: «Мои предки прошли путь из варяг в греки, а я — из дворян в ээки». В конце 1937 г. его арестовали в связи с «делом Тухачевского». Сильно били. И добились того, что он написал «чистосердечное признание» о шпионаже в пользу военно-морского флота Швейцарии. Какое требовалось мужество и какое чувство юмора, чтобы под пытками обвинить себя в работе на несуществующий швейцарский флот! Но пытки продолжались. К счастью, в мае 1940 г. Берга все-таки освободили. Почему — вред ли есть однозначный ответ.

В то время в судьбы людей подчас вмешивались самые неожиданные и часто загадочные обстоятельства. Можно добавить, что формальная реабилитация академика, адмирала-инженера, Героя Социалистического Труда состоялась лишь в 90-е, годы спустя после его смерти.

Но все же Берга освободили и вернули на прежние посты. Вскоре у него состоялась беседа со Сталиным, и он сказал вождю: «Разбитую чашку можно склеить. Но звенеть она уже не будет». К счастью, вся дальнейшая жизнь показала: в этом Берг ошибся.

Спустя недолгое время после освобождения начался еще один важный период его трудов. Он становится во главе работ по созданию отечественной радиолокации. Идет война, и эта техника обнаружения противника осознается как исключительно актуальная. Накануне начала Курской битвы Государственный Комитет Обороны принял постановление «О радиолокации». Был создан Совет по радиолокации, формально под руководством Г.М.Маленкова, фактически руководил его заместитель А.И.Берг. Для разработки научных основ радиолокации возник институт НИИ-108, директором которого стал Берг, а для того, чтобы он обладал властью решать практические вопросы, его назначили заместителем наркома электропромышленности. Впоследствии он был и заместителем министра обороны.

В том, что отечественная радиолокация — одна из самых совершенных в мире, велика заслуга А.И.Берга.

Шли годы. В 1958 г. Бергу исполнилось 65. В этом возрасте, когда большинство — уже на пенсии, он начал последнее великое дело своей жизни и смог заниматься им еще два десятилетия. Этому периоду посвящена большая часть рецензируемой книги. Берг занялся реабилитацией и развитием кибернетики.

В конце 40-х годов XX в. возникла и начала бурно развиваться наука об общих законах уп-

Геология

РЕЛЬЕФ И ЧЕЛОВЕК. Отв. ред. Т.М.Сковитина и А.А.Щетников. М.: Научный мир, 2007. 200 с.

В этой коллективной монографии, подготовленной Институтом земной коры СО РАН, представлены результаты обсуждения темы «Рельеф и человек» на семинаре по проблемам теоретической геоморфологии, прошедшем осенью 2004 г. в Иркутске. Она восьмая по счету в списке трудов семинара и представляет разные взгляды на затронутую проблему со стороны различных научных школ сообщества русскоговорящих геоморфологов. Особенность этой книги заключается в том, что авторы вносят свои предложения, формулируя новые научные направления в геоморфологии и содержательные решения на этом пути.

В книге рассматриваются сложные взаимосвязи между человеком и рельефом земной поверхности, влияющим на культуру этносов, производственную деятельность и удовлетворение эстетических потребностей.

Издание предназначено для геоморфологов, геологов и географов.

Палеонтология

Е.Н.Мащенко, Ю.В.Шубина, С.Н.Телегина. ЛУГОВСКОЕ: ПЕЙЗАЖ НА ФОНЕ ЛЕДНИКОВ. Екатеринбург: Баско. 2006. 82 с.

Луговское — местонахождение мамонтов, расположенное неподалеку от одноименного поселка в Ханты-Мансийском автономном округе, — стало широко известно в середине 60-х годов XX в. благодаря находке на дне ручья нескольких тысяч костей мамонтов. В книге в научно-популярной форме представлена наиболее полная информация об этом уникаль-

ном местонахождении, а также сведения о природных условиях, животных и растениях, существовавших 15–12 тыс. лет назад.

Авторы книги, непосредственные участники и организаторы исследований, рассказывают о нелегкой девятилетней работе, предшествовавшей замечательным открытиям в самом центре Западной Сибири. Книга подводит итог многолетних (с 1998 г.) исследований специалистов из разных научных учреждений России и дает максимально полное представление о древней истории этого района Западной Сибири.

Луговское — единственное место в нашей стране, где было обнаружено одно из немногих свидетельств прямой охоты человека на мамонта. В 2002 г. А.Ф.Павлов (Государственный музей природы и человека, Ханты-Мансийск) и Е.Н.Мащенко (Палеонтологический институт РАН, Москва) обнаружили позвонки мамонта, пробитый наконечником копья древнего охотника около 14 тыс. лет назад. В книге приводятся свидетельства и других ученых и исследователей, принимавших участие в изучении этого природного памятника. Впервые найдены свидетельства заселения Югорского края в эпоху позднего палеолита, даны описания образа жизни наиболее типичных животных этой эпохи, а также условий, в которых произошло захоронение их костей. Отдельно рассказывается о причинах вымирания самого мамонта и его спутников и о том, какую роль мог сыграть в этом древний человек.

История природного «кладбища» зверей мамонтовой фауны, как надеются авторы, должна привлечь внимание читателей к мысли о необходимости охраны природного и культурного наследия России, сохранению всех свидетельств истории нашей страны.

Медицина. Биология

Ю.Ф.Богданов, О.Л.Коломиец. СИНАПТОНОМНЫЙ КОМПЛЕКС — ИНДИКАТОР ДИНАМИКИ МЕЙОЗА И ИЗМЕНЧИВОСТИ ХРОМОСОМ. Под ред. Н.А.Ляпуновой. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2007. 358 с.

Авторы книги в течение 25 лет изучали мейоз у растений, грибов, животных и человека. Начиная с 1982 г., в лаборатории цитогенетики Института общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН ведутся исследования цитологии, молекулярной биологии и генетики мейоза. Они и стали основой для второй монографии на русском языке, посвященной исследованию мейоза. Первая, «Цитология и генетика мейоза», под редакцией В.В.Хвостовой и Ю.Ф.Богданова вышла в издательстве «Наука» в 1975 г. За прошедшие годы накоплено много новой информации, и трактовка ряда молекулярных и цитологических явлений, лежащих в основе мейоза, претерпела существенные изменения.

В книге изложены сведения о синаптонемном комплексе (СК) — специфической структуре мейотических клеток большинства эукариот — и примеры исследований этой структуры для решения задач цитогенетики. В первой части книги описана структура и функции СК, его изменчивость и роль в возникновении и эволюции мейоза. Вторая часть содержит оригинальные исследования ультраструктуры СК у растений, грибов и животных. Третья часть посвящена исследованиям авторов, в которых СК использован как «инструмент» цитогенетики для кариотипирования клеток, изучения сложных случаев половых хромосом и В-хромосом, поведения в мейозе хромосом при множественных Rb-транслокациях, использования СК как индикаторов спонтанных и индуцированных хро-

мосомных перестроек в мейозе у млекопитающих и растений. Изложены оригинальные исследования, в которых СК использован для выявления аномалий мейоза и причин бесплодия у человека, а также генетического риска при побочном действии медицинских препаратов, включая антибиотики.

Книга предназначена для цитологов, цитогенетиков, преподавателей, аспирантов, студентов биологических и медицинских вузов.

История науки

СЕМИНАР: Статьи и выступления. Сост.: Б.М.Болотовский, Ю.М.Брук. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 264 с.

В этой книге собраны некоторые статьи и воспоминания участников «Общественного семинара по теоретической физике», известного также как «Семинар В.Л.Гинзбурга». Он проводился с 1956 по 2001 г. в Физическом институте им. П.Н.Левбедева РАН и был известен, конечно, всем физикам нашей страны. Выступали на нем не только сотрудники московских физических институтов, среди докладчиков и слушателей семинара были физики и астрофизики многих (едва ли не всех) крупных научных центров России, бывших союзных республик СССР, стран «ближнего и дальнего зарубежья».

Бессменный руководитель семинара — академик АН СССР и РАН В.Л. Гинзбург стал лауреатом Нобелевской премии по физике в 2003 г. «за пионерский вклад в теорию сверхпроводников и сверхтекучих жидкостей». Если бы существовали Нобелевские премии для организаторов и руководителей научных семинаров, то вряд ли у него нашлись бы конкуренты в нашей или любой другой стране мира, и он получил бы еще одну такую премию, но раньше на несколько десятилетий.

Авторы посвящают книгу юбилею — 90-летию Виталия Лазаревича. Впервые публикуются два препринта Гинзбурга, посвященные семинару, а также воспоминания и рассказы физиков, посещавших заседания в течение многих лет. Юмор и шутки, присутствующие в текстах, свидетельствуют о том, что физики еще сохраняют оптимизм и не разучились улыбаться.

Книга представляет интерес для физиков разных специальностей, историков, всех, интересующихся тем, какой была и какой будет российская наука.

История науки

В.Н.Усов. СОВЕТСКАЯ РАЗВЕДКА В КИТАЕ: 30-е годы XX века. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2007. 454 с. (Из сер. «Сфера Евразии».)

Новая книга известного российского китаиста-историка В.Н.Усова стала продолжением его первой монографии «Советская разведка в Китае в 20-е годы XX века», вышедшей в Москве в 2002 г. и переведенной на китайский язык в КНР. Эта работа — первое в России оригинальное исследование, рассказывающее о деятельности советской внешней разведки в лице сотрудников Коминтерна, ГРУ и ОГПУ на широком историческом фоне Китая того времени. Автор широко использует материалы и документы из архивов Коминтерна, МИДа, внешней разведки, а также воспоминания советских и зарубежных участников тех событий, рассказывает, против кого персонально и против каких конкретных организаций велись разведывательные действия в Китае 30-х годов. Книга дополняет картину взаимоотношений СССР с Китаем, показывает всю сложность и многогранность разведывательной работы, ее успехи и провалы.

Автор книги ставил своей целью обобщить уже имеющий-

ся в нашей стране и за рубежом доступный материал, ввести в научный оборот новые секретные документы из архивов, с большинством из которых еще не знаком наш читатель.

История науки

В.Матюшкин. ПОВСЕДНЕВНАЯ ЖИЗНЬ АРЗАМАСА-16. Под ред. Л.Д.Рябева. М.: Молодая гвардия, 2007. 424 с. (Из сер. «Живая история: Повседневная жизнь человечества».)

Саровская земля дважды сыграла огромную роль в истории России. Здесь был крупнейший центр духовной жизни страны, здесь же два века назад жил один из величайших православных святых преподобный Серафим Саровский, а в середине прошлого столетия в засекреченном ядерном центре создавалось советское атомное оружие, благодаря чему было достигнуто стратегическое равновесие между СССР и США.

Основная часть повествования посвящена истории и повседневной жизни научного объекта. В отдельных главах рассказывается о таких сторонах этой жизни, как обеспечение секретности, безопасности, кадровая политика, будни центра и полигонов, партийное руководство, культура и спорт. Со страниц книги встают фигуры выдающихся ученых-физиков: Ю.Б.Харитона, Н.Н.Боголюбова, Д.А.Франк-Каменецкого, М.А.Лаврентьева, Е.И.Тамма, В.С.Владимирова, Я.Б.Зельдовича, А.Д.Сахарова, Н.А.Дмитриева и других. Анализируя сегодняшнюю ситуацию вокруг и внутри Арзамаса-16, автор констатирует, что «ядерный центр сегодня идеологически и нравственно не защищен». Тем не менее Владимир Матюшкин уверен: «Таким городам, как Арзамас-16, уготована судьба и в дальнейшем нести ответственность за участь народов России».

Последнее прибежище онкилонов

В.В.Глушков,

доктор географических наук

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

Москва

В XVIII — начале XX в. многие авторитетные ученые считали, что в Студеном море к северу от восточных берегов Евразии расположена еще никем не открытая «*матерая земля*». Это предположение базировалось как на результатах научных изысканий, так и на устных преданиях аборигенов Севера. Например, эскимосы* в своих сказаниях утверждали, что их далекие предки онкилоны** когда-то ушли на неведомую землю морем. Эту легенду блестяще воспроизвел в своем научно-фантастическом романе «Земля Санникова» академик В.А.Обручев (1863—1956) — известный русский геолог и географ, труды которого вошли в золотой фонд мировой науки.

«Несколько веков назад, — писал Обручев, — [онкилоны] населяли весь Чукотский полуостров, но затем были вытеснены чукчами к берегу Ледовитого океана...

Норденшельд [Н.А.Норденшельд (1832—1901) — шведский исследователь Арктики. — В.Г.] во время своего плавания

* Эскимосы (самоназвание — инуиты) — группа народов на Аляске, на севере Канады, в Гренландии и в Российской Федерации (Магаданская обл. и о.Врангеля). Эскимосы являются прямыми наследниками древней культуры, распространенной с конца 1-го тысячелетия до н.э. по берегам Берингова моря.

** Полагают, что онкилоны принадлежали к эскимосскому племени «анколы» или «онколы», что по-чукотски означает «прибрежные жители» [1].

на корабле «Вега» [в 1878—1879 гг.] вдоль берегов Северной Сибири в районе мысов Иркайпий, Шелагского и Якан в изобилии находил брошенные жилища онкилонов, представлявшие землянки своеобразного типа, до половины углубленные в почву и с кровлей из китовых ребер, присыпанных землей. При раскопках были найдены различные орудия из камня и кости — топоры, ножи, наконечники копий и стрел, скребки и проч., нередко даже еще с костяными и деревянными рукоятками, сохранившимися в течение веков благодаря мерзлоте почвы вместе с ремнями, которыми наконечники и топоры были прикреплены. Онкилоны не знали употребления железа и других металлов и были в полном смысле слова людьми каменного века.

По рассказам чукчей, собранным Врангелем [барон Ф.П.Врангель (1796—1870) — мореплаватель, адмирал, один из учредителей Русского географического общества. — В.Г.], причиной ухода онкилонов с берегов Ледовитого океана была кровавая распря на почве родовой мести между их вождем Крэхоем и предводителем оленных чукчей. Спасаясь от преследования последнего, Крэхой с немногочисленными остатками племени сначала укрепились на скалах мыса Северного, затем перебрались на о.Шалауров и, наконец, на... байдарках они уплыли на землю, горы которой видны вдаль в Ледо-

витом океане с мыса Якан (т.е. на о.Врангеля***)...

Несомненно этот народ существовал, но куда исчез — неизвестно... Если бы они погибли на островах, то найдены были бы в изобилии их кости... Если бы они вымерли на материке, об этом сохранились бы предания у их новых соседей — якутов, тунгусов, ламутов. Таких преданий нет... Они, очевидно, [были] на Земле Санникова, там... куда летят перелетные птицы, которые, вероятно, служили им проводниками...» [2].

Заметим, что на современных картах упомянутой Обручевым Земли Санникова, предположительно располагавшейся в северо-западной части Новосибирского архипелага****, нет, хотя имя отважного охотника,

*** В древности предки современных азиатских эскимосов занимали обширную территорию. В качестве непосредственных причин изменения ареала расселения эскимосов на азиатской части Евразии обычно называют две: это, во-первых, миграции эскимоидных племен в северо-восточном направлении, и, во-вторых, ассимиляции отдельных групп представителей эскимосской этнической культуры на южной, юго-западной и западной территории их бывшего расселения. Поселения и стоянки, принадлежащие к культурам древних эскимосов, известны на о.Врангеля и на Арктическом побережье почти до устья Колымы [3, 4].

**** На Новосибирских о-вах полярные исследователи «находили остатки... жилищ [онкилонов] своеобразного типа, доказывающие, что представители этого племени некоторое время [там] проживали, но больше о них ничего не известно» [5].



Восточная часть Северного Ледовитого океана. Здесь и далее выделены интересные нас зоны.

первопроходца Новосибирских о-вов Якова Санникова (1780 — после 1811)* носят пролив между островами Малый Ляховский и Котельный, река и полярная станция на о.Котельном, мелководная банка в Восточно-Сибирском море. Что касается Земли (а точнее земель) Санникова, то в настоящее время известно [7, 8], что кандидатами в таковые являются, во-первых, земли, виденные лично Санниковым и первым официальным российским исследователем Новосибирских о-вов М.М.Геденштромом (ок. 1780—1845) — к северо-востоку от о.Новая Сибирь в 1810—1811 гг., но открытые в 1881 г. американцем Д.В.Де-Лонгом (1844—1881) острова Беннетта, Жанетты и Генриетты, а также открытые русскими военными моряками

* Я.Санникову принадлежит открытие островов Столбовой (1800) и Фаддеевский (1805), западной части о.Новая Сибирь (1806) и Земли Бунге (1811), он один из первых ступил в начале XIX в. на о.Бельковский [6].

Гидрографической экспедиции Северного Ледовитого океана в 1913—1914 гг. острова Жохова и Вилькицкого, во-вторых, земля, обнаруженная также Санниковым в 1810 г. примерно в 70 верстах к северо-западу от о.Котельного и показанная на карте, составленной в 1811 г. во время экспедиции М.М.Геденштрома в виде «гор, виденных мещанином Санниковым», и, в-третьих, земля, рассмотренная в подзорную трубу российским исследователем Арктики бароном Э.В.Толлем (1858—1902) примерно в 150 верстах к северу от о.Котельного в 1886 г., названная им Землей Санникова и показанная 10 лет спустя на карте норвежского полярного исследователя Ф.Нансена**.

** Ф.Нансен во время своей знаменитой экспедиции Земли Санникова, виденной бароном Э.В.Толлем, не обнаружил, но на его карте «Норвежская полярная экспедиция 1893—1896 гг.» показан небольшой остров с географическими координатами: широта — примерно 76° с.ш. и долгота — примерно 138° в.д. [9].

Важно подчеркнуть, что среди вышеупомянутых две последние «земли» интересны тем, что для их поиска в разное время были организованы специальные экспедиции. В одной из них в 1821—1822 гг. лейтенант российского флота П.Ф.Анжу (1796—1849) пытался найти землю, расположенную к северо-западу от о.Котельного, но так ее и не нашел [9], в другой в 1901—1902 гг. Толль также не нашел ранее виденную им землю к северу от о.Котельного и в конце концов погиб вместе с тремя своими спутниками [10]. Однако если следы земли, усмотренной Толлем, а точнее признаки существования острова из ископаемого льда, который можно было принять за землю, были все-таки обнаружены в 1980 г. с борта советского гидрографического судна «Створ» посредством измерений глубины морского дна и выемки грунта [11], то «гор, виденных мещанином Санниковым» или каких-либо косвенных



Восточная часть хребта Гаккеля, уходящая на материк (окружности — эпицентры землетрясений).

признаков существования земли, лежащей к северо-западу от о.Котельного, никому и никогда обнаружить не удалось. Более того, как утверждал в 1960 г. В.М.Пасецкий (1920—2001) — известный историк полярных путешествий, проанализировав карты глубин и грунтов района, расположенного к северо-западу от о.Котельного, с удалением от этого острова в указанном направлении глубина дна сначала увеличивается от нескольких до десяти и более метров, а «в том самом месте, где должна была бы находиться Земля Санникова, достигает 38, затем 44 и, наконец, 48 метров...» [12]. Вывод по результатам этого исследования был категоричен — видеть реальную сушу, а также какой-либо остров из ископаемого льда, зацепившийся за дно океана (стамухи), Санников не мог. В крайнем случае, это был арктический мираж, привидевшийся охотнику.

Однако, по нашему мнению, Санников — опытный землепроходец, открывший до той «гористой земли» несколько островов в Новосибирском архипелаге, — едва ли ошибался. Аргументы для такого утверждения у нас есть и, на наш взгляд, довольно весомые.

Для начала обратимся к гипотезе академика Обручева. По его мнению, Новосибирские о-ва в начале четвертичного периода представляли собой часть территории Восточной Сибири, потом — во время или в конце последней ледниковой эпохи — «произошли разломы и значительные площади опустились на дно моря, а остальные превратились в острова». Один из них (под названием Земля Санникова) представлял собой «остаток» вулкана. Его предположительный размер, по расчетам Обручева, составлял «километров двадцать в поперечном и сорок пятьдесят в продольном направлении». В глубине кратера вулкана «сохранилось достаточно тепла, выделяющегося... по трещинам... Это [обоснованно утверждает Обручев] одна из причин теплого климата Земли Санникова... Периодическое выделение пара или горячего воздуха из недр земли... согревает котловину» и делает вполне благоприятными условия для жизни людей и животных в условиях Арктики. Иногда на Земле Санникова случались землетрясения, что говорило о ее расположении в сейсмоактивной зоне. Однажды вулкан проснулся, и «разыгрался последний акт

драмы Земли Санникова и племени онкилонов...» [13].

Заметим, что Обручев писал об этом в начале 1920-х годов, когда изученность океанского дна — особенно с точки зрения сейсмоактивности — была довольно слабой. Тем не менее он был совершенно прав, предполагая наличие зоны землетрясений вблизи Новосибирских о-вов. Подтверждение этого нам удалось найти в современных научных источниках.

Так, в монографии-справочнике «Зоны землетрясений» В.А.Апродова — отечественного ученого-геолога, автора ряда книг о землетрясениях и вулканах, — говорится: «Северный Ледовитый океан очень своеобразен по рельефу дна. На его периферии вдоль северных берегов Евразии и Северной Америки развиты огромные континентальные шельфы. В их поверхность врезаны узкие длинные глубоководные котловины Нансена и Амундсена, разделенные узкой рифтовой зоной хребта Гаккеля... Хребет является северо-восточным, а далее — восточным продолжением срединно-океанических хребтов Норвежско-Гренландского бассейна... Он... сейсмичен [и состоит из параллельных вытянутых вулканогенных гряд. — В.Г.]... протягивается на 1800 км с востока на запад [причем восточная часть хребта Гаккеля, согласно карте, заканчивается в районе, где Санников видел гористую землю с о.Котельного. — В.Г.]... Хребет осложнен несколькими рифтовыми долинами, которые расположены кулисообразно. Глубина их достигает 2 км. С ними связаны слабые, с неглубокими очагами землетрясения как единичные, так и их серии. Примером может служить серия землетрясений в восточной части хребта в июне 1982 г. ...» [14].

В другой работе «Сейсмическое районирование Арктического региона» (2002), написанной группой российских ученых на основании информации

по землетрясениям, собранной в 1964—1998 гг., составлена карта «Эпицентры и фокальные механизмы землетрясений Лаптевоморского шельфа» [15]. На ней показаны эпицентры землетрясений с магнитудой 5.0—5.9, расположенные к северо-западу и западу от о.Котельного, т. е. недалеко от того места, где на карте Геденштрома (1811) были впервые показаны горы, виденные «мещанином Санниковым».

В третьей работе на эту же тему, опубликованной в 2002 г. [16], сообщается, что в начале 2001 г. американские ученые, работавшие на борту подводной лодки «Hawkbill», во время съемки дна Северного Ледовитого океана, открыли два неизвестных ранее действующих вулкана. Они располагаются также в восточной части подводного хребта Гаккеля, но западнее Новосибирских о-вов, к северо-западу от Северной Земли (в районе с координатам 86° с.ш., 85° в.д.). Звуколокаторы обнаружили два островершинных поднятия неправильной формы высотой примерно 500 и 1000 м. Обнаруженные здесь характерные линейные магнитные аномалии позволили группе геофизиков Гавайского института геофизики и планетологии (США) прийти к выводу, что в исследуемом районе под океанским дном идут вулканические процессы.



Эпицентры и фокальные механизмы (стрелки) землетрясений Лаптевоморского шельфа.

Приведенные данные позволили нам сделать важный вывод, существенно дополняющий исследования по проблеме «Земля Санникова», выполненные ранее отечественными учеными (В.А.Обручевым, В.М.Пасецким, С.А.Кесселем и др.). Он состоит в следующем. Поскольку к западу и к северо-западу от о.Котельного имеется сейсмоактивная зона, то вполне вероятно, что виденная в 1810 г. Санниковым гористая земля была не миражом, а реальностью. На ней действительно мог быть более мягкий, чем на других островах Северного Ледовитого океана климат, вполне подходящий для жизни человека и животных. Поэтому онкилоны, если бы добрались до

нее, вполне могли там и остановиться. К сожалению, подтверждения этого нам теперь уже не найти, поскольку вследствие землетрясения или извержения вулкана Земля Санникова — последнее пристанище онкилонов — скорее всего ушла под воду и стала дном Моря Лаптевых. Произошло это предположительно в период 1811—1821 гг., поскольку именно в 1821 г. лейтенант Анжу, прибыв со своей экспедицией в район возможного нахождения этой земли, так ее и не обнаружил*.

* В честь онкилонов названа одна из разновидностей нефелинита (магматической породы) — онкилонит, обнаруженная российскими геологами на о.Вилькицкого (Новосибирские о-ва).

Комментарий редакции

Попытаемся оценить правомерность гипотезы В.В.Глушкова об исчезновении Земли Санникова в результате землетрясения или извержения вулкана. Полностью исключить такую возможность нельзя. В результате мощного извержения вулканический остров в принципе может исчезнуть с видимой водной поверхности, а в начале XIX в. сейсмической регистрации землетрясений еще не было.

Но вот что наступает. Такое событие, как внезапный взрыв вулкана или даже простое быстрое погружение острова неизбежно должно было сопровождаться возникновением цунами. Аналогичный по масштабу географических изменений, но реальный взрыв о.Кракатау в 1883 г. вызвал волну цунами, трижды обогнувшую всю планету,

она привела к многочисленным жертвам среди прибрежного населения. Конечно, по берегам Северного Ледовитого океана в XIX в. плотность жителей была много ниже, чем в экваториальных областях, но она не была исчезающе малой. И мощное цунами непременно должно было остаться в памяти эскимосов, чукчей и других народностей Севера. Наконец, следы выбросов, оставляемые цунами, легко обнаруживаются столетиями позже самого события.

Ничего подобного на берегах Северного Ледовитого океана не наблюдается. По этой причине редакция относится к гипотезе автора с некоторым сомнением, недостаточным, однако, для отказа в публикации.

Литература

1. Никонов В.А. Этнонимы Дальнего Востока СССР // Этнолическая ономастика. М., 1984. С.642.
2. Обручев В.А. Плутония. Земля Санникова. Л., 1977.
3. Окладников А. П., Береговая Н. А. Древние поселения Баранова мыса. Новосибирск, 1970.
4. Диков Н.Н. Древние культуры Чукотки и Камчатки. Азия на стыке с Америкой в древности. М., 1979.
5. Обручев В.А. Указ. соч. С.587.
6. Пасецкий В.М. Арктические путешествия россиян. М., 1974.
7. Глушков В.В. // Наука в России. 2004. №2. С.77—84.
8. Глушков В.В. К истории открытия и картографирования Новосибирских островов // Годичная научная конференция Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова, М., 2004. С. 455—457.
9. РГА ВМФ. Ф.166. Оп.1. Д.633. Л.349.
10. Пасецкий В.М. Поиски неведомых земель. М., 1960.
11. Кессель С.А. Земли Санникова существуют // Газета «Полярная звезда». 1992. №127.
12. Пасецкий В.М. Указ. соч. С.46.
13. Обручев В.А. Указ. соч. С.361—586.
14. Апродов В.А. Зоны землетрясений. М., 2000.
15. Аветисов Г.П., Зинченко А.Г., Мусатов Е.Е., Пискарев А.Л. Сейсмическое районирование Арктического региона // Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология. СПб., 2002.
16. Тиде Йорн, Драчев С.С., Шевченко В.П. Экспедиция AMORE-2001 в Центральную Арктику // Природа. 2002. №5. С.47—51.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Е.Е.БУШУЕВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
С.В.ЧУДОВ

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
М.В.КУТКИНА

Графика, верстка:
А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредитель:
Российская академия наук,
президиум
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

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

Подписано в печать 17.03.2008
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 69
Набрано и сверстано в редакции

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