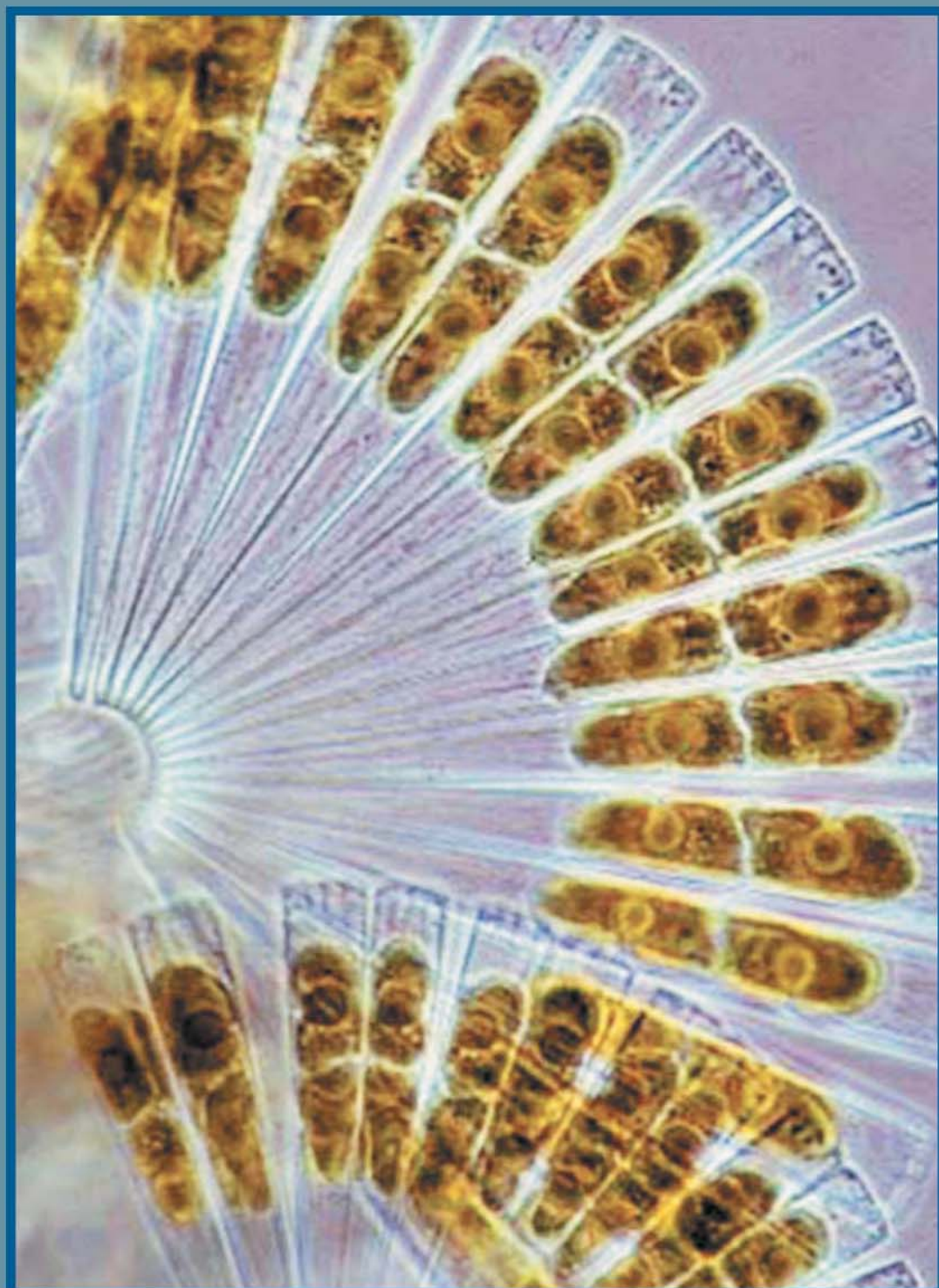


ПРИРОДА

12 02



В НОМЕРЕ:**3 Хуснутдинова Э.К., Боринская С.А.****Геномная медицина — медицина XXI века**

Развитие геномики ведет к тому, что медицина будущего будет основана на знании индивидуальных особенностей каждого человека. Это позволит надежнее и эффективнее бороться с наследственными болезнями.

9**Биография современника****ОСНОВАТЕЛЬ ШКОЛЫ ПОЧВЕННОЙ ЗООЛОГИИ**

К 90-летию Меркурия Сергеевича Гилярова

Гиляров А.М.**О моем отце (10)****Научные сообщения****25 Басов И.А.****«ДЖОЙДЕС Резолюшн»: 192-й и 193-й рейсы****Лекторий****28 Валиев К.А., Кокин А.А.****От кванта к квантовым компьютерам**

Революция в современной информатике — результат развития физики и технологии полупроводников. Очередной прорыв, и не только в информатике, обещают новые квантовые технологии.

Заметки и наблюдения**37 Несис К.Н.****Подкрасться, переодевшись женщиной****Вести из экспедиций****40 Леин А.Ю., Богданов Ю.А., Сагалевич А.М., Пересыпкин В.И., Дулов Л.Е.****Белые столбы Покинутого города**

Глубоководные гидротермальные проявления океанических рифтов интенсивно исследуются с помощью подводных обитаемых аппаратов на протяжении уже 25 лет, но до сих пор полей с карбонатными постройками, подобных Лост Сити, встречено не было.

Сколотнев С.Г.**Рудная минерализация в Центральной Атлантике (47)****51 Кочуров Б.И., Антипова А.В., Костовска С.К., Лобковский В.А.****Экологическая ситуация в России на обзорной карте**

Впервые на карте представлены не только эколого-географические особенности отдельных регионов, но и социально-экономические показатели, влияющие на природную среду.

57 Иноземцев А.А.**Озерная лягушка сильно выросла****59 Сапожников Ф.В.****Деревья диатомового мира****62 Наугольных С.В.****Гинкго — история в четверть миллиарда лет**

Родственники этого древесного растения с красивой кроной и своеобразными листьями жили еще в пермское время. Хотя ископаемые остатки гинкговых найдены во многих местах, не исключено, что свою родословную они ведут из Приуралья.

Новости науки**72**

«Портрет» Большого взрыва (72). Астероид угрожает (72). Метеоритный кратер на дне Северного моря (73). Пробелы в физике атмосферы ликвидируются. **Силкин Б.И.** (73). Криобот плавит льды (75). Инвентаризации мировой герпетофауны не видно конца. **Семенов Д.В.** (75). Гипотеза Миланковича в развитии (75). Столкновение Индостана с Евразией — деформации в Гималаях и Тибете. **Басов И.А.** (76). Айсберг создал «пробку» (77). Землетрясению шесть с половиной веков (77). Западно-Антарктический ледник растёт (78). Совершенствуется прогноз явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья (79). Энтомологическая сенсация: новый отряд насекомых (79). Где зарождалась письменность? (80).

Коротко (8, 71)

Рецензии**81 Малахов В.В.****Долгожданное начало****Новые книги****83****86****Тематический и авторский указатели журнала «Природа» за 2002 год**

CONTENTS:

3 **Husnutdinova E.K. and Borinskaya S.A.** **Genome Medicine – the Medicine of the 21st Century**

With the development of genomics, the medicine of the future will be based on knowledge of each person's distinctive features, providing a more reliable and effective means of combating hereditary diseases.

9 **Biography of Our Contemporary** **FOUNDER of a SCHOOL in SOIL ZOOLOGY**

On the 90th Anniversary of the Birth of Merkursy Sergeevich Gilyarov

Gilyarov A.M.

About My Father (10)

Scientific Communications

25 **Basov I.A.** **JOIDES Resolution: The 192nd and 193rd Cruises**

Lectures

28 **Valiev K.A. and Kokin A.A.** **From a Quantum to a Quantum Computer**

The revolution in modern computer science is the result of the advances made in the physics and technology of semiconductors. The new quantum technologies promise yet another breakthrough, and not only in computer science.

Notes and Observations

37 **Nesis K.N.** **To Steal up Dressed as a Woman**

News from Expeditions

40 **Lein A.J., Bogdanov J.A., Sagalevich A.M., Peresypkin V.I., and Dulov L.E.** **White Columns of the Lost City**

Deep-sea hydrothermal manifestations of oceanic rifts have been extensively explored with manned submersibles during the last 25 years, but fields with carbonate structures similar to those of the Lost City have still not been found.

Skolotnev S.G.

Mineralization in the Central Atlantic (47)

51 **Kochurov B.I., Antipova A.V., Kostovska S.K., and Lobkovsky V.A.** **The Environmental Situation in Russia on the Summary Map**

For the first time the map shows not only the environmental and geographic indices of individual regions, but also the social and economic indices affecting the natural environment.

57 **Inozemtsev A.A.** **The Lake Frog Has Greatly Grown**

59 **Sapozhnikov F.V.** **Trees of the Diatom World**

62 **Naugolnykh S.V.** **Ginkgo Biloba: A History Spanning a Quarter of a Billion Years**

Relatives of this woody plant with a beautiful top and unusual leaves existed as far back as the Permian. Although fossil remains of Ginkgoaceae are found in many places, it is quite possible that they originated in the Ural region.

Science News

72 A Profile of the Big Bang (72). A Threatening Asteroid (72). A Meteorite Crater on the North Sea Bottom (73). Gaps in Atmospheric Physics Are Filled. **Silkin B.I.** (73). Cryobot Melts the Ice (75). No End to Inventorying the World's Herpetofauna. **Semenov D.V.** (75). Evolution of Milankovitch's Hypothesis (75). Hindustan–Eurasia Collision—Deformations in the Himalayas and Tibet. **Basov I.A.** (76). Iceberg Causes a «Traffic Jam» (77). An Earthquake Six and a Half Centuries Ago (77). The West Antarctic Glacier Grows (78). Improvements in el Nino and la Nina Prediction (79). An Entomological Sensation: A New Order of Insects (79). Where Did Writing Originate? (80). **In Brief** (8, 71)

Book Reviews

81 **Malahov V.V.** **The Long-Awaited Beginning**

New Books

83 **Subject and Author Indexes to the 2002 Issues of Priroda**

Геномная медицина — медицина XXI века

И физические данные, и психика человека подвержены генетической вариации. Эта вариация может быть фатальной или управляемой в зависимости от того, насколько понятны ее происхождение и причины. В принципе любой результат деятельности генов может быть усилен или подавлен влияниями среды, хотя на практике это далеко не всегда возможно из-за нашего незнания.

Ф.Добжанский

Э.К.Хуснутдинова, С.А.Боринская

Здоровье или предрасположенность к различным заболеваниям в значительной мере зависит от генетических особенностей человека. Расшифровка структуры его генома открыла недоступные ранее возможности для понимания молекулярных основ наследственных болезней, разработки новых стратегий диагностики и лечения.

Всего известно 5 тыс. таких заболеваний, из них 2 тыс. — тяжелых расстройств, приводящих к инвалидности. До недавнего времени были изучены главным образом моногенные болезни, т.е. возникающие при нарушении работы одного гена. Их сегодня известно более тысячи — от них в общей сложности страдает около 5% новорожденных. Это и гемофилия (нарушение свертываемости крови), и фенилкетонурия (нарушение обмена веществ, приводящее к умственной отсталости), и некоторые формы врожденной глухоты.

Однако большинство наследственных болезней связаны с одновременным нарушением работы нескольких генов и определенными воздействиями внешней среды — их называют мультифакторными. В той или иной мере наследственные особенно-



Эльза Камилевна Хуснутдинова, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент АН Республики Башкортостан, заведует отделом геномики Института биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН. Область научных интересов — этногеномика, медицинская геномика, адаптивные возможности человека.



Светлана Александровна Боринская, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории анализа генома Института общей генетики РАН. Научные интересы связаны с общими закономерностями эволюции и геномикой.

сти определяют восприимчивость или устойчивость к большому числу заболеваний, в том числе и к инфекционным. В конечном итоге здоровье или болезнь есть результат взаимодействия наследственных задатков и среды. Геномные исследования позволяют выявлять предрасположенность к ряду патологий на

любой стадии развития организма, что безусловно расширяет объем пресимптоматической, дородовой и преимплантационной (предшествующей внедрению зародыша в матку) диагностики. Для этого проводится анализ ДНК, получаемой обычно из крови или других биологических образцов индивида.

© Э.К.Хуснутдинова, С.А.Боринская

Главное преимущество ДНК-диагностики — это возможность установить первопричину патологии, т.е. нарушение структуры гена. В настоящее время выявляют более 500 наследственных болезней, из них около 50 наиболее распространены в России.

Моногенные заболевания

Ранняя диагностика позволяет начать профилактическое лечение и не дать патологии проявиться. Например, при фенилкетонурии мутации нарушают работу гена, контролирующего превращение аминокислоты фенилаланина в тирозин. Болезнь развивается, когда ребенок получает поврежденный ген от обоих родителей. Если один из пары генов нормален, человек остается здоровым. Сегодня частота появления фенилкетонурии (т.е. мутаций в обеих копиях гена) составляет 1 на 10—17 тыс. рождений, а частота скрытого носительства болезнетворного аллеля — 1 на 100. Поскольку эта патология встречается достаточно часто, всех новорожденных тестируют на фенилкетонурию. Вовремя назначенная специальная диета может предотвратить болезнь или значительно облегчить ее течение.

Большинство подобных мутаций передается из поколения в поколение, сохраняясь в популяции. У каждого народа свой спектр характерных мутаций. Этнический состав населения Волго-Уральского региона, находящегося на границе Европы и Азии, неоднороден. Сегодня здесь проживают представители тюркской ветви алтайской языковой семьи (башкиры, татары, чуваш), финно-угорской ветви уральской языковой семьи (марийцы, мордва, удмурты, коми) и славянской ветви индоевропейской языковой семьи (русские). Поэтому здесь встречаются

мутации различного происхождения, а их частота и спектр у больных разных этнических групп довольно своеобразны и отличается от других регионов России.

Например, фенилкетонурия особенно часто встречается среди русских. По данным молекулярно-генетического анализа, проведенного сотрудниками Института биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН, большинство случаев заболевания вызвано одной и той же мутацией, принесенной сюда переселенцами из Северной Европы. Распространенность этой мутации связана с так называемым эффектом основателя — присутствием поврежденного гена у одного или нескольких членов небольшой предковой группы, давшей начало современной популяции. В семьях других национальностей фенилкетонурия вызывалась несколькими различными мутациями. Полученные данные позволили разработать схему ее дородовой диагностики [1].

То же самое можно сказать и об аутосомно-рецессивном заболевании — болезни Вильсона—Коновалова. Из-за мутаций в гене, связанном с обменом меди, в организме накапливается медь и в результате ее токсического действия поражаются печень и головной мозг. Заболевание долгое время протекает скрыто, ранние проявления весьма многообразны, что затрудняет его выявление. А ведь чем раньше поставлен диагноз, тем эффективнее лечение. Методы молекулярной диагностики дают возможность определить патологию на любой стадии независимо от наличия или отсутствия клинических и биохимических изменений.

Болезню Вильсона—Коновалова страдают во всем свете, причем некоторые народы особенно часто. Так, у евреев-ашкенази ее частота в 30 раз превышает среднемировую. В настоящее время известно более 70 различных мутаций, приводя-

щих к этой патологии [2]. Распространенность любой из них указывает на время появления: чем чаще встречается мутация, тем она древней (возникла на ранних этапах формирования человечества). Для русских наиболее характерна мутация, распространенная среди европейских народов. В некоторых этнических группах, наряду с широко известными, можно обнаружить «молодые» мутации, свойственные только им. Например, у представителей татарской национальности выявлена мутация, которая нигде больше не встречается. Молекулярно-генетический анализ позволил предположить ее тюркские корни [3].

Этнические особенности обнаружены в спектре и частоте мутаций для такой тяжелой патологии, как муковисцидоз. У представителей белой расы — это одно из самых распространенных моногенных заболеваний. Изменения в гене белка, участвующего в переносе ионов хлора через клеточную мембрану, приводят к нарушению секреции эндокринных желез жизненно важных органов с поражением дыхательного и желудочно-кишечного трактов. В Башкортостане выявлено девять связанных с муковисцидозом мутаций, а всего в мире их описано более тысячи. «Европейская» мутация найдена у русских и татар, а «тюркская» — у татар и башкир. Эти этнические особенности в спектре и частоте мутаций необходимо учитывать при диагностике муковисцидоза [4].

Изучение молекулярных причин моногенных заболеваний и наследственной предрасположенности в различных по генетической структуре группах — одна из важных проблем медицинской генетики. Результаты подобных исследований могут служить теоретической и методической основой для точной диагностики и профилактики ряда наследственной патологии в конкретном регионе [5].

Большинство вредных мутаций проявляется на ранних этапах развития — в детстве или даже во внутриутробном периоде. При болезнях плода чаще всего нарушается работа белков, регулирующих одновременно множество генов (факторов транскрипции). На первом году жизни наиболее часты нарушения, связанные с обменом веществ. Однако некоторые генетические дефекты могут не проявляться до глубокой старости. Например, в генах белков пресенилинов (PS) найдены мутации, приводящие к болезни Альцгеймера — одной из форм старческого слабоумия. А встречаивание избыточных тринуклеотидных повторов в «гентингтон»-ген связано с другой болезнью, также проявляющейся в преклонном возрасте, — хорей Гентингтона.

Мультифакторные заболевания

К заболеваниям, развитие которых зависит от взаимодействия множества факторов, как наследственных, так и средовых, относят диабет, ишемическую болезнь сердца, эссенциальную гипертензию, бронхиальную астму, алкогольный психоз, наркоманию. Сегодня уже известны некоторые гены, обуславливающие предрасположенность к ним. Патогенные мутации в этих генах не обязательно приводят к заболеванию, но риск его развития повышен. Предрасположенность к таким мультифакторным болезням возникает, когда генетическими отклонениями нарушена регуляция нервных процессов, обмена веществ (например, липидов или углеводов) или работа систем обезвреживания чужеродных веществ (ксенобиотиков).

Попав в организм, они разлагаются в два этапа: сначала подвергаются ферментативной модификации, а лишь затем промежуточные метаболиты

превращаются в растворимые безвредные соединения и выводятся. Различные варианты генов, кодирующих ферменты системы детоксикации, определяют скорость их работы. При сочетании высокой активности ферментов первого этапа и низкой на втором этапе в организме человека накапливаются промежуточные продукты, обладающие порой даже более высокой токсичностью, чем исходные вещества.

Так, при сниженной активности детоксификационной функции плаценты (фермента плацентарной глутатион-метионинтрансферазы, GSTM1) возрастает риск ранних спонтанных аборт. Генетически детерминированная активность глутатионтрансфераз влияет и на развитие различных форм рака. Например, сочетание определенных мутаций увеличивает риск рака груди у женщин в 3–10 раз, а у курильщиц — в 40 раз.

Эффективность лечения различными препаратами также связана с состоянием генов. Так, лечение эндометриоза (заболевание, встречающегося почти у 10% женщин белой расы) широко используемым препаратом циклофероном у части больных безрезультатно по причинам генетического характера [6].

Мультифакторные заболевания отличаются от моногенных тем, что связь между генетическими особенностями и вероятностью развития патологии для них гораздо сложнее. В разных популяциях болезнь может вызываться своеобразной комбинацией генетических и средовых факторов. Роль генетических факторов во многом зависит от условий среды и образа жизни человека.

Гены, здоровье и образ жизни

Сегодня уже найдены гены, мутации в которых вызывают болезнь или повышают риск ее

возникновения (табл.1). Выявление таких генов позволяет изучать развитие патологии на молекулярном уровне. Один из наиболее изученных — ген APOE, кодирующий аполипопротеин E. Большинство людей имеет вариант гена, называемый APOE3. Но у некоторых найден ген APOE4, который отличается от первого всего одним нуклеотидом. Это приводит к замене одной-единственной аминокислоты в кодируемом белке и соответственно к появлению на его молекуле одного дополнительного положительного заряда. В результате такого события меняются внутримолекулярные взаимодействия частей белка и тип связываемых им липидов. Нарушенный обмен липидов в клетках в свою очередь ухудшает регенерацию нервной ткани. Вариант APOE4 служит фактором риска уже упоминавшейся болезни Альцгеймера, а также ряда других заболеваний.

У европейцев ген APOE4 встречается с частотой около 10–15%, а у охотников-собирателей Африки и Америки — в три-четыре раза чаще, но с болезнью Альцгеймера, видимо, не связан [7]. Возможно, диета охотников-собирателей (с очень низким уровнем холестерина) делает «вредный» ген полезным. Недавно группа швейцарских специалистов показала, что APOE4 неблагоприятно влияет на липидный обмен только у тех, кто ведет малоподвижный образ жизни. У физически активных людей липидный профиль от генотипа APOE не зависит [8].

Генетический паспорт

Хотя определить все гены предрасположенности для каждого человека пока невозможно, сейчас уже технически доступен индивидуальный анализ по нескольким десяткам генов. Иными словами, желающие знать свои генетические характеристики могут получить гене-

Таблица 1

Наследственные заболевания. Звездочкой отмечены болезни, для которых проводится ДНК-диагностика в России.

Заболевание	Частота встречаемости	Причина	Симптомы
Муковисцидоз*	1:2500 — Европа 1:3800 Россия	Мутации в гене FTR на хромосоме 7, кодирующем белок, ответственный за перенос хлора через мембраны эпителиальных клеток	Накопление слизи в легких, присоединение вторичных инфекций, смерть в подростковом возрасте
Миодистрофия Дюшенна*	1:3500 мальчиков	Мутации в гене мышечного белка дистрофина, находящемся на X-хромосоме	Смерть в подростковом возрасте в результате нарастающего паралича сердца или дыхательных мышц
Спинарно-бульбарная мышечная атрофия*	1:6000	Рецессивная мутация в хромосоме 5	Поражение мотонейронов, приводящее к параличу и смерти в детстве (2–4 года)
Фенилкетонурия*	1:10–17000 Ирландия, Шотландия 1:4500 Россия 1:10 000	Рецессивная мутация в гене на хромосоме 12, приводящая к потере фермента, превращающего фенилаланин в тирозин	Умственная отсталость, светлые волосы из-за отсутствия тирозина; проводится обязательное тестирование новорожденных; разработано лечение и дородовая диагностика
Гемофилия А*	1:6500 у мужчин 1:100 млн у женщин	Рецессивная мутация в расположенном на X-хромосоме гене, кодирующем фактор свертывания крови VIII	Нарушение свертываемости крови
Гемофилия В*	1:20 000 мальчиков	То же, фактор IX	Нарушение свертываемости крови
Болезнь Виллебранда*	1:5–20 000	То же, фактор фон Виллебранда (взаимодействует с фактором VIII)	Нарушение свертываемости крови
Синдром ломкой X-хромосомы*	1:2000 мальчиков	Рост числа повторов тринуклеотида ЦГГ в одном из генов X-хромосомы; наследственная передача заболевания не подчиняется законам Менделя; число повторов нарастает из поколения в поколение; заболевание начинается, когда число повторов превысит 90	Аномалии роста, задержка умственного развития, аутизм; в препаратах X-хромосома больных выглядит «сломанной»
Хорея Гентингтона		Накопление тринуклеотидных повторов ЦАГ в гене на хромосоме 4	Подергивания головы и конечностей, нарастающее слабоумие, дегенерация нервной системы
Болезнь Альцгеймера (один из видов старческого слабоумия)	Занимает 4-е место среди естественных причин смерти, страдают 50% людей старше 80 лет	Мутации в генах пресенилинов на хромосомах 1, 14 и в гене β -амилоида на хромосоме 21; фактор риска — аллель $\epsilon 4$ гена АРОЕ аполипопротеина E (хромосома 19)	Гибель нейронов, приводящая к слабоумию; болезнь проявляется в возрасте 35–60 лет и приводит к смерти через несколько лет после начала
Адреногенитальный синдром*	1:10 000	Рецессивная мутация в гене цитохрома P450c21 на хромосоме 6	Нарушение эндокринного обмена, в тяжелых случаях летально
Ахондроплазия (карликовость)	1:100 000 20% наследуется от родителей, 80% случаев обусловлены вновь возникающими мутациями	Доминантная мутация в гене рецептора гормона роста	Рост 120–130 см, непропорциональное телосложение

тический паспорт [9]. В нем должна быть информация о наличии мутаций в генах наследственных болезней и в генах предрасположенности к мультифакторным заболеваниям (табл.2).

В некоторых западных странах генетическое тестирование проводят по медицинским показаниям или просто в качестве

платной услуги. Сведения, записанные в генетическом паспорте, — такая же врачебная тайна, как и результаты любых других медицинских обследований. Зачем нужен такой паспорт и какие гены необходимо тестировать? В Америке, например, введено генетическое тестирование военнослужащих не для медицинских целей. Его ре-

зультаты, хранящиеся в специальной базе данных, позволяют идентифицировать человека гораздо точнее, чем надетый на руку жетон.

Если генетический паспорт необходим для здорового молодого человека, желающего знать, какие болезни могут ожидать его в будущем и как предотвратить их развитие, прежде

Таблица 2

Образец генетического паспорта (выделены болезни и гены, описания которых даны в статье)

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ	
Фамилия	Результаты цитогенетического обследования
Имя	Карิโอтип: 2n=46XY
Отчество	Число хромосомных aberrаций — 3%
Год рождения	Одиночные фрагменты — 2%
Домашний адрес	Парные фрагменты — 1%
Выдан «__» 2002 г. Отделом геномики Института биохимии и генетики УНЦ РАН	Крупные делеции — нет
	Транслокации — нет
	Хроматидные обмены — нет
ДНК-анализ	
Моногенные наследственные заболевания	Мультифакторные заболевания
Мышечная дистрофия Дюшенна (делеции) — нет	Эндометриоз [GSTM1 (0/0), CYP1A1 (I/V), Nat2 (S/S)] — не обнаружено
Фенилкетонурия (R408W, R252W, R252P, R261Q) — норма/R408W	Бронхиальная астма [GSTM1 (0/0), GSTT1 (+), ACE] — не обнаружено
Муковисцидоз (delF508, R334W, CFTRdel2,3-21kb, 394delTT) — нет	Хронические неспецифические заболевания легких [DelF508 (N/N), GSTM1 (0/0), MEPHX] — не обнаружено
Гемофилия А (инверсия 22 интрона) — нет	Хронический лимфолейкоз П6 (-174G/C) — не обнаружено
Миотоническая дистрофия (CTG-повторы) — нет	Множественная миелома П6(-174G/C) — не обнаружено
Адреногенитальный синдром (делеции 3 экзона) — нет	Железодefицитная анемия
Болезнь Вильсона–Коновалова (His3559Glu) — нет	[CYP1A1, GSTM1 , Nat2, Plat, ACE, преморбидный фон] — риск повышен [I1e/I1e, +/+ , S/R, D/D, I/I]
Хорея Гентингтона (CAG-повторы, CCG-повторы) — нет	Рак легкого [CYP1A1, GSTM1 , Nat2] — не обнаружено
Врожденная глухота (35delG гена GIB2) — норма/делеция	Болезнь Альцгеймера [ApoE , PS] — не обнаружено
Гемохроматоз (Cys282 гена HLA) — нет	Рассеянный склероз [HLA, DRB1, DPB1, TNFa, TNFb, ApoE] — не обнаружено
	Ишемическая болезнь сердца [3'VNTR-ApoB, ACE, ApoE , ApoB/XbaI, ApoB/EcoRV, LPL/HindIII, липидный спектр] — риск повышен [D/D, e4/e4, E+/E+]
	Артериальная гипертензия [AGT (T174M), SAH, eNos3, CMA1, REN/MboI, ACE, ApoB/XbaI, ApoB/EcoRV, kLDL(TA-повторы), LPL/HindIII, липидный спектр] — риск повышен [4v/a, MboI(+/+), D/D, H+/+]

всего нужно составить его родословную и посмотреть, чем болели его родственники. Носительство мутаций, связанных с моногенными болезнями (фенилкетонурией, муковисцидозом), можно определять, если в семье имеются подобные больные или же заболевание встречается с высокой частотой в той этногеографической группе или того географического региона, где живет обследуемый. Если среди родственников обследуемого есть больше одного человека с одинаковой мультифакторной патологией, необходимо анализировать гены предрасположенности к ее развитию. При наличии факторов риска, связанных с профессией

или с особыми условиями среды, нужно тестировать гены, имеющие отношение к болезням, провоцируемым именно этими факторами.

Генетический паспорт может быть максимально полезен, если результаты тестирования анализируются высококвалифицированным специалистом по медицинской генетике вместе с семейным врачом [10].

Работы по генетической паспортизации уже начались. Они получили финансовую поддержку в Ирландии, Финляндии, в некоторых штатах США. Большие средства на генетическое тестирование детей с семилетнего возраста выделены правительством Эстонии. Такие рабо-

ты сопровождаются публикациями в средствах массовой информации, обсуждениями этических и социальных проблем и правовых аспектов.

Некоторые исследования в этом направлении ведутся и в России: в Москве — в Научном центре медицинской генетики и Институте неврологии РАМН, в Санкт-Петербурге — в Институте биорегуляции и геронтологии РАМН и в лаборатории пренатальной диагностики НИИ акушерства и гинекологии РАМН [11], в Томске — в Институте медицинской генетики, в Медико-генетическом центре Новосибирска и в Институте биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН [5].

Однако для введения в жизнь генетической паспортизации необходимы не только геномные технологии и спрос на подобные услуги. Нужны квалифицированные специалисты-генетики, врачи, способные правильно интерпретировать результаты генетического анализа. Кроме того, общество должно решить множество социальных и правовых вопросов, касаю-

щихся интерпретации и применения результатов генетического тестирования, их конфиденциальности.

Можно надеяться, что медицина текущего века будет основана на знании индивидуальных особенностей генома каждого человека. Это позволит во многих случаях подобрать методы лечения и профилактики заболеваний, связанных с условиями

среды, о незнании которых писал четверть века назад генетик Феодосий Добжанский [12]. ■

Работа выполнена при поддержке Федеральной целевой научно-технической программы (гранты 211502 и 211516) и Российского гуманитарного научного фонда (гранты 01-06-00144 и 02-06-00157).

Литература

1. Викторова Т.В., Мурзабаева С.Ш., Карунас А.С. и др. // Генетика. 1997. Т.33. №7. С.992—995.
2. Shab A.B., Chernov I., Zhang H.T. et al. // Am. J. Hum. Genet. 1997. V.61(2). P.317—328.
3. Карунас А.С., Мерсиянова И.В., Поляков А.В. и др. // Генетика. 2000. Т.36. №7. С.972—979.
4. Kbusnutdinova E.K., Kbidiatova I.M., Ivaschenko T.E. // Hum. Hered. 1994. V.44. P.191—195.
5. Хуснутдинова Э.К. Подходы к ДНК-диагностике наследственных и мультифакторных болезней в Волго-Уральском регионе // Совр. методы диагностики наследств. болезней. М., 2001. С.103—110.
6. Горбунова В.Н., Баранов В.С. Введение в молекулярную диагностику и генотерапию наследственных заболеваний. СПб., 1997.
7. Jaramillo-Correa J.P., Keyex G., Ruiz-Garcia M. et al. // Hum. Hered. 2001. V.52. P.14—33.
8. Bernstein M.S., Costanza M.C., James R.W. et al. // Arterioscler. Thromb Vasc. Biol. 2002. V.22(1). P.133—140.
9. Баранов В.С., Асеев М.В., Баранова Е.В. «Гены предрасположенности» и генетический паспорт // Природа. 1999. №3. С.17—27.
10. Баранов В.С., Баранова Е.В., Иващенко Т.Э. и др. Геном человека и гены предрасположенности: Введение в предиктивную медицину. СПб., 2000.
11. Баранов В.С., Хавинсо В.Х. Методические рекомендации «Определение генетической предрасположенности к некоторым мультифакториальным заболеваниям. Генетический паспорт». СПб., 2001.
12. Dobzbansky T. // Perspectives in Biology and Medicine. 1976. V.19. №2. P.156—170. (В русском переводе: Добжанский Ф. // Человек. 2000. №1).

Для наблюдений за жизнью подледных обитателей Южного океана американские биологи, работающие в Антарктиде на базе Мак-Мердо (берег моря Росса), привлекли себе в помощь 15 тюленей Уэдделла (*Leptonychotes weddelli*). Животных снабдили видеокамерами, работающими в инфракрасном диапазоне, датчиками температуры и давления. Это позволило собрать ценную информацию о способах охоты ластоногих, а также о двух видах подледных рыб, которые, в отсутствие криля, обитающего в свободных ото льда водах, заменяют его в пищевой цепи.

Terre Sauvage. 2002. №170. P.23 (Франция).

При современных темпах вылова промысловые рыбы Северной Атлантики к 2010 г. практически исчезнут — таково официальное заключение международной группы экспертов по мировому рыболовству. Популяции видов трески, тунцов, пикши, палтуса и некоторых других сократились на протяжении последних 50 лет в этой акватории Мирового океана вдвое. Инвестиции в рыбопромысловую отрасль экономики (в основном США, Канады и ряда стран Европы) за указанный период утроились; суда были оснащены совершенными орудиями лова, надежными средствами навигации, электронными приборами поиска перспективных районов. Однако, несмотря на все эти усилия и активное расширение

мест промысла, ежегодные уловы за последние три десятилетия неуклонно падали — с 20 до 14 млн т. Sciences et Avenir. 2002. №662. P.43 (Франция).

На основе информации, собранной в 1995—2000 гг. двумя спутниками НАСА — «OTD» («Optical Transient Detector») и «LIS» («Lightning Imaging Sensor»), — составлена карта среднегодового числа ударов молний в расчете на 1 км² земной поверхности. Оказалось, что этот показатель наибольший (30 на 1 км²) во Флориде и в Гималаях, меньше всего гроз бывает в Центральной Африке.

Sciences et Avenir. 2002. №661. P.32 (Франция).

Основатель школы почвенной зоологии

К 90-летию Меркурия Сергеевича Гилярова

Выдающийся российский биолог Меркурий Сергеевич Гиляров родился и учился в Киеве. После окончания Киевского университета работал в Полтавской области, на станции Института каучуконосных растений, где изучал насекомых, вредящих посевам растений. В 1944 г. он поступил в докторантуру Института эволюционной морфологии животных АН СССР, с которым оказалась связанной вся дальнейшая жизнь. Его докторская диссертация, посвященная приспособлению насекомых к жизни в почве, была издана как книга и удостоена в 1951 г. Сталинской премии. С 1949 г. Меркурий Сергеевич стал профессором Московского педагогического института им. В. И. Ленина, а с 1975 г. — заведующим кафедрой зоологии беспозвоночных биофака МГУ. С 1966 г. он — член-корреспондент, а с 1974 г. — действительный член АН СССР. С 1976 г. — академик-секретарь Отделения общей биологии АН СССР.

В личности Гилярова сочетались, с одной стороны, полевой исследователь, настоящий натуралист, много работавший в экспедициях, а с другой — кабинетный ученый, дотошно знающий всю мировую литературу по изучаемой проблеме и не чурающийся при этом крупных обобщений. Его интересовал очень широкий круг вопросов — от классической сравнительной анатомии животных до прикладной сельскохозяйственной энтомологии, от экологии популяций до почвоведения. Одна из самых первых статей Гилярова (написанная по материалам дипломной работы) была посвящена жаберной крышке костистых рыб. Но большинство ранних работ касается насекомых-вредителей, прежде всего — обитающих в почве. В 1944 г. им была опубликована небольшая, но важная статья о соотношении размеров тела и численности почвенных беспозвоночных. Во всем мире она и сейчас цитируется как первое документированное свидетельство отрицательной корреляции между массой тела организмов и плотностью их популяций.

В книге «Особенности почвы как среды обитания и ее значение в эволюции насекомых» (М., 1949) Гилярову на основе детального анализа различных морфологических и физиологических приспособлений насекомых к жизни в почве удалось показать, какую важную роль могла играть эта среда в эволюции целого ряда групп организмов. Проблемы эволюции и экологии всегда рассматривались им в неразрывной связи, причем изменениям, затрагивающим физиологию и поведение организмов, уделялось внимания не меньше, чем изменениям в их строении. Особенно ярко такой подход отражен в книге «Закономерности приспособления членистоногих к жизни на суше» (М., 1970), где подробно, на конкретных примерах обсуждаются проблемы, с которыми сталкиваются водные беспозвоночные, переходящие к наземному образу жизни. Это — и противостояние высыханию, и дыхание, и выделение, и способы размножения (в частности — осеменения), и расселение и т.п.

Помимо эволюционной зоологии Гилярова всегда интересовала общая экология, особенно то направление, которое в отечественной науке получило название биогеоценологии. Многочисленные полевые материалы по взаимосвязи тех или иных беспозвоночных с определенными типами почв были суммированы им в книге «Зоологический метод диагностики почв» (М., 1965), получившей известность как среди зоологов, так и почвоведов.

Работы Гилярова в области почвенной зоологии (об этом подробно сказано в книге Л. В. Чесновой и Б. Р. Стригановой «Почвенная зоология — наука XX века». М., 1999) развиваются теперь его многочисленными учениками, причем не только в России, но и чуть ли не во всех ныне независимых странах, когда-то входивших в состав СССР.

О моем отце

А.М.Гиляров,

доктор биологических наук

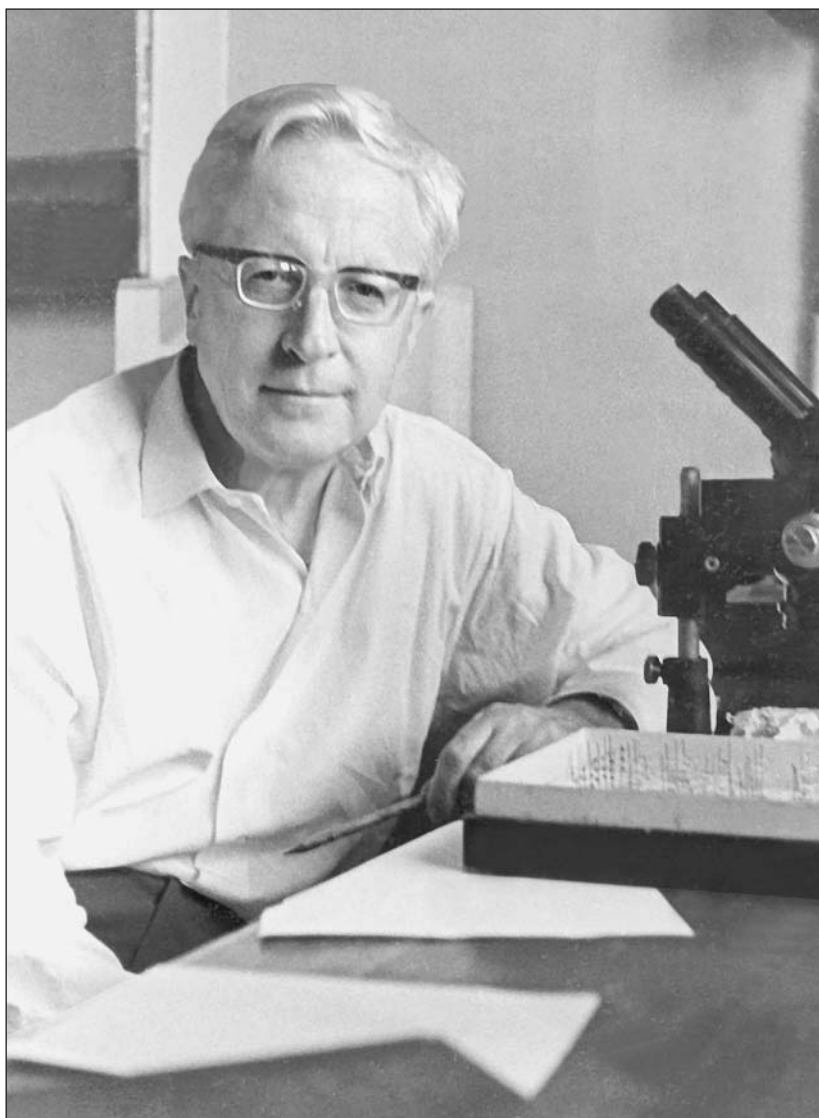
Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

Писать о родителях очень непросто: казалось бы, они были рядом долгое время и ты знаешь о них много, но на самом деле знаешь очень мало.

Излагать что-то в последовательности временной — вот мои первые воспоминания о папе, а вот последние — совершенно невозможно. Все состоит из отдельных кусков, фрагментов, чередующихся во времени в непредсказуемом порядке, как в «Зеркале» Тарковского. Впрочем, фрагменты складываются в некие блоки, куски реальности, касающиеся восприятия папой природы, науки, искусства, политики... Вспоминая отца, я невольно вспоминаю себя. Воспоминания не могут не быть сугубо личными, сугубо субъективными. Но, пожалуй, только в этом случае они могут быть по-настоящему искренними.

О живой природе

Папа, можно сказать, родился биологом, хотя в его непосредственном окружении никто биологией не занимался. Папин отец, мой дед, Сергей Алексеевич Гиляров, — искусствовед, специалист по западной живописи, большую часть своей недолгой



Меркурий Сергеевич Гиляров (1912—1985).

жизни проработавший в Музее западного искусства в Киеве. Мать, Елизавета Сергеевна Гилярова (урожденная Ива́нова), — филолог, поэт, преподаватель французского языка (ее кандидатская диссертация посвящена французской фонетике). Только папин дед по материнской линии С.А.Иванов был профессором ветеринарии, некоторое время, в конце 1880 — начале 1890-х, работавшим в Институте Пастера, в Париже, но с ним не так много было контактов*.

Интерес к биологии как науке сочетался у папы с трепетным отношением ко всем живым существам. Помню его рассказ о том, как однажды в экспедиции он спал в степи на земле под открытым небом (папа вообще любил спать под открытым небом) и проснулся среди ночи, ему сначала показалось — от сильного озноба. Но, проснувшись окончательно, понял, что в спальный мешок к нему забралась какая-то полевка или мышь. Она бегала по телу, вызывая ощущение собственной дрожи. При этом и тени неприязни он не испытывал, а думал только о том, как бы осторожно выбраться из мешка, не раздавив случайно «мышку».

Он решительно не принимал охоту. Рассказывал, что юношей один раз с кем-то пошел охотиться, подбил перепелку, но увидев ее, раненую, никогда больше ружья в руки не брал. Поскольку я сам с раннего детства очень любил животных, то у нас всегда дома были какие-то живые существа. Правда, родители мои полагали, что заботиться о них я должен сам. Поэтому аквариум, например, мне был куплен только тогда, когда я уже достаточно подрос и мог самостоятельно за ним ухаживать. Самый первый аквариум был на даче в Зеленоградской, и жили

там не рыбы, а небольшой тритон и множество разных беспозвоночных — крупная личинка стрекозы-коромысла, паук-серебрянка, личинки жуков-полоскунов и хищные клопы гладыши, очень больно колющие своим хоботком. Для того чтобы прокормить такую компанию, мы с папой ходили на пруд и детским марлевым сачком ловили всякую мелочь — в основном личинок поденок, на которых буквально набрасывались личинки крупных стрекоз и жуков. Потом аквариум был у меня в течение многих лет, жили в нем разные рыбы, иногда довольно редкие, некоторые из них размножались и демонстрировали очень интересное поведение. Папа регулярно поглядывал на них, изумлялся тому, как самец цихлиды апистограммы нежно заботится о мальках, но при этом не раз повторял: «А все же самый интересный аквариум у тебя был тот самый первый, в Зеленоградской, с беспозвоночными».

В те же, теперь уже очень далекие, годы папа подарил мне две книжки, которые я потом перечитывал бесконечно, — «Жизнь пруда» Плавильщикова и «Аквариум в школе» Гердта.

Помимо рыб, лягушек, агам, гекконов, ежей и прочих тварей, дома жили сменявшие друг друга коты. Всегда это были именно коты, а не кошки, и всегда они были полноценные, гулявшие во дворе и приходившие грязными, порой израненными и, конечно, с блохами. Котов время от времени мыли, и чаще всего этим занимался папа. Он даже шутливо называл себя «знатным котом» (в то время газеты часто писали о «знатных» хлеборобах, шахтерах и т.п.). Я и сейчас очень живо вижу эту картину. Папа, простите, в исподнем, склонившись над ванной, держит одной рукой отчаянно вопящего кота за хвост, а другой энергично намыливает ему бока и живот. После мытья и вытирания (последняя процедура у всех котов вызывала особо реши-

тельный протест) папа брал такого, еще совсем «сырого» кота на колени, устраивался на диване под лампой и, вооружившись пинцетом, вылавливал блох, которые собирались на голове — единственном более или менее сухом месте. Делал он это очень ловко и явно гордился профессионализмом энтомолога.

Папу просто бесило, когда кто-то шел по газону, бесили эти протоптанные дорожки через газон — он всегда обходил такие места, даже те, где все было уже безнадежно вытоптано... Дикарями он называл людей, обламывающих сирень на улице, и из-за этого порой возникали настоящие скандалы.

Он очень ценил то бережное отношение к оставшимся кусочкам дикой (на самом деле, конечно, никакой уже не дикой) природы, с которым сталкивался за границей, в Европе. Вместе с тем повторял, что решительно не хотел бы там жить. Ему не хватало простора. Когда папа все это говорил, я ему возражал: «Но ведь ты здесь, в родной стране, вовсе не стремишься в далекие походы, в действительно дикую природу. Ты лежишь в гамаке между двумя елями (именно так висел гамак на даче наших родственников в Зеленоградской) и довольствуешься кусочком неба среди крон». Он соглашался, при этом добавлял: «Но ты знаешь, важно ощущение, что есть еще вокруг настоящие леса и другая природа. А в Европе ощущение, что этого как раз нет!»

В связи с этим вспомнился еще один папин рассказ о том, как где-то за границей, не то в Германии, не то в Чехословакии, он шел с кем-то из тамошних коллег по тропинке в сельской местности, среди зарослей ежевики с множеством спелых ягод. Папа периодически срывал их с куста и отправлял в рот. Заметив, что его спутник никакого видимого интереса к ежевике не проявляет, папа поинтересовался, почему тот не ест ягод. «Но это же для птиц», —

* Письма С.А.Иванова из Парижа, адресованные его невесте (потом жене) Александре Евграфовне Чепихиной, всегда бережно хранились и продолжают храниться в семейном архиве. Небольшие отрывки из них были опубликованы папой в журнале «Природа» (1973. №7. С.93—98).

был ответ, и, как папа рассказывал, ему за себя стало безумно стыдно, и к ежевике он, конечно, больше не прикасался.

О языках и литературе

Папа был по-настоящему образованным человеком. Он владел тремя европейскими языками — французским, который учил дома, с мамой, немецким, который учил на курсах в Киеве, и английским, который освоил в значительной мере самостоятельно. На всех этих языках он читал не только научную, но и художественную литературу, на всех мог свободно говорить и даже писать. Кроме того, он в совершенстве владел украинским языком, поскольку учился в украинской школе, писал на этом языке сочинения, в том числе хорошо запомнившееся ему при поступлении в университет. Известный украинский поэт

и литературовед Микола Зеров (впоследствии репрессированный и погибший на Соловках), принимая у папы вступительный экзамен, сказал, что его сочинение — лучшее в году, оно гораздо лучше, чем у сдававших на филологический. Он уговаривал его поступать на этот факультет, но папа после недолгих колебаний остался на естественном.

Думаю, что отец не поддержал бы нынешних наших соотечественников, которые, живя на Украине, жалуется на то, что им приходится изучать украинский язык. Он не жаловался. Наоборот, говорил, как много ему это дало. Ему было приятно говорить по-украински со своими коллегами, с теми, для кого этот язык был родным. Кроме того, знание украинского помогало ему в понимании чешского, польского и других славянских языков. Он видел много параллелей в эволюции языка и эволюции биологической, но специально этим никогда не занимался.

Всякой художественной литературы папа знал много, причем диапазон был очень широким. Конечно, всю классику он перечитал в молодости. В зрелые годы знакомился с переводной зарубежной литературой (дома всегда выписывали «Иностранку»). Кроме того, привозил из-за границы многочисленные дешевые издания современных авторов на английском, французском и немецком языках.

Я не могу назвать каких-либо любимых папиных писателей, которых бы он регулярно перечитывал. Могу только сказать, что он определенно не любил Достоевского. Но вместе с тем рассказывал, что, когда в послевоенные годы в букинистическом магазине на Сретенке вдруг появилось полное собрание сочинений Достоевского (приложение к журналу «Нива»), они с мамой решили купить его, поскольку были уверены, что при советской власти Достоевского никогда не переиздадут, ну



Алексей Никитич Гиляров, дед Меркурия Сергеевича, доктор философии, профессор Университета Св.Владимира.



Сергей Алексеевич Иванов, дед по материнской линии, в кругу семьи. Стоит Елизавета Сергеевна, мать Меркурия Сергеевича.



Сергей Алексеевич Гиляров, отец. Хранитель Музея западного и восточного искусства в Киеве.



Мама Елизавета Сергеевна.

а в вечности советской власти они, как и почти все, не сомневались.

Стихи папа читал редко, хотя, конечно, знал все, что полагается знать в поэзии культурному человеку. В детстве он писал стихи сам и прекрасно разбирался в правилах стихосложения, к чему я был совершенно не способен (и по этому поводу часто приводилась известная цитата из первой главы «Евгения Онегина»). В домашнем архиве у нас хранится обрывок папиного письма в редакцию журнала «Наука и жизнь», где он спорит с автором опубликованной там статьи, весьма известным филологом, о распространенности мужских и женских рифм в английской поэзии и приводит соответствующую цитату из Блейка.

Вместе с тем, очевидно, поэзия не была для папы той магией, которой она была для его мамы, Елизаветы Сергеевны. Магией потом стала поэзия и для меня, но бабушки тогда уже не было в живых. Когда я читал и бесконечно перечитывал ахматовскую «Поэму без героя», у меня невольно возникала мысль — безумно жаль, что бабушка этого не читала, что текст этот, уже существовавший, но, конечно, не публиковавшийся в ее бытность, оставался ей неизвестным. Ахматову бабушка боготворила, тщательным образом собирала все ее издания, а самый первый сборник, «Вечер», переписала целиком от руки.

Бабушка и сама в течение всей жизни писала очень хорошие стихи, но, кажется, никогда



Меркурий Сергеевич в 13 лет.

ничего не публиковала. В молодости активно участвовала в кружке киевских поэтов и специально собирала книжки поэтов-женщин. По свидетельству папы, она дважды встречалась с Ахматовой. В Киеве, в гостях у папиных родителей бывал Илья Эренбург. Папе, тогда еще ребенку, он чем-то не понравился, и эта тень детского запечатления осталась у него на всю жизнь. Рассказывал папа, что был у них в гостях и Осип Мандельштам и почти наверняка сидел в одном из двух старинных ореховых кресел, которые, хоть и изменив свой цвет (незадачливый краснотеревчик решил их зачем-то покрыть морилкой), и сейчас стоят у нас в большой комнате.

С чрезвычайным почтением относился папа к Гёте. «Фауст» в его библиотеке был и на немецком языке. В одну из первых своих поездок в ГДР папе удалось посетить дом Гёте в Веймаре. В это время еще жива была бабушка, и, зная о том, как ей все это интересно, он отсылает подробнейшее письмо с детальным описанием буквально каждой комнаты. В музее был тогда выходной, но его специально открыли для научной делегации из СССР (дело было в середине 50-х годов). Папа оказался единственным в группе, кто свободно понимал немецкий, и поэтому экскурсовод обращался как бы персонально к нему, а для остальных переводчик делал только краткое резюме. Стремясь все записать почти дословно, папа в какой-то момент положил свою тетрадку на уголок стола Гёте. И об этом тоже как-то трогательно и очень эмоционально говорится в письме.

О музыке

У папы был хороший слух, и к серьезной классической музыке он был приучен с детства. Дома, в Киеве, у них было пианино. Мама играла сама, а некоторое время давала уроки музы-

ки. «Карнавал» Шумана у папы всегда ассоциировался именно с впечатлениями от домашнего, бабушкиного, исполнения, и почему-то всегда эта музыка казалась ему очень грустной. Папа вспоминал, что Скрябина бабушка играть не могла — ей казалось это какофонией.

В Большой зал консерватории меня впервые повел именно папа. Мне тогда было лет четырнадцать или пятнадцать, и я имел уже некоторое представление о классической музыке по долгоиграющим пластинкам, которые тогда становились очень популярными. Помню, что в фойе мы сразу увидели старого папиного знакомого, зоолога, специалиста по малощетинковым червям, Иосифа Иосифовича Малевича. Будучи человеком светским, он стоял, улыбаясь, при входе и приветствовал многочисленных знакомых так, будто был радушным хозяином всего этого дома или по крайней мере главным устройтелем концерта.

В самом зале папа обратил мое внимание на портреты композиторов в овальных медальонах и рассказал, что недавно в наборе фигурирующих там лиц произошли некоторые изменения, а именно — вместо портретов Гайдна, Глюка и Мендельсона появились портреты Римского-Корсакова, Даргомыжского и Шопена. Шутя папа говорил, что двух «фашистов» и одного «безродного космополита» заменили на двух русских и одного «народного демократа». Авторы этих идеологически продиктованных замен старались представить дело так, будто новые портреты находились в зале изначально. Поэтому в конце фамилий «Римский-Корсаков» и «Шопен» были добавлены твердые знаки. Однако знание старой орфографии у борцов за идеологию на этом и кончалось. То, что перед «и» кратким должно было стоять «и» с точкой (i), они не знали — в результате две половинки фамилии Римский-Корсаков ока-

зались написанными по разным правилам орфографии. Конечно, папа заметил все это сразу, а возмущившись как самой заметной, так, кажется, в еще большей степени орфографическим несуразностям, тут же написал сердитое письмо не то в консерваторию, не то в какую-то газету. Через некоторое время твердый знак с Римского-Корсакова убрали (не исключаю, что не только папа это заметил), но след от него еще многие годы был четко виден, особенно с первого амфитеатра.

Музыкальные пристрастия папы были довольно традиционными: Шопен, Шуман, Шуберт, Рахманинов, Чайковский (но не Первый концерт, который он считал безумно заигранным). Когда у нас появился проигрыватель и уже в свои студенческие годы я покупал много пластинок (они ведь были поразительно дешевыми!), то диапазон часто слушаемых композиторов и произведений заметно расширился. Папа любил Моцарта и, как ни странно, Шостаковича.

Об изобразительном искусстве и архитектуре

Если уж как-то ранжировать папины интересы к тому или иному виду искусств, то на первое место я бы поставил живопись и архитектуру. Не исключаю, что это мое впечатление смещенное и объясняется тем, что папа в детстве много таскал меня по разным музеям (впрочем, мама не меньше), а позже не раз говорил, что был бы не прочь, если бы я стал искусствоведом, как его отец.

Не исключено, что папа чувствовал перед своим отцом какой-то огромный внутренний долг. Дело в том, что папин отец, мой дед, Сергей Алексеевич Гиляров, был дважды репрессирован советскими властями. Первый раз в 1933 г. «за связь с иностранцами» — двух писем от

коллеги из-за границы было достаточно, чтобы упечь человека в тюрьму. Просидел он, слава Богу, не очень долго в печально известной киевской Лукьяновке и был оправдан, что по тем временам случалось чрезвычайно редко. Второй арест случился уже после окончания войны. Причины этого понятны. Они с бабушкой не успели уехать из оккупируемого немцами Киева, да и сил у них не было. Бабушка страдала серьезным хроническим заболеванием. Во время войны дед продолжал каждый день ходить на работу в музей, главным хранителем которого он был. Сразу после окончания войны его арестовали, и он умер в тюрьме, находясь под следствием. Официальная причина — воспаление легких, но потом выяснилось, что умер он от истощения, сознательно отказавшись от приема пищи. Фактически это было самоубийство. Очевидно, дед боялся безнадежно испортить карьеру сыну. Эти подробности стали мне известны совсем недавно, благодаря изысканиям киевских искусствоведов и работников Музея западного и восточного искусства (теперь Музей искусств имени Б. и В. Ханенко). Они очень бережно хранят память о С.А. Гилярове и даже устраивают посвященные ему конференции.

О трагической судьбе своего отца папа никогда не говорил.

В конце 20-х годов дед, Сергей Алексеевич, обнаружил в Киеве диптих Лукаса Кранаха «Адам и Ева». Установление авторства Кранаха и тщательное исследование картин стало настоящим триумфом в профессиональной жизни Сергея Алексеевича. Результаты исследования были изданы в 1929 г. отдельной изящной брошюрой на украинском языке с подробным резюме на французском. Отреставрированный диптих моментально стал гордостью музея, но буквально сразу же после этого и «Адам и Ева», и еще несколько первосортных вещей из коллекции киевского музея бы-

ли изъяты вышестоящими органами и проданы за границу. Дед пытался по возможности этому противостоять, писал всевозможные письма и посылал телеграммы в разные инстанции, отказываясь выдавать картины (об этом в эпоху перестройки была даже публикация в журнале «Огонек» (1988, дек. №51)), но, конечно же, тщетно. Теперь киевский (дедовский) диптих «Адам и Ева», как мне стало недавно известно, находится в музее Norton Simon Museum (Пасадена, Калифорния). Неудивительно, что к Кранаху у папы (да и у меня тоже) какое-то особое, лично окрашенное отношение.

Одним из любимых папиных художников немецкого Возрождения был Дюрер. Конечно, он любил и хорошо знал итальянское Возрождение. Еще в самом конце 50-х годов, в период начавшейся хрущевской оттепели, папа стал «выездным». Одна из самых первых папиных поездок на Запад, в капиталистическую, как тогда подчеркивалось, страну, была как раз поездка в Италию. Воочию удалось ему увидеть то, что он так хорошо знал по книжкам и рассказам своего отца, побывавшего в Италии в молодости. Он привез множество открыток, черно-белых, но очень хорошего качества. А кроме того, сам сделал ряд фотографий. Некоторые из них были потом увеличены, окантованы и повешены на стену. Висят они у нас дома и сейчас.

Из заграничных поездок папа привозил небольшие книжки о художниках, прежде всего импрессионистах и тех, кто шел за ними. Хорошо помню, как еще раньше, в один из воскресных походов в Пушкинский музей, он специально показал мне небольшую подборку работ импрессионистов. Выставлены все картины были в каком-то крошечном зале, по сути комнате, в которую нужно было подниматься по небольшой внутренней лестнице. Потом постепенно коллекция импрессионистов и постимпрессионистов пере-

мещалась во все более и более престижные залы. Современному молодому человеку трудно представить себе, что в истории нашей страны был период, когда показывать на выставках или в музеях можно было только те произведения изобразительного искусства, которые официально признавались «реалистическими». Чем больше они напоминали постановочную фотографию, тем было лучше. Помню в Третьяковке толпы народа перед картиной «Письмо с фронта» Лактионова. Возгласы: «Как живые!» Впрочем, очередь, стоящая и сейчас в галерею Шилова, — свидетельство того, что спрос на кич никогда не умирает.

Среди любимых папиных художников — Сезанн (сколько раз он задерживался у «Арлекина и Пьеро») и Ренуар; может быть, в чуть меньшей степени — Моне, Марке, Матисс, ранний Пикассо. Из русских художников он очень любил Серова.

Со ссылки на картину — левое крыло триптиха «Сад земных радостей» Иеронима Босха начинается лучшая, как я считаю, папина книга — «Закономерности приспособлений членистоногих к жизни на суше» (М., 1970). И хотя у Босха вылезают на сушу отнюдь не членистоногие, а какие-то позвоночные животные, но то, что они проходят через «амфибиотическое состояние», действительно хорошо видно. Но вообще такие отсылки на вещи, от науки далекие, были для него не характерны.

Папе нравились древние соборы Владимира, Суздаля и Новгорода, кремль в Ростове Великом и церковь Вознесения в Коломенском. Уже в раннем возрасте папа научил меня различать колонны дорического, ионического и коринфского ордера. Дорические колонны украшали вход в Институт Склифосовского (бывший странноприимный дом Шереметева). Это было рядом с нашим домом, поскольку мы жили



Прощай, Георгиевское
лесничество!
Слева — К.В.Арнольди. 1954 г.



«Какая у нас веселая экспедиция».
Двое Гиляровых. Июль 1955 г.

в самом начале 1-й Мещанской* — ныне Проспекта Мира. Ионические колонны окаймляли парадную лестницу Пушкинского музея. Ну а образцы коринфского ордера можно было найти в некоторых помпезных сооружениях уже сталинской

* Ныне Проспект Мира, дом 6 (раньше он числился под номером 8).

эпохи. В центре Москвы папа показывал мне дома стиля модерн, а также «дом на ножках», построенный на Кировской по проекту Корбюзье.

Из городов папа любил Ленинград и свой родной Киев, очень, правда, сокрушаясь о том колоссальном уроне, который был ему нанесен уничтожением

ценнейших памятников архитектуры в 30-е годы и перестройкой центра в послевоенные годы. Из европейских городов очень нравились Прага и Париж. Впрочем, обаяние Парижа определялось для него не столько архитектурным обликом, сколько общим духом этого города.

Если уж зашла речь о Париже, то невольно вспоминается еще одна рассказанная папой история. Во времена «железного занавеса», когда никто в никакую границу не ездил, папе приснилось, что он ходит по Парижу. Об этом он рассказал своему другу Анатолию Александровичу Махотину, а на вопрос того, как же выглядел Париж, сказал: «Знаешь, похож на Таганку». Махотин в это время подрабатывал, читая иногда популярные лекции. Среди них была и лекция «Сны и сновидения». Пример приснившегося Парижа, похожего на Таганку, Махотин сейчас же использовал в своих лекциях как иллюстрацию вполне «материалистического» объяснения сновидений (снится то, что уже знаешь). Эту историю папа рассказывал многократно. А когда многие годы спустя он действительно попал в Париж (а потом бывал там много раз), я его спросил: «Ну и как Париж? Похож на Таганку?» В ответ он смеялся, но лукаво замечал: «Ты знаешь, а что-то есть!»



В Милане. 1954 г.

О дарвинизме

На полке над письменным столом у меня стоит книга Дарвина «Путешествие натуралиста на корабле «Бигль»». На ней надпись: «Двенадцатилетнему сыночку от папы». А еще стоит английское, оксфордское, издание «Происхождения видов» — карманного формата, на очень тонкой бумаге. Такими бывают издания Евангелий и даже всей Библии. Сверху на титуле папиным почерком надпись: «М.Гиляров Лондон 16.7.1958». Это издание напоминает об одной из самых первых папиных поездок за границу — на международный зоологический конгресс в Лондон. Тогда ему удалось побывать и в доме Дарвина, в Дауне, в гостях у его потомков. Где-то в архиве сохранилась фотография внучки Дарвина.

Отношение папы к дарвинизму было сложным. Он безус-

ловно преклонялся перед Дарвином как натуралистом, очень высоко оценивал его работу о роли дождевых червей в почвообразовании, соглашался с общими положениями теории естественного отбора. Однако на уровне интуитивном, даже эмоциональном, ему явно не хватало дарвинизма в качестве универсальной гипотезы о механизме эволюции. Это не раз проскальзывало в разговорах, и поэтому я могу говорить о папиной позиции достаточно уверенно. Как можно объяснить естественным отбором, путем мелких, едва заметных изменений, возникновение крыла у насекомых или у птиц? Папе это казалось загадкой. Неудовлетворенность дарвинизмом естест-

венным образом сочеталась у него с симпатией к недарвиновским концепциям эволюции.

Еще в молодости он с громадным интересом прочитал блестящий очерк в защиту ламаркизма, написанный тремя талантливыми, тогда еще очень молодыми биологами Е.С.Смирновым, Ю.М.Вермелем и Б.С.Кузиным*. С симпатией относился папа к работам Г.Х.Шапошникова по наследованию связи тлей с определенными кормовыми растениями или к ламаркистским статьям Смирнова. Фактически речь шла о наследовании

* Смирнов Е.С., Вермель Ю.М., Кузин Б.С. Очерки по теории эволюции. М., 1924. Много позже Евгений Сергеевич Смирнов и его супруга Милица Сергеевна стали близкими знакомыми моих родителей и очень часто бывали у нас дома.

признаков, возникающих отнюдь не случайно, а в ответ на определенные изменения в среде. Само выражение «наследование приобретенных признаков» в нашей стране в течение десятилетий могло восприниматься только с содроганием, поскольку неволью связывалось с вакханалией лысенковщины. Но, насколько я понимаю, для папы наследование приобретенных признаков вовсе не было таким жупелом, коим являлось для всех праведных сторонников синтетической теории эволюции. А совсем недавно я узнал о том, что такой независимый в своих убеждениях человек, как А.А.Любичев, к тому же известный своей бескомпромиссной борьбой с «мичуринской биологией», вовсе не был склонен категорически отрицать принципиальную возможность наследования приобретенных («благоприобретенных») признаков.

С глубочайшим почтением папа относился к работам Л.С.Берга, и поэтому неудивительно, что в 70-е годы активно поддерживал идею переиздания «Номогенеза». На полке у меня стоит том трудов Берга по эволюции, опубликованный в 1977 г., с надписью Д.Д.Квасова — внука и воспитанника Берга, подготовившего все издание: «Глубокоуважаемому Меркурию Сергеевичу Гилярову. Только благодаря Вашим упорным хлопотам появилась эта книга. Д.Квасов 27/VI—77».

Благосклонное отношение папы к недарвиновским концепциям эволюции проявлялось и в его деятельности в «Журнале общей биологии». Когда он наконец стал главным редактором (до этого был долго заместителем, а до «главного» его никак не допускали как беспартийного), то на страницах стали регулярно появляться статьи с критикой ортодоксального дарвинизма (например, Любичева), а в состав редколлегии был введен Сергей Викторович Мейен, хорошо известный своими если не антидарвинистскими, то во

всяком случае недарвинистскими воззрениями.

В этой связи может показаться странным появление (Природа. 1985. №1) небольшой заметки трех академиков — Д.К.Беляева, М.С.Гилярова и Л.П.Татаринова — с резко негативной (и, на мой взгляд, не очень справедливой) оценкой книги В.А.Кордюма «Эволюция и биосфера». С этой злополучной рецензией у меня связано тяжелое воспоминание. Оно неволью снова всплыло, когда недавно я прочитал о ней в интереснейшей книге М.Д.Голубовского «Век генетики». По мнению Голубовского, рецензия эта — типичный пример официальной точки зрения, поддерживающей только классический дарвинизм и не терпящей инакомыслия. Недаром же она подписана тремя академиками с указанием всех их регалий. Я сразу же написал Михаилу Давидовичу, что папа вовсе не был горячим поклонником дарвинизма (тем более — синтетической теории эволюции), но он, как правило, очень горячо и незамедлительно реагировал на всякие ляпы, замеченные им в опубликованных работах, особенно если речь шла об изданиях популярных, многотиражных. Какая-то статья с изложением взглядов Кордюма на то, что дарвинизм сильно поколеблен открытием «горизонтального переноса» появилась сначала, кажется, в «Известиях». О ней рассказали папе (возможно, кто-то из академиков, соавторов будущей рецензии), и он был возмущен очередной, как он полагал, газетной уткой. Думаю, что именно такое, весьма типичное для него возмущение и было основной причиной подписания данной рецензии, а вовсе не стремление поддержать официальную доктрину.

Когда я прочитал появившуюся в «Природе» рецензию, папа был уже в больнице (где, правда, чувствовал себя хорошо, много гулял и работал). Я высказал ему довольно резкие свои суждения.

Мне не понравился менторский тон и участие зачем-то сразу трех академиков, и я сказал, что готов написать рецензию на эту рецензию. Папа тоже на меня рассердился и в конце концов прекратил со мной разговор, попросив позвать к телефону внучку Ксюшу. Самое печальное во всей этой истории, что это был наш последний разговор. Вскоре папа простудился, гулял в сильный мороз по громадному парку «кремлевской» больницы, получил воспаление легких. Иммунитет его был сильно ослаблен препаратами, применяемыми против миеломной болезни, и он скончался фактически от иммунного дефицита.

Интерес папы к эволюции идет еще от студенческих времен, от блестящих лекций по зоологии позвоночных профессора М.М.Воскобойникова и собственной дипломной работы, посвященной жаберной крышке костистых рыб. Статья, подготовленная по материалам этой студенческой работы, была опубликована в трудах киевского университета, а вскоре процитирована И.И.Шмальгаузенем в его самой лучшей, на мой взгляд, книге «Пути и закономерности эволюционного процесса» (М.; Л., 1940). Эту книгу очень ценил и папа. А вот про «Факторы эволюции» Шмальгаузена говорил, что не понимает их прелести. Для него эта книга была слишком оторвана от экологии. Явную нехватку экологического начала ощущал папа и в капитальной сводке В.Н.Беклемишева «Основы сравнительной анатомии». Все эти представления об осях тела казались ему излишне абстрактными. Наверное, неслучайно и то, что его совсем не интересовали философия, формальная логика или теория систем. В душе своей он был прежде всего натуралистом, т.е. человеком, имеющим дело с природной реальностью.

Эволюция была для него прежде всего чем-то таким, что можно увидеть и пощупать. Папа полагал, что учебный курс,

дающий наилучшее представление о реальности эволюции, — это курс сравнительной анатомии позвоночных (подчеркивалось — именно позвоночных, а не беспозвоночных!) животных. Все эти удивительные трансформации хряща, крепящего у акулы челюсти к черепу, а у высших позвоночных, в том числе и у человека, превращенного в слуховые косточки, представлялись ему ярчайшими свидетельствами реальности эволюции. Со студенческих времен папа хорошо помнил всю соответствующую латинскую терминологию — названия костей и их частей. Может показаться странным, что блестяще защитив диплом по сравнительной анатомии позвоночных, он стал заниматься сельскохозяйственной энтомологией и через некоторое время уехал в глубокую провинцию. Тому было несколько причин. В аспирантуру папа, как он сам пишет в своей автобиографии, не мог поступить по формальной и характерной для того времени причине — у него не было «трудового стажа». Вторых, в это время был репрессирован его отец. А в-третьих, прикладная энтомология вовсе не была ему чужда, так как в студенческие годы он уже дважды был на производственной практике в сельскохозяйственных учреждениях под Киевом, где, надо сказать, и провел свои первые «раскопки» — разборы руками почвы, при которых изымаются и учитываются все обитающие там беспозвоночные.

О религии

Папа не был верующим человеком и, по-моему, не мог им быть в принципе, в силу своей чрезвычайно развитой ироничности. Вряд ли что-нибудь может так противоречить религиозности, как ирония по отношению ко всему вокруг, в том числе и к самому себе. Конечно, в соответствии с традициями своего времени он был крещен

в православной вере (хотя родители тоже были атеистами). Имя Меркурий есть в святцах, на тот же день, что и Екатерина. Если уж речь зашла о папином рождении и необычном имени, то здесь требуются некоторые пояснения.

Как папа сам про себя говорил: «Я родился очень неприлично», — а именно ровно через девять месяцев (день в день) после свадьбы родителей, но — семимесячным! В домашнем архиве сохранился черновик письма моей бабушки писателю К.Г.Паустовскому*. В нем она упоминает сына, т.е. моего папу, и замечает в скобках: «Не я ему дала это дикое имя!» Сама она всю жизнь называла его только Бусиком. В неопубликованной папиной автобиографии тоже есть примечание относительно его имени. Привожу его здесь полностью:

«...Почему у меня такое странное имя. Мой отец в молодости хотел, очевидно, подра-

* Первая глава автобиографической повести Паустовского «Беспокойная юность» начинается словами: «На дверях у профессора Гилярова была прибитая медная дощечка с надписью: «Здесь живет никто». На самом деле это очень неточно. На дощечке было написано «Utis», а историю появления этой надписи на дверях квартиры профессора Алексея Никитича Гилярова, своего деда, папа рассказывал много раз. В данном случае приведу этот рассказ так, как он описал его в своей автобиографии: «Отец, еще гимназистом в 1904 году, зашел в какой-то дом в другом конце города (на Подоле. — АГ) и видит на двери медную табличку: «Алексей Никитич Гиляров, профессор Университета Св. Владимира». Он очень разволновался, что это значит, вдруг отец от семьи скрывает другой дом. Наконец решил поговорить со своим отцом. Алексей Никитич разволновался, возмутился, и они пошли в этот дом. Оказалось, что в квартире жила еврейская семья, и табличку такую жильцы сделали, чтобы погромщики (в Киеве, в черте оседлости, погромы были не редкостью), увидев «профессор Университета Св. Владимира», ушли. Алексей Никитич, узнав в чем дело, попросил семью оставить табличку. Но со своей двери снял и заменил ее на «Utis» — греческое «никто» (как Полифему назвал себя Одиссей)». Папина мама писала Паустовскому, как было все на самом деле. Паустовский прислал очень милое письмо в ответ (оно есть у нас в домашнем архиве), но никаких изменений в последующие издания не внес. Видимо, для него это был уже сложившийся художественный образ, а историческая точность особой роли не играла.

жать чудачествам своего отца. Он сказал, что будет меня «признавать», если я буду мальчиком, а не девочкой (до моего рождения) и что меня назвать надо Иваном или Никитой, или Меркурием. Мать хотела Алексеем. И, конечно, «добилась» бы своего, но я родился 7-месячным, сказали, что я не выживу, и меня спешно окрестили — не все ли равно каким именем — Меркурием. А я выжил...»

Но возвращаюсь к религии. Хотя папа и не был верующим, он относился к религиозным традициям и к чувствам верующих с большим почтением. С раннего детства он объяснял мне, что, входя в церковь, надо обязательно снять шапку, что нельзя стоять спиной к алтарю, и т.д. Когда папа переехал в Москву и стал жить в квартире моей мамы, Ирины Ивановны Блохинцевой, на Первой Мещанской, то там помимо мамы жила еще ее мать (моя бабушка), Елизавета Евтропиевна, и две бабушкины сестры, тетя Настя, умершая задолго до моего рождения, и тетя Маня. В отличие от самой бабушки, сестры были очень религиозны. Поэтому с детства я помню, что в углу большой комнаты висели иконы, горела лампадка и регулярно приходил знакомый священник отец Стефан. В еще более раннем детстве, о котором я могу судить только по рассказам родителей, отец Стефан был приглашен, чтобы крестить на дому мою троюродную сестру Марину Лучинскую (внучку «тети Насти»). Заодно было предложено окрестить и меня. Занавесили окна какими-то покрывалами, чтобы не было видно (квартира на первом этаже, во дворе), окропили водой, крестик надели, и на этом дело, кажется, и кончилось. Но в дни Пасхи папа всегда настаивал, чтобы я подходил к бабушке и к тете Мане и говорил им: «Христос воскрес». Помню, что мне этого решительно не хотелось и заставить себя стоило больших внутренних усилий.



Во время экспедиции в Джунгарское Алатау. 1967 г.

Впрочем, после того, как умерла тетя Маня (мне тогда было лет шесть), иконы постепенно из дома исчезли, отец Стефан приходить перестал, а бабушка на фоне своих богомольных сестер воспринималась уже как полная атеистка. Всегда висела только в родительской комнате одна икона с Богородицей, двусторонняя, обрядовая, из Западной Украины, когда-то давно, еще до войны, привезенная из Киева.

Но эта икона (висящая у нас и сейчас) воспринималась в общем не как икона, а как светское произведение искусства. Только однажды застал я маму молящейся у этой иконы. Это было в один из последних дней папиной жизни, когда он был абсолютно безнадежен и лежал без сознания в «кремлевской» больнице, обмотанный множеством трубок, с помощью которых и поддерживалась его жизнь.

Когда папы не стало, то за упокой его души молились многие верующие, знавшие его. Сразу позвонил маме и ныне многим известный священник отец Александр (Александр Ильич Борисов). Когда-то, уже имея степень кандидата биологических наук, он ушел из Института биологии развития и стал на путь подготовки к священничеству. Папа, давно знакомый с Борисовым (одно время он был даже руководителем его в аспирантуре), шагу этому удивился, но отнесся с большим уважением. Впоследствии А.И.Борисов в книге «Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский: Очерки. Воспоминания. Материалы» (М., 1993. С.375—380) написал несколько очень теплых слов о папе.

Взаимоотношения с властью

Меня часто спрашивают: как это папа, потомственный интеллигент, будучи сыном репрессированного и женатый на дочери человека, который тоже провел 15 лет в «сталинском санатории»*, смог пройти между всеми Сциллами и Харибдами советской системы, вполне благополучно в нее встроиться и даже дослужиться до самых высоких должностей в Академии наук? И при этом все время оставаться

* Именно так называл годы в лагере мой дед по маминей линии, Иван Дмитриевич Блохинцев. Надо отметить, правда, что с бабушкой он развелся, когда мама и ее брат (Дмитрий Иванович Блохинцев, впоследствии ставший очень известным физиком, директором первой в мире атомной станции, а потом и Объединенного ядерного института в Дубне) были еще детьми, а со второй своей женой дед жил в другом городе. Так что в принципе мама могла делать вид, что про отца ей ничего не известно. После ссылки дед обосновался в Ставрополе уже с третьей женой (правда, официально он с ней не был расписан). Оттуда время от времени он приезжал в Москву и останавливался у нас. Памятник на его могиле в Ставрополе сделан из обломка громадной гранитной статуи Сталина, когда-то стоявшей на Московском море. Это не было сделано специально — просто соответствующий камень находился недалеко от Дубны, где работал «дядя Митя» (Д.И.Блохинцев), но получилось символично.

беспартийным! Думаю, что, с одной стороны, сыграло роль чисто случайное стечение благоприятствующих обстоятельств: из-за близорукости его не взяли на фронт, и поэтому даже военные годы не были потерянны для занятия наукой (хотя бы прикладной); он работал в окружении очень порядочных людей, в Институте им. А. Н. Северцова, куда попал перед самой войной; у него оказались замечательные старшие товарищи, его поддерживавшие, — Дмитрий Михайлович Федотов (его руководитель в докторантуре) и Константин Владимирович Арнольди; он быстро и еще до занятия наукой освоил европейские языки; наконец, у него были знания и практический опыт работы в таких разных областях биологии, как классическая сравнительная анатомия позвоночных и прикладная сельскохозяйственная энтомология (в его собственных работах их неожиданное объединение оказалось очень плодотворным). С другой стороны, безусловно, очень важны были его сугубо личные качества: чисто человеческое обаяние, априори доброжелательное отношение к людям (в том числе и к представителям власти, с которыми ему приходилось иметь дело), желание (и умение!) видеть положительные стороны в весьма противоречивых явлениях современной ему эпохи и в то же время всегда и везде — необходимая осторожность, осознание той грани, дальше которой идти нельзя.

Его автобиография, написанная, судя по всему, в конце 70-х годов, когда он уже занимал весьма высокий пост в Академии, можно сказать, переполнена умолчаниями.

Говоря о взаимоотношении с властями, нельзя не рассказать об одном событии, имевшем место в 1978 г. Некто М., один из папиных бывших учеников, написал в ЦК КПСС письмо (точнее — просто донос), в котором обвинил папу в плагиате. Чем руководствовался этот человек,

мне непонятно до сих пор. «Плагиат», подробно описанный в кляузе М., проявлялся по его мнению в том, что в капитальном (объемом более 900 страниц!) «Определителе обитателей в почве личинок насекомых», изданном под редакцией отца еще в 1964 г. (т.е. за 14 лет до описываемых событий!), есть заимствования — нет, вовсе не из трудов самого М., как могло бы показаться доверчивому читателю, а... из трудов западных коллег, специалистов по систематике нескольких групп насекомых.

Надо пояснить, что данный определитель был тогда, да остается и сейчас, выдающейся сводкой мирового уровня. Практически все группы насекомых, личинки которых обитают в почве, нашли в этой книге свое отражение. Среди основных авторов книги были практически все сотрудники созданной и руководимой папой лаборатории почвенной зоологии, а также специалисты из других научных учреждений. Конечно, вся мировая литература нашла свое отражение в этом капитальном труде, и, конечно, многочисленные ссылки на первоисточники приводились по всему тексту книги. Самому папе, как это часто бывает с руководителями таких коллективных монографий, пришлось «затыкать дыры» — составлять разделы по малочисленным редким группам насекомых, специалистов по которым в стране не было. При этом ничего удивительного не было и в том, что многие пункты составленных им определительных ключей совпадали с уже приводимыми другими авторами. Данный определитель несколько не выходил за границы принятых норм, и доводы М. были просто смехотворны.

Если целью М. было просто доставить папе серьезные неприятности, заставить его переживать и волноваться, то эта цель (вынужден признать!) была достигнута. Близкая папина со-

трудница (не называю ее имени, поскольку не спрашивал разрешения на придание ее слов гласности) спустя многие годы после описываемых событий рассказывала мне, как зашла тогда вместе с папой в кабинет директора института, академика В. Е. Соколова, чтобы уточнить какие-то детали, касающиеся предстоящей защиты ее докторской диссертации. Вопрос был быстро согласован, но Владимир Евгеньевич неожиданно попросил папу задержаться по одному неназванному поводу. Выйдя из кабинета, сотрудница эта решила подождать папу в коридоре. Его долго не было. Ее почему-то это встревожило, и она продолжала ждать. Когда папа наконец вышел из кабинета, лицо его, по ее словам, было совершенно серого цвета. Подхватив ее под руку и ничего не говоря, он быстро пошел по коридору и потом уже где-то на лестнице сказал, что на него написали жалобу в ЦК.

События разворачивались очень интенсивно, на защиту горой встали ученики. В конце концов отец был полностью «реабилитирован», а автор злополучной кляузы посрамлен, но все это стоило колоссального напряжения нервов, причем не только папиных, но и многих сотрудников. Так, Екатерина Николаевна Поливанова, обаятельная женщина и настоящая умница (увы, и ее уже нет в живых), защищая папу, развивала бурную деятельность по партийной линии и была доведена до такого состояния, что попала в больницу из-за нервного срыва. То, что, защищая его, пострадал совершенно невинный человек, произвело на папу тяжелое впечатление, и он это сильно переживал.

Надо сказать, что далеко не все вели себя достойно. Позиция директора была откровенно выжидательной. Руководство биологического факультета (папа в это время заведовал кафедрой зоологии беспозвоночных) тоже вело себя неоднозначно.



С женой Ириной Ивановной Блохинцевой. Малеевка. 1979 г.

Правда, решительно выступил в поддержку отца ректор МГУ А.А.Логунов. Он сразу показал отцу пришедшие бумаги, в том числе саму кляузу. В.Е.Соколов, как выяснилось, не объяснил, в чем состоят обвинения. Отсюда и страшный испуг папы — он, конечно, подумал, что дело — политическое.

Хочу упомянуть еще об одной важной детали, характеризующей как атмосферу того времени, так и особенности папиного поведения. Дело в том, что в те месяцы, когда разыгрывались описываемые выше события, меня самого в Москве не было. На полгода я уехал на стажировку в Польшу. Как-то я позвонил родителям, спросил, как дела. Ответ был в высшей степени успокоительный: у нас все в порядке. Как ты? В общем, самый обычный разговор. И только через месяц я получил от па-

пы письмо, адресованное мне в Варшаву, но написанное им в Париже, куда он приезжал на несколько дней. В этом письме, которое не должно было пересекать границу СССР, папа рискнул вкратце сообщить мне о свалившихся на него неприятностях, причем больше всего опечален он был тем, что попала из-за него в больницу Катя Поливанова.

Отношение к богатству и к знаменитостям

Когда я рос, родители мои на общем фоне были (точнее — становились) уже достаточно обеспеченными людьми: труд научных работников в материальном отношении оценивался существенно выше, чем сейчас, а кроме того, папа почти все время рабо-

тал на двух работах (Институт Северцова и Пединститут им.В.И.Ленина). Но в молодости, а особенно в детстве и отрочестве и папа и мама знали настоящую нужду. В своей автобиографии папа вспоминает о том, как он плакал и не мог вечером заснуть от острого ощущения голода (Киев, 20-е годы), как мать его шила из занавесок фартуки и меняла их на рынке на пшено, а отец открыл неожиданный дополнительный источник питания — собирал беззубок на отмелях Днепра, мясо которых потом варили и ели с жидкой пшенной кашей. Моя мама и ее брат Дмитрий с самых молодых лет должны были где-то подрабатывать. Мама, обладая способностями к рисованию, делала кукол, которых потом продавала на Сухаревском рынке (почему-то это преследовалось, и фактически торговля шла из-под полы).

Осознание того, что рядом и сейчас живут бедные люди, которым нужно помогать, всегда было в нашей семье. Считалось, например, что обязательно надо подать просящему милостыню (после войны нищих в Москве, а особенно в пригородных электричках, было очень много).

Папа рассказывал, что его мама, когда была гимназисткой, ходила в одной и той же школьной форме с заплатками на локтях и в самых дешевых грубых ботинках. Будучи страстной любительницей оперы, она могла позволить себе билеты только на самый последний ярус, хотя из-за близорукости почти ничего оттуда не видела. И дело вовсе не в том, что в семье не было денег. Отец, профессор ветеринарии в Харькове (потом в Киеве), получал вполне приличную зарплату. Просто новая форма, хорошего качества ботинки, билеты на удобные места в оперу и прочие блага считались непозволительной роскошью. Бабушкина мать, Александра Еврафовна Чехихина, образованная женщина, окончившая математическое отделение Бестужевских курсов, активная обще-

ственная деятельница (главным образом по линии просвещения), не раз повторяла своей дочери, что «у бедных нет и этого».

Отношение к богатству как к чему-то, что скорее заслуживает презрения, чем восхищения, было и в нашей семье. Никогда не было у родителей дачи — ни своей, ни казенной. Никогда не было машины, дорогой мебели, каких-либо драгоценностей или антиквариата. Не было даже телевизора! Самое главное, что не было и какого-либо стремления это иметь! Когда я стал аспирантом, то окончил курсы вождения автомобиля и получил водительские права. Однако и в голову не приходило обратиться к папе с просьбой купить машину или по крайней мере записаться в очередь на нее (тогда машины продавали в соответствии со списками, поступавшими от учреждений). А у родителей не было в мыслях предложить мне такое. При этом подобное отношение к материальным благам не было в нашей семье особым исключением. Нет, в научной среде это было скорее нормой.

В жизни папе приходилось встречаться и общаться со многими учеными, а иногда и с известными деятелями культуры. Никогда, правда, он не стремился к знакомству с великими и совсем не отличался подобострашием. Но к некоторым старшим коллегам биологам относился с глубочайшим пиететом. Прежде всего следует назвать Владимира Николаевича Сукачева и Льва Александровича Зенкевича. При этом папа вовсе не был их учеником, не был близок с ними лично.

Очень почитал папа Дмитрия Михайловича Федотова, который когда-то согласился быть его руководителем в докторантуре, в Институте Северцова. И не просто с уважением, но с настоящей любовью относился к своему старшему товарищу и коллеге по работе Константину Владимировичу Арнольди — «дяде Косте», как звали его у нас

дома, и не только у нас. Дядя Костя и его жена, Вера Алексеевна Поддубная-Арнольди, часто бывали у нас в гостях, да и мы с папой (а иногда и с мамой) нередко заходили к ним в квартиру на Чистопрудном бульваре, около метро «Кировская» (теперь «Чистые пруды»). И сейчас, оказываясь в том месте, я невольно вспоминаю эту удивительную супружескую пару. У них не было своих детей, но любовь к детям была огромная, и они выливали ее на детей близких им людей, в том числе и на меня.

Константин Владимирович был настоящим натуралистом, глубокоим знатоком живой природы. Он знал «в лицо» тысячи разных видов насекомых и прекрасно знал флору, и не только средней полосы, но и южную, например кавказскую. Он был также страстным путешественником и участвовал практически во всех экспедициях, которые устраивались группой (потом лабораторией) почвенной зоологии. Папа, конечно, тоже ездил в эти экспедиции и несколько раз брал меня, тогда еще школьника. Иногда складывалось так, что в экспедициях мне приходилось с Константином Владимировичем общаться не меньше, чем с папой, и воспоминания о том времени остались у меня очень светлые.

Когда папа бывал за границей, ему доводилось встречаться с очень известными учеными. К ним следует отнести прежде всего Бориса Петровича Уварова — одного из крупнейших энтомологов XX в., эмигрировавшего в конце 20-х годов из России (точнее — из независимой тогда Грузии) в Англию. Но, впрочем, об Уварове и о папных с ним контактах я уже писал (Природа. 2001. №3). Еще один всемирно известный российский эмигрант, с которым папа общался (правда, совсем немного) в Америке, — это Феодосий Григорьевич Добжанский. Не один раз встречался он и с другим создателем синтетической теории эволюции Эрн-

стом Майром. Уже после папиной смерти я узнал, что в Гарварде вышла очень заинтересовавшая меня книга Майра «The Growth of Biological Thought» («Рост биологической мысли») (1982). Я рискнул написать самому Майру и попросить его прислать книгу для нашей факультетской библиотеки. И очень быстро получил от него увесистую бандероль. На титульном листе книги я нашел надпись: «For Alexej Ghilarov, in memory of my friend, the great scholar M.S.Ghilarov, with best wishes, Ernst Mayr» («Алексею Гилярову в память о моем друге, великом исследователе М.С.Гилярове»).

Поскольку телевизора дома не было, целая категория людей, известных всей стране, но к миру ученых не относящихся (например, актеров), оставалась папе совершенно неизвестной. Иногда это приводило к смешным ситуациям. Так, однажды он летел из Рима и разговорился с соседом по самолету, который оказался весьма приятным в общении человеком. Когда зашла речь о том, по какой причине каждый из них был в Италии, сосед сказал, что возвращается с итальянской премьеры фильма «Гамлет», а сам он актер. Он спросил папу, видел ли тот фильм «Гамлет», на что папа ответил, что, конечно, видел. На самом деле он его не видел, но не видеть его было почти неприлично — фильм пользовался колоссальной популярностью, о нем говорили повсюду, а у нас дома к тому же какие-то подробности, недоступные для непосвященных, рассказывал часто бывавший в гостях Павел Михайлович Рафес — большой театрал и вообще любитель всяких искусств. Из рассказов Рафеса папе запомнилась фамилия Козинцев, и он рискнул спросить соседа: «А вы, наверно, Козинцев?». Ответ был: «Нет, Козинцев — это режиссер, а я актер — Смоктуновский». Папа был смущен, но затем разговор у них зашел о Киеве, с которым Смоктуновский был как-то связан, и он



В своем кабинете. Институт им.А.Н.Северцова. 70-е годы.

облегченно вздохнул. Тема Киева, родного города, папе всегда была очень близка, и он мог ее развивать с большим энтузиазмом и без всяких опасений попасть в неловкое положение.

В другой раз папа тоже летел откуда-то из-за границы и, когда уже устроился в кресле, увидел, как по проходу продвигается немолодая, но стройная женщина, на которую все пассажиры сразу обратили свои взоры. Пробежал возбужденный шепот: «Галина Сергеевна Уланова...».

Уланова оказалась на соседнем с папой месте. Почти наверняка он бы и ее не узнал, но, к счастью, был предупрежден попутчиками. Неудивительно, что у них тоже завязалась оживленная беседа. Мама моя очень любила балет, так что о каких-то именах и папа был наслышан. В частности, он спросил Уланову об очень популярной тогда молодой балерине Наде Павловой, но она от ответа как-то уклонилась и стала расхваливать свою ученицу — Семянку. Скла-

дывая плащ, чтобы убрать на полку, папа вдруг обнаружил, что одна из пуговиц вот-вот оторвется. Уланова тоже это заметила, решительно отобрала у папы плащ, достала из своей сумочки иголку с ниткой и в один момент пришила пуговицу. Потом, уже дома, мама моя, надо сказать, просто боготворившая Уланову, шутила: «Ну что теперь, не отдавать плащ в химчистку? Надо отпаривать пуговицы, а ведь одну пришила Уланова...» ■

«ДЖОИДЕС Резолюшн»: 192-й и 193-й рейсы

И.А.Басов,

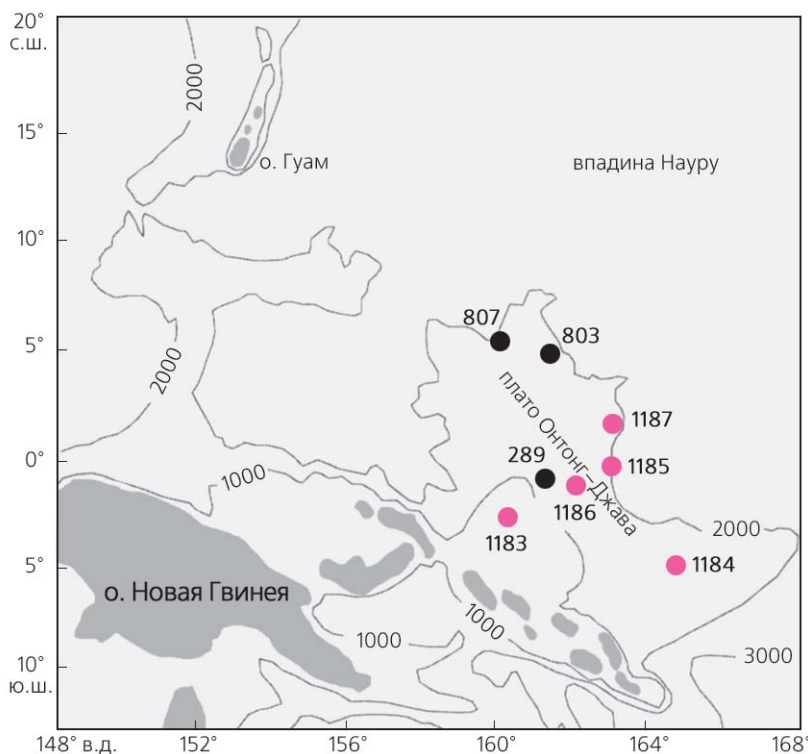
доктор геолого-минералогических наук

Институт литосферы окраинных и внутренних морей РАН
Москва

Природа фундамента плато Онтонг-Джава

Крупнейшее вулканическое поднятие — плато Онтонг-Джава — одна из крупных магматических провинций, которые сформировались в меловое время на многих пассивных окраинах океана [1]. Эти структуры, считающиеся аналогами континентальных трапповых провинций, возникли в результате интенсивного излияния на дно океана лав в течение очень короткого по геологическим меркам интервала времени (несколько миллионов лет) на начальной стадии развития «горячей точки» — поверхностного выражения поднимающегося с глубин расплавленного мантийного материала. Если это происходило именно так, то, принимая во внимание объем коры плато Онтонг-Джава (около $5 \cdot 10^7$ км³), темпы излияния лав в его пределах должны совпадать с теми, которые характерны для глобальной системы срединно-океанских хребтов.

Выяснить, действительно ли эта крупнейшая вулканическая структура сформировалась в относительно короткое время, предстояло 192-му рейсу, который проводился здесь в сентяб-



Скважины, пробуренные в 192-м рейсе «ДЖОИДЕС Резолюшн» (цветные кружки с номерами). Черные кружки — скважины более ранних рейсов «Гломара Челленджера» (289) и «ДЖОИДЕС Резолюшн» (803 и 807).

ре—ноябре 2000 г. под руководством Дж.Дж.Махони (Отдел геологии и геофизики Гавайского университета в Маноа, США), Дж.Г.Фиттона (Отдел геологии и геофизики Университета Эдинбурга, Великобритания) и П.Дж.Уоллеса, представителя Программы глубоководного бурения [2].

В рейсе пробурено шесть скважин в пяти точках (1183—1187), расположенных в разных частях плато в интервале глубин 1661.5—3898.9 м. Все они прошли осадочный чехол и достигли базальтового фундамента с наибольшим проникновением в него в скважине 1185 (220 м). В большинстве скважин (1183, 1185—1187), пробуренных в вершинной или главной части плато, фундамент сложен подушечными или массивными базальтами с редкими прослоями осадков. Излияние этих базальтов происходило в подводных условиях:

на глубине около 800 м — в скважине 1183 и существенно глубже — в остальных.

Интересные данные получены по составу базальтов. В скважинах 1183, 1185 (нижняя часть) и 1186 лавовые потоки сложены толеитами с низким содержанием калия, которые близки по составу базальтам, вскрытым ранее скважиной 807 и обнажающимся на Соломоновых о-вах. Присутствующие здесь эоценовые вулканокластические породы также имеют сходный состав. Необычными породами в пределах плато являются отмеченные впервые высокомагнезиальные (8—10 вес % MgO) базальты с низким содержанием TiO_2 и Zr, слагающие фундамент в скважине 1187 и его верхнюю часть в скважине 1185, которые отражают высокую степень частичного плавления мантии.

Возраст базальтов в скважинах 1183, 1186 и 1187 — апт-

ский (113—108 млн лет назад). Скважина 1185 вскрыла базальтовый разрез, возраст нижней части которого такой же, а верхней — несколько моложе (альб-сеноманский). В скважине 1184, в нижней вулканокластической части разреза, обнаружены редкие остатки наннопланктона, говорящие о ее эоценовом (41—43 млн лет) возрасте, в то время как, по палеомагнитным данным, он должен быть значительно древнее.

Таким образом, полученные в 192-м и более ранних рейсах «Гломара Челленджера» (30-м) и «ДЖОИДЕС Резолюшн» (130-м) данные позволяют предположить, что основная часть плато сформировалась в результате кратковременного эпизода извержения в раннем апте. Более поздние излияния (около 90 млн лет назад) были значительно меньше по объему и имели место главным образом в краевых частях плато.

Подводная гидротермальная система впадины Манус

Изучение гидротермальной активности в различных районах Мирового океана показало достаточно широкое распространение этого явления на морском дне. Поступающие из недр горячие высокоминерализованные растворы, взаимодействуя с морской водой, охлаждаются, и из них выпадают сульфидные минералы, слагающие характерные конические постройки. Большинство таких проявлений сосредоточено в пределах активных зон спрединга — на Срединно-Атлантическом хребте и Восточно-Тихоокеанском поднятии, т.е. образовались в обстановке растяжения земной коры. Здесь они изучались



Положение скважин, пробуренных в 193-м рейсе «ДЖОИДЕС Резолюшн». Ломаная линия — зоны спрединга во впадинах Манус и Вудларк. Вершины треугольников на линиях, соответствующих глубоководным желобам, направлены в сторону субдукции плит.

в 139, 158 и 169-м рейсах «ДЖОИДЕС Резолюшн».

Открытое в 1991 г. гидротермальное поле в восточной части впадины Манус в Тихом океане расположено в зоне субдукции, на конвергентной окраине плиты, т.е. сформировалось в обстановке регионального тектонического сжатия. Именно эта особенность в первую очередь привлекала внимание участников 193-го рейса «ДЖОИДЕС Резолюшн», проводившегося в ноябре 2000 — январе 2001 г. в западной части Тихого океана под руководством Р.Биннса (Отдел разведки и горного дела Организации научно-промышленных исследований, Австралия), А.Барриги (Геологический отдел Лиссабонского университета, Португалия) и Д.Миллера, представителя Программы океанского бурения [3]. В рейсе предстояло изучить изменения активно формирующихся сульфидных построек, чтобы выяснить особенности взаимодействия глубинных магматических флюидов с морской водой и вмещающими породами. Эти данные необходимы для понимания процессов формирования крупных сульфидных месторождений, в частности, в этом регионе — на Новой Гвинее и других островах.

В рейсе пробурено 13 скважин в четырех точках (1188 — 1191) в восточной части впадины Манус, вблизи о.Новая Ирландия, в интервале глубин 1645—

1705 м, с максимальным проникновением в осадки 386.7 м в скважине 1188F. Благодаря применению новейших технологий удалось преодолеть многие трудности, связанные с бурением в необычных условиях (сильно расчлененный рельеф дна, неизвестные свойства пород, высокие внутрискважинные температуры), и решить практически все намечавшиеся задачи.

Одновременно исследователи столкнулись с рядом неожиданных явлений. Полагали, что в разрезе должны чередоваться неизменные и измененные разности пород, которые могли бы указывать на пути миграции минерализованных флюидов. Однако оказалось, что весь разрез ниже дацитов (мощностью в разных скважинах от 10 до 40 м) до максимальной глубины проникновения состоит из их сильно измененных пород.

Другая непредвиденная особенность разреза — очень высокое содержание в породах глинистых минералов, характерное для скважин с низкотемпературными и высокотемпературными флюидами. Правда, в последнем случае концентрация глинистых минералов растет вниз по разрезу, что, как предполагается, отражает наличие вертикального температурного градиента.

Ожидалось также, что многочисленные жилы и пустоты в гидротермальных брекчиях заполнены баритом, как это на-

блюдалось на поверхности сульфидных построек. Но вместо него обнаружили ангидрит, что указывает на большую роль в формировании минеральных ассоциаций морской воды, проникающей на большие глубины. Этому способствует непредвиденно высокая степень трещиноватости, пористости и проницаемости измененных вулканических пород в районах развития сульфидных отложений.

Исследования также подтвердили феномен, впервые открытый в 180-м рейсе во впадине Вудларк. Тогда здесь были обнаружены бактериальные сообщества в толще пород на глубинах до 800 м ниже дна океана [4]. В скважинах 1188 и 1189, пробуренных в 193-м рейсе на глубинах 80 и 129 м соответственно, были встречены живые микробные сообщества, которые, как показали предварительные эксперименты на борту, могут существовать по крайней мере при температуре 90°C. Максимальную температуру их выживания в дальнейшем определяют в лабораторных условиях на берегу.

Таким образом, в рейсе получены данные, которые после их всесторонней обработки помогут пролить свет на проблему сульфидного рудогенеза. Вместе с тем исследования в данном районе необходимо продолжать, поскольку осталось немало нерешенных вопросов. ■

Литература

1. Басов И.А. Крупные магматические провинции океанского дна (183-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн») // Природа. 2002. №2. С.64.
2. Maboney J.J., Fitton J.G., Wallese P.J. et al. // Proceedings of the Ocean Drilling Program. Initial Reports. 2001. Leg 192.
3. Binns R.A., Barriga F.J.A.S., Miller D.J. et al. // Proceedings of the Ocean Drilling Program. Initial Reports. 2002. Leg 193.
4. Басов И.А. Бассейн Вудларк — модель для изучения процессов растяжения и раскола земной коры (180-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн») // Природа. 2001. №11. С.20—21.

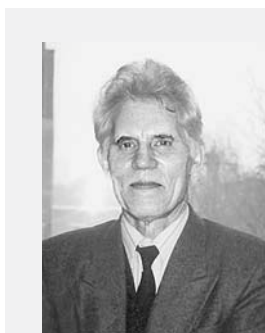
От кванта к квантовым компьютерам

К.А.Валиев, А.А.Кокин

Техника XXI в. рождается из синтеза новых идей в математике, физике, информатике и технологии. Яркий пример тому — работа над созданием квантовых компьютеров. Они позволят решать некоторые задачи, недоступные даже самым мощным современным суперкомпьютерам, обеспечить более высокую скорость многих сложных вычислений; сообщения, посланные по линиям квантовой связи, невозможно будет ни перехватить, ни скопировать. Построение квантовых компьютеров в очередной раз подтвердило бы, что Природа имеет средства для осуществления любой корректно сформулированной задачи.

У истоков

14 декабря 1900 г. немецкий физик и будущий нобелевский лауреат М.Планк доложил на заседании Берлинского физического общества об открытии квантовых свойств теплового излучения. Этот день считается днем рождения квантовой физики: родилось понятие *кванта* энергии, и в число других фундаментальных постоянных вошла постоянная Планка $h = 6.62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. В декабре 2000 г.



Камиль Ахметович Валиев, академик, директор Физико-технологического института РАН, руководитель лаборатории физики квантовых компьютеров, заведующий кафедрой физических и технологических проблем микроэлектроники Московского физико-технического института и кафедрой квантовой информатики Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — квантовая теория магнитного резонанса, физика полупроводников и технология микроэлектроники, квантовая информатика.



Александр Александрович Кокин, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник той же лаборатории. Занимается квантовой теорией полупроводников, методами моделирования элементов микро- и нанoeлектроники, физикой квантовых компьютеров.

весь научный мир отметил столетний юбилей постоянной Планка, а с ним и юбилей квантовой физики.

Открытие Планка, появившаяся затем в 1905 г. теория фотоэлектрического эффекта А.Эйнштейна, создание в 1913 г. Н.Бором первой квантовой теории атомных спектров и обнаружение в 1925 г. Дж.Уленбеком и С.Гаудсмитом спина у электрона стимулировали дальнейшее бурное развитие теории и экспериментальных исследований квантовых процессов.

Уже в 1925 г. В.Гейзенберг предложил матричный вариант квантовой механики, а в 1926 г. Э.Шрёдингер составил свое знаменитое волновое уравнение для описания движения электрона во внешнем поле. В это же время Э.Ферми и П.Дирак получили квантово-статистическое распределение для электронного газа, учитывающее при заполнении отдельных квантовых состояний принцип, который сформулировал тогда же В.Паули. Анализ квантово-механической задачи о движении электрона в периодическом электрическом поле кристаллической решетки, выполненный Ф.Блохом в 1928 г., показал, что электронный энергетический спектр в кристаллическом твердом теле имеет зонную структуру. Это привело к существенным изменениям наших представлений о Природе вообще и о твердом теле в частности.

К 1930 г. было установлено, что в отличие от металлов, для полупроводников, как и для диэлектриков, характерно наличие в зонном энергетическом спектре запрещенной зоны между потолком наиболее высоко лежащей заполненной зоны и дном самой нижней пустой. Однако у полупроводников ширина запрещенной зоны достаточно мала, и при комнатных температурах через нее за счет теплового возбуждения с заметной вероятностью могут перебрасываться электроны. В 1931 г. А.Вильсон показал, что проводимость в полупроводниках имеет место лишь при наличии незаполненных зон. Ток, создаваемый электронами не полностью заполненных зон, оказывается эквивалентным току, создаваемому некоторыми квазичастицами с положительным зарядом — дырками (последние соответствуют свободным от электронов состояниям в зоне). Полупроводники, в зависимости от преобладания электронов или дырок, стали относить к электронному (n) или дырочному (p) типам проводимости.

Таким образом, выяснилось, что характерные для полупроводников свойства обусловлены зонным характером электронного энергетического спектра, т.е. отражают *квантовые свойства* твердого тела. В результате уже в начале 30-х годов были заложены надежные теоретические основы для дальнейшего развития физики полупроводников, и в частности контактных явлений в p - n -переходах. Интерес к этим переходам стал возрастать с тех пор, как Б.И.Давыдов в 1938 г. опубликовал первую работу по теории явлений выпрямления и возникновения фотоэдс в таких структурах.

От теории — к технологии

Прикладное значение p - n -переходов было должным образом оценено не сразу. Электроника того времени развивалась исключительно на основе вакуумных электронных ламп, и специалисты-электронщики мало интересовались полупроводниками. Перелом наступил после изобретения

в 1948 г. сотрудниками Bell Laboratories (США) Дж.Бардином и У.Браттейном точечно-контактного кристаллического триода на основе германия n -типа (названного ими *транзистором*) и появления в 1949 г. работы У.Шокли по квантовой теории плоскостных диодов и транзисторов. Именно тогда начался беспрецедентный качественный прорыв в полупроводниковой электронике (за что данные авторы и были отмечены Нобелевской премией).

Важную роль в развитии полупроводниковой электроники сыграли разработка кремниевой планарной технологии, основанной на контролируемой диффузии примесей в локальных областях приповерхностного слоя кремниевой пластины, и создание в 1959 г. на фирме «Fairchild Electronics» (США) первого планарного биполярного транзистора на кремнии. Рождение микроэлектроники принято относить именно к этой дате. Несколькими позже был сделан первый полевой транзистор со структурой металл—окисел—полупроводник (МОП-транзистор) на кремнии, выполненный также по планарной технологии. Он стал впоследствии одним из основных структурных единиц больших интегральных схем — элементной базы современных цифровых электронных компьютеров. Первые советские планарные биполярные транзисторы были изготовлены в НИИ «Пульсар» в Москве и в НИИ молекулярной электроники в Зеленограде в 1965 г. В том же году начал готовить специалистов в области микроэлектроники новый вуз в Зеленограде — Московский институт электронной техники.

Успехи в развитии кремниевой микроэлектроники наглядно выражаются так называемым законом Г.Мура, согласно которому число транзисторов в кристалле одной интегральной схемы в течение первых 15 лет (начиная с 1959 г.) удваивалось каждый год, а затем такое удвоение происходило приблизительно за полтора года. По экспоненциальному закону уменьшаются со временем и характерные размеры элементов схем, достигшие к началу XXI в. порядка 10 нм. Если тенденция уменьшения размеров сохранится и дальше, то к атомным масштабам (менее 1 нм) твердотельная технология перейдет уже через 10–15 лет. Тактовая частота, с которой работают современные процессоры, поднялась до 2 ГГц и продолжает увеличиваться, растет и производительность многопроцессорных вычислительных систем. Фактом стала производительность в 10^{12} операций в секунду (1 терафлоп) недавно созданной в России ЭВМ; в США сейчас ведутся работы по обеспечению производительности уже в 10 терафлопов.

Основой оперативной памяти современного цифрового компьютера служит совокупность макроскопических полупроводниковых элементов — *классических битов* с двумя базисными логическими булевыми состояниями «0» и «1». Процессор строится из логических элементов-вентилей, которые производят локальные операции над своими

исходными состояниями для того, чтобы получить в результате определенное конечное состояние на выходе. Примером простейшего классического вентиля является известный в микроэлектронике КМОП-инвертор (состоящий из пары МОП-транзисторов с противоположным типом проводимости канала), который осуществляет операцию НЕ, т.е. изменяет состояние «0» на «1» или наоборот.

Логические состояния в каждом бите — это, например, два значения тока в определенном проводнике или потенциала на нем (реальной основой элементной базы компьютера стали транзисторы). В ходе вычисления потоки информации взаимодействуют нелинейным образом, строго определенным для каждой логической операции, и благодаря этому преобразуются. Соответствующие процессы происходят на физическом уровне и с носителями информации — токами и напряжениями. Существенно, что информация представляется с помощью макроскопических некогерентных классических величин. В этом смысле современные цифровые компьютеры, несмотря на исходную квантовую природу процессов, происходящих в полупроводниковых элементах, рассматриваются как *классические*.

Последние два десятилетия ознаменовались также освоением иных, не кремниевых материалов и интенсивными поисками новых физических принципов для приборов с характерными размерами, сравнимыми с длиной волны де Бройля (~20 нм). Для последних существенны более тонкие по сравнению с массивными полупроводниками квантовые свойства: это квантовые ямы, нити и точки. Такие структуры потребовали новых технологических подходов — родилась нанотехнология.

Среди прочих примером нанoeлектронных полупроводниковых приборов могут служить транзисторы с резонансным туннелированием, в том числе на горячих электронах, и одноэлектронные транзисторы, характеристики которых существенным образом определяются свойствами электронного квантового состояния и квантовым характером эволюции этих состояний. Однако по-прежнему при работе вентиля, построенных на нанoeлектронных, как и на традиционных микроэлектронных приборах, используются классические булевы логические состояния, а передаваемая информация обрабатывается с помощью некогерентных классических сигналов, носителями которых являются электрические токи и напряжения.

При переходе в область нанoeлектронных устройств пришлось столкнуться с проблемой уменьшения энергии, рассеиваемой в процессе вычислительных операций. Мысль о возможности *логически обратимых* операций, не сопровождающихся потерей энергии, впервые высказал Р.Ландауэр еще в 1961 г. Теоретический фундамент решения проблемы заложил Ч.Беннетт: он показал, что универсальный цифровой компьютер типа

вычислительной машины Тьюринга может быть построен на логически и термодинамически обратимых вентилях таким образом, что энергия будет рассеиваться только за счет необратимых периферийных процессов ввода информации в машину (приготовление исходного состояния) и соответственно вывода из нее (считывание результата). Сейчас уже существуют и конкретные схемотехнические реализации подобных вентилях.

Экскурсия в гильбертово пространство

Совсем недавно прогресс микроэлектроники и вычислительной техники виделся на пути дальнейшего увеличения степени интеграции, быстрого действия интегральных схем и использования логически обратимых вентилях. Кардинально новые идеи и принципы построения вычислительных устройств должны были прийти из других областей физики, подобно тому как в электронику из физики полупроводников пришел принцип действия полупроводникового транзистора. Отправной точкой стал пересмотр самого подхода к представлению информации — эту роль возложили на волновую функцию квантовой системы. Носителями информации должны стать квантовые ячейки, именуемые *кубитами* (quantum bit или qubit), такого рода, что связанная с ними некоторая физическая величина может принимать два значения (у системы есть два *базисных состояния*). Но если возможных значений характеристики по-прежнему два, чем же кубит отличается от классического бита? Различие между ними принципиально. Дело в том, что классический бит всегда пребывает в каком-то одном из двух булевых состояний: «0» или «1», т.е. последние заняты с вероятностями либо $P(0) = 1$, либо $P(1) = 1$. Кубит же может находиться в некотором состоянии, представляющем собой суперпозицию базисных квантовых состояний. Чтобы вложить в рассуждения конкретный физический смысл, заметим, что в качестве кубитов рассматриваются различные квантовые двухуровневые системы, и в частности искомой характеристикой могут быть электронные и ядерные спины со спиновым квантовым числом $I = 1/2$. Далее мы ограничимся в основном системами ядерных спинов, преимуществ которых при использовании в качестве кубитов впоследствии коснемся.

Уровни энергии отдельного ядерного спина в магнитном поле **B** изображены на рис.1. Им соответствуют собственные состояния $|0\rangle$ и $|1\rangle$, которые суть базисные состояния кубита. Суперпозиция этих базисных состояний описывается так называемым *вектором состояния* в специальном двумерном комплексном *гильбертовом пространстве* состояний:

$$|\psi\rangle = c_0|0\rangle + c_1|1\rangle, \quad |c_0|^2 + |c_1|^2 = 1.$$

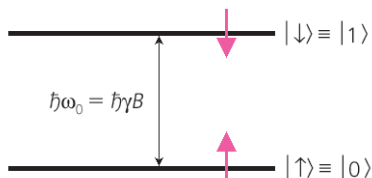


Рис.1. Уровни энергии ядерного спина с $l = 1/2$ с гиромагнитным отношением $\gamma > 0$ в магнитном поле \mathbf{B} (положительное значение проекции спина соответствует направлению его по полю).

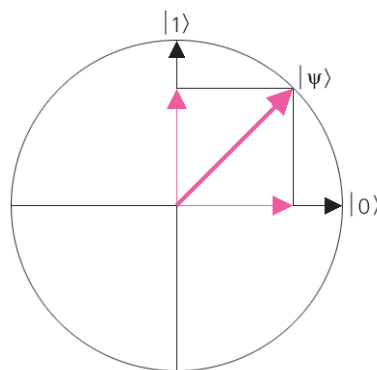


Рис.2. Вектор состояния суперпозиции $\sqrt{1/2}(|0\rangle + |1\rangle)$ и его проекции на направление базисных состояний (ортов) в двумерном гильбертовом пространстве.

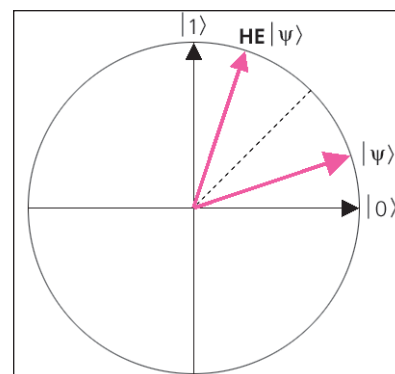


Рис.3. Поворот вектора состояния $|\psi\rangle$ в двумерном гильбертовом пространстве при унитарной операции HE над кубитом.

Базисные векторы состояния $|0\rangle$ и $|1\rangle$ в этом пространстве являются единичными ортами, а комплексные амплитуды c_0, c_1 можно рассматривать как проекции вектора состояния на направление базисных состояний — ортов (рис.2).

Вектор состояния может изменяться весьма тонко, принимая произвольные направления в гильбертовом пространстве, а вероятности найти спин в том или ином базисном состоянии выражаются через модули коэффициентов c_0, c_1 : $P(0) = |c_0|^2, P(1) = |c_1|^2$. Это и означает, что спин может находиться в базисных состояниях $|0\rangle$ и $|1\rangle$ одновременно. Помимо вероятностей $P(0)$ и $P(1)$ заполнения базисных состояний $|0\rangle$ и $|1\rangle$, состояние кубита характеризуется *когерентными* или *интерференционными* слагаемыми в вероятности состояния $|\psi\rangle$, которые определяются произведениями комплексных амплитуд $c_0 c_1^*$ и $c_0^* c_1$. Именно здесь кроется принципиальное различие классического и квантового битов.

Пока мы говорили об одном отдельно взятом кубите; для двух кубитов гильбертово пространство становится четырехмерным, и произвольный вектор состояния характеризуется уже четырьмя комплексными коэффициентами. Размерность пространства и число коэффициентов для описания произвольной суперпозиции базисных состояний растет с числом кубитов L по показательному закону, т.е. как 2^L . Уже при $L = 100$ это число достигает громадного значения примерно 10^{30} , что делает практически невозможной полное моделирование такой физической системы на классическом цифровом компьютере.

Идею о *квантовых вычислениях* впервые высказал российский математик Ю.И.Манин в 1980 г. [1], но активно обсуждаться она стала лишь после опубликования в 1982 г. статьи американского физика-теоретика, нобелевского лауреата Р.Фейнмана [2].

Последний обратил внимание на то, что эффективное моделирование L -кубитовых квантовых систем можно осуществить, если выполнять логические операции на квантовых системах, которые действуют с использованием суперпозиции состояний многих кубитов. Он предложил и первую схему квантового обратного компьютера [3].

Поскольку законы квантовой физики на микроскопическом уровне суть линейные и обратимые, то и соответствующие квантовые логические устройства, производящие операции с когерентными (чистыми) квантовыми состояниями отдельных кубитов, оказываются также обратимыми. Квантовые вычислительные операции сводятся просто к определенным поворотам вектора состояния в 2^L -мерном гильбертовом пространстве без изменения его длины. Такие преобразования называются *унитарными*.

Например, однокубитовая унитарная операция, поворачивающая вектор состояния из положения $|0\rangle$ на 45° в плоскости $|0\rangle, |1\rangle$, приводит к суперпозиции $\sqrt{1/2}(|0\rangle + |1\rangle)$ (рис.2). В качестве другого примера можно привести простейшую унитарную операцию HE над одним кубитом: в отличие от аналогичной классической она производится над состоянием суперпозиции базисных состояний $|\psi\rangle = c_0|0\rangle + c_1|1\rangle$, в которой происходит «обмен» базисными состояниями $|0\rangle \rightarrow |1\rangle$ и $|1\rangle \rightarrow |0\rangle$. В результате этой операции получим $|\psi\rangle = c_0|1\rangle + c_1|0\rangle$, т.е. вектор состояния переходит в положение, симметричное относительно биссектрисы угла между направлениями ортов (рис.3).

Выполнять подобные логические операции над кубитами можно с помощью соответствующим образом подобранных внешних воздействий, которыми управляют обычные, классические, компьютеры.

В чем сила квантовых вычислений?

Лекторский

Элементарный шаг при квантовых вычислениях — унитарная операция над L -кубитовой суперпозицией состояний регистра из L кубитов — выполняется так, что сразу все 2^L комплексные амплитуды обрабатываются параллельно. В классическом компьютере подобное действие потребовало бы 2^L отдельных элементарных шагов для обработки каждой амплитуды. Именно это свойство — *квантовый параллелизм* в работе квантовых устройств — приводит к экспоненциальному ускорению вычислительного процесса. В нем заключается одно из главных преимуществ квантовых компьютеров по сравнению с классическими цифровыми. Вычисление приобретает характер интерференции: комплексные амплитуды состояний многих кубитов могут складываться конструктивно и деструктивно, образуя необходимые суперпозиции квантовых состояний. Так построен, например, знаменитый алгоритм поиска в неструктурированной базе данных, придуманный Л.Гровером.

Особое свойство квантовых состояний, принципиально отличающее их от классических, — *запутывание* (entanglement), когда взаимодействие между кубитами порождает такую когерентную суперпозицию квантовых состояний нескольких элементов, которая не сводится к произведению состояний отдельных кубитов. Примером может служить запутанное состояние двух кубитов типа $\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle|1\rangle - |1\rangle|0\rangle)$ (так называемое состояние Эйнштейна—Подольского—Розена).

Запутанные состояния играют очень важную роль в различных процессах передачи и обработки квантовой информации. Хотя само понятие было введено еще Шрёдингером под названием «Verschränkung» (скрещивание) в 1935 г., внимание оно привлекло к себе лишь с 1993 г. Тогда обнаружили теоретическую возможность передавать с его помощью неизвестное для отправителя A квантовое состояние двухуровневой системы к получателю B без реального перемещения самого элемента. Это явление, получившее название *телепортации*, стало далее основой для развития принципиально нового метода секретной передачи информации (криптографии). В последнее время оно было экспериментально продемонстрировано на простейших квантовых системах. Благодаря свойству запутывания открылись новые пути кодирования, обеспечения помехозащищенности и более эффективного управления информацией.

Импульс дальнейшему интенсивному развитию квантовых методов вычислений придал квантовый алгоритм факторизации американского математика П.Шора (1994), который производит разложение L -значного числа на простые множители за время, пропорциональное L^3 [4] (классические алгоритмы требуют для этого времени, экспоненциально зависящего от L). Например, разложение 1000-значного числа на простые множители

с помощью наилучшего классического алгоритма требует около 10^{23} элементарных вычислительных операций, что займет на однотографльном цифровом компьютере более 10^7 лет. Использование квантового алгоритма Шора позволяет выполнить эти вычисления на компьютере с тактовой частотой даже в 1 Гц всего за 10 дней. Эта задача имеет существенное практическое значение, поскольку лежит в основе самого популярного метода криптографии. Проблема состоит в том, что для решения таких задач требуются квантовые компьютеры с числом кубитов не меньшим, чем разрядность факторизируемого числа L . Считается, что алгоритм Шора уже сейчас позволит найти применение квантовым компьютерам весьма скромных размеров (до десятков кубитов) для целей квантовой коммуникации.

Одним из важных приложений квантовых вычислений, возможно, окажется моделирование поведения широкого класса многочастичных квантовых систем, как предлагал еще Фейнман [2]. Такие задачи могут стать особенно актуальными: быстрое продвижение современной нанотехнологии все глубже в область нанометровых масштабов требует прямого моделирования электронных процессов в приборах наноэлектроники, в том числе и в многокубитовых квантовых устройствах. В повестке дня стоит и моделирование физических свойств различных сложных органических молекулярных и биологических систем, искусственных полупроводниковых и магнитных материалов и структур и т.д.

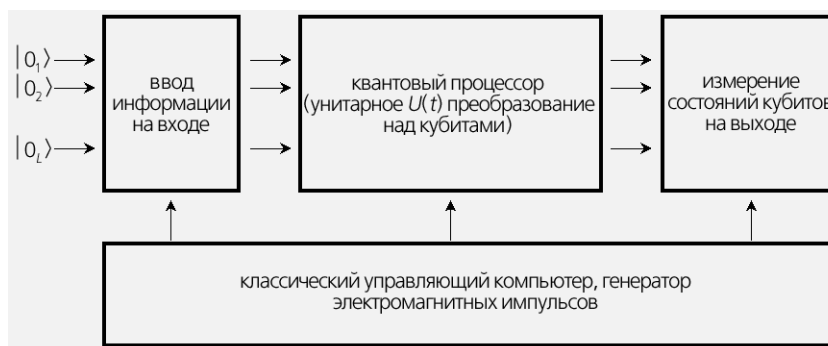
Структура квантового компьютера

Квантовые методы выполнения вычислительных операций, передачи и обработки информации уже начинают воплощаться в реально функционирующих экспериментальных устройствах, что стимулирует активные усилия по реализации *квантовых компьютеров*.

Принципиальная схема работы любого квантового компьютера может быть представлена следующим образом [5, 6] (см. рис.4). Основной его частью является квантовый регистр — совокупность некоторого числа L кубитов. Прежде чем вводить информацию в компьютер, надо организовать в регистре систему координат, в которой мы будем записывать числа. Сначала отдельные кубиты регистра должны быть приведены в основные базисные состояния, т.е. в состояния $|0_1\rangle, |0_2\rangle, |0_3\rangle, \dots, |0_L\rangle = |0_1, 0_2, 0_3, \dots, 0_L\rangle$. Эта операция называется инициализацией (подготовкой начального) состояния регистра — так готовится исходное базисное состояние.

Далее подготавливаются остальные базисные состояния, чтобы получить полную систему ортогональных базисных состояний 2^L -мерного гильбертова пространства. Для этого каждый кубит подвергается селективному воздействию (напри-

Рис.4. Схема квантового компьютера.



мер, с помощью импульсов внешнего электромагнитного поля, управляемых классическим компьютером), которое переведет основные базисные состояния определенных кубитов в состояния $|1\rangle$. Тогда состояние всего регистра перейдет в суперпозиции базисных состояний вида $|n\rangle = |n_1, n_2, n_3, \dots, n_l\rangle$ (где $n_i = 0, 1$), задающие бинарное представление чисел $n = \sum_{i=1}^l n_i 2^i$. Таким образом система ортов будет построена.

При вводе информации конкретной задачи состояние входного регистра преобразуется (с помощью соответствующих импульсных воздействий) в необходимую когерентную суперпозицию базисных ортогональных состояний:

$$|\psi(0)\rangle = \sum_{n=0}^{2^l-1} c_n |n\rangle.$$

В таком виде информация далее обрабатывается квантовым процессором, который выполняет последовательность логических операций — унитарное преобразование $U(t)$, действующее на состояние всего регистра. К моменту времени t после вычисления исходное квантовое состояние становится новой суперпозицией вида

$$|\psi(t)\rangle = \sum_{n,m} c_n U_{mn}(t) |n\rangle$$

— это и есть результат на выходе компьютера.

Главная проблема, стоящая перед создателями квантовых компьютеров, — борьба с потерей когерентности квантовых состояний, или так называемой *декогерентизацией*, обусловленной взаимодействием кубитов с окружающей средой, помехами в процессе выполняемых вычислительных операций и различными случайными ошибками. Для ее решения в настоящее время интенсивно разрабатываются различные методы подавления декогерентизации и исправления ошибок: так, очень важно обеспечить, чтобы система кубитов была как можно слабее связана с окружением. Все возможные операции на входе данного компьютера, локальные преобразования, соответствующие алгоритму вычисления, способы

подавления декогерентизации и исправления случайных ошибок в совокупности играют здесь роль того, что называют программным обеспечением (software).

Из чего его построить?

При выборе конкретной схемы квантового компьютера необходимо прежде всего решить три задачи: во-первых, выбрать физическую систему, представляющую требуемую систему кубитов, во-вторых, определить физический механизм, реализующий необходимое для выполнения двухкубитовых операций взаимодействие между кубитами, и, в-третьих, найти способы селективного управления кубитами и измерения их состояния на выходе. Все это можно отнести к аппаратному обеспечению (hardware) квантового компьютера.

Кроме того, при создании полномасштабного квантового компьютера, превосходящего по производительности любой классический, на каких бы физических принципах первый ни работал, следует выполнить пять основных требований:

- физическая система, представляющая квантовый регистр, должна иметь достаточно большое число $L > 10^3$ различаемых кубитов;
- нужно обеспечить условия для инициализации состояния L -кубитового входного регистра $|0_1, 0_2, 0_3, \dots, 0_l\rangle$;
- время декогерентизации должно превышать по крайней мере в 10^4 раз время выполнения основных квантовых операций (время такта);
- требуемая совокупность квантовых логических операций из определенного набора двухкубитовых и однокубитовых операций* должна выполняться за время такта;
- состояние квантового регистра на выходе нужно измерять с высокой надежностью.

Какие объекты могут соответствовать этим критериям? В экспериментальном плане сейчас

* Как было доказано, логическую квантовую операцию любой сложности можно представить с помощью набора только двухкубитовых и однокубитовых операций.



Рис.5. ЯМР-спектрометр высокого разрешения фирмы «Bruker», использующийся для выполнения многих типов квантовых операций на ансамблях органических молекул.

активно развиваются два направления развития элементной базы будущих квантовых компьютеров.

Одно из них предполагает использовать в качестве квантовых регистров цепочку кубитов из ионов или нейтральных атомов с двумя низколежащими колебательными уровнями, удерживаемых в силовых ловушках в вакууме при температурах порядка 10^{-6} К (такие сверхнизкие температуры достигаются с помощью лазерного охлаждения). Первый прототип квантового компьютера на этих принципах был предложен австрийскими физиками И.Цираком и П.Цоллером еще в 1995 г., а сейчас над ним наиболее интенсивно работают в США (Лос-Аламосская национальная лаборатория — LANL, Национальный институт стандартов и технологий — NIST). Одной из основных проблем остается получение достаточно большого числа кубитов в квантовом регистре (пока не удалось создать квантовый регистр даже с двумя-тремя кубитами).

В другом подходе кубитами служат атомы с ядерными спинами $I = 1/2$, принадлежащие молекулам органических жидкостей [7]. Данные объекты привлекательны тем, что практически независимые молекулы-компьютеры в жидкости действуют параллельным образом, одновременно. Управлять ими можно при комнатных температурах

с помощью операций над большим ансамблем молекул, хорошо известных в технике ядерного магнитного резонанса (ЯМР), рис.5. Устройство такого рода получило название ансамблевого ЯМР-квантового компьютера. Первые предложения были сформулированы в 1997 г. несколькими группами исследователей из Массачусетского технологического института и из Лос-Аламосской национальной лаборатории, а также из Кларендонской лаборатории в Оксфорде (Великобритания). В том же году были выполнены первые эксперименты на ядерных спинах двух атомов водорода ^1H в молекулах 2,3-дибромотиофена $\text{SCH}:(\text{CBr})_2\text{CH}$ и на трех ядерных спинах — одном в атоме водорода ^1H и двух в изотопах углерода ^{13}C в молекулах трихлорэтилена CCl_2CHCl . Позднее были осуществлены квантовые операции на других жидкостях с числом спинов-кубитов в молекуле $L = 5, 6, 7$. На жидкостных ЯМР квантовых компьютерах были продемонстрированы гроверовский алгоритм поиска данных, квантовая коррекция ошибок, квантовая телепортация, алгоритм факторизации Шора и другие операции. Однако у этого направления есть существенное ограничение: ЯМР-квантовые компьютеры на молекулах органической жидкости из-за слабости сигнала (он уменьшается экспоненциально с ростом числа кубитов) не смогут иметь число кубитов больше 20—30.

Видимо, указанные два пути в ближайшем будущем не приведут к созданию полномасштабного многокубитового квантового компьютера. То, что удалось сделать, следует рассматривать скорее как модельные прототипы будущих квантовых компьютеров, полезные для отработки принципов квантовых вычислений и проверки квантовых алгоритмов. Более обещающими направлениями могут оказаться, на наш взгляд, следующие.

Во-первых, использование в качестве квантовых состояний кубитов двух спиновых или двух зарядовых электронных состояний в полупроводниковых наноструктурах (например, в квантовых точках, формируемых в гетероструктурах) либо со спин-спиновым магнитным, либо с электрическим взаимодействием между кубитами соответственно. Однако, несмотря на активные поисковые работы, проводимые уже несколько лет в исследовательских центрах фирмы IBM, практических результатов достигнуть еще не удалось.

Во-вторых, реализация кубитов на основе различных зарядовых состояний куперовских пар в квантовых точках, связанных переходами Джозефсона, как это предложил Д.В.Аверин в 1998 г. [8]. Здесь есть надежда создать электронные квантовые устройства высокой степени интеграции на одном кристалле, с электрическим управлением кубитами, без громоздких ЯМР-установок. Пока удалось сформировать и исследовать один сверхпроводниковый кубит.

Но наиболее важные, ближайшие перспективы открываются перед твердотельными ЯМР-квантовыми компьютерами. Остановимся на них подробнее.

В 1998 г. австралийский физик Б.Кейн [9] представил в роли кубитов обладающие ядерным спином $I = 1/2$ донорные атомы фосфора (изотоп ^{31}P), которые имплантируются в приповерхностный слой кремниевой структуры (рис.6). Таким способом можно попытаться построить полномасштабные вычислительные устройства с практически неограниченным числом кубитов. Правда, температуры придется использовать достаточно низкие, чтобы электроны донорных атомов занимали только самое нижнее спиновое S -состояние в магнитном поле. В полях с индукцией $B \geq 2$ Тл это соответствует температурам $T < 0.1$ К. Первые шаги по реализации подобной схемы уже предприняты в специально организованном в 2000 г. Австралийском центре технологии квантовых компьютеров. Работы в этом направлении ведутся и в Физико-технологическом институте РАН.

Каждый донорный атом должен располагаться с достаточной точностью под «своим» управляющим металлическим затвором А, отделенным от поверхности кремния тонким диэлектриком (например, окисью кремния толщиной порядка 20 нм). Вместе атомы образуют линейную решетку произвольной длины с периодом l .

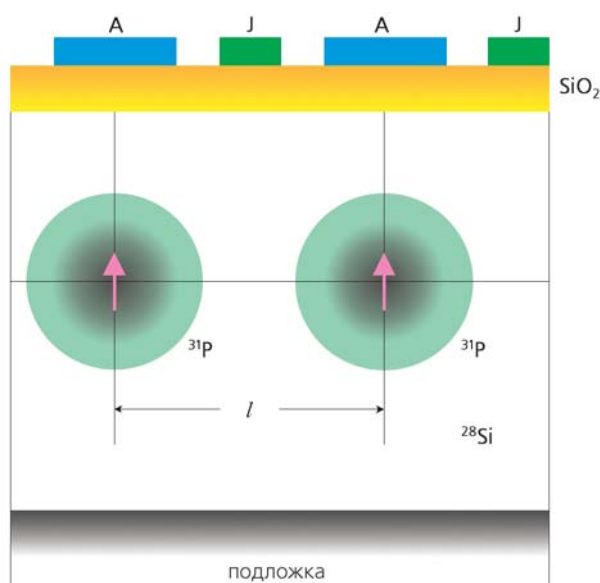


Рис.6. Схематическое изображение двух ячеек структуры модели Кейна, $l = 20$ нм.

Управлять однокубитовыми квантовыми операциями по отдельности предполагается путем селективного воздействия резонансных радиочастотных импульсов на ядерные спины определенных доноров. Для этого с помощью электрического поля, создаваемого потенциалом затворов А, перераспределяется электронная плотность вблизи ядра. В результате благодаря так называемому сверхтонкому взаимодействию ядерного спина с электронным происходит требуемая настройка резонансной частоты ядерного спина. Величину взаимодействия между ядерными спинами соседних доноров, которое обеспечивает выполнение двухкубитовых операций, предлагается регулировать с помощью электрических потенциалов на промежуточных затворах J, позволяющих изменять степень перекрытия волновых функций электронов атомов фосфора. Необходимое для этого расстояние l должно быть порядка 20 нм.

Для формирования таких структур следует обратиться к современной нанотехнологии, в частности к методами эпитаксиального выращивания, к зондовой нанолитографии в сверхвысоком вакууме на основе сканирующих туннельных и атомно-силовых микроскопов, к электронно-лучевой и рентгеновской литографии. Кроме того, чтобы исключить взаимодействие кубитов с окружением, сам кремний должен быть достаточно хорошо очищен от своего изотопа ^{29}Si , обладающего, как и атом фосфора, спином $I = 1/2$ (в естественном кремнии его около 4.7%). Возможность создания подобного полномасштабного квантового компьютера интенсивно исследуется в настоящее время (как экспериментально, так

и теоретически) в Австралийском центре технологии квантовых компьютеров.

Были предложены также и несколько вариантов измерения состояний индивидуальных кубитов, но ни один из них пока не реализован. В качестве альтернативы рассматривались различные ансамблевые модификации твердотельных ЯМР-квантовых компьютеров [10].

Итак, все последние три (из перечисленных и пока нереализованных конкурирующих) направления допускают произвольно большое число кубитов: для двух из них существуют уже отработанные приемы микро- и нанотехнологии создания полупроводниковых и сверхпроводниковых интегральных схем. Но кроме квантового регистра требуется наличие генераторов управляющих импульсов, использование низких температур и, следовательно, привлечение совсем не миниатюрных обслуживающих систему кубитов устройств, а в случае твердотельного ЯМР-квантового компьютера еще и использование магнита. Зато для твердотельного ЯМР-квантового компьютера можно указать на ряд важных достоинств: ядерные спины сами по себе являются кубитами, при низких температурах они характеризуются очень большими временами релаксации (и соответственно временами декогерентизации) по сравнению с электронными спинами. Технологические структуры нанометрового масштаба в полупроводниковых ЯМР-квантовых компьютерах предназначаются не для создания самих кубитов, как в случае сверхпроводниковых устройств, а лишь для управления кубитами и измерения их состояний. Определенные преимущества могут иметь ЯМР-квантовые компьютеры, работающие на принципе клеточного автомата с использованием антиферромагнитных структур [11].

Какой подход первым выведет на финишную прямую — покажет время. Не исключено, что в ближайшем будущем появятся комбинированные варианты твердотельных квантовых компьютеров. Например, в одной структуре могут использоваться и ядерные спины, и квантовые точки с электронными спинами, если привлечь комбинированные методы обращения к кубитам

(двойной электрон-ядерный магнитный резонанс, динамическую поляризацию ядерных спинов, оптическое детектирование ядерного магнитного резонанса и др.).

Что впереди?

Если распространить закон Мура на область квантовых компьютеров, можно спрогнозировать, что через примерно 10 лет будут созданы простейшие фрагменты или прототипы твердотельного ЯМР-квантового компьютера. Это потребует привлечения многих технологических и схемотехнических достижений современной микро- и нанoeлектроники, а также разработки программ математического моделирования физических процессов в многокубитовых квантовых системах. Препятствий на пути еще немало. Пока не доведены до практики методы квантовых измерений состояний отдельного ядерного спина или их малых групп. Еще слабо изучено влияние неидеальности управляющих кубитами импульсных последовательностей и многоуровневой сверхтонкой структуры энергетического спектра на декогерентизацию квантовых состояний. Не разработаны способы подавления декогерентизации, определяемой шумами в электронной измерительной системе, не опробованы квантовые методы коррекции ошибок для многокубитовых систем. От решения этих и других проблем во многом зависит дальнейшее развитие квантовой компьютерной техники.

Исключительные возможности квантовых компьютеров будут способствовать и революции в сфере вычислительной техники, и еще более глубокому пониманию физических законов в Природе. Заметим, что будущий квантовый компьютер не заменит классический компьютер, скорее всего он будет играть роль специального процессора, встроенного в обычную вычислительную систему, которому будет поручаться типично квантовые задачи. Заинтересовавшийся читатель может познакомиться более подробно с проблемами квантовых вычислений и квантовых компьютеров в нашей монографии [12]. ■

Литература

1. Манин Ю.И. Вычислимое и невычислимое. М., 1980. С.128.
2. Feynman R. // Inter. Jour. Theor. Phys. 1982. V.21. №6/7. P.467—488.
3. Feynman R.P. // Foundation of Phys. 1986. V.16. №6. P.507—531.
4. Shor P. // SIAM Jour. Comp. 1997. V.26. №5. P.1484—1509.
5. Валиев К.А. // Успехи физ. наук. 1999. Т.162. №6. С.691—694.
6. Валиев К.А. // Вестн. РАН. 2000. Т.70. №8. С.688—705.
7. Jones J.A. // Fortschr. Phys. 2000. V.48. №9—11. P.909—924.
8. Averin D.V. // Solid State Comm. 1998. V.105. №12. P.2371—2374.
9. Kane B.E. // Nature. 1998. V.393. P.133—137.
10. Валиев К.А., Кокин А.А. // Микроэлектроника. 1999. Т.28. №5. С.326—337.
11. Кокин А.А. // Phys. Metal. Metallogr. 2001. V.92. Suppl.1. P.S150—S156.
12. Валиев К.А., Кокин А.А. Квантовые компьютеры: надежды и реальность. М.; Ижевск, 2001.

Подкрасться, переодевшись женщиной

К.Н.Несис,
доктор биологических наук
Москва

Самцы множества животных в брачный период борются из-за самок, и побеждают в этой борьбе, естественно, самые крупные и агрессивные. Самкам также нравятся те, что покрупнее и похрабрее. Но ведь маленьким и слабеньким тоже хочется — нет, не удовольствие получить (в мире животных для самцов не это главное), а передать свои гены потомству. И, знаете, интересные способы они изобретают! Характерны в этом отношении кальмары и каракатицы.

На нерестилищах прибрежных кальмаров рода *Loligo* собираются тысячи животных. Крупные самцы завоевывают самок, спариваются и сопровождают (эскортируют) их до момента откладки яиц на дно. Выходящие из яйцевода самки яйца обволакиваются прочной и липкой слизью (ее выделяет пара особых, очень крупных желез в мантийной полости), смешиваются с хранящейся в специальном семеприемнике подо ртом спермой (самец при спаривании помещает в него сперматофоры), и самка руками формирует длинную пальцевидную капсулу: внутри нее — яйца, снаружи — студенистая оболочка. Держа капсулу в руках, самка приближается к месту откладки яиц — обычно к куче уже отложенных (ею или другими самками) капсул — и там ее прикрепляет ко дну. Самец это внимательно отслеживает, ощупывает уже отложенные прежде капсулы перед тем, как самка добавит новую, потом отходит и ждет рядом с ней, пока она не подготовит следующую капсулу. Все это происходит в придонном слое воды и сопровождается серией строго



Два самца гигантской каракатицы в «боевой раскраске»: самец-претендент (вверху) и самец-хозяин (в середине), сопровождающий самку (внизу).

Здесь и далее фото М.Нормана

ритуализованных движений — настоящим «брачным танцем» [1].

Вообще самцы кальмара очень интересуются яйцевыми капсулами. Стоит только в аквариум, где мирно живут два самца *Loligo pealei*, поместить такую капсулу, они немедленно начина-

ют «выяснять отношения». Но если капсулу положить в прозрачную коробочку (видно, но нельзя пощупать) или в продырявленный мешочек (можно только понюхать), самцы останутся спокойными — им необходимо пощупать кладку [2].

© К.Н.Несис



Самка (вверху) и самец гигантской каракатицы в «брачном наряде».



Самец гигантской каракатицы в камуфляже.

Самец гигантской каракатицы в «угрожающем наряде».

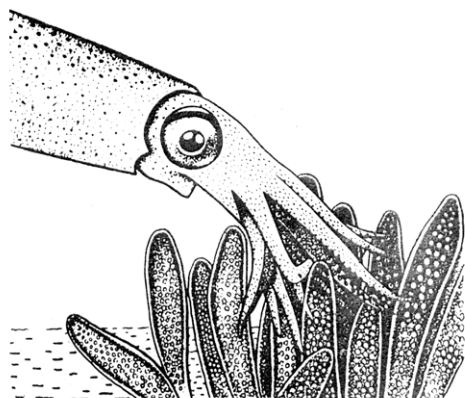


А пока самец сопровождает самку к месту откладки яиц, где-то над ними, в толще воды, вьются стайки самцов-недомерков. Крупные на мелкоту никакого внимания не обращают, их интересуют только другие крупные самцы в ярком брачном наряде, потенциальные конкуренты. Маленькие же за всем этим наблюдают, и очень внимательно. Стоит только самке в сопровождении

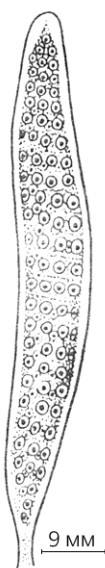
самца-хозяина двинуться к куче яйцевых капсул с уже готовой к откладке новой, наполовину высунувшейся из сложенных конусом рук, как какой-нибудь малыш, тихо подкравшись, молнией бросается на самку и успевает отложить прямо на капсулу несколько своих сперматофоров — сложно устроенных пакетов спермы, упакованных в особую оболочку с пружинным меха-

низмом «выстреливания». Таких самцов называют «сникерами» (не сникерсами!) — от англ. to sneak — подкрадываться; сникерами называют тапочки на войлочной подошве, которые неслышно носят (по крайней мере раньше носили) тюремные надзиратели [3].

Казалось бы, велик ли шанс передать свои гены потомству таким хитрым способом, ведь почти все яйца



Самка кальмара *Loligo plei*, откладывающая яйцевые капсулы, и отдельная капсула.



Яйца гигантской каракатицы в момент выплывания молоди (верхнее правое яйцо).

в капсуле уже оплодотворены. Однако исследование яиц генетическим методом (с помощью микросателлитных маркеров ДНК) показало, что не только разные капсулы в кучке почти одновременно оплодотворены разными самцами, но даже в одной капсуле разные яйца могут быть от разных отцов, как минимум — двух [4]. Так что метод срабатывает!

Совершенно иным способом решают ту же самую задачу мелкие самцы южноавстралийской гигантской каракатицы *Sepia apata*. Эта каракатица — самая крупная в мире. Длина туловища самцов до 50 см, общая длина с руками до метра, вес несколько килограммов; самки этого вида мельче самцов, и руки у них короче. Яйца у каракатицы белые, похожи по форме на лимон с сильно оттянутым кончиком. Самка откладывает их на дно поодиночке, укрывая под камнями, навесами скал, в трещинах и щелях, а самец неотступно следует за самкой. На юге Австралии, на мелководьях залива Спенсер, каракатицы каждый год осенью (апрель—июль) собираются на нерест тысячными стаями, и самцы тоже устраивают брачные

игры и бои, зачастую отнюдь не ритуальные. «Боевая раскраска» самцов зebraвая — узкие ярко-белые поперечные полосы на синевато-зеленоватом фоне, а самки скромные — камуфлирующая пятнистая окраска в коричневых тонах, к тому же у них на голове (особенно над глазами) и на спине поднимаются, тоже для камуфляжа, кожные лопасти и «рожки» (у самцов они заметны лишь вне брачного периода). Размножающиеся каракатицы совершенно не боятся подводных пловцов, и их можно разглядывать буквально в упор.

Наблюдая за каракатицами, М.Норман и его коллеги из Мельбурнского университета обнаружили, что им довольно регулярно попадаются тройки — крупный самец, сопровождавший пару самок, но при ближайшем рассмотрении одна из самок зачастую оказывалась мелким самцом! Внимательный анализ показал, что мелкие самцы нередко притворяются самками, подражая им не только по размеру, но и по окраске [5]. Крупные самцы, как и у кальмаров, обращают внимание только на других крупных самцов, оде-

тых в брачный наряд. В момент, когда самец-хозяин занимается выяснением отношений с конкурентом, мелкий самец подбирается к самке, часто (хотя и не всегда) мгновенно меняет «женскую одежду» на мужскую и пытается спариться. И не без успеха! Опомнившийся хозяин изгоняет нахального малыша, но тот обычно вновь «переодевается в самку» и продолжает держаться третьим, потому что крупный самец сразу после этого перестает обращать на него внимание. Если же крупный самец куда-то уплывет, мелкий опять «обращается в самца» и начинает преследовать и охранять самку, «как большой». Подобную картину исследователи наблюдали свыше 20 раз!

Такой изощренный способ добиваться успеха не мытьем, так катаньем возможен лишь потому, что головоногие моллюски с невероятной быстротой меняют окраску и форму тела. Но не исключено, что тут есть и обратная связь: потребность «спариться исподтишка», вероятно, вела в ходе эволюции к усовершенствованию способности молниеносно менять облик и надевать «новое платье». ■

Литература

1. Sauer W.H.H. et al. // Biol. Bull. 1997. V.192. №2. P.203—207.
2. King A.J. et al. // Biol. Bull. 1999. V.197. №2. P.256.
3. Hanlon R.T. // Biol. Bull. 1996. V.191. №2. P.309—310; 1999. V.197. №1. P.49—62.
4. Shaw P.W., Boyle P.R. // Mar. Ecol. Progr. Series. 1997. V.160. P.279—282.
5. Norman M.D., Finn J., Tregenza T. // Proc. Roy. Soc. London, Biol. Sci. 1999. V.266. №1426. P.1347—1349.

Белые столбы Покинутого города

Вести из экспедиций

А.Ю.Леин,
доктор геолого-минералогических наук
Ю.А.Богданов,
доктор геолого-минералогических наук
А.М.Сагалевиц,
доктор технических наук
В.И.Пересыпкин,
кандидат геолого-минералогических наук
Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН
Л.Е.Дулов,
кандидат биологических наук
Институт микробиологии РАН
Москва

Американская экспедиция на научно-исследовательском судне «Атлантис» с подводным обитаемым аппаратом «Алвин» на борту 5 декабря 2000 г. обнаружила на океанском дне светлые карбонатные гидротермальные постройки, по форме напоминающие столбы. Верхушки и стенки некоторых из них омываются теплыми (40–75°C) растворами, так называемыми мерцающими водами, или муарами.

Участок дна с карбонатными постройками был назван Лост Сити (Покинутым городом), видимо, из-за отсутствия скопления фауны на дне, характерного для других активных гидротермальных полей [1, 2].

Гидротермальное поле Лост Сити расположено на 30°с.ш. в 15 км от точки пересечения Срединно-Атлантического хребта (САХ) с трансформным разломом Атлантис. Возраст океанической коры здесь составляет около 1.5 млн лет. Массив Атлантис поднимается с глубины 3800 м со дна прилегающей части трансформного разлома до глубин менее 1000 м [2].

Следует сказать, что глубоководные гидротермальные проявления океанических рифтов интенсивно исследуются с помощью глубоководных обитаемых аппаратов на протяжении уже 25 лет, но до сих пор полей, аналогичных Лост Сити, встречено не было.

В связи с этим в программу 47-го рейса научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш» входило наряду с исследованиями пяти других, ранее известных полей САХ — Снейк Пит (23°с.ш.), ТАГ (26°с.ш.), Брокен Спур (29°с.ш.), Рейнбоу (36°с.ш.), Лаки Страйк (37°с.ш.), — изучение геолого-геохимических, биологических и микробиологических особенностей этого нового гидротермального поля.

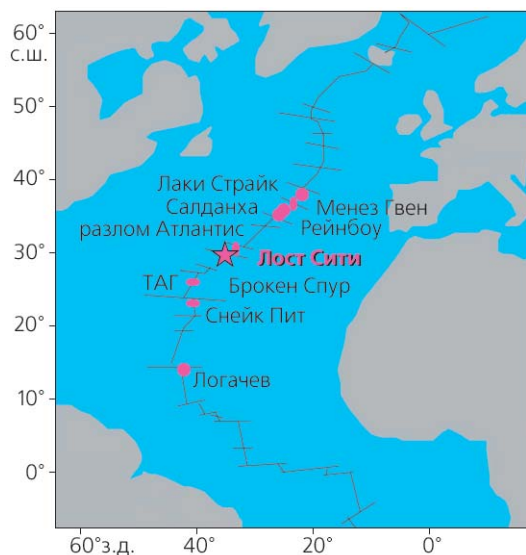
Поле Лост Сити находится в верхней части южного склона массива Атлантис на глубине 700–850 м, в поперечнике оно чуть больше 100 м.

Наши маршруты на глубоководных аппаратах «Мир-1 и -2» начинались на южном склоне с глубины около 1100 м. Это позволяло получить представления не только о самом гидротермальном поле, но и о фундаменте, на котором оно находится.

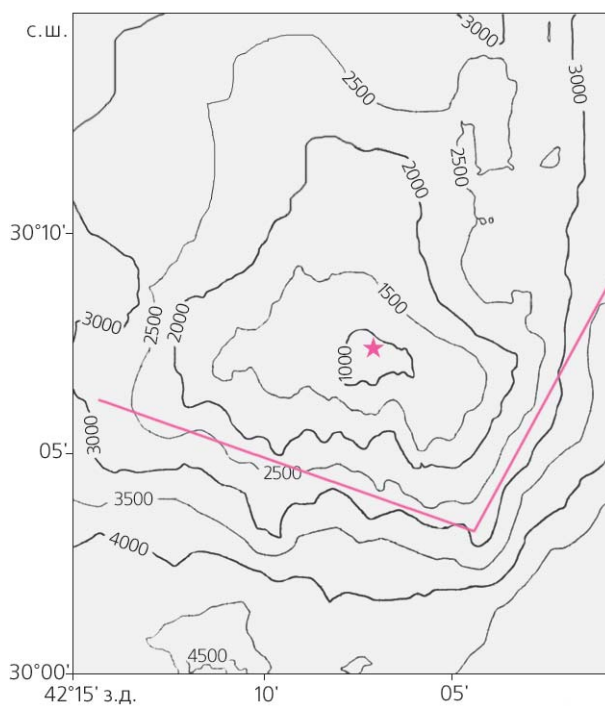
Нижние 100 м крутого, почти вертикального склона состоят из черных практически неизменных ультраосновных пород с немногочисленными светлыми карбонатными (арагонитовыми) жилами и прожилками.

С глубины около 1000 м склон выполаживается, и на черных коренных породах залегают в разной степени окатанные обломки тех же пород, сцементированные коричневатого-серым, сильно литифицированным карбонатным осадком. На глубине 900 м наряду с этими отложениями появляются многочисленные, выдержанные по простиранью, карбонатные плиты. Именно здесь начинается гидротермальное поле. По нашим наблюдениям, участок дна, представляющий собой вершину массива Атлантис, еще до начала формирования на нем гидротермального поля был сильно эродирован. Вниз по склону перемещалось огромное количество серпентинизированных перидотитов, а также габброидных пород и даже базальтов, часто деформированных и катаклазированных.

В пределах поля над карбонатными плитами возвышается до 30 построек. Большинство из них (высотой 3–5 м) имеет фор-



Расположение гидротермальных полей Срединно-Атлантического хребта.



Вести из экспедиции



Рельеф океанского дна в районе гидротермального поля Лост Сити, расположенного на пересечении Срединно-Атлантического хребта и трансформного разлома Атлантис. (Материалы 47-го рейса научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш».)

Белые столбы — гидротермальные карбонатные постройки. Высота около 60 м, диаметр у основания около 10 м.

Здесь и далее фото из архива экспедиции

му тонких спиелей диаметром до 20 см. Большие постройки (до 60 м высотой и 10 м в диаметре) представляют собой столбы, часто с выровненной горизонтальной вершиной. Их отвесные стены осложнены карнизами, пещерами, шпилеобразными и холмовидными боковыми наростами. Даже горизонтальные поверхности здесь не покрыты сколь угодно заметным слоем пелагического осадочного материала. Скорости осадконакопления в этом районе составляют менее 1 см/1000 лет. Следовательно, гидротермальные процессы на участке дна поля Лост Сити начались менее 1000 лет назад. Минералогические (оптический, рентгено-дифракционный) и химические (в том числе атомно-абсорбционный, рентгено-флуоресцентный) анализы пород показали, что гидротермальные столбы сложены арагоном и кальцитом (CaCO_3), а также бруситом $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (табл.1). Из микроэлементов в заметных количествах (0.1–2.74%) присутствует стронций, который

входит в кристаллическую решетку карбонатных минералов.

Многие карбонатные постройки активны. Как уже упоминалось, они омываются мерцающими прозрачными теплыми водами, поднимающимися вдоль стенок. Теплые воды высачиваются также на плоских вершинах и уступах. Проба теплого раствора, отобранного на вершине одного из столбов (отметка 3 «Алвин») титановым батометром, имела $\text{pH}=8.14$, значения pH окружающей океанской воды меньше 7.8 (табл.2).

В гидротермальном растворе поля Лост Сити обнаружены очень низкие концентрации Mg^{2+} и SO_4^{2-} -ионов при двойном избытке Ca на фоне обычных для окружающей океанской воды концентраций Na, Cl и Si. Растворы пахнут сероводородом и содержат в своем составе, помимо H_2S , заметное количество CH_4 , H_2 и следы аммонийного азота (табл. 2).

В местах выхода (сочений) гидротерм постройки образуют нитевидными микроорганизмами, так называемыми микробными матами. Кроме того, породы, пропитанные гидротермальными растворами, поступающими по мельчайшим каналам (с диаметром 0.5–3 мм),

трещинам спайности и другим видам порового пространства, содержат характерные ярко-белые желеподобные скопления микроорганизмов и продуктов их метаболизма. Вес желеподобной биомассы может достигать 3–5 г на 1 кг породы, а биомасса нитчатых микроорганизмов — 0.3–0.5 г. Заметим, что обрастания нитчатых микроорганизмов характерны для разных экотопов (и на суше, и в океане), содержащих растворенный сероводород (HS^- -ион).

Сразу после подъема в закрытых контейнерах проб гидротермальных пород были отобраны белые желеподобные густки и помещены во флаконы со специальными тестовыми средами для последующего выделения различных групп микроорганизмов. Во флаконе со средой для выявления сульфатредукторов уже на вторые сутки был зафиксирован активный рост сульфатредуцирующих микроорганизмов (почернение питательной среды), а через семь суток активный процесс сульфатредукции был обнаружен даже во флаконе со средой для роста железоредукторов. Оказались положительными и тесты на аэробные гетеротрофы.

Таблица 1

Концентрация микроэлементов в карбонатных постройках гидротермального поля Лост Сити*

Элементы	Обр.6	Обр.2	Обр.14
Ca, %	45.4	5.87	22.7
Mg	0.63	26.8	12.3
Sr	2.74	0.181	0.62
Mn, ppm	146	20	22
Fe	436	287	177
Cu	34	<5	<5
Zn	1–11	8.9–18	8.8
Pb	49	35	28
Ni	26.3	<2	17.4
Co	1.9	<1	<1
Cr	12.5	8.6 (7)	14.5
V	59.2	34.2	26
Sc	25	0.0	–
Rb	23	35	–
Zr	45	10	–
Li	43	40	20
Cd	4.2	5.1	6
Ba	129	18	–

* По данным рентгено-флуоресцентного и атомно-абсорбционного анализов.

Таблица 2

Характеристика флюида Лост Сити и первичных гидротермальных растворов

Характеристики	Океанская вода (придонная)	Реальный раствор Лост Сити	Первичные гидротермальные растворы САХ				
			Лост Сити	Рейнбоу	Брокен Спур	Лаки Страйк	
$T, ^\circ\text{C}$	7		40–75	360	360	308–324	
pH	7.8	8.14	9–9.8	2.9–3.1	–	3.8–6.4	
Компоненты, мм/кг	Mg	54.0	59.8	9–19	–	0	0
	Ca	10.4	12.4	21.0–23.3	–	11.8–12.8	32.3–36.7
	Na	475	–	479–485	–	419–422	347–426
	Cl	553	555.1	546–549	753	469	417–472
	SO_4^{2-}	28.6	25.9	5.9–12.9	–	–	–
	H_2S		0.0012	0.064	2.0–2.5	8.5–11.0	2.1–3.0
	CH_4	$4 \cdot 10^{-7}$	0.093	0.13–0.28	2.0–2.2	0.065–0.130	0.3–0.7
	H_2	$4 \cdot 10^{-4}$	0.683	0.25–0.43	13.0	0.426–1.026	0.04–0.72
	CO_2	2.3	–	–	2.9–3.1	6.0–7.1	13.0–28.0
	Исходная порода		перидотит+ габбро	перидотит+ габбро	перидотит+ габбро	базальт	базальт
Глубина, м		700–850	700–850	2300	3030–3060	1600–1692	

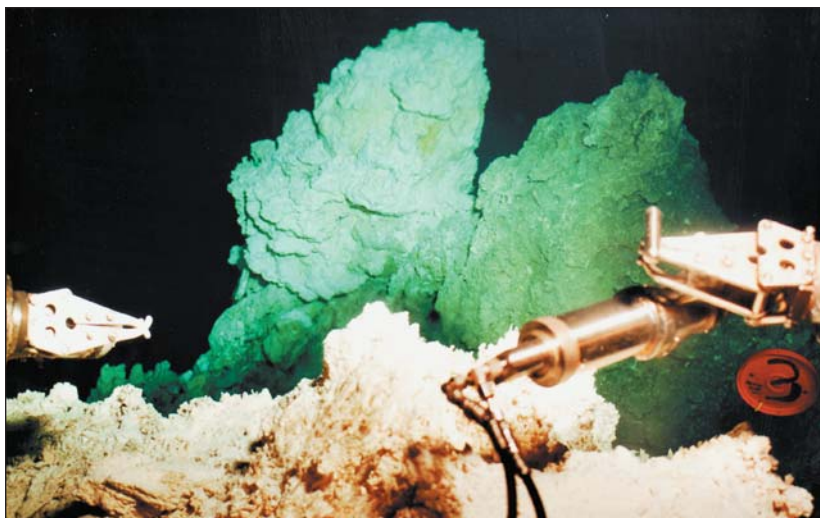
На борту судна проведены исследования скорости биогеохимических процессов с использованием меченых субстратов ($^{14}\text{CO}_2$ и $^{14}\text{CH}_4$) в различных экотопах этого необычного гидротермального поля. Самые высокие скорости темновой автотрофной $^{14}\text{CO}_2$ -ассимиляции (до 744 мкг С/кг·сут) обнаружены именно в белых желеподобных ступках микроорганизмов, что доказывает наличие в них чрезвычайно активных хемоавтотрофов и метанотрофов. В этом же сообществе измерены и самые высокие скорости процесса анаэробного метаноокисления.

Из донной фауны в пределах поля Лост Сити американской экспедицией обнаружены крабы, морские ежи и многочисленные одиночные кораллы. В нашей экспедиции собрана более представительная коллекция фауны, включающая, помимо перечисленных выше животных, моллюски, морские звезды, офиуры и полихеты. Зона массового поселения последних — нижняя поверхность карнизов, омываемых теплыми водами.

Большая часть животных относится к так называемой фоновой фауне. Этих животных на гидротермальное поле привлекает «свежее» хемосинтезированное органическое вещество — биомасса микроорганизмов. Бактериальные комки, в частности, обнаружены в желудках морских ежей, «пасущихся» на бактериальных матах. Специфическая фауна с симбиотрофным типом питания, характерная для всех известных гидротермальных полей в океане, на поле Лост Сити пока достоверно не определена.

Для уточнения природы органического вещества гидротермальных пород и флюидов проведены исследования концентрации и состава n-алканов — своеобразных биологических маркеров.

В распределении n-алканов в постройках зафиксированы ярко выраженные максимумы



Карбонатные постройки с бактериальными обрастаниями в районе выхода теплой воды (муаров). Идет измерение температуры автономным термометром с помощью манипулятора подводного аппарата «Мир-2».

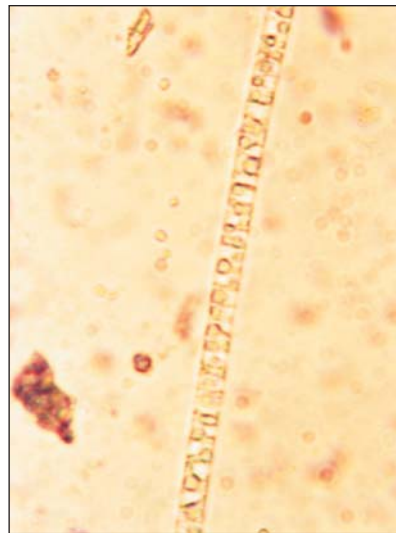
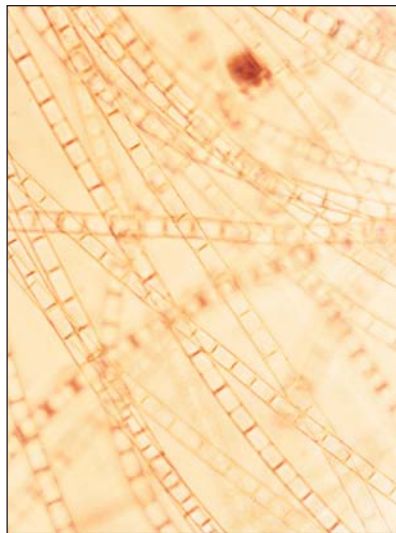
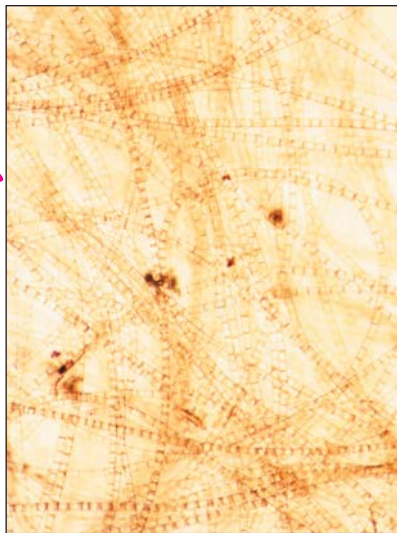


Осыпь обломков карбонатных пород и отмерших кораллов на склоне гидротермальной постройки. Размер обломков от нескольких сантиметров до двух-трех метров. Хорошо видна биологическая ловушка.

четных низкомолекулярных алканов C_{12} — C_{16} . Это заставляет предполагать преимущественно биологическую, точнее микробиологическую природу органического вещества в породах поля.

В пробах гидротермальных растворов распределение n-алканов носит несколько иной характер. Максимумы четных n-

алканов обнаружены в области C_{10} — C_{14} , C_{20} — C_{24} и C_{28} — C_{32} . На хроматограммах во всех пробах пород и растворов Лост Сити присутствуют в изобилии циклоалканы — соединения, синтезируемые практически только микроорганизмами. Вместе с тем, наличие характерных для нефтяных углеводородов максимумов n-алканов



Микрофотографии бесцветных нитчатых серобактерий, выделенных из обрастаний на поверхности карбонатных построек. Пучок нитчатых микроорганизмов. Увел. 200 (а) и 400 (б). Бактериальная нить с выделениями элементарной серы внутри клеток. Увел. 600 (в).

C_{10} — C_{14} при пониженном содержании высокомолекулярных гомологов C_{23} — C_{31} не исключает возможности низкотемпературного катализа части углеводородов в подповерхностных условиях.

Именно в процессах, происходящих в близповерхностных условиях под гидротермальным полем Лост Сити, следует искать объяснение всем отмеченным выше аномалиям, начиная от низкотемпературных и сильно щелочных растворов и кончая необычным химическим и минеральным составом пород.

Лост Сити, так же как еще два гидротермальных поля САХ (Рейнбоу и Логачев), относится к глубинному типу циркуляционных гидротермальных систем в активных рифтах океана. Это означает, что океанская вода за пределами вулканически активной зоны САХ достигает низов коры—верхов мантии и участвует в серпентинизации ультраосновных пород. При этом остаточная океанская вода нагревается до $T > 350^{\circ}\text{C}$, взаимодействует с породами и становится рудоносной. Для таких растворов характерны низкие значе-

ния $\text{pH}=3.5$ и концентрации CH_4 и H_2 , повышенные почти в 10 раз по сравнению с растворами, образующимися при гидротермальном изменении базальтов (табл.2).

В зоне серпентинитовой протрузии растворы, обладающие положительной плавучестью, устремляются вверх. При этом уменьшается гидростатическое давление, растворы становятся неустойчивыми и испытывают так называемую фазовую сепарацию, при которой часть металлов переходит в твердую фазу.

Такая схема характерна для всех гидротермальных полей, расположенных на глубинах менее 3000 м. Но на фазовой сепарации преобразование флюида поля Лост Сити не заканчивается. Напомним, что это поле расположено в зоне пересечения САХ и трансформного разлома Атлантис, т.е. в зоне интенсивного дробления пород, слагающих дно. В связи с этим здесь создаются идеальные условия для формирования и длительного существования так называемой подповерхностной биосферы.

Существование подповерхностной биосферы принимается как факт многими исследователями, при этом никто не располагает объективными доказательствами ее реальности. Тем интереснее и важнее остановиться на характеристике процессов, происходящих под дном поля Лост Сити и преобразующих остаточный кислый гидротермальный раствор в щелочной, полностью лишенный металлов, что абсолютно не характерно для растворов других полей, также испытывавших фазовую сепарацию (табл.2).

Итак, что же происходит?

В подповерхностных условиях, в зоне дробления пород, горячий гидротермальный раствор, обогащенный метаном и особенно водородом, встречается с проникшей сюда придонной океанской водой и охлаждается до температуры менее 100°C .

Происходит существенное изменение состава флюида, преобразующегося во вторичный смешанный раствор, в котором, с одной стороны, практически нет металлов, с дру-

гой — присутствуют в незначительных количествах Mg^{2+} и SO_4^{2-} , которых не могло быть в первичном флюиде, а концентрации Na^+ и Cl^- такие же, как в океанской воде.

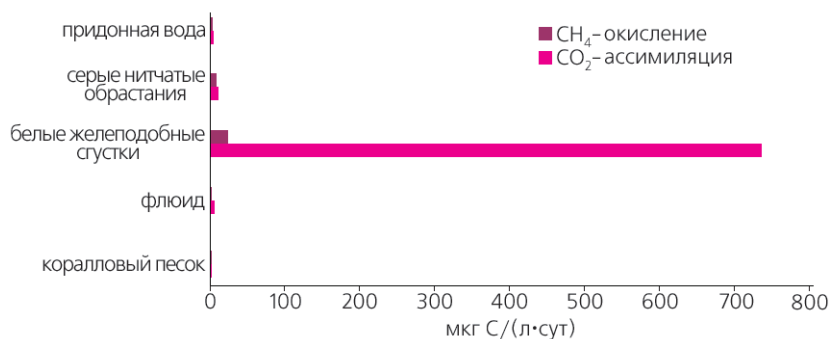
Низкая концентрация сульфата в растворе Лост Сити свидетельствует о том, что в зоне смешения горячего флюида (содержащего много водорода) с водой (содержащей сульфат-ион) происходит так называемая водородная сульфатредукция с участием термофильных микроорганизмов, возможно, из группы археобактерий, восстанавливающих сульфат по реакции



Гидролиз образующегося при этом сульфида кальция по реакции



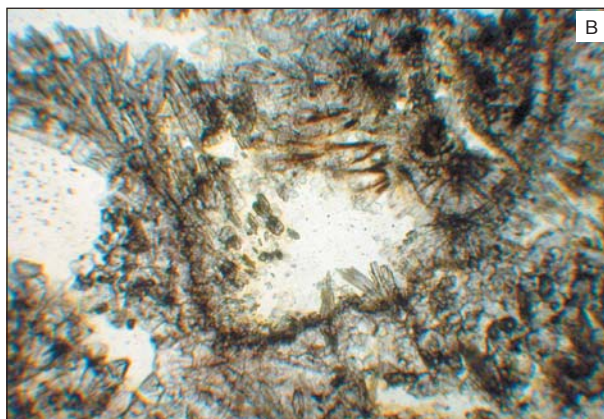
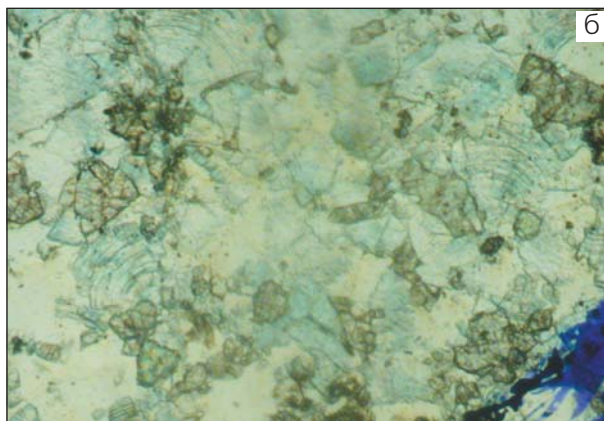
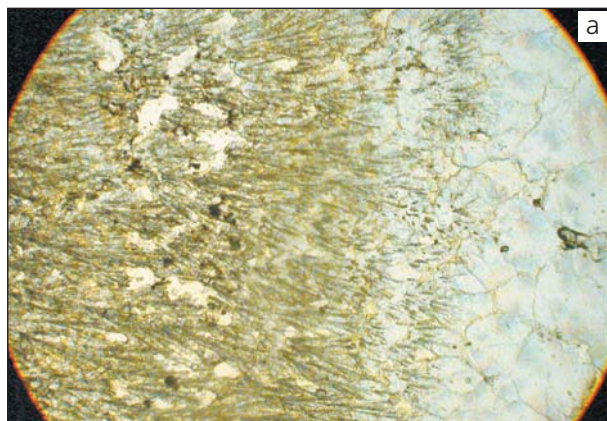
объясняет подщелачивание раствора до $pH = 9-9.9$ (табл.2).



Скорости биогеохимических процессов в различных экотопах поля Лост Сити.

При выходе на поверхность дна такого раствора создаются условия для выпадения карбонатов кальция и магния, а также брусита $Mg(OH)_2$ — второго после арагонита минерала в гидротермальных породах поля Лост Сити. Выпадение брусита приводит к резкому снижению содержания иона Mg в растворе

(табл.2). На последнем рисунке показана схема преобразования рудоносного глубинного горячего кислого флюида в теплый щелочной нерудоносный восстановленный раствор. В составе раствора, отобранного на поверхности дна, присутствует H_2 , CH_4 , H_2S и NH_4 . Вероятно, часть из них образовалась в подпо-



Брусит, арагонит, кальцит и другие карбонаты гидротермальных построек поля Лост Сити. Прозрачные шлифы. Минералы карбонатов кальция разной степени раскристаллизации: от тонкодисперсных до крупнокристаллических, увел. 160 (а); гидротермальный брусит («древесные кольца») и арагонит в породе, слагающей верхушку столбовидной постройки, увел. 320 (б); фрагменты флюидопводящих каналов в карбонатной матрице гидротермальных построек, увел. 160 (в).

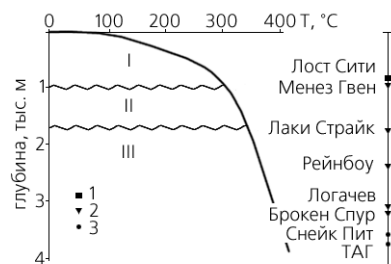
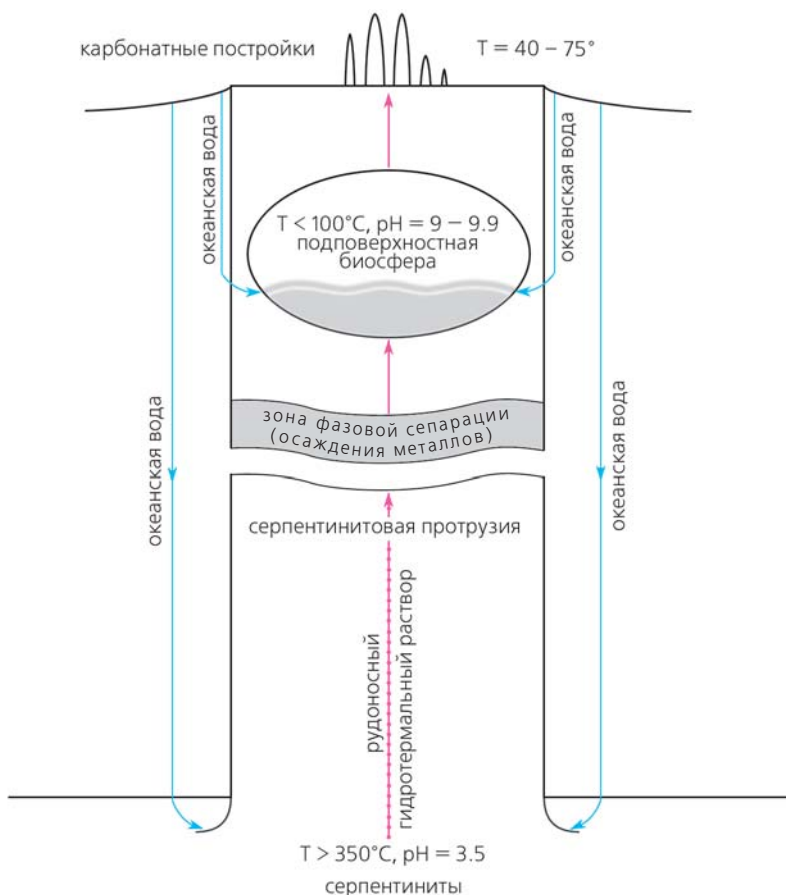


Схема гидротермальной циркуляционной системы поля Лост Сити. Справа: термобарические условия рудоотложения на дне океана. Римскими цифрами показаны минеральные зоны: I — сульфид-содержащая и кремнисто-сульфатная, II — серно-колчеданная и цинково-колчеданная, III — медно-колчеданная и медно-цинково-колчеданная. Арабскими цифрами обозначены флюиды: 1 — первичные глубинные, 2 — после процессов сепарации, 3 — преобразованные в процессе сепарации, а также в подповерхностной биосфере.

верхностной биосфере, т.е. имеет биогенное происхождение. Следовательно, в сообществе микроорганизмов подповерхностной биосферы активны не только сульфатредукторы, но и анаэробные метанотрофы, метаногены и другие микроорганизмы.

Масштабы процессов, происходящих в подповерхностной биосфере, и вклад продуктов метаболизма сообщества мик-

роорганизмов в состав флюида и пород построек можно будет оценить после изотопного анализа метана ($\delta^{13}\text{C}$), водорода (δD) и восстановленных и окисленных соединений серы.

Таким образом впервые, при изучении гидротермального поля Лост Сити, оказалось невозможным объяснить генезис флюида и минералов, слагающих постройки, без привлечения процессов, которые проте-

кают в подповерхностной биосфере с ее литоавтотрофными термофильными микроорганизмами, предположительно относящимися к живущим на водороде сульфатредукторам из группы археобактерий.

В заключение надо еще раз подчеркнуть, что открытие поля Лост Сити — это открытие ранее не известного природного явления в глубоководном океане. ■

Литература

1. Blackman D., Karson J., Kelley D. et al. // InterRidge News. 2001. V.10(1). P.33—36.
2. Kelley D., Karson J., Blackman D. et al. // Nature. 2001. V.412. P.145—148.
3. Douville E., Charlou J.L., Donval J.P. et al. Trace elements in fluids from the new Rainbow hydrothermal field (36°14'N, MAR): a comparison with other Mid-Atlantic Ridge fluids // AGU 1997 Fall Meeting. Washington, 1997. P.F832.
4. Леин А.Ю., Гричук Д.В., Гурвич Е.Г., Богданов Ю.А. // Докл.РАН. 2000. Т.375. №3. С.380—383.
5. Charlou J.L., Fouquet Y., Bougault H. et al. // Geochim. et Cosmochim. Acta. 1998. V.62(13). P.2323—2333.
6. Von Damm K.L., Bray A.M., Buttersmore L.G., Oosting S.E. // Earth and Planetary Science Letters. 1998. V.160. P.521—536.

Рудная минерализация в Центральной Атлантике

С.Г.Сколотнев,

кандидат геолого-минералогических наук
Геологический институт РАН
Москва

Огромная океанская чаша представляет собой естественную природную лабораторию, в которой, в зависимости от особенностей геодинамического режима того или иного участка дна, разворачиваются рудообразующие процессы. Их детальное изучение во всех аспектах и многообразии дает геологу уникальную возможность получить информацию о «живых», протекающих в настоящее время, процессах и применить полученные данные при исследовании наземных рудных месторождений, большинство которых сформировалось в далеком геологическом прошлом (миллионы лет назад). Этот так называемый актуалистический подход, широко применяемый во всех геологических дисциплинах, дает возможность специалисту глубже понять генезис месторождений и тем самым повысить эффективность поиска и прогноза еще неоткрытых месторождений. Несомненно, что и сами океанские рудные залежи в будущем станут объектом человеческой производственной практики.

В комплексных работах по геологии и полезным ископаемым океанского дна особое внимание уделяется геодинамическим и металлогеническим иссле-

дованиям срединно-океанических хребтов. В их осевых частях в последние 20 лет обнаружены крупные скопления массивных сульфидных полиметаллических руд, образование которых связано с черными курильщиками — рудными холмами на океанском дне с одним или несколькими сифонами. Из них бьет мощная струя высокотемпературного флюида (300—400°C), содержащая взвесь тонкодисперсных сульфидов.

В октябре 2001 г. состоялся 10-й рейс научно-исследовательского судна «Академик Иоффе» в Центральную Атлантику, в район разлома Сьерра-Леоне (5—8°с.ш.). Задачи его концентрировались вокруг геодинамики и рудообразования. Рейс был организован Геологическим институтом РАН (руководитель академик Ю.М.Пушаровский, начальник экспедиции С.Г.Сколотнев) и Институтом геологии рудных месторождений РАН (научный руководитель Н.С.Бортников) по проектам фундаментальных исследований президиума РАН, посвященным геологии и руде океана. В ходе работ проведено 46 драгировок и получено около 1400 кг коровых и мантийных пород (в том числе околорудно-измененных пород с рудной минерализацией и массивных медно-колчеданных руд). Было выполнено 530 миль

профилей с помощью бортового профилографа «Parasound», регистрирующего отражения от стратифицированных осадочных толщ, и 300 миль профилей рельефа дна с помощью многолучевого эхолота «Echos XD».

Изученный район представляет собой переходную зону между двумя обширными областями Срединно-Атлантического хребта, отличающимися по своему строению.

Срединно-океанические хребты (тектонувулканические поднятия) имеются во всех океанах. В их осевых частях в пределах рифтовой долины образуется новая океаническая литосфера. Ее классический разрез изучен на континентах, в областях распространения офиолитов. В низах разреза располагаются ультраосновные породы (гарцбургиты и лерцолиты), представляющие собой тугоплавкий рестит (твердый материал), остающийся после выделения из верхней мантии базальтовых расплавов. Выше — расслоенный комплекс, состоящий из чередующихся различных ультраосновных пород (верлитов, дунитов, пироксенитов, троктолитов) и слоистых габброидов. Еще выше находятся массивные габбро. Расслоенный комплекс и массивное габбро образуются в промежуточных магматических камерах внутри литосферы. Над габ-



Научно-исследовательское судно «Академик Иоффе».

Здесь и далее фото автора

бро располагается комплекс параллельных даек — подводящих каналов для базальтовых расплавов. Разрез венчается горизонтами подушечных лав, изливающихся на дне. Новообразованная океанская литосфера в результате спрединга раздвигается в обе стороны от оси срединно-океанического хребта. В результате формируется грядовый рельеф хребта, поскольку фрагменты краевых частей раздвигающихся блоков соскальзывают в сторону рифтовой долины по так называемым литрическим сбросам. Срединно-океанические хребты разделены на сегменты трансформными разломами, вдоль которых отдельные отрезки рифтовых долин смещены друг относительно друга порой на значительные расстояния (до 900 км).

В рифтовой долине, в этой тектонически подвижной области, морская вода проникает по трещинам в глубь литосферы, нагревается за счет тепла магматических камер (где температура около 1000°C), метаморфизуется, приобретая кислотные свойства, и селективно выщелачивает элементы из новообразованной литосферы. При до-

стижении 300—400°C она в виде гидротермального флюида устремляется вверх. Так закладывается в осевой части хребта конвективная гидротермальная ячейка, на выходе которой могут сформироваться рудные залежи типа черных курильщиков.

Срединно-Атлантический хребет, длина которого составляет около 20 тыс. км, расположен примерно в середине океана. Из вышесказанного очевидно, что гидротермальные конвективные ячейки могут существовать в осевой части хребта практически повсеместно. Однако к настоящему времени в его пределах выявлено всего шесть гидротермальных районов с сульфидными массивными рудами, из которых один (поле Логачев) открыт в 90-х годах прошлого века российскими экспедициями. Выработка критериев прогноза и поиска океанского сульфидного оруденения представляет острую проблему. В 1998 г. сотрудники Геологического института РАН А.О.Мазарович и С.Ю.Соколов обратили внимание, что известные крупные рудные сульфидные залежи, связанные с черными курильщиками, находятся

в участках Срединно-Атлантического хребта, характеризующихся пониженным уровнем сейсмичности. В 2000 г. в месте пересечения гребня хребта разломом Сьерра-Леоне работала экспедиция Геологического института на научно-исследовательском судне «Академик Николай Страхов» (22-й рейс). В этом относительно сейсмически пассивном районе были подняты долериты с прожилковой сульфидной минерализацией.

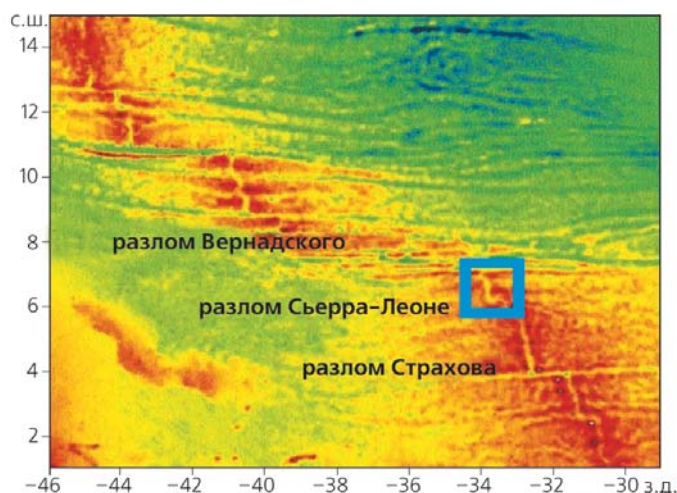
Экспедиция 22-го рейса на «Академике Николае Страхове» выявила целый ряд других интересных фактов, свидетельствующих о необычном геодинамическом режиме развития данного сегмента Срединно-Атлантического хребта. Участок расположен между 7°10'с.ш. (трансформный разлом Богданова) и 5°00'с.ш. К северу от разлома Богданова рельеф сильно расчленен серией крупных поперечных трансформных разломов (Вима, Архангельского, Долдрамс, Вернадского). Южнее 5°00'с.ш. и до разлома Страхова хребет представляет собой выровненное плато, пересекаемое узкой меридионально ориентированной осевой рифтовой долиной. Своеобразие морфоструктурного облика этого сегмента заключается в отсутствии трансформных разломов и изменчивом простирании рифтовой долины, незначительно смещающейся вдоль нетрансформных разломов. Грядовый рельеф сочетается с отдельными, хаотично расположенными изометричными горами и возвышенностями. В осевой части хребта отсутствует классическая последовательность в строении океанической коры. На дне и в бортах рифтовой долины широко распространены ультраосновные породы с фрагментами габброидов. Базальты присутствуют спорадически в виде маломощных потоков на дне. Все эти факты свидетельствуют о том, что на данном участке происходил так называемый «сухой» спрединг, при котором

тектонические процессы доминируют над магматическими. Брешь в океанском дне, образующаяся при расхождении плит, заполняется выводимыми в верхние горизонты коры глубинными породами. При этом пологие тектонические срывы (вдоль которых и происходит поднятие таких пород) проникают до уровня верхней мантии.

В задачи экспедиции 2001 г. на «Академике Иоффе» входило более основательное изучение геологического строения, геодинамических особенностей района разлома Сьерра-Леоне и поиска там гидротермального оруденения.

В итоге получены интересные научные результаты, существенно дополняющие предыдущие исследования. Драгирование рифтовой долины показало, что оба ее борта на протяжении более 300 км сложены глубинными породами (габброидами и ультрабазитами), наряду с которыми нередко встречаются сильно измененные базальты и долериты. Следовательно, на всем пространстве достаточно протяженного участка Срединно-Атлантического хребта имеет место геодинамический режим «сухого» спрединга. Однако обнаружен парадоксальный факт: в этих условиях на отдельных участках рифтовой долины сформировались мощные вдоль-осевые неовулканические поднятия, сложенные свежими, недавно излившимися, базальтами. Необычно распределение таких поднятий. Как правило, они смещены к восточной части рифтовой долины, т.е. ось тектонического растяжения и центры магматической активности разобщены в пространстве. Одно из крупнейших неовулканических поднятий выходит с восточного борта рифтовой долины и пересекает долину трансформного разлома Богданова, хотя обычно в таких местах формируются глубокие нодальные впадины.

На некотором удалении от рифтовой долины (примерно 30–40 км), на западном и вос-



Структурная карта океанского дна в районе Приэкваториальной Атлантики, построенная на основе данных спутниковой альтиметрии. Прямоугольником показан полигон экспедиционных работ 2001 г.



Отбор воды из глубоководных батометров.



Подъем драгой коренных пород океанского дна.



Эксперимент идет в любую погоду.

точном флангах гребневой части Срединно-Атлантического хребта, встречены только базальты. На этих участках хаотичный рельеф сменяется грядовым. Следовательно, «сухому» спредингу здесь предшествовал типичный магматический спрединг. В это время существовал геодинамический режим, при котором формировался разрез океанической коры, близкий к классическому. Геологические данные показывают, что смена геодинамических режимов произошла 2.5—2 млн лет назад.

Характер распределения осадочных отложений в долине трансформного разлома Богданова также указывает на повышенный уровень тектонической активности в сравнении с предыдущим этапом.

Осадочные отложения в депрессиях на флангах гребневой части Срединно-Атлантического хребта часто деформированы растущими поднятиями, морфологически и пространственно близкими к изометричным поднятиям рифтовой долины. Последние сложены сильно серпентинизированными ультраосновными породами. Скорее всего,

все эти поднятия представляют собой протрузии серпентинитов. Их большое распространение вне рифтовой долины свидетельствует об интенсивной тектонической активности за пределами осевой зоны спрединга.

Сильно гидротермально переработанные рудосодержащие породы обнаружены в двух близко расположенных местах, разделенных нетрансформным разломом Сьерра-Леоне. К югу от него, из основания восточного борта глубочайшей рифтовой впадины (около 5 км) в большом количестве подняты метасоматиты (эпидот-хлоритовые, амфибол-хлоритовые, тальк-амфибол-хлоритовые, карбонат-альк-хлоритовые и др.), содержащие прожилковую и гнездовидную сульфидную минерализацию и сформировавшиеся, вероятно, при гидротермальном преобразовании габброидов. Нередко метасоматиты пронизаны относительно мощными баритовыми, кварцевыми и карбонатными жилами также с пиритом, халькопиритом и сфалеритом. Кроме того, поднят кусок массивной сульфидной неокисленной руды, состоящей из крупных

кристаллов пирита и халькопирита.

Таким образом, результаты работ, проведенных в 10-м рейсе научно-исследовательского судна «Академик Иоффе», свидетельствуют об уникальном геодинамическом режиме развития осевой части Срединно-Атлантического хребта между 7° с.ш. на севере и 5° с.ш. на юге. Этот режим характерен только для современного этапа развития данного сегмента хребта и сочетает в себе признаки «сухого» тектонического спрединга и интенсивной магматической активности, действующей импульсивно и кратковременно.

Необычный геодинамический режим, а именно тектоническое растяжение, периодически осложняющееся мощными магматическими импульсами, создает благоприятные условия для заложения здесь устойчивых высокотемпературных рудогенерирующих гидротермальных систем. Продукты их деятельности были обнаружены экспедицией. Тектоническое растяжение и вертикальные движения обуславливают повышенную трещиноватость коры, а периодически возникающие промежуточные магматические камеры (о их наличии свидетельствует повсеместное присутствие габброидов) являются тепловыми источниками, которые нагревают метаморфизованную морскую воду, проникающую в глубь по трещинам.

Интерпретация всех полученных данных дает основание прогнозировать функционирование устойчивых гидротермальных систем на двух участках изученного сегмента Срединно-Атлантического хребта. Один из них приурочен к глубочайшей рифтовой впадине. Схожесть строения рифтовой долины на всем протяжении данного района делает весь этот отрезок рифта перспективным для поиска залежей гидротермальных массивных сульфидных руд. ■

Экологическая ситуация в России на обзорной карте

Б.И.Кочуров,

доктор географических наук

А.В.Антипова, В.А.Лобковский,

кандидаты географических наук

С.К.Костовска

Институт географии РАН

Москва

К концу XX в. на территории России сложилась напряженная, а в отдельных регионах острая экологическая ситуация. Первые попытки ее комплексной оценки относятся к 80-м годам, когда на карту СССР были положены ареалы природоохранных проблем различной степени напряженности и происхождения [1]. С этого времени наша группа экологической оценки и картографирования Института географии РАН продолжает эту работу. Ее последний результат — «Комплексное районирование территории России по экологической и социально-экономической ситуации». Так полностью именуется карта масштаба 1:8 000 000, вышедшая в 2002 г. в рамках целевой программы «Глобальные изменения природы и климата» Министерства промышленности, науки и технологий РФ. Известно, что естественные ландшафты подверглись столь существенной трансформации, что на их месте сформировались природно-хозяйственные системы с характерным набором экологических проблем.

Комплексное районирование, при котором основным объектом выступают такие образования, называют геоэкологическим. Оно базируется на природ-

но-ландшафтной дифференциации территории, а экологическая обстановка определяется в пределах сложившихся природно-хозяйственных ареалов, не зависящих от административных границ. Результатом такого районирования стала сравнительная характеристика различных регионов России по уровню экологической напряженности. На основе базовой карты, составленной в нашем институте (масштаб 1:8 000 000) и вышедшей в свет в 1992 г., были выделены 56 регионов, отнесенных к семи рангам экологической напряженности [2, 3].

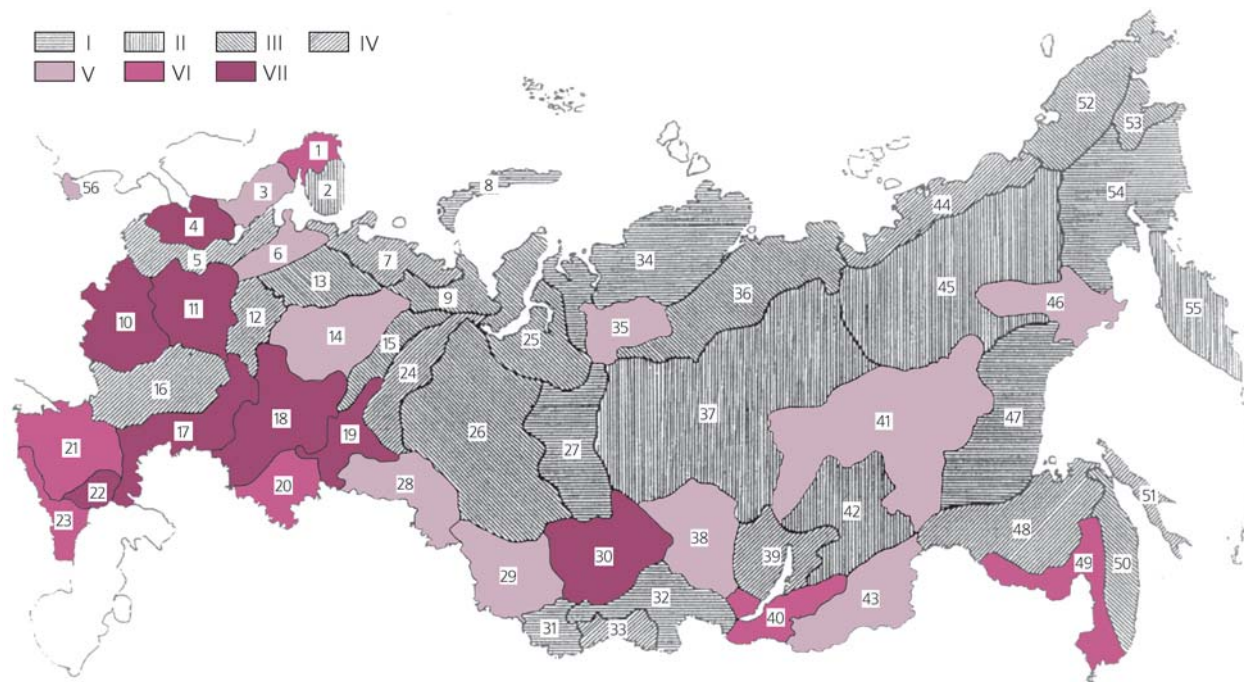
Дальнейшая работа показала, что необходимо охарактеризовать и социально-экономическое положение экорегиона, влияющее на состояние окружающей природной среды. Другими словами, предстояло корректно состыковать природные показатели со статистическими, относящимися к субъектам административного деления территории. Поэтому мы применили систему двух исходных сеток районирования: в качестве фона использовано расположение экологических регионов страны, а на них наложены границы областей, краев, республик. В результате часть экорегионов распалась на более мелкие ареалы, различающиеся социально-экономическими показателями,

а другие вобрали в себя несколько субъектов Российской Федерации со сходными проблемами окружающей среды. Таким образом, на карте 2002 г. представлена достаточно подробная система районирования, позволяющая характеризовать выделенные ареалы по двум блокам показателей.

Первый отражает степень экологической напряженности, неблагоприятные природные условия (землетрясения, мерзлота и т.п.), пригодность среды для проживания людей, их размещения и концентрации, а также неблагоприятные изменения природных свойств, способствующие проявлению экологических проблем. Второй содержит статистические данные по социально-экономическому положению, состоянию здоровья населения, уровню урбанизации территории.

Кроме того, на карте показаны объекты повышенной экологической опасности, высокого радиационного риска, особо охраняемые природные территории, что еще более расширяет представление об экологической и социально-экономической ситуации каждого региона.

По существу сделана попытка показать современное экологическое состояние территории России в обзорном масштабе. При этом внимание концентри-



Экологические районы России и характер экологической напряженности (I — очень низкая, II — низкая, III — относительно низкая, IV — средняя, V — относительно высокая, VI — высокая, VII — очень высокая):
 1 — Западно-Кольский (VI); 2 — Восточно-Кольский (II); 3 — Карельский (V); 4 — Приладожский (VI);
 5 — Онего-Валдайский (IV); 6 — Северо-Двинский (V); 7 — Мезенско-Печерский (IV); 8 — Новоземельский (I);
 9 — Полярно-Уральский (III); 10 — Среднерусский (VII); 11 — Центрально-Европейский (VII); 12 — Унженский (IV);
 13 — Пинежский (III); 14 — Вычегодский (V); 15 — Северо-Уральский (III); 16 — Окско-Донской (IV);
 17 — Поволжский (VII); 18 — Приуральский (VII); 19 — Центрально-Уральский (VII); 20 — Южно-Уральский (VI);
 21 — Южно-Русский (VI); 22 — Прикаспийский (VII); 23 — Северо-Кавказский (VI); 24 — Зауральский (IV);
 25 — Ямало-Тазовский (III); 26 — Западно-Сибирский (III); 27 — Приенисейский (I); 28 — Прииртышский (V);
 29 — Предалтайский (V); 30 — Предсаянский (VII); 31 — Горноалтайский (I); 32 — Горносалянский (I);
 33 — Тувинский (IV); 34 — Таймырский (I); 35 — Норильский (V); 36 — Северо-Сибирский (III);
 37 — Среднесибирский (II); 38 — Ангарский (V); 39 — Северо-Байкальский (IV); 40 — Южно-Байкальский (VI);
 41 — Центральнаякутский (V); 42 — Витимский (II); 43 — Забайкальский (V); 44 — Яно-Индигоирский (IV);
 45 — Верхояно-Колымский (II); 46 — Магаданский (V); 47 — Джугджурский (I); 48 — Приамурский (IV);
 49 — Амуро-Уссурийский (VI); 50 — Сихотэ-Алинский (III); 51 — Сахалинский (IV); 52 — Чукотский (III);
 53 — Анадырский (III); 54 — Колымо-Корякский (I); 55 — Курило-Камчатский (II); 56 — Калининградский (V).

руется не только на эколого-географических особенностях отдельных регионов, но и на значимых социально-экономических показателях, определяющих в той или иной степени характер изменения природной среды.

Процедура районирования

Экорегiónы выделялись нами на основании сложившегося сочетания в их пределах ареалов природоохранных проблем разной степени остроты. Базо-

вые материалы при этом — ландшафтная карта и карта использования земель, которая в большей степени, чем первая, отвечает реалиям современной дифференциации территории.

В зависимости от степени хозяйственной освоенности и остроты сформировавшихся экологических ситуаций изменялся и основной фактор (или факторы), по которому проводились границы экорегiónов. Так, в европейской части России, особенно в ее центральных и южных областях, где природные рубежи оказались размыты-

ми в силу длительного и интенсивного хозяйственного воздействия, границы экорегiónов проводились главным образом по контурам ареалов экологических ситуаций.

При проведении границ регионов, в наименьшей степени затронутых хозяйственной деятельностью, учитывались в первую очередь природные рубежи, выраженные гораздо четче, — например, в Сибири и на Дальнем Востоке.

Мы уже упоминали, что на основе сочетания ареалов экологических ситуаций с разной

Таблица

Социально-экономические критерии и показатели по субъектам РФ

Критерии и их индексы	Ранжированные значения показателей в баллах (от низшего к высшему)				
	1	2	3	4	5
Г _з — доля городских земель в общей площади субъекта РФ, %*	Г _з ¹ <0.1	Г _з ² до 1.0	Г _з ³ 1.0—3.0	Г _з ⁴ >3.0	Г _з ⁵ >5.0
У _р — уровень урбанизации, % городского населения**	У _р ¹ <50.0	У _р ² 50—63	У _р ³ 63—73	У _р ⁴ 73—83	У _р ⁵ >83
ВВП — объем валового внутреннего продукта, млн рубл. на человека в год (1996)	ВВП ¹ до 6.0	ВВП ² 6.6—8.1	ВВП ³ 8.5—11.8	ВВП ⁴ 12.1—16.5	ВВП ⁵ >18.4
С _р — доля сырьевых отраслей в общем объеме промышленного производства субъекта, %***	С _р ¹ 4.4—34.5	С _р ² 35.3—49.4	С _р ³ 50.3—66.0	С _р ⁴ 69.7—84.5	С _р ⁵ 86.3—98.5
Д _х — доходы субъекта, в % к среднему по стране уровню****	Д _х ¹ 7.1—73.5	Д _х ² 75.3—127.3	Д _х ³ 130—188.7	Д _х ⁴ 191.0—327.8	Д _х ⁵ 362.0—1977.3
Р _х — расходы субъекта РФ, в % к среднему по стране уровню*****	Р _х ¹ 37.8—49.6	Р _х ² 50.1—59.6	Р _х ³ 60.8—78.7	Р _х ⁴ 80.4—151.6	Р _х ⁵ 165.0—575.2
Д _д — средние денежные доходы населения по отношению к среднему по стране уровню	Д _д ¹ 0.25—0.59	Д _д ² 0.61—0.80	Д _д ³ 0.92—1.12	Д _д ⁴ 1.17—1.74	Д _д ⁵ 2.42—3.98
З _д — коэффициент суммарной оценки здоровья*****	З _д ¹ очень низкий	З _д ² низкий	З _д ³ пониженный	З _д ⁴ удовлетворительный	З _д ⁵ хороший
	63.5—62.5	41.5—35.5	21.0—12.5	8.0—4.0	>4

* По расчетам Института геоэкологии РАН [5].

** По данным Г.В.Татевосова [7] с учетом мировой шкалы.

*** В состав сырьевых отраслей промышленности включены: энергетика, топливная, черная и цветная металлургия, химическая и нефтехимическая, лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность стройматериалов, рыбная.

**** В 1996 г. средний уровень собственных доходов субъектов РФ составлял 778,3 тыс. руб./чел./год.

***** В 1996 г. средний уровень собственных расходов субъектов РФ составлял 2818,9 тыс. руб./чел./год.

***** По данным Б.Б.Прохорова [8]; более высокий общий показатель соответствует худшему состоянию здоровья популяции.

степенью остроты было установлено семь уровней экологической напряженности и соответственно семь рангов экорегионов (I—VII). Подробная характеристика всех 56 обозначенных на карте экорегионов была приведена в специальной экспликации. Мы позволим себе привести характеристики трех из них — 4, 30 и 35-го, — показанных на фрагментах карты 2002 г. и относящихся к трем высоким уровням экологической напряженности.

4-й — Приладожский (VI). Очень острые экологические ситуации занимают 20% площади района, острые — 50, умеренно острые — 30. Ареалы первых двух сформировались на территории Санкт-Петербургской городской агломерации, главным образом из-за сильного комплексного воздействия промышленных узлов. Здесь загрязнен атмосферный воздух, нарушен

режим стока, истощены и загрязнены почвы, а также воды суши и моря, произошла деградация лесных массивов. Умеренно острые экологические ситуации возникли из-за истощения промысловой фауны, ухудшения состояния лесов, нарушения режима особо охраняемых территорий и загрязнения прибрежных морских вод.

30-й — Предсаянский (VII). Для 42% площади характерна очень острая экологическая ситуация, что связано с крупными разработками угольных месторождений и мощными промышленными комплексами; а для 52% — умеренно острая. Основные экологические проблемы: комплексное нарушение земель и истощение недр горными разработками; утрата продуктивных земель, загрязнение атмосферного воздуха и почв; истощение и загрязнение вод суши, дефляция почв, нарушение ре-

жима особо охраняемых природных территорий. Умеренно острые экологические ситуации возникают в местах лесоразработок, на территориях с интенсивным сельскохозяйственным производством (земледелие и пастбищное животноводство). Экологические проблемы: деградация лесных массивов, обезлесение, интенсивное оврагообразование, нарушение режима охраняемых территорий, загрязнение почв и вод.

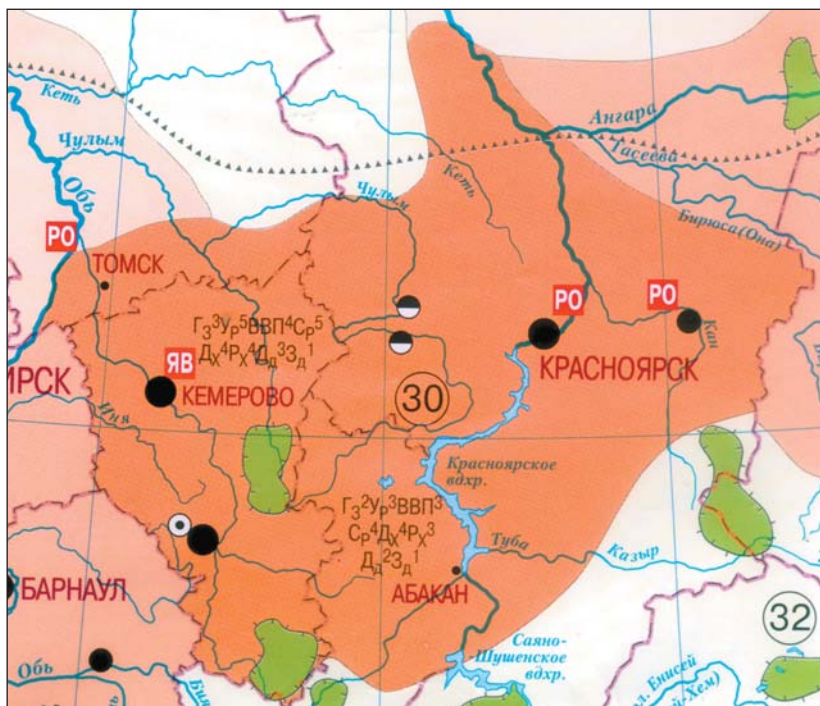
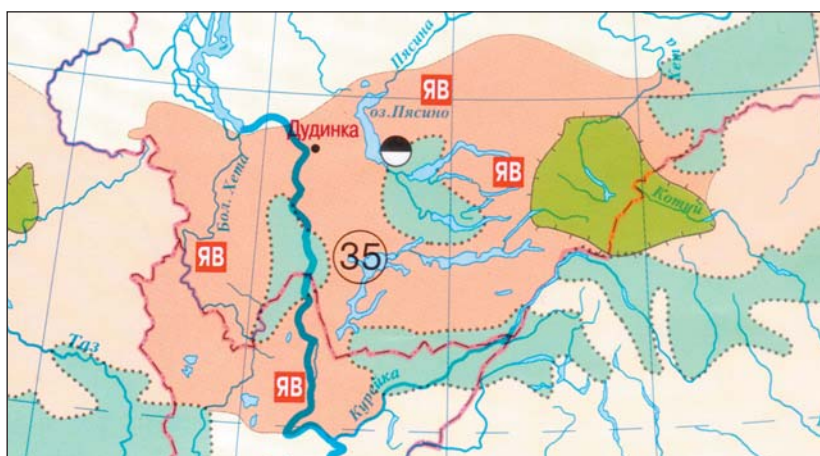
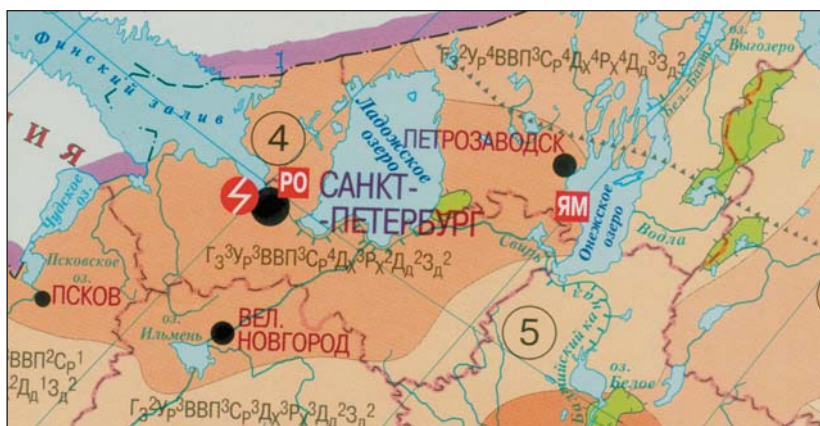
35-й — Норильский (V). Очень острые и острые ситуации характерны для 16 и 25% территории соответственно. Их возникновение связано с непосредственным влиянием Норильского комбината. Основные экологические проблемы: комплексное нарушение земель и недр, загрязнение атмосферного воздуха, поверхностных вод и почв. Ареалы умеренно острых (21% площади) и условно

удовлетворительных (38%) экологических ситуаций более удалены от комбината, но также находятся под его влиянием. Здесь загрязнены воды, происходит деградация лесов, нарушен охранный режим заповедников и защитной полосы притундровых лесов, ухудшены природно-рекреационные качества ландшафта.

Поскольку экологическая напряженность — результат сложного взаимодействия различных факторов, целесообразно было показать на карте несколько границ, важных для проживания населения и занятия его хозяйственной деятельностью, и прежде всего границы Севера.

Для этого мы воспользовались пятью зонами комфортности природно-климатических условий, выделенными климатологом нашего института А.П.Золотокрылиным [4]. Основным критерий их определения — степень адаптации к другим климатическим условиям жителей средней полосы России. Эту зону считают условно комфортной и обозначают римской цифрой V. Остальные определяются по нисходящей: относительно дискомфортная зона (IV), дискомфортная (III), экстремально дискомфортная (II), абсолютно дискомфортная (I). Последние три зоны составляют географическую область России, именуемую Севером. Его южная граница с так называемым северным агроклиматическим пределом устойчивого земледелия совпадает с изолинией суммы активных температур ($>10^\circ$) 1600—1400°. Севернее земледелие практически невозможно.

На карте комплексного районирования граница северной географической области показана условной линией. Примечательно, что граница южного предела дискомфорта проживания населения и северного предела устойчивого возделывания зерновых культур оконтуривает более 60% страны.



Фрагменты карты 2002 г. Сверху вниз: Предладожский, Норильский, Предсаянский экологические регионы.

ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ
(элементы экологического каркаса территории)



Наиболее крупные заповедники, заказники, национальные и природные парки и др.



Защитно-охранная полоса притундровых лесов

ОБЪЕКТЫ – ИСТОЧНИКИ ПОВЫШЕННОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

ПРОМУЗЛЫ (по М.П.Ратановой, М. МГУ, 1990-2000)

Тип воздействия промузла на среду	Объем вредных выбросов: выброс в атмосферу, т/сут сброс вод, м ³ /сут	Группы промузлов – степень воздействия на среду			
		I - очень сильная	II - сильная	III - средняя	IV - слабая
		1000	1000-500	500-200	200
		2000	2000-1000	1000-500	500
I - комплексное		●	●	●	●
II - преимущественно на атмосферу		◐	◐	◐	◐
III - преимущественно на воды		◑	◑	◑	◑
IV - преимущественно на геолого-геоморфологическую основу ландшафта		⊙	⊙	⊙	⊙

ОБЪЕКТЫ С ВЫСОКИМ РАДИАЦИОННЫМ РИСКОМ (по В.И.Булатову, 1996, 1999)



Действующие АЭС



Испытательные ядерные полигоны



Места проведения подземных ядерных взрывов в мирных целях



Базы и предприятия по исследованию, производству и хранению ядерных материалов (и оружия)



Места захоронения радиоактивных отходов

Фрагмент легенды карты.

Серьезные трудности для освоения северных регионов европейской части России, Западной и Восточной Сибири, а также Дальнего Востока создает наличие многолетнемерзлых грунтов. Область вечной мерзлоты занимает у нас около 10 млн км². В ее пределах выделяют пять зон с мощностью мерзлой толщи от нескольких десятков метров до почти километра, где температуры варьируют от -1°С до -10°С.

Мерзлота существенно влияет на разнообразную хозяйственную деятельность, ее существо-

вание необходимо учитывать при разработке полезных ископаемых, эксплуатации запасов подземных вод, строительстве зданий, мостов, плотин, прокладке дорог, а также проведении сельскохозяйственных работ в некоторых районах юга Восточной Сибири и Дальнего Востока.

При освоении северных территорий России в целях преодоления неблагоприятных факторов природной среды используются достаточно мощные технические средства, воздействие которых на легкоранимые

ландшафты обуславливает возникновение целого ряда острых экологических проблем: нарушение мерзлотного режима почвогрунтов, активизацию неблагоприятных геоморфологических процессов и др. Этим и объясняется достаточно высокая экологическая напряженность в Норильском, Центральноякутском, Магаданском эко-регионах.

Не менее серьезное влияние на экологическое состояние территории оказывает сейсмоопасность. В пределах России она наиболее высока (до 9 баллов и более) в горах Южной Сибири (зона байкальских впадин, Алтайско-Саянская горная система), для внутренней Яно-Колымской области, для Камчатско-Курильской зоны. Сейсмоопасен также Северный Кавказ.

Все указанные неблагоприятные факторы снижают естественный потенциал территории и создают предпосылки для возникновения достаточно острых экологических ситуаций.

Неблагоприятные природные факторы представляют наиболее серьезную экологическую опасность для урбанизированных территорий, где высокая плотность населения сочетается с наибольшей технической нагрузкой. По данным специалистов Института геоэкологии РАН [5], городское население России распределено по зонам комфортности природно-климатических условий, о которых мы упоминали выше, таким образом: в зоне I живет 2246.1 тыс. человек, II — 3612.5, III — 4678.1, IV — 23 213.7, V — 72 964.4. Получается, что в условиях дискомфорта природно-климатических условий проживает около 10.5 млн городских жителей. По данным специалистов того же института, в экологически неблагоприятной области вечной мерзлоты проживает чуть более 11 млн горожан, а в сейсмоопасных районах городское население насчитывает приблизительно 20.5 млн человек.

Поскольку города сами оказывают сильное влияние на окружающую среду, на карте комплексного районирования показано 16 типов промышленных узлов, выделенных М.П.Ратановой [6]. Они отражают степень воздействия на окружающую среду (очень сильное, сильное, среднее, слабое) и характер (комплексный, преимущественно на атмосферу, преимущественно на воду и на геолого-геоморфологическую основу ландшафтов).

В блоке «Субъекты Федерации» выделенные критерии и показатели подобраны так, чтобы они прямо или косвенно отражали экологическое состояние территории. Эти данные сведены в специальную таблицу, а на карте в пределах границ субъектов показаны в виде комплекса ранжированных индексов, что не перегружает ее и делает удобной для любого пользователя.

В каждом субъекте определены доля городских земель и уровень урбанизации. Социально-экономическое положение характеризуется душевым объемом валового внутреннего продукта (ВВП) и долей сырьевых отраслей в объеме промышленного производства, что дает представление об общем уровне обеспеченности населения и о роли используемых при этом естественных ресурсов территории. Приведенные кри-

терии доходов и расходов, а также средних денежных доходов на душу населения дают возможность сопоставить уровень жизни с существующей экологической ситуацией.

Для определения состояния здоровья людей был использован коэффициент его суммарной оценки, опирающийся на мировые стандарты, который рассчитывается по пяти показателям: младенческая смертность, средняя ожидаемая продолжительность жизни мужчин и женщин, стандартизованный коэффициент смертности мужчин и женщин (территории с высоким качеством здоровья населения — 5 баллов — в пределах нашей страны не оказалось).

Приведенные на карте социально-экономические показатели иллюстрируют общие тенденции развития страны. В период с 1991 по 1998 г. ВВП в России снизился на 41%, а объем промышленной продукции — на 51%. В 1997 г. 47% экспорта составляли сырая нефть, природный газ и нефтепродукты, 20% — металлы, 10% — машины и оборудование, 8% — химикаты и 4% — драгоценные камни и металлы. В том же году 38% населения жили за чертой бедности, а неравномерность распределения трудовых доходов являлась одной из самых высоких в мире. Численность населения с 1992 г. сни-

жается ежегодно на 0.22%, а уровень рождаемости — один из самых низких в Европе. Рост бедности сказался на окружающей среде, вызвав дополнительную деградацию ландшафтов и истощение природных ресурсов. В этих социально-экономических условиях обеспечить «каждому гражданину права на благоприятную окружающую среду и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением» (Конституция РФ) весьма трудно, но крайне необходимо. Другого выхода просто нет.

Обзорная карта «Комплексное районирование территории России по экологической и социально-экономической ситуации» дает возможность оценить и сопоставить состояние окружающей среды в различных регионах страны, а также позволяет понять многие организационно-хозяйственные причины и последствия экологического неблагополучия.

Карта была задумана как документ, предназначенный для органов управления — министерств и ведомств, городских, краевых, районных администраций. Другими словами, мы надеемся, что она поможет выработать экологическую политику здравомыслящим руководителям. Хочется думать, что она послужит и в научных, и в образовательных целях. ■

Литература

1. Кочуров Б.И. На пути к созданию экологической карты СССР // Природа. 1989. №8. С.10—17.
2. Кочуров Б.И., Антипова А.В., Назаревский Н.В. и др. // Изв. РАН. Сер. геогр. 1994. №1. С.119—125.
3. Кочуров Б.И., Чалов Р.С., Митяева Г.Т. и др. // Пробл. регион. экологии. Пилот. вып. 1995. С.31—37.
4. Золотокрылин А.Н., Канцеевская И.В., Кренке А.Н. // Изв. РАН. Сер. геогр. 1992. №6. С.16—30.
5. Заиканов В.Г. и др. Комплексная геоэкологическая оценка территорий (основные положения методики). М., 1997. С.67.
6. Ратанова М.П. Типология промышленных узлов по их воздействию на окружающую среду // Рац. природопользование и геогр. прогноз. М., 1990.
7. Татевосов Р.В. География населения. М., 1999.
8. Прохоров Б.Б. Прикладная антропоэкология. М., 1998.

Озерная лягушка сильно выросла

А.А.Иноземцев,
доктор биологических наук
Московский государственный областной университет

Любой биологический вид процветает там, где находят хорошие условия для жизни. А если они оказались неблагоприятными для размножения, к тому же территория обитания лишена подходящих защитных укрытий, да и прокорм найти трудно, что тогда ждет популяцию? Ответ известен: она начинает деградировать — сокращаются ареал и число особей, а сами они уменьшаются в размерах, происходят и многие другие изменения, отнюдь не на пользу процветания. Однако в жизни исключения встречаются не реже, чем правила. Любопытный случай неординарного ответа популяции озерной лягушки (*Rana ridibunda*) на изменения среды обитания мне пришлось наблюдать в засушливых лесах Западного Кавказа.

Обычно эта лягушка встречается только в водоемах, а если и живет по берегам, то не уходит от воды дальше одного-двух метров, чтобы при опасности одним прыжком оказаться в спасительной среде. Возле водоемов она обитает и в западнокавказских лесах. Здесь озерная лягушка и жабы всегда были обычными видами амфибий.

В Федотовской балке, например, где мы с коллегами в течение многих лет проводили наблюдения, плотность населения озерной лягушки по берегам текущего там ручья составляла примерно 13 экз./га, а биомасса — 400—500 г/га. В начале 80-х годов эти показатели увеличились более чем в 10 раз. И тому причиной была развернувшаяся хозяйственная деятельность — строились новые базы отдыха.

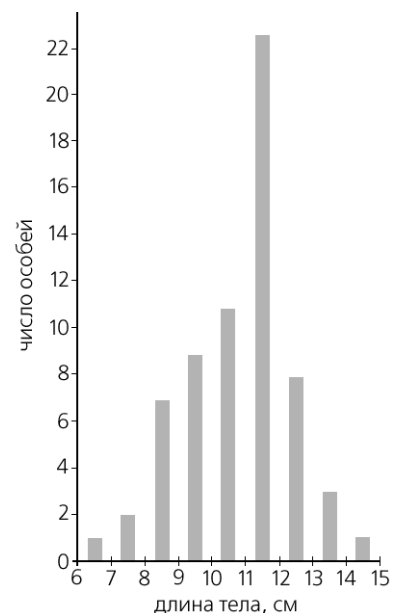
В результате водоемы разного калибра росли как грибы: возникали запруды, вода заполняла вырытые при выемке грунта котлованы, за счет увеличения сети грунтовых дорог появлялись бесчисленные постоянные и временные лужи на обочинах и т.д. И лягушки плодились и размножались. Мало того, местная популяция освоила обширные лесные площади на южных склонах гор, где условия для жизни тоже оказались подходящими. Однако длилось все это недолго. Уже в 1986—1987 гг. численность амфибии резко упала на большей территории ущелья. Даже в верхней части склонов многие леса были сведены, а земля распашана, из-за чего почва иссушилась, многие родники, ручьи и разные водоемы летом стали пересыхать. На дне ущелья, в русле ручья, который тек теперь лишь в весеннее время, на протяжении примерно двух километров мы насчитали немногим более 100 половозрелых лягушек. (А ведь еще шесть-семь лет назад в Федотовской балке успешно завершали метаморфоз тысячи головастика!) Но и эта сотня оказалась чрезмерной для устойчивого существования популяции в тех трех водоемах, что остались от полноводного недавно ручья. Из-за перенаселенности и каннибализма лишь ничтожное количество головастика превращалось во взрослых лягушек. Численность этого вида, бывшего в балке фоновым, в русле ручья продолжала падать с каждым годом, и наконец озерная лягушка почти исчезла.

Хозяйственная деятельность сказалась и на популяции кавказской жабы (*Bufo verucosissima*) —

тоже обычного вида в засушливых лесах Западного Кавказа. В Новороссийском лесхозе, например, плотность ее населения за 25 лет (1973—1998) снизилась в три раза, а в прежде оптимальных жизненных условиях на дне ущелий — даже в четыре—шесть раз.

В отличие от этого вида и озерной лягушки, зеленая жаба (*B.viridis*) оказалась почти нечувствительной к изменению среды обитания.

Но вернемся к озерной лягушке. В 90-х годах она вновь появилась в прежних местах своего обитания. К этому времени из-за ухудшившихся экономических условий в России сократился поток отдыха-



Вариации размеров озерной лягушки из «ручьевого» популяции (1998 г.). Больше всего теперь лягушек, достигающих в длину почти 12 см.



Озерная лягушка на охоте.



Кавказская жаба. Выбравшись вечером из дневного укрытия, она попала в полосу света.



Две зеленые жабы, которые прятались под камнем. В таком убежище они проводят весь день.

ющих, заметно снизился уровень производственной и хозяйственной деятельности местного, западнокавказского, населения в летний сезон. И как итог — уменьшилась антропогенная нагрузка на лесные биоценозы низкорослых склонов между Широкой балкой и Федотовской, где располагались около 50 баз отдыха. Теперь в ущелье бывало гораздо меньше людей, и тропа вдоль берега ручья, довольно широкая и утоптанная в прошлом, покрылась травой. Разросшиеся на открытых солнцу местах кусты ежевики и свисающие с деревьев «лианы» (вьющаяся роза, плющ, дикий виноград) закрыли ручей почти непроходимой колючей стеной.

Многие распаханые в середине 80-х годов верхние участки гор были заброшены, и там начала восстанавливаться растительность. В результате почва перестала иссушаться и снова ожили родники. Теперь ручей на дне ущелья продолжает сочиться даже в самое жаркое время, образуя небольшие водоемы (глубиной 10–15 см, редко 40, и длиной в 2–6 м) в 3–10 м друг от друга. Надежно укрыться во многих из них может лишь не крупная особь.

Обычно озерные лягушки охотятся на суше в сумерки и ночью, причем в метре–двух от водоема. Но в Федотовской балке на таком

удалении от ручья — голое каменистое пространство, где почти нет беспозвоночных, которые могли бы пойти в пищу лягушкам. Да и в ручье живут лишь очень мелкие вертячки, водомерки и т.д. либо несъедобные клопы-гребляки, пресноводные крабы. Но лягушки приспособились к новым условиям, в корне изменив свой образ жизни. Теперь они выбираются из воды утром, лишь солнце осветит берег ручья, и вскоре отправляются на поиски пищи. Нередко в 10–15 м от водоема заметишь лягушку, затаившуюся среди трав, в опавшей прошлогодней листве. Часами поджидает она добычу — небольших ящериц, мелких сухопутных земноводных, змеиных детенышей, крупных жуков и бабочек (например, бражников) и т.д. Но удача выпадает нечасто. Если же лягушка почувствует опасность, то не спешит скрыться в воде, а прячется под густыми кустарниками, куда из-за сплошной стены из колючих «лиан» могут пролезть только змеи. Но они не страшны лягушкам, которые теперь сильно увеличились: в длину достигают в среднем около 12 см (обычно бывали 8–9 см) и примерно 200 г массы. Встречающиеся в Федотовской балке ужы — водяной (*Natrix tessellata*) и обыкновенный (*N.natrix*) — предпочитают охотиться на самых мелких лягушек.

Перешедшие к «сухопутному» и дневному образу жизни озерные лягушки приспособились и физиологически. Кожа у них не влажная и нежная, как обычно у прудовых и озерных лягушек, а плотная (но очень эластичная), покрытая к тому же тонким слоем сухой слизи, похожей на клей, и как клей, прилипающая к рукам.

До прежней численности озерной лягушке еще далеко: в 1998 г. мы с коллегами насчитали примерно 80 особей на двухкилометровом маршруте вдоль ручья Федотовской балки.

Изменившись столь радикально, этот вид занял там трофическую нишу кавказской жабы, которая охотится на тех же самых жертв, но в сумерки и ночью, и почти полностью вытеснил ее со дна ущелья. Теперь эта жаба регулярно встречается на заброшенной лесной дороге, что проходит по склону в 50 м выше ручья.

Итак, среда обитания озерной лягушки претерпела резкие изменения, вызванные хозяйственной деятельностью человека. Амфибия почти полностью лишилась мест для размножения, выживания головастиков и неполовозрелых особей, численность ее сократилась многократно. Но лягушки сильно выросли. ■

Деревья диатомового мира

Ф.В.Сапожников

Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН
Москва

Явление конвергенции широко распространено в окружающем нас мире: совершенно не родственные организмы в одинаковых условиях обитания становятся внешне похожими. Например, красные, бурые и зеленые водоросли, развивающиеся на постоянно омываемых прибоем скалах, имеют сходную морфологию вегетативных органов, позволяющую им успешно существовать под непрерывными ударами волн. Многие колониальные гидроидные полипы и мшанки внешне весьма похожи как друг на друга, так и на известные красные водоросли.

Однако все упомянутые организмы — многоклеточные, их тела состоят из многих сотен и тысяч клеток. Возможно ли образование конвергентных форм между одноклеточным и многоклеточным су-

ществами? Оказывается, возможно! Так, обитающие на скалах в тропических морях красная водоросль *Gracilaria damaecornis* и зеленая водоросль *Codium fragile* внешне во многом сходны, хотя слоевище первого соткано из огромного количества сцепленных между собою клеток, а тело второго состоит всего из одной многоядерной, обильно разветвленной клетки. Не менее удивительно сходство других водорослей — многоклеточной красной *Gelidium robustum* и одноклеточной зеленой *Bryopsis hypnoides*. Более того, макроструктуры могут образовывать и микроскопически малые одноклеточные организмы, например некоторые диатомовые водоросли. Структура, морфологически напоминающая слоевища макроводорослей, формируется в результате объединения в колонию отдельных, во многом независимых друг от друга клеток, при-

чем каждая из них имеет собственный кремневый панцирь. Причины возникновения макроколоний у диатомей те же, что у других многоклеточных водорослей, образующих ветвящиеся слоевища: в частности, стремление захватить как можно большее пространство при наиболее рациональном его использовании [1]. Ведь чем обильнее ветвление и чем тоньше ветви, тем интенсивнее контакт клеток с водой. Для одноклеточных водорослей образование колонии позволяет клеткам приподняться над грунтом и не сильно затенять друг друга при фотосинтезе. В колониях диатомей клетки не соединяются между собой напрямую. Основа колонии — обычно прозрачный полимерный матрикс, например система разветвленных тяжей, на концах которых веерами расположены вегетативные клетки. Такими колонии видов рода *Licmophora*.

© Ф.В.Сапожников



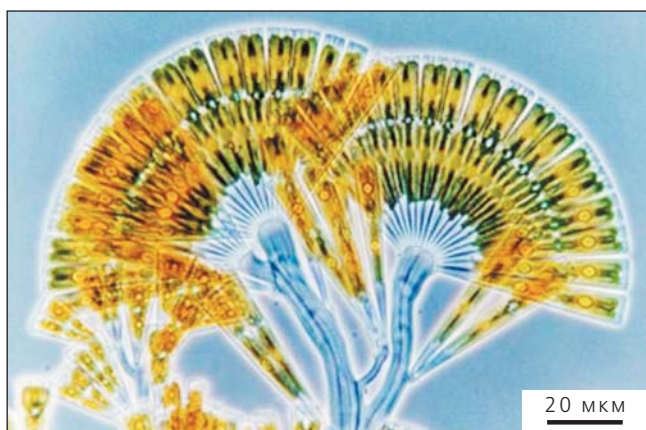
Codium fragile



Gracilaria damaecornis

Пример конвергенции одноклеточной зеленой (слева) и многоклеточной красной водорослей.

Здесь и далее фото А.О.Вершинина



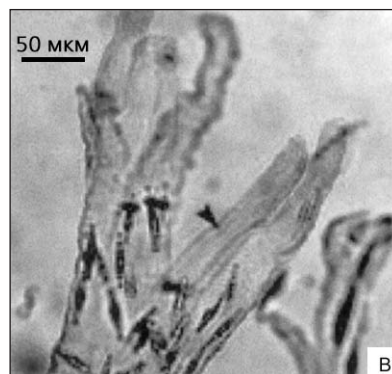
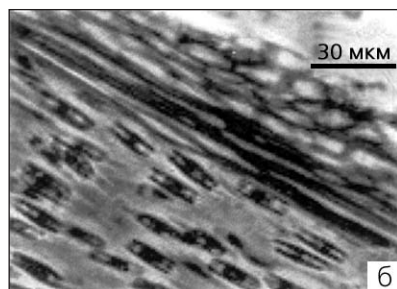
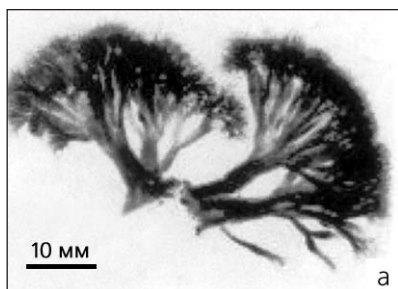
Фрагменты макроколоний диатомей *Lictophora flabellata*. Хорошо виден полимерный матрикс колонии.

Среди них особенно примечательны макроколонии *L. flabellata*, достигающие почти сантиметровой высоты (размер одной клетки — до 30 мкм). Во время массового развития этого вида на мелководьях Черного моря поверхность камней покрывается сплошным рыжеватым «мехом». Временами, особенно зимой, если на море штиль и вода прозрачна, непрерывная полоса густого ликмофорового оброста

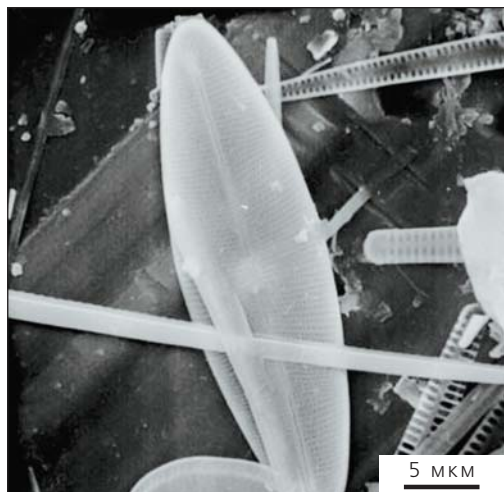
протягивается по галечным участкам прибрежных мелководий от Новороссийска до Туапсе.

Другой способ образования колоний у диатомей — формирование прозрачных трубок, внутри которых находятся клетки. Отдельные клетки диатомей могут либо располагаться последовательно друг за другом (как у *Navicula*), либо во много параллельных рядов (у *Berkeleya*). Обыч-

но такие трубчатые колонии ветвятся не очень обильно, но у видов рода *Berkeleya* отмечены разветвленные макроколонии высотой до 1,5 см (*B.micans*) и даже до 3 см (*B.hyalina*). В летне-осенние месяцы *B.micans* образует тонкий розоватый «мех», покрывающий трещины на отшлифованных приборах скалах, например на Черноморском побережье Кавказа. Его колонии забираются выше других во-



Макроколония диатомей *Berkeleya hyalina*. а — внешний вид макроструктуры, б — расположение клеток внутри полимерных трубок, в — концевые веточки колонии.



Отдельная клетка диатомеи *Parlibellus berkeleya* и древовидная колония, которая была обнаружена на поверхности створки мидии на глубине 30 м близ побережья Таманского п-ова.

дорослей — туда, куда долетают только брызги прибоя, и живут, орошаемые сбегаящей по трещинам водой. Плотные полимерные трубки, хорошо удерживающие на поверхности воду, защищают клетки от прямых солнечных лучей и пересыхания. *Vhyalina* был первоначально обнаружен на побережье Того (Западная Африка) в виде отдельных клеток, поэтому настоящей находкой для науки стали не известные ранее его древовидные макроколони, найденные в ноябре 1976 г. на плоских камнях приливо-отливной зоны побережья Сан-Диего (Южная Калифорния). Колонии этого вида образуют крупные, хорошо заметные пятна на поверхности камней. Многие «деревца» напоминают сильно уменьшенные в размерах баобабы до 30 мм высотой [2]. Колонии способны развиваться на любом твердом субстрате, в том числе на створках мидий.

Особенно интересная находка была сделана в Черном море 28 июня 2002 г. в ходе 50-го рейса научно-исследовательского судна

«Акванавт». Пробы донного грунта отбирали дночерпателем «Океан-0.1» неподалеку от побережья Таманского п-ова. При подъеме очередной пробы, состоявшей в основном из битых раковин двустворчатых моллюсков (мидий, устриц, гребешков), мы обнаружили древовидные образования краснобурого цвета высотой до 15 мм, произраставшие на внешней поверхности раковины мидии *Mytilus galloprovincialis*. По результатам микроскопического исследования, проведенного автором этих строк и студенткой биологического факультета МГУ Н.Митяевой, это были водоросли, однако не красные и не бурые, столь обычные в Черном море, а именно диатомовые, точнее *Parlibellus berkeleya*. Первые колонии подняли с глубины 30 м, а затем мы нашли их и на меньших глубинах — 20—25 м, что необычно для этого вида диатомей. Как правило, слабо ветвящиеся, трубчатые колонии парлибеллуса с расположенными в один ряд клетками весьма обильны в зоне прибоя, где обитают на поверхно-

сти камней и покровах животных, реже они поселяются на глубинах 13—15 м [3]. Напротив, обнаруженные нами макроструктуры имеют отчетливый кустистый облик с обильным регулярным ветвлением, а клетки расположены многочисленными рядами, идущими вдоль стенок полимерных трубок. Только самые тонкие концевые веточки несут по два ряда клеток. Образование такой макроколони на нехарактерных для *P. berkeleya* больших глубинах может быть обусловлено необходимостью приподняться над тонким слоем наилка, покрывающего раковины. Освещенность в придонном слое довольно слаба, а клетки в колониях несут хроматофоры, т.е. активно фотосинтезируют. Регулярное расположение ветвей способствует равномерному проникновению света к поверхности отдельных клеток диатомей.

Приятно и неожиданно было обнаружить такие красивые «деревца» одноклеточных водорослей в, казалось бы, изученном-перезученном Черном море. ■

Литература

1. Хайлов К.М., Празукин А.В., Ковардаков С.А., и др. Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей. Киев, 1992.
2. Chastain R.A., Stewart J.G. // Phycologia. 1985. V.24. №1. P.83—92.
3. Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли бентоса Черного моря. М.; Л., 1963.

Гинкго — история в четверть миллиарда лет

С.В.Наугольных

Живое ископаемое, современник динозавров — таковы эпитеты гинкго. Европейцам он стал известен после того, как в 1690 г. голландский врач Е.Кемпфер купил в одной из японских лавочек несколько семян этого растения, которые употреблялись японцами в пищу. Само же оно почиталось как священное. Вскоре Кемпферу показали взрослое большое дерево с раскидистой кроной (у молодого растения она пирамидальная). Крупные экземпляры достигали 30 м в высоту, а их ствол — до 3 м в диаметре. Японцы называли эти деревья серебряными абрикосами и выращивали в садах, окружавших буддийские храмы. Священные рощи гинкго были также в Китае и Корее, где его культивировали с незапамятных времен, благодаря чему, возможно, гинкго и сохранился донныне. Это, пожалуй, один из редких примеров того, как человек способствует выживанию, а не вымиранию вида, находящегося под угрозой исчезновения.

В 1712 г. Кемпфер описал это растение под названием «гинкго». С начала его открытия европейской наукой оно вызывало интерес и восхищение, и не только у ботаников. И.В.Гёте одно из своих стихотворений по-



Сергей Владимирович Наугольных, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Геологического института РАН. Область научных интересов — стратиграфия пермской системы, палеофитогеография, палеоэкология, эволюция древней растительности. Неоднократно публиковался в «Природе».

святил гинкго («Dieses Baums Blatt, der von Osten meinem Garten anvertraut...») и назвал его «Ginkgo biloba».

*Этот листик был с Востока
В сад мой скромный занесен,
И для видящего ока
Тайный смысл являет он.
Существо ли здесь живое
Разделилось пополам,
Иль, напротив, сразу двое
Предстают в единстве нам?
И загадку и сомненья
Разреши мой стих один:
Перечти мои творенья,
Сам я — двойственно един.*

Перевод с немецкого В.Левика

Стихотворение было написано в 1815 г. в альбом Марианны фон Виллемер с романтическим намеком на то, что лист гинкго, разделенный на две ло-

пасти, сливающиеся у основания, являет собой символ единения двух влюбленных. К альбомной странице Гёте прикрепил два листа гинкго, соприкасающихся своими черешками... И по сей день в Веймаре молодые люди заказывают у ювелиров золотые украшения, выполненные в форме листа гинкго, чтобы подарить своим избранницам [1].

К 1730 г. гинкго появился в ботанических садах, дендрариях и коллекциях экзотических диковинок в Европе. Сейчас это декоративное растение выращивается во многих странах, особенно в Соединенных Штатах Америки, куда саженцы и семена попали в конце XVIII в.

Первое научное описание гинкго двулопастного (*Ginkgo*

biloba) — единственного современного вида — было обнаружено К.Линнеем в 1771 г.

За все время существования ботаники как науки гинкго притягивал к себе столько внимания, создавал такой научный ажиотаж, что неизбежно возникло огромное количество мифов, слухов и контрверсий, нередко основанных на довольно слабо аргументированных доводах. Поэтому в разговоре о происхождении этого удивительного голосеменного растения необходимо четко представлять, что мы знаем наверняка и о чем пока можем только догадываться.

Древние родственники

Предшественников ныне живущих растительных видов обычно пытаются отыскать палеоботаники, углубляясь в земные недра, а стало быть и в далекие времена. Найденные в отложениях окаменелые остатки или отпечатки сравнивают с морфологическими и анатомическими характеристиками современных растений, а затем по сходству и различиям определяют таксономическую принадлежность ископаемых находок.

Посмотрим, что из себя представляет современный вид гинкго, чтобы потом увидеть его черты в палеонтологических образцах, извлеченных из отложений разных геологических времен.

Морфологическим строением *Ginkgo biloba* резко отличается от многих других растений. Ни у одного из них нет листьев столь необычной формы. Листовая пластинка на хорошо развитом черешке обычно имеет округло-ромбические очертания и глубокий вырез в средней части, который делит ее на две лопасти. Ширина листа, как правило (но не всегда), превышает длину. Семенные органы (их называют мегаспорофиллами или, с некоторой долей услов-



«Живое ископаемое» на улице Мюнстера.

Здесь и далее фото автора

ности, мегастробилами) представляют собой длинные ножки (оси) с расположенными на них двумя семенами, из которых к концу генеративного сезона полностью созревает только одно. Иногда встречаются аберрантные (измененные, нетипичные) мегаспорофиллы с большим количеством семезачатков, прикрепленных к единой фертильной оси длинными семяножками. Бывает даже, что

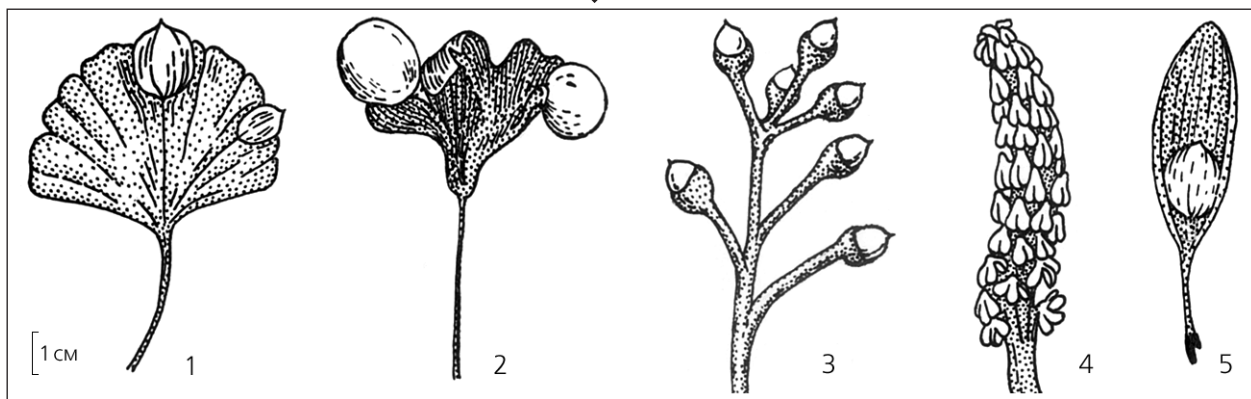
семена развиваются по краям листовой пластинки. Мужские генеративные органы (микро-стробилы) — это длинные оси, на которых по спирали сидят микроспорангии, обычно собранные вместе по два, реже по три-четыре.

Древесина гинкго очень напоминает хвойную, но отличается полным отсутствием смолоносных полостей и как бы вздутыми, широкими сердце-



Окаменелый остаток листа гингофита из песчаников мелового возраста и побег гинго двулопастного с высоким морфологическим разнообразием листьев.

Аберрантные семенные органы (1—3) и микростробил (4) современного гинго. Видно, что семена могут располагаться по одному на краях листовых пластинки (1, 2) или образовывать собрание (3), в котором каждый семезачаток прикрепляется семяножкой к единой генеративной оси. Последней в ряду показана фруктификация (предполагаемый внешний вид) рода *Umaltolepis* — семезачаток в пазухе ланцетовидного листа [6].



винными лучами. Известные ныне ископаемые древесины относят к родам *Protoginkgoxylon*, *Baieroxylon* и *Physematopitys* [2], причем те, что принадлежат первому роду, встречаются и в юрских отложениях Подмосковья.

Научный интерес к проблеме возникновения гинговых всегда был велик. В последние годы

он еще вырос благодаря появлению оригинальной концепции происхождения гинговых от птеридоспермов (первых семенных растений), предложенной в 1972 г. Р.Дабером. Позднее этот новый взгляд развил наш соотечественник С.В.Мейен в целом цикле публикаций. Какие же родственники гинговых известны к настоящему времени

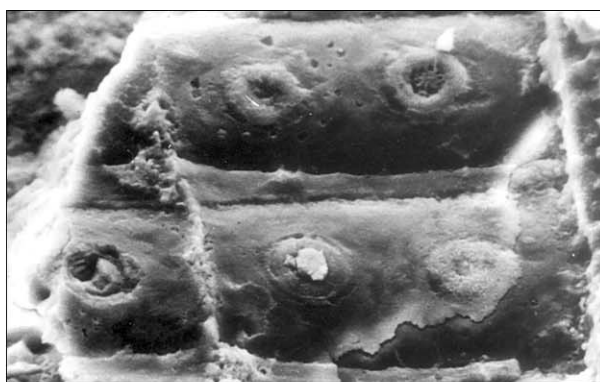
и можно ли точно указать их предков и хотя бы в общих чертах обрисовать ранний этап эволюции этой группы растений?

Остатки листьев, которые палеоботаники с той или иной степенью уверенности относят к роду *Ginkgo* или *Ginkgoites* (второе название обычно используется, когда микрострук-



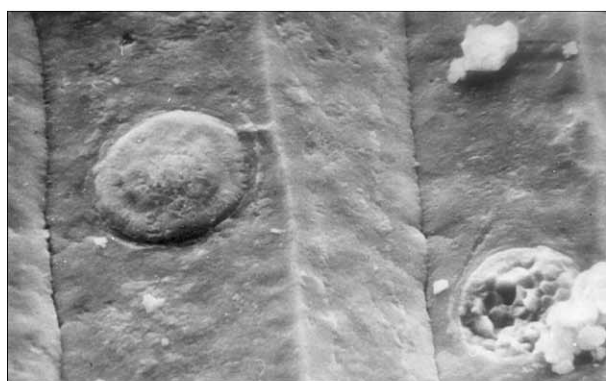
10 мкм

1



10 мкм

2



10 мкм

3



10 мкм

4

Анатомические детали ископаемой древесины *Protoginkgoxylon* из верхнеюрских (оксфордских) глин, обнажающихся на левом берегу возле д.Рыбаки (Раменский р-н Московской обл.): сердцевинные лучи (1, 2), вторичная ксилема (3), трахеида (4) и окаймленная пора (5). На фрагментах 1, 2 отчетливо просматриваются «вздутые» сердцевинные лучи, между которыми располагаются окаймленные поры — одиночные (1) или попарно сближенные (2); на трахеиде вторичной ксилемы тоже имеются поры — или далеко отстоящие друг от друга (3), или сдвоенные (4). На снимке отдельной поры (5) видно, что ее центральная часть закрыта торусом. Комплекс этих деталей позволяет отнести растение к гинкговым.



4 мкм

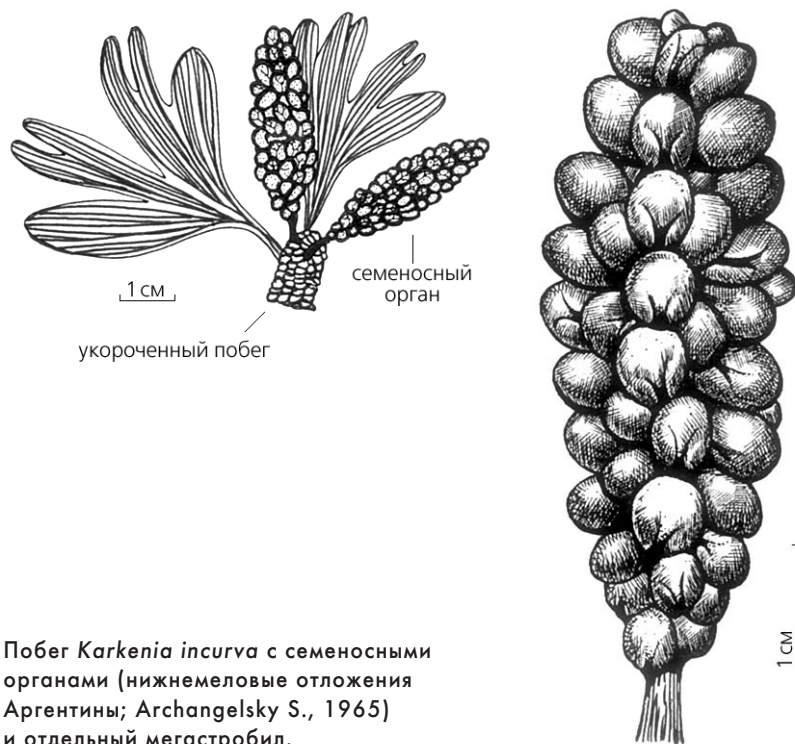
5

турные признаки — эпидермально-кутикулярное строение листьев — не известны), встречаются в кайнозойских и мезозойских отложениях. В более древних, пермских, породах сходные с гинкговыми листья (в основном их относят к родам *Sphenobaiera* и *Ginkgophyllum*) тоже найдены, но относительно их систематического положе-

ния существуют противоречивые мнения.

В 1949 г. шведский палеоботаник Р.Флорин описал генеративные органы растения *Trichopitys heteromorpha*, обнаруженные в нижнепермских отложениях Европы, и нашел сходство с aberrантными ветвящимися мегаспорофиллами современного гинкго. Семенос-

ные органы трихопитиса были прикреплены к побегам с листьями *Sphenobaiera*. Позднее в каменноугольных породах Узбекистана нашли еще одно похожее растение, первоначально также отнесенное к роду *Trichopitys*, но затем получившее родовое название *Kandyria* за некоторые своеобразные черты строения.



Побег *Karkenia incurva* с семеносными органами (нижнемеловые отложения Аргентины; Archangelsky S., 1965) и отдельный мегастробил.

Сравнительно недавно аргентинские палеоботаники С.Архангельский и Р.Кунео описали растение пермского возраста и назвали в честь С.В.Мейена *Polyspermophyllum sergii* [3]. По морфологии вид оказался близким трихопитису, но существовали и отличия. Главное из них заключалось в том, что у трихопитиса сидевшие на ножке семена свисали верхушкой вниз, а у полиспермофиллума были инвертированы, т.е. повернуты верхушками к генеративной оси. Правда, Флорин предполагал, что семена трихопитиса тоже были инвертированными, обращенными — по его мнению, их верхушки загибались к семяножкам. Кроме этого, семенные органы полиспермофиллума сложно ветвились и располагались на окончаниях листовидных образований, которые росли на побеге вместе со стерильными листьями как единое целое. Семенные же органы трихопитиса находились в пазухах стерильных листьев.

Исходя из перечисленных признаков, родство трихопитиса и полиспермофиллума весьма вероятно, хотя его и нельзя считать однозначно доказанным. Архангельский и Кунео объединили эти роды в одно семейство *Trichorityaceae*, близкое, по их мнению, настоящим гинкговым. Но на листовых пластинках полиспермофиллума были обнаружены желобки, в которых, скорее всего, располагались устьица. Это делает их похожими на листья другого пермского растения — *Dicranophyllum*, близкого кониферофитам. Возможно, древнейшие родственники гинкговых в конце палеозоя еще не значительно отошли от своей сестринской группы — хвойных, — поэтому в их строении еще «всплывали» общие с кониферофитами признаки, унаследованные от предков.

В отношении находок мезозойских гинкговых положение значительно лучше. Так часто случается в палеонтологии: чем моложе отложения, тем больше

находок ископаемых организмов и тем лучше они сохраняются (хотя из этого правила есть исключения).

В 1965 г., т.е. еще до находки полиспермофиллума, Архангельский обнаружил в нижнемеловых породах Аргентины вместе с листьями *Ginkgoites tigrensis* генеративные органы, которые описал под названием *Karkenia incurva*. Это были фертильные оси, на которых семена располагались по спирали. Короткие семяножки сильно искривлялись в направлении к основному побегу, и семена, таким образом, были инвертированными, обращенными, как у позднейшего полиспермофиллума. Что касается листьев *G. tigrensis*, то по своей морфологии, анатомическим признакам и ультраструктуре кутикулы они оказались очень похожими на листья современного гинкго, иногда почти идентичными им.

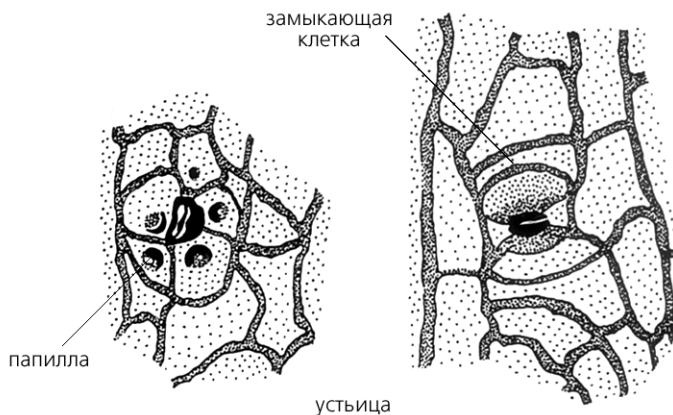
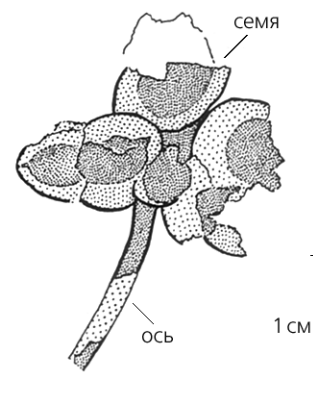
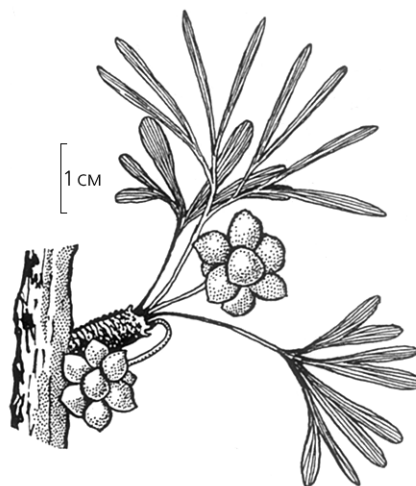
В 1972 г. В.А.Красилов описал из верхнеюрских отложений Сибири второй вид каркении — *Kasiatica*, которая находилась в одной ассоциации с листьями гинкговой морфологии. Сейчас известен третий вид — *K.cylindrica*, найденная в 1995 г. немецкими палеоботаниками Х.-И.Швайцером и М.Кирхнером в юрских породах Ирана [4]. Похожие на каркении фруктификации (генеративные органы) найдены также в триасовых отложениях Южной Африки.

Кроме мезозойских каркений обнаружены еще два типа генеративных органов, принадлежавших растениям того же времени — *Toretzia* и *Umaltolepis*, — возможно, отдаленно родственным современному гинкго. Семенные органы *Toretzia* из триасовых отложений Донбасса были прикреплены к побегам с очень длинными и узкими листьями, напоминающими листья рода *Sphenobaiera* [5]. Собрания семезачатков торетции сидели по одному на хорошо развитых семяножках, растущих из общего основания, расположенного на укорочен-

Ginkgo yimaensis



Yimaia hallei



Гингофиты из юрских отложений Китая. Рядом с реконструкцией побега *Yimaia hallei* показана прорисовка ископаемой фруктификации на генеративной оси, а справа от *Baiera hallei*, на которой видна изменчивость морфологии листовой пластинки, приведена прорисовка эпидермы листьев этого вида [8–10]. Сходное эпидермальное строение имеет и двулопастный гинкго.

ном побеге, подобном гингговому. Второе растение — *Umaltolepis* — из юрских отложений, которые обнажаются в бассейне р.Буреи, первоначально описал Красилов [6]. Одиночные семезачатки умальтолеписа тоже прикреплялись семяножкой к укороченному побегу, предположительно рас-

полагавшемуся в пазухе ланцетовидного листа.

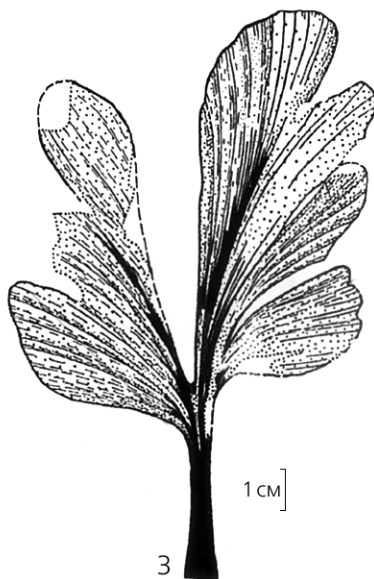
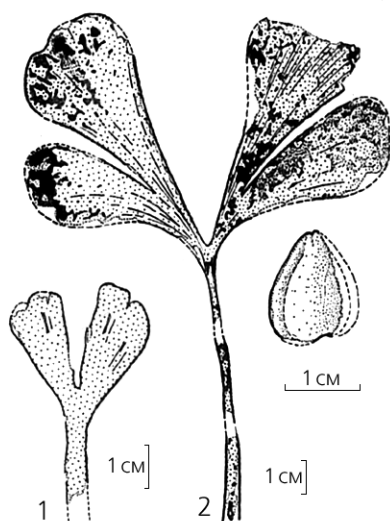
Итак, если среди перечисленных родов растений искать наиболее близкое современному гинкго, то на роль древнего родственника больше других подходит каркения: только ее фруктификации уверенно связываются с листьями, действи-

тельно весьма сходными с листьями *G.biloba*.

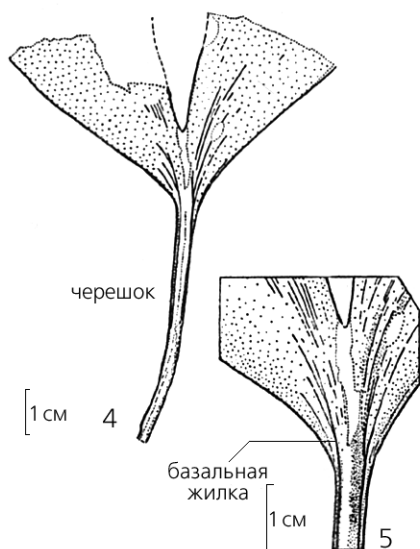
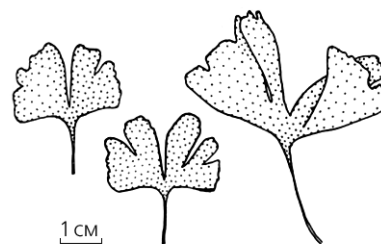
Новые открытия

Довольно любопытное растение из верхнекаменноугольных отложений провинции Сан-Луис в Аргентине описали

Kerpia macroloba



Ginkgo biloba



Psygtophyllum expansum

Гинкгоподобные листья из нижнепермских отложений Приуралья. Листья керпии разного возраста: у молодого листа (1) выражены только лопасти первого порядка, у взрослого (2) — и второго, у стареющего (3) листовая пластинка делится трижды; крупный черешок и две базальные жилки развиваются по мере взросления листа (4, 5). Аберрантные листья молодого гинкго двулопастного морфологически весьма похожи на листья керпии (показанный здесь семезачаток, возможно, принадлежал ей же). Несмотря на общее сходство листьев керпии и псигмофиллума, морфологическая дистанция между ними слишком велика, чтобы объединить их в один вид или даже род.

в 1992 г. С.Цезари и М.Хюникен [7]. В распоряжении палеоботаников было несколько облиственных побегов, причем один с генеративным органом, и отдельные листья. Все это послужило основанием отнести растение к новому роду и виду — *Velicia inconstans*. Родовое название было дано по местонахождению, а видовое — по очень непостоянному, сильно изменчивому характеру листовой пластинки. Она имела ве-

ровидную форму и была в различной степени рассечена на клиновидные сегменты, иногда симметричные, что придавало сходство с листом гинкго двулопастного. Генеративный орган представлял собой относительно короткую ось, на которой спирально, очень близко друг к другу располагались округлые тела, возможно, семена. Находился он на конце ветви и был довольно плотно окружен листьями, менее рассеченными,

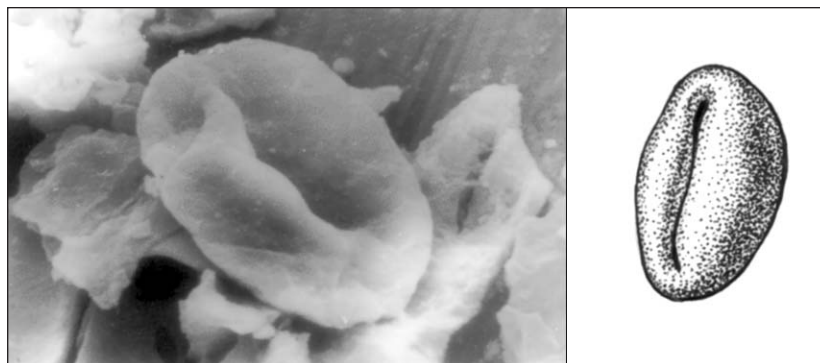
чем нормальные. Микроструктурные признаки ни листьев, ни генеративного органа изучены не были. Тем не менее, основываясь на данных макроморфологии этого растения, авторы отметили сходство семенных структур велиции и каркении — мезозойского гинкгового растения.

О находках китайских гинкгофитов стоит сказать подробнее, так как на их основе были сделаны далеко идущие выводы.

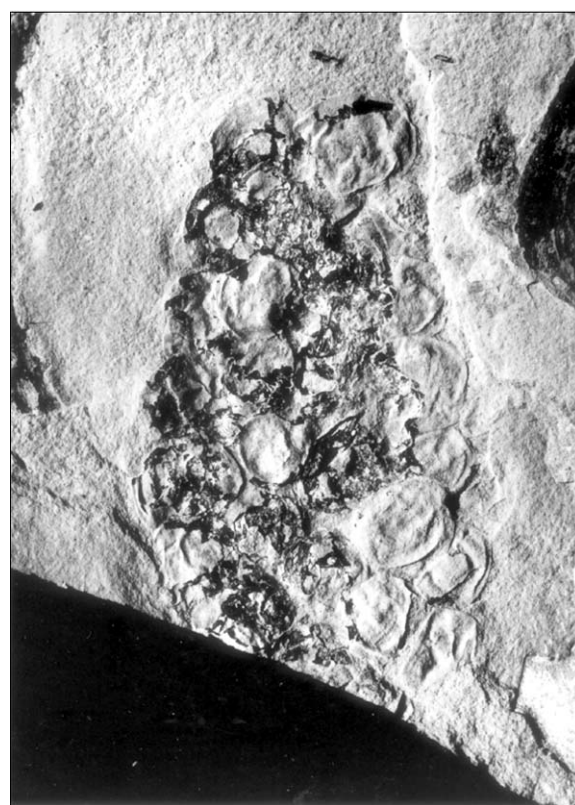
В 1989 г. китайские палеоботаники Цз.Чжоу и Б.Чжан обнаружили в среднеюрских отложениях формации Инма (провинция Хэнань) вместе с многочисленными листьями гинкго несколько семенных органов — один или два раза ветвившиеся семяножки с сидевшими на их конце прямостоячими семенами [8]. Они почти не отличались от семян современного гинкго и имели очень характерный для него специфический воротничок. Кроме листьев, семян и семенных органов в породе встречались остатки укороченных и нормальных побегов, а также пыльца — совершенно такая же, как у *G.biloba*.

Авторы находки изучили строение эпидермы и кутикулы листьев, а также генеративных органов, связь между разными морфологическими фрагментами установили по их совместному нахождению в породе и по эпидермальным признакам-маркерам. Благодаря большому сходству всего материала с соответствующими частями современного гинкго китайские палеоботаники отнесли найденное растение к новому виду — *Ginkgo yimaensis*. При обсуждении возможных путей эволюции гинкговых они предположили, что формы без воротничка и не с прямостоячими, а с инвертированными семенами, как у трихопитиса и каркении, скорее всего представляют собой боковую ветвь развития гинкгофитов, исчезнувшую в мезозое.

Через три года в тех же отложениях Чжоу и Чжан нашли другие генеративные органы — короткие несущие оси, на которых плотно расположенные семена образовывали головчатые собрания [9]. Эти семенные органы были найдены в одной ассоциации с листвой *Baiera ballei*, несколько более примитивной, чем у *G.yimaensis*, и первоначально отнесены к новому роду *Yimaia*, очень близкому, если не синонимичному роду *Karkenia* из нижнего мела Ар-



Пыльцевое зерно из кунгурских отложений Приуралья и пыльца современного гинкго. Сходство в строении очевидно. Увел. 1500 и 700.



Фоссилизированный семенной орган *Karkenia* sp. nov. (кунгурский век, Приуралье) и реконструкция *K. cylindrica* [4], на которой хорошо видно обращенное положение семян (юрские отложения, Иран).

гентины. На основании некоторых микроструктурных признаков-маркеров, а также по совместному нахождению, и генеративные, и вегетативные органы были сочтены одним видом, названным *Yimaia ballei*.

Анализируя филогенетические взаимоотношения и эволю-

ционные тенденции в истории гинкговых, Чжоу рассматривает четыре семейства в порядке Ginkgoales — Trichopityaceae (*Trichopitya*), Karkeniaceae (*Karkenia*), Umaltolpidaceae (*Umaltolpis*, *Toretzia*) и Ginkgoaceae (*Ginkgo*, *Yimaia*) — и связывает их общим проис-

хождением от трихопитиса [10]. Несмотря на то что в анализ были вовлечены почти все известные признаки этих растений, многие выводы Чжоу вызывают недоумение.

В качестве основного признака, который объединяет все перечисленные семейства в один порядок и доказывает его монофилетическое происхождение, Чжоу рассматривает наличие осевого укороченного побега с семенами. Однако известно, что для некоторых рассмотренных таксонов такое положение семенных структур несвойственно (например, для трихопитиса) или только предполагается. Для семейства *Umaltolepidaceae*, включающего и род *Toretzia*, характерным признаком Чжоу считает наличие единственного семени, в то время как на иллюстрациях, использованных им же в статье, показывает торетцию с двумя или тремя семенами на каждом семеносном органе. Китайский палеоботаник отнес род *Yimaia* к семейству *Ginkgoaceae* по сходству листьев и семенных структур с этими же органами *G.biloba*. Однако женские фруктификации *Yimaia* и *Karkenia* тоже весьма сходны, а Чжоу тем не менее относит их к разным семействам. По мнению автора этих строк, среди древнейших предков гинкго уверенно просматриваются три линии. Первую составляют каркения и производные от нее формы (*Yimaia*) с компактными кистевидными семеносными органами. Вторую — более молодые формы, уже очень близкие современному гинкго: *G.yimaensis* и *Grenana angrenica* из юрских отложений Средней Азии, недавно описанная сотрудницей Ботанического института РАН В.А.Самылиной, а также огромное количество видов *Ginkgoites* из юрских и меловых пород. Третья линия включает роды *Trichopitys*, *Toretzia* и *Umaltolepis*, сочетающие признаки птеридоспермов и гинкгофи-

тов. Эти три рода весьма специфичны (поэтому их подчас относят к самостоятельным семействам), и к предкам гинкговых они, скорее всего, имеют лишь косвенное отношение, т.е. родственны только в пределах порядка *Ginkgoales*.

Происхождение семенных органов современного гинкго легко объяснить редукцией кистевидных собраний семян *Karkenia* до нескольких семян с общим основанием (как у *G.yimaensis*) и далее — до мегаспорофиллов *G.biloba*. Ворончик семян гинкго в этом случае образован разрастанием апикальной части первоначально инвертированной семяножки.

Пермское Приуралье — родина гинкговых?

Удивительное, почти фантастическое разнообразие гинкгоподобных листьев характерно для пермских отложений Приуралья, особенно — кунгурского яруса. По морфологическим признакам все эти листья можно разбить на несколько групп.

Первую группу листьев, напоминающих своей морфологией листья современного гинкго, составляют два вида псигмофиллоидов — *Psymphyllum expansum* и *P.cuneifolium*. Судя по эпидермально-кутикулярному строению, а также по морфологическим признакам генеративных органов, растения, которым принадлежали эти листья, были пельтаспермовыми птеридоспермами, т.е. филогенетическими предшественниками гинкговых.

Вторая группа, пока еще сравнительно слабо изученная, объединяет растения с довольно крупными лентовидными листьями, как правило, один или два раза рассеченными, с клиновидно суженными основаниями и иногда со слегка волнистыми краями. Листья такого типа были описаны И.Ф.Шмальгау-

зеном (1887) как *Baiera gigas*, а М.Д.Залесским (1937) — как *Biarmobaiera uralensis* и *Uralobaiera biarmica*.

К третьей группе относятся довольно редко встречающиеся веерообразные листья *Flabellifolium* пока не установленной таксономической принадлежности.

Четвертая группа — листья того же типа, что у рода *Sphenobaiera*. Формой они похожи на листья второй группы, но размером значительно меньше. Правда, некоторые напоминают листья *Psymphyllum cuneifolium*, однако конструкция их более проста. Род *Sphenobaiera*, формальный, морфотипический, чрезвычайно широко распространен географически, так и стратиграфически — от пермских до палеогеновых отложений. К сожалению, только некоторые виды этого рода довольно неплохо изучены. Для большинства же видов и эпидермально-кутикулярное строение, и тип фруктификаций остаются неизвестными. Приуральские экземпляры этих растений обычно определяются как *Sphenobaiera* sp.

И наконец, пятая группа приуральских гинкгофитов — самая интересная и перспективная для поисков родства с современным гинкго. Это листья рода *Kerpia*, найденные и описанные автором этих строк [11]. Сейчас род включает два вида: типовой вид *Kerpia macroloba* из кунгурского яруса Приуралья и *K.belebeica*, недавно открытый в верхнепермских (казанских) отложениях Башкирии [12]. Из всех палеозойских гинкгофитов этот род наиболее близок по общей морфологии листа современному гинкго (в некоторых случаях на нем образуются aberrantные листья, совершенно идентичные листьям керпии).

Такое удивительное многообразие листьев пермских гинкгофитов, приуроченных к отложениям кунгурского яруса в Приуралье, не может быть слу-

чайным. Очень высока вероятность, что именно там и находился центр возникновения всей филогенетической ветви гинкговых, которые в конце пермского периода и далее в мезозое распространились по всему земному шару.

В тех же отложениях, где встречаются листья керпии и других приуральских гинкгофитов, автор обнаружил фруктификации, практически неотличимые от генеративных органов мезозойских представителей рода *Karckenia*. Это были компактные собрания округлых семян, расположенных по спирали на фертильной оси. Как именно они прикрепились, пока не совсем ясно, так как их основания не видны. Но если су-

дить по кое-где заметным семяножкам, изогнутым вверх, семена были инвертированными, обращенными, как у других каркений. В нижнепермских отложениях Приуралья встречаются также отдельные семена, идентичные тем, что найдены прикрепленными к фертильной оси кунгурской каркении. Они напоминают семена гинкговых. В спорово-пыльцевых комплексах попадают пыльцевые зерна в форме лодочек — их не отличишь от пыльцы современного гинкго.

По некоторым морфологическим особенностям каркения из кунгурского яруса Приуралья должна быть отнесена к новому виду. Детальное описание этого вида — дело будущего. Пока

можно лишь предположить, что женские фруктификации кунгурской каркении принадлежали растениям с листьями *Kerperia macroloba*. Если это умозаключение подтвердится, то перед нами — самое древнее растение, у которого листья, очень сходные с листьями современного гинкго, сочетались с фруктификациями типа каркении, характерными для более молодых, юрско-меловых, представителей порядка Ginkgoales. Может быть, действительно, именно из Приуралья ведет свою родословную гинкго, «живое ископаемое», появившееся на Земле четверть миллиарда лет назад и продолжающее радовать нас своей трогательной красотой. ■

Литература

1. Kratz O. Goethe und die Naturwissenschaften. München, 1998.
2. Сикстель Т.А., Кузичкина Ю.М., Савицкая Л.И.и др. // Палеоботаника Узбекистана. Т.2. Ташкент, 1971. С. 62—116.
3. Archangelsky S., Cuneo R. // Rev. Palaeobot. Palynol. 1990. V.63. P.117—135.
4. Schweitzer H.-J., Kirchner M. // Palaeontographica. Abt. B. 1995. Bd.237. Lfg.1—3. S.1—58.
5. Станиславский Ф.А. // Палеонтол. журн. 1973. №1. С.88—96.
6. Красилов В.А. Мезозойская флора р.Буреи (Ginkgoales и Czekanowskiales). М., 1972.
7. Cesari S.N., Hunicken M. // Palaeontographica. Abt. B. 1992. Bd.224. Lfg.4—6. S.121—129.
8. Zhou Z., Zhang B. // Palaeontographica. Abt. B. 1989. Bd.211. Lfg.4—6. S.113—133.
9. Zhou Z., Zhang B. // Palaeontographica. Abt. B. 1992. Bd.224. Lfg.4—6. S.151—169.
10. Zhou Z. // Rev. Palaeobot. Palynol. 1991. V.68. P.203—216.
11. Наугольных С.В. // Палеонтол. журн. 1995. №3. С.106—116.
12. Наугольных С.В. // Новости из Геологического музея им.В.И.Вернадского. 2001. №6.

Бразильские власти решили навсегда покончить с незаконной торговлей красным деревом: закон запрещает вырубку этой ценной породы в целом ряде амазонских штатов Бразилии (исключение составляют районы, на которые лесопромышленные концессии получили сертификаты от независимых экспертов). Активную кампанию в защиту Амазонии ведет «Гринпис»; по сведениям этой организации, в конце 2001 г. Министерство окружающей среды Бразилии предотвратило контрабандную продажу на международный рынок более 7000 м³ красного дерева по нынеш-

ней стоимости 7 млн евро. Ценная кора этих деревьев была возвращена племенам индейцев.

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

В древнеиндийской поэзии нередко встречаются строки, в которых упоминается запах меда, тянувшийся за слонятами. Сейчас тому получено подтверждение. Исследования Б.Расмуссена (B.Rasmussen; Орегонский университет здравоохранения и науки, США) показали, что по химическому составу секрет височной железы слоненка и пчелиный мед близки. По мере роста

молодняка начинают преобладать андрогены (мужские половые гормоны), что делает животных более агрессивными; при этом у них меняется и запах: он становится малоприятным. Сладковатый запах, исходящий от слонят в возрасте от 8 до 13 лет, служит сигналом для старших особей, чтобы они не вступали в конфликты с «детворой». Сделанное открытие позволяет создать распылители (типа спреев), способные умерить буйный нрав мощных слонов.

Sciences et Avenir. 2002. №662. P.24 (Франция).

Королевство

Новости науки

Космология

«Портрет» Большого взрыва

Исследование космического фонового излучения, оставшегося после Большого взрыва, исключительно важно для понимания событий, происходивших на ранних стадиях расширения Вселенной. Недавние результаты таких наблюдений были представлены американскими астрофизиками в конце мая 2002 г.

Работы проводились на телескопе CBI (Cosmic Background Imager), расположенном в чилийской пустыне Атакама. Присущей ему чувствительностью не обладают даже новейшие приборы на борту ИСЗ «MAP» («Microwave Anisotropy Probe»).

Измеряя неоднородности реликтового излучения, CBI показывает астрономам пространство в том виде, в каком оно существовало всего спустя 300 тыс. лет после возникновения Вселенной — в тот момент, когда она представляла собой лишь водородно-гелиевую плазму. Согласно существующим теориям, акустические колебания этой плазмы оставили возмущения (своеобразную «рябь») на карте распределения фоновой радиации. Такие «волны» можно наблюдать и поныне, и их спектр несет информацию о самых ранних стадиях эволюции мира.

Весной 2002 г. на обсерваториях BOOMERANG (Balloon Observations of Millimetric Extragalactic Radiation and Geophysics) и DASI (Degree Angular Scale Interferometer) удалось впервые зарегистрировать первый и второй пики в спектре пространственного распределения микроволновой фоновой радиации, которые можно

уподобить основному и первому обертонам музыкальных инструментов. Замечены были и «намекы» на существование третьего пика. Теперь же CBI с его особой чувствительностью к более высоким обертонам зафиксировал третий и четвертый пики и, с меньшей вероятностью, даже пятый и шестой.

Сравнение полученных данных с теоретическими моделями позволяет специалистам проводить независимое измерение соотношения материи и излучения в ранней Вселенной, проверяя в то же время правдоподобность самих моделей. Уже ясно, что мощность обертонов уменьшается с увеличением номера пика, подтверждая акустическую модель. По не совсем ясным причинам возмущения в мелких масштабах возрастают, что противоречит теоретическим моделям.

Science. 2002. V.296. №5573. P.1588 (США).

Астрономия

Астероид угрожает

23 февраля 1950 г. финский астроном К.Виртанен открыл астероид, получивший временное название 1950 DA. Наблюдения за ним велись в течение 17 сут, после чего он был потерян и точная его орбита осталась неизвестной. В последний день 2000 г. выяснилось, что этот же астероид был обнаружен и сфотографирован еще раз в 1981 г. и снова потерян. В новом тысячелетии к наблюдениям подключились современные мощные радиолокационные установки в Голдстоне (штат Калифорния) и радар Аресибо на о.Пуэрто-Рико. Вновь обретенное небесное тело в марте 2001 г. находилось примерно в 8 млн км от Земли. Ра-

диолокация показала, что это неправильный сфероид со средним диаметром 1.1 км.

Более глубоким знакомством с астероидом 1950 DA занялась группа американских специалистов во главе с Дж.Д.Джорджини (J.D.Giorgini): согласно вычислениям, в 2880 г. он имеет один шанс из 300 врезаться в нашу планету. Вероятность такого события в 10^3 раз больше, чем у любого другого небесного тела, соизмеримого по массе. «Успешное попадание» может произойти после нескольких последовательных сближений с Землей и Марсом. Правда, каждое сближение увеличивает ошибку расчетов, но не исключает возможности такого события. Наиболее вероятно, что оно осуществится около 16 марта 2880 г. Падение космического тела, имеющего более километра в поперечнике, вызвало бы взрыв мощностью 10 тыс. Мт (самое крупное испытание термоядерного оружия оценивается примерно в 60 Мт), а это ставит под угрозу существование человеческой цивилизации, и игнорировать подобный исход, даже кажущийся далеким и маловероятным, нельзя.

Впрочем, сами авторы предлагают не драматизировать ситуацию, считая свою работу скорее методическим упражнением, чем предсказанием катастрофы. Столь длинный ряд наблюдений (1950—2001) позволил им вычислить орбиту астероида 1950 DA с точностью, недостижимой для других подобных малых планет. Ученые с максимальной полнотой учли влияние всех внешних факторов и впервые довели модель орбиты малой планеты до такого совершенства, что дальнейшее ее уточнение невозможно без знаний физических свойств поверхности астероида.

Сегодня и грядущая опасность, и способность человека ей противостоять кажутся заимствованными из посредственного фантастического фильма. Однако на сей раз мы имеем дело с вполне реальной (хотя и не обязательной) перспективой. И восемь веков, данных нам «на размышления», — это не бесконечность.

Science. 2002. V.296. №5565. P.27, 77, 132 (США).

Метеоритика. Геология

Метеоритный кратер на дне Северного моря

Проанализировав данные сейсмических исследований дна Северного моря, которые были получены в начале 1990-х годов, С.Стюарт (S.Stewart; «British Petroleum») и Ф.Дж.Аллен (Ph.J.Allen; «Production Geoscience») обнаружили на восточном побережье Великобритании, в 130 км к востоку от залива Хамбер, не известный ранее метеоритный кратер, возникший 60—65 млн лет назад. Первооткрыватели дали ему имя Силверпит — по названию ближайшей детали донного рельефа. В отличие от подобных образований на суше он почти не подвергался эрозии, от разрушительного действия которой его защищает слой осадочных пород толщиной от 300 до 1500 м; в результате структура кратера осталась практически неизменной.

В центре кратера — чашеобразное углубление диаметром около 3 км с характерной центральной горкой. Оно окружено по меньшей мере 10 концентрическими валами высотой в несколько десятков метров. Диаметр внешнего вала достигает 20 км. До сих пор предполагалось, что такие кольца образуются лишь вокруг кратеров, размер которых превышает поперечник Силверпита не менее чем на порядок. Однако его пример доказывает, что появлением колец могут сопровождаться и менее масштабные события, хотя почему это происходит, пока неясно. Впрочем, число известных кратеров такого размера

очень невелико, поэтому говорить о каких-то закономерностях или об отклонении от них пока не приходится. Не исключено, что концентрические кольца — характерная черта и небольших кратеров, просто до сих пор эрозия не позволяла это обнаружить. Благодаря своей сохранности кратер Силверпит, вероятно, станет одним из эталонов для проверки моделей падения крупного метеорита на поверхность Земли.

Судя по размерам, кратер появился в результате падения на Землю астероида или кометного ядра диаметром около сотни метров. По времени это событие приблизительно совпадает с падением астероида, который, как полагают, стал причиной вымирания динозавров. Возникает предположение, что оба метеорита были фрагментами одной малой планеты, однако Стюарт и Аллен считают такое заключение преждевременным, так как датировка образования Силверпита недостаточна точна.

Nature. 2002. V.418. №6897. P.520 (Великобритания).

Физика атмосферы

Пробелы в физике атмосферы ликвидируются

К наименее изученным областям воздушной оболочки Земли относятся мезосфера и нижняя термосфера — слой между 50 и 150 км над поверхностью планеты. Он пока недостижим ни для самых высотных шаров-зондов, ни для самых низких искусственных спутников. В то же время знание физических параметров мезосферы и термосферы совершенно необходимо как в теоретическом, так и в сугубо практическом смысле. Именно здесь начинают сильно тормозиться входящие в атмосферу космические корабли. Чтобы точнее установить район падения обломков отработавших аппаратов, нужно знать возмущения плотности мезосферы и нижней термосферы. Ветры в этой области искажают траектории запускаемых вы-

сотных ракет. Наконец, уже разрабатываются сверхзвуковые самолеты, которым предстоит летать в мезосферной среде. Теоретики же осознают, что мезосфера и нижняя термосфера служат важнейшим звеном в вертикальном переносе энергии и вещества между Землей и окружающим ее пространством¹.

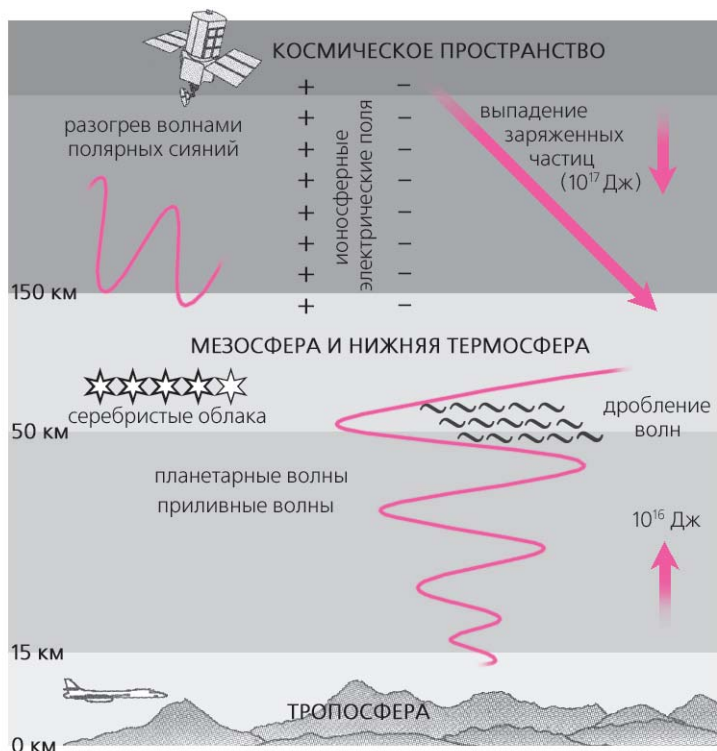
Известно, что в летнее время наиболее охлажденная область во всей атмосфере — это расположенная над полюсами мезопауза (граница между мезосферой и термосферой). Царящие там температуры, близкие к 130 К, примерно на 70 К ниже, чем следовало бы ожидать в случае простого радиационного равновесия. Летняя мезопауза в Антарктике должна иметь несколько более высокую температуру, чем в Арктике, что обусловлено существующими различиями в очертаниях суши и океана. Действительно, спутниковые данные показывают: в середине летнего сезона мезосфера над Южнополярным материком примерно на 12 К теплее, чем над Арктикой. Однако наблюдения в 1998 г. с помощью метеорологических ракет принесли, к удивлению специалистов, неожиданный результат: в Антарктике летняя мезопауза охлаждена так же сильно, как в Арктике.

Растущая концентрация парниковых газов, естественно, повышает температуру земной поверхности, но не исключено, что она приводит к охлаждению верхней атмосферы. В этом смысле особый интерес представляет холодная летняя мезосфера²: ее температура остается стабильной в пределах 20 К, тогда как прогнозируемое охлаждение в условиях удвоения концентрации парниковых газов должно составлять около 10 К.

Примечательное явление: сербристые облака, порождаемые частицами льда на высоте около 80 км (мезопауза), за последние 30 лет наблюдаются вдвое чаще, чем

¹ Jarvis M.J. // Science. 2001. V.293. №5538. P.2218.

² Lübken F.J. // Geophys. Res. Lett. 2000. V.27. P.3603.



Перенос энергии в мезосфере и нижней термосфере. Ежесуточно в атмосфере с воздушными потоками перемещается энергия около 10^{16} Дж. Во время геомагнитных бурь, случающихся в среднем раз в 5 сут, полярные сияния вносят энергию, достигающую примерно 10^{17} Дж.

ранее³. Это может свидетельствовать о тенденции к похолоданию. Но и здесь налицо противоречие: вопреки наземным наблюдениям, температурные профили, построенные по данным ракетных измерений в Арктике, не говорят о сколь-нибудь долгосрочной такой тенденции.

Эти противоречия демонстрируют все еще слабую осведомленность о состоянии мезосферы и нижней термосферы. Да и пространство от земной ионосферы до Солнца, на котором обеспечивается его связь с нижней атмосферой, только сейчас начинают изучать всерьез. Недавние исследования показали: энергия волн планетарного масштаба в стратосфере может зависеть от нижних слоев термосферы; на химический состав стратосферы влияют внедряющиеся из околоземного

пространства заряженные частицы; мезосфера и нижняя термосфера играют важную роль в переносе энергии⁴.

В последнее время начали применять новейшие методики и современную аппаратуру, в том числе оптоэлектронные устройства, позволяющие вести дистанционные измерения переноса энергии в мезосфере и нижней термосфере, наблюдать весьма слабое свечение воздуха, возникающее в результате фотохимических процессов в верхней атмосфере. Для определения температуры высоких слоев атмосферы применяется спектрометрический метод (наземным измерениям препятствует дневной свет в летний период высоких широт). Но уже существуют лидары новой конструкции, которые снабжены двумя спектрально разделенными лазерами, позволяющими

³ Бронитэн В.А. Серебристые облака и их наблюдение. М., 1984.

⁴ Siskind D.E. et al. // Geophys. Res. Lett. 2000. V. 27. P.329; Gardner C.S. et al. // Ibid. P.1199.

обойти эту трудность. Недавно с их помощью впервые построены температурные профили для мезосферы непосредственно над Северным и Южным полюсами в полярный день. Среднечастотные и метеорные радары не зависят от условий освещенности. Это позволило в рамках Planetary Scale Mesopause Observing System (Системы наблюдения мезопаузы в планетарном масштабе) впервые провести глобальный анализ суточных и полусуточных приливов (откликов мезосферы на притяжение Луны). Выяснилось, что даже эти, считающиеся наиболее «базовыми», явления в атмосфере не всегда соответствуют принятым моделям.

Вскоре начинается эксперимент по проекту шведских ученых с участием специалистов других стран: с помощью искусственного спутника «Odin», запущенного в феврале 2001 г., предстоит определить, существует ли связь между частотой возникновения серебристых облаков и концентрацией CO_2 в атмосфере. Другое важное мероприятие проводится НАСА США в ходе проекта «Thermosphere Ionosphere Mesosphere Energetics and Dynamics» («Энергетика и динамика термосферы, ионосферы и мезосферы»). Одна из задач запущенного в декабре 2001 г. спутника — изучение основной структуры мезосферы и нижней термосферы, энергетического баланса этой области и космической погоды.

Метеорологи традиционно строят модели глобальной циркуляции в тропосфере и стратосфере, а космофизики создают свои модели на базе данных о магнитосфере, ионосфере и термосфере (примерно между 100 и 500 км над подстилающей поверхностью). Чтобы ликвидировать такую разобщенность, Национальный центр атмосферных исследований в Боулдере (США) приступил к выполнению проекта «Whole Atmosphere Community Climate Model» («Общая модель атмосферы»). Задача — создать всеохватывающую картину процессов, происходящих в воздушной оболочке Земли.

© Б.И.Силкин
Москва

Робототехника

Крибот плавит льды

Способы исследования внеземных льдов отрабатываются на о.Шпицберген. Специалисты НАСА США совместно с сотрудниками Полярного института и Центра космических исследований Норвегии недавно успешно испытали крибот — робот, имеющий форму снаряда и способный проникать в толщу ледника; в ходе испытаний он углубился на 23 м.

Принцип функционирования робота прост: по мере того как его головная часть плавит поверхность льда, образующаяся жидкость циркулирует вдоль оболочки нагревателя и на подходе к тыловой части охлаждается. Помещенные на нем датчики измеряют необходимые параметры, которые по кабелю или по системе радиорелейной связи передаются в пункт приема и сбора информации.

Исследователи полагают, что такой тип робота позволит изучить подледное озеро Восток в Антарктиде, а также ледовые покровы Марса и спутника Юпитера — Европы.

Sciences et Avenir. 2002. №661. P.12 (Франция).

Зоология. Таксономия

Инвентаризации мировой герпетофауны не видно конца

Казалось бы, эпоха удивительных открытий доселе неведомых видов животных осталась далеко позади. Но, оказывается, это не совсем так.

Немецкие герпетологи из разных исследовательских институтов и университетов¹ провели рутинную и кропотливую работу: они подсчитали, сколько новых видов и разновидностей пресмыкающихся описано в мировой научной литературе в период с 1990 по 1999 г. Оказалось, 698 видов и 170 подвидов! Это невероятно много, если учесть, что, по класси-

¹Tier und Museum. 2001. Bd.7. №2—3. S.35—65.

ческим представлениям, вся герпетофауна Земли оценивается всего лишь примерно в 7 тыс. видов.

Больше всего новых видов и подвидов «появилось» в 1991 г. — 120. Из ящериц особенно много гекконов, сцинков и игуанообразных, из змей — конечно, ужовых. Среди пресмыкающихся только крокодилы оказались инвентаризованы полностью — у этих хищников новых видов не обнаружено. И не удивительно: все аллигаторы, крокодилы и гавиалы известны наперечет.

Неизвестных представителей класса пресмыкающихся находили в последнее десятилетие главным образом в тропических регионах. Очевидно, что более тщательные исследования во многих из труднодоступных первичных лесов принесут еще не одну замечательную находку.

Однако немало новых видов и разновидностей обнаруживается и благодаря совершенствованию методов сравнительного изучения популяций уже давно известных животных, а также в результате изменения концептуальных взглядов на границы таксонов. Нередко иные номенклатурные названия появляются при ревизии предыдущих таксономических описаний. Случается, что некий вид или подвид описан с нарушением требований Международного кодекса зоологической номенклатуры, и тогда его приходится описывать заново. Нового для науки вида в результате этой работы не появится, но формально возникает описание с иным названием. Вот несколько любопытных примеров. В 1997 г. с небольшим интервалом появились описания двух видов водных черепах из Юго-Восточной Азии. Но авторы работ не ездили в азиатские тропики для поиска неизвестных рептилий, а использовали коллекционные материалы, собранные много десятилетий назад. Судя по описаниям, эти черепахи должны быть очень похожи друг на друга. Возникло предположение, что речь идет об одном и том же виде. Так и оказалось, но благодаря проведенной при этом особенно тща-

тельной проверке выяснилось, что среди исследованных музейных экземпляров хранятся еще два не известных науке вида.

Случается, что новые виды удается распознать по ранее не использовавшимся признакам. Так, на Мадагаскаре обитает несколько видов хамелеонов рода *Calumma*. Эти мелкие изящные ящерицы не имеют заметных внешних отличий друг от друга, да еще и обитают в одних и тех же местах! Различать их не удавалось, пока не обратили внимания на строение половых органов самцов — гемипенисы. И тут обнаружилось такое разнообразие, что подразделять их уже не представляло сложности. В результате появилось описание нового хамелеона из этой группы.

Бывает, что открытие связано с настоящей сенсацией. Так, в 1999 г. на Канарских о-вах нашли гигантскую ящерицу семейства настоящих ящериц, относящуюся к разновидности, которая считалась вымершей и была известна лишь по окаменевшим остаткам. В итоге этот таксон «переместился» из списка вымерших видов в число ныне живущих.

© Д.В.Семенов,

кандидат биологических наук
Москва

Геофизика

Гипотеза Миланковича в развитии

Предположения о влиянии на климат Земли космических факторов были высказаны более столетия назад, но серьезное обоснование они получили лишь в 1941 г. с опубликованием работы сербских ученых — математика М.Миланковича (M.Milankovitch) и географа В.Кёппена (W.Köppen). С тех пор дискуссия вокруг этой проблемы не утихает. На очередной конференции Американского геофизического союза (Сан-Франциско, декабрь 2001 г.) ей было посвящено отдельное заседание¹.

¹ M.Milankovitch and Climate: 25 Years Later. American Geophysical Union. San Francisco, 2001.

В свое время Миланкович считал климатические последствия изменений цикличности солнечной инсоляции, которая имеет тенденцию колебаться в различных масштабах времени: примерно в 20-тысячелетнем, диктуемом прецессией оси вращения планеты, 40-тысячелетнем, связанном с изменением наклона ее орбиты; 100- и 400-тысячелетнем, которые вызваны вариациями эксцентриситета орбиты Земли. Это и привело сербских ученых к мысли, что эпохи оледенения начинаются, когда инсоляция в Северном полушарии минимальна. Однако наивно проверить эту революционную гипотезу было почти невозможно, так как хронология климатических данных страдала в то время неполнотой и неточностью. Лишь в 1976 г. американский геофизик Дж.Д.Хейс (J.D.Hays) с коллегами смог представить строгие доказательства — длинные колонки грунта, поднятые в различных точках Мирового океана. Новая методика их анализа позволила говорить о времени отложения этих пород. Тогда-то и подтвердилось влияние на климат прецессии, изменения наклона орбиты и ее 100-тысячелетнего эксцентриситета, причем было установлено, что эффект прецессии и наклона орбиты довольно слабы, зато нелинейная реакция на эксцентриситет весьма значительна.

Большинство коллег одобрило эту работу. Даже скептиков убедил тот факт, что в самых различных геологических провинциях найдены свидетельства циклических перемен в характере отложений, причем по времени они примерно совпадали с орбитальными. За прошедшую затем четверть века были получены доказательства, что изменения в орбитальном движении Земли сильно влияют на климатические условия в тропиках, особенно на муссоны; что количество атмосферных газов, в том числе CO_2 и CH_4 , заключенных в ледниках, тоже зависит от астрономических циклов; все математические модели, описывающие динамику льда на Земле за четвертичный период, начавшийся 1.8 млн лет на-

зад, требуют, чтобы происходили перепады количества CO_2 в атмосфере. Канадский геофизик Р.Пелтье (R.Peltier; Торонтский университет) полагает, что размах нынешних антропогенных событий так велик, что они вообще могут означать окончание четвертичного периода: рост концентрации CO_2 столь значителен, что климатическая система окажется не в состоянии с ним справиться и вернуться к предшествующим колебаниям, даже если антропогенный фактор CO_2 сократится до фоновых объемов.

Теория астрономического влияния на климат предусматривает существование колебаний природных условий еще и в масштабе около миллиона лет. Теперь это положение подтверждено группой сотрудников Колумбийского университета (Нью-Йорк) во главе с П.Олсеном (P.Olsen). Изучая отложения триасового и юрского периодов на дне озер в штате Нью-Джерси, они обнаружили следы долгопериодных колебаний климата на протяжении отрезка в 33 млн лет.

И все же, несмотря на значительные успехи в изучении «проблемы Миланковича», загадки и несогласования все еще остаются. Например, не сходятся с фактами некоторые модели 100-тысячелетней цикличности, которые требуют, чтобы литосфера всякий раз приспосабливалась к новой нагрузке ледникового покрова, но отчетливых следов совпадения с астрономическими циклами не обнаружено. Возникли сомнения относительно механизма влияния на климат орбитальных перемен и роли эксцентриситета в поддержании 100-тысячелетнего цикла. Высказано предположение, что момент смены палеомагнитной эры Брюнеса на эру Матуяма указывается с ошибкой в несколько сот тысяч лет (аргоновая датировка пород, похоже, это подтвердила). Аккуратное определение времени образования террас в коралловых постройках (что связано с уровнем моря, а тем самым — с наступлением межледниковых периодов) указывает на относи-

тельно высокое стояние зеркала вод примерно 136 тыс. лет назад, т.е. на несколько тысяч лет ранее, чем должно быть согласно орбитальным факторам. Таким образом, влияние астрономических причин на климат (по крайней мере в отношении некоторых периодов отступления ледников) было более сложным, чем считали до сих пор.

Нет полного понимания и некоторых других динамических соотношений: например, какова связь между медленными (в одном масштабе времени с изменениями орбиты) колебаниями объема льдов на Земле и сравнительно мелкими быстрыми изменениями климата в масштабе тысячелетия; существуют ли взаимодействия между тектоническими процессами и временными вариациями климатической системы, реагирующими на орбитальные факторы планеты.

Все это, вместе взятое, и составляет программу действий для палеоклиматологов, гляциологов, гидрологов, геотектонистов и геологов на предстоящую четверть века. Science. 2002. V.295. №5559. P.1473 (США).

Геотектоника

Столкновение Индостана с Евразией — деформации в Гималаях и Тибете

Индостан, этот континентальный блок, представлявший некогда часть суперконтинента Гондвана, после его раскола начал быстро перемещаться на север и достиг Евразии, как полагают, на рубеже палеоцена и эоцена (около 55 млн лет назад). Результатом этого столкновения явилось продолжающееся и поныне формирование Гималайской горной системы — самого высокого складчатого сооружения на планете.

Проведенные в последнее десятилетие измерения¹ с использованием спутниковой навигационной системы GPS (Global Positioning System) позволили количественно оценить движение Индостанской плиты в северном направлении.

¹ Wang Q. et al. // Science. 2001. V.294. №5542. P.574—577.

Оказалось, что скорость ее перемещения составляет 36—38 мм/год на севере Индии, в непосредственной близости от Гималаев, и 35.9 мм/год на юге Индии. Такие близкие значения скоростей, полученные для удаленных друг от друга частей плиты, свидетельствуют об отсутствии заметных деформаций земной коры в ее пределах. Эти же исследования показали, что в южной части Евразийской плиты энергия столкновения реализуется в интенсивной складчатости и образовании разломов, что приводит к «укорачиванию» земной коры в районе Тибетского плато. При этом распределение напряжений сжатия в данном регионе крайне неравномерно и зависит от конкретных геодинамических условий, что порождает значительные трудности для исследований и геологических интерпретаций.

Характер распределения напряжений в коре устанавливают на основе темпов вертикальных подвижек, происходящих вдоль плоскостей активных разломов; они высчитываются путем деления величины тектонически обусловленного подъема той или иной морфологической структуры на ее возраст. В Гималаях и на Тибетском плато для определения скорости движения давно используются речные террасы, образующиеся после каждого этапа интенсивных вертикальных движений. До сих пор считалось, что наиболее древние из сохранившихся здесь террас сформировались около 20 тыс. лет назад, по завершении последнего ледникового максимума. При такой интерпретации расчетные скорости вертикальных движений для северной части Тибетского плато составляют 20—30 мм/год (замеренные же с помощью системы GPS величины не превышают здесь 9 ± 5 мм/год).

Недавно в этом регионе проведены детальные исследования, которые показали, что предыдущие оценки темпов вертикальных движений по разломам могут оказаться значительно завышенными. Используя метод датирования по космогенным радионуклидам (^{21}Ne , ^{10}Be и ^{26}Al), группа ученых из Гер-

мании, Китая и Швейцарии получила существенно большие значения возраста для серии террас, расположенных на северной окраине Тибетского плато¹. Самая древняя из них имеет возраст 170 тыс. лет, что при пересчете на ее высоту дает величину темпов вертикального движения по разломам около 0.35 ± 0.05 мм/год, т.е. почти на два порядка меньше по сравнению с предыдущими оценками.

Результаты этих исследований позволяют сделать важные выводы, касающиеся тектонической истории региона и методов ее изучения: выяснилось, что некоторые морфологические структуры значительно древнее последнего ледникового максимума; прежние оценки темпов вертикального движения по разломам должны быть пересмотрены в сторону их уменьшения; метод датирования по космогенным радионуклидам обеспечивает более точные определения возраста морфоструктур; рельеф Центральной Азии дает возможность изучать соотношения между тектоническими и поверхностными процессами (включая климатические) по крайней мере за последние 200 тыс. лет.

© И.А.Басов,
доктор геолого-
минералогических наук
Москва

Океанология

Айсберг создал «пробку»

В последние десятилетия от окаймляющих Антарктиду ледников все чаще откалываются крупные айсберги. Так, один из них, отделившийся в марте 2000 г. от шельфового ледника Росса², имел в длину 295 км, а в ширину — 40 км. Продрейфовав более 1000 км на север, этот гигант (он получил имя В-15) полностью растаял.

Хотя это событие было изучено неплохо, его влияние на экологическое состояние вод выясни-

лось только недавно. При анализе спутниковых изображений поверхности моря оказалось, что В-15 препятствовал обычному здесь северо-западному дрейфу паковых льдов и тем самым нарушал водообмен в одной из самых биопродуктивных антарктических акваторий — юго-западной части моря Росса. В результате сократилась площадь открытого моря, где возможен рост фитопланктона, и продолжительность времени, когда он происходит. Продуктивность вод упала по сравнению с нормой на 40%, что нарушило условия жизни организмов верхнего трофического уровня, в том числе пингвинов Адели (*Pygoscelis adeliae*), гнездящихся на близлежащем о.Росса.

Если глобальное потепление продлится и откол гигантских айсбергов участится, экологическое состояние этого прибрежного региона может сильно пострадать.

Science. 2002. V.296. №5568. P.619 (США);
Geophysical Research Letters. 2002. V.29.
P.10 (США).

Сейсмология

Землетрясению шесть с половиной веков

18 октября 1356 г. жители Базеля, да и все население Швейцарии, содрогнулись от внезапного подземного толчка: город был уничтожен целиком; в 200-километровой округе повалились с храмов колокола, а в 40 замках и крепостях обрушились башни. Затем стихия надолго замерла, и только в 1721 г. снова появились признаки оживления недр, но они были столь слабыми, что для большинства прошли незамеченными. Это грозное событие в центре Европы, относимом к слабосейсмичной зоне, и по сей день считается крупнейшей катастрофой на континенте. В течение 645 лет оставалось оно и одним из наименее изученных. Лишь теперь его причины и обстоятельства тщательно исследовала группа сейсмологов из Федеральной высшей технической школы в Цюрихе и Геолого-

¹ Hetzel R. et al. // Nature. 2002. V.417. №6887. P.428—432.

² Новый айсберг-гигант начал дрейф // Природа. 2000. №11. С.88.

палеонтологического института в Базеле, которую возглавляет М.Меграуи (M.Meghraoui; филиал Института физики Земли в Страсбурге, Франция).

Были подняты исторические источники, упоминавшие эту трагедию; среди откликнувшихся на нее оказались авторы средневековых хроник, монахи, великий итальянский поэт Петрарка. В их текстах говорится о первичном сотрясении земной поверхности, случившемся «в обед», о последовавших за ним повторных толчков и о вечернем подземном «ударе», который был сильнее первого. В анонимной биографии папы римского Иннокентия VI, составленной через шесть лет после события, сообщается о трещинах в почве. Все это для современного геофизика уже давало некоторую информацию, но, разумеется, недостаточную.

Последовавшие полевые работы выявили активный сброс земной коры, ответственный не только за Базельскую катастрофу, но и за мощные землетрясения, случившиеся примерно здесь же в еще более давнюю эпоху. Чтобы судить о частоте возможных толчков в будущем, специалисту важно знать временной интервал хотя бы между двумя сейсмическими событиями. Возраст местных пород (по ^{14}C) показал, что тектонические процессы, приведшие к последнему землетрясению, шли с 6480 г. до н.э. по 610 г. н.э. Всего за 8500 лет уровень поверхности земли поднялся здесь на 180 см, что составляет в среднем 0.21 мм/год.

Базельский регион принадлежит к области верхнерейнского грабена, прорезанного за тысячелетия водами Рейна. Грабен связан с кайнозойской рифтовой системой, на юге (на границе современной Швейцарии с Францией) упирающейся в складчато-надвиговый пояс юрского времени. Фоновая сейсмичность этого грабена относительно невелика по сравнению с другими континентальными рифтами. Для нескольких десятков землетрясений с магнитудами от 5 и выше по Рихтеру,

происходивших на юге верхнерейнского грабена и на севере альпийских предгорий, были определены их очаги: установлено, что здесь преобладают нормальные сбросы и горизонтальные сдвиги в направлении с северо-востока на юго-запад.

По мнению специалистов, магнитуда землетрясения 1356 г. составляла 6.0—6.5 по шкале Рихтера, и, следовательно, на поверхности оно должно было оставить «шрам». Проведя авиасъемки и построив подробнейшие топографические карты, франко-швейцарские исследователи обнаружили не известный ранее эскарп (уступ) высотой до 50 м. Он протянулся к югу от Базеля на 8 км вдоль западной стороны долины р.Бирс около г.Рейнхарда. Оставалось уточнить, является эта топографическая аномалия следствием землетрясения, оползня или обычной эрозии.

Поблизости вела работы археологическая экспедиция, и в стенке раскопа геологи увидели резкий контраст между молодыми и очень древними осадочными породами. Геофизики провели раскопки от основания эскарпа и измерили электросопротивление почвы. Так удалось различить отдельные блоки песка и глин — следы сбросов. Датирование пород в одной из траншей по ^{14}C подтвердило: за последние 8500 лет здесь произошли три землетрясения, в совокупности приподнявшие почву на 1.8 м. Общий вывод: обнаруженный разлом порождает землетрясения, подобные базельскому 1356 г., в среднем один раз в 1500—2500 лет.

Science. 2001. V.293. №5537. P.1970, 2070 (США).

Гляциология

Западно-Антарктический ледник растет

Известно, что Западно-Антарктический ледник, опирающийся на мощный слой морских осадков, не раз за последнее тысячелетие менял скорость стекания в сторону моря, особенно ин-

тенсивно — в области Берега Сайпла (море Росса). Со времени последнего максимума оледенения линия, вдоль которой ледниковый покров теряет контакт со своим ложем и всплывает, отодвинулась с западной стороны залива Росса почти на 1300 км. По оценкам, скорость отступления достигала 120 м/год, и, следовательно, «срок жизни» этого ледника не превышает нескольких столетий. Правда, большинство специалистов продлили его до 4 тыс. лет, но и это грозило подъемом уровня океана за столетие на 12.5—15 см.

Такой прогноз подкреплялся определениями баланса масс ледникового потока Росса — примерно $-20.9 (+13.7)$ Гт/год. Иначе говоря, потери массы льда превышали его прирастание приблизительно на 25%. Значительную часть отрицательного баланса относили на счет таяния ледникового потока Уилланса (ранее его именовали ледниковым потоком В), а также других аналогичных объектов, за исключением потока С, который, по-видимому, стабилизировался еще 150 лет назад. Следует иметь в виду, однако, что эти выводы делались на основании довольно редких полевых измерений скорости движения льда (в некоторых точках — лишь один-два раза).

Совершенно иную картину дают результаты работ американских гляциологов А.Жугэна (I.Joughin; Лаборатория реактивного движения НАСА в Пасадене) и С.Тулачука (S.Tulaczyk; Университет штата Калифорния в Санта-Круссе). Для переоценки баланса масс ледникового потока Росса они использовали интерферометрические радары с синтетической апертурой, позволяющие достаточно точно измерять скорость движения льда, а также авиационную геодезическую съемку, спутниковую телеметрию и усовершенствованный анализ колонок льда.

В итоге полностью опровергнуты прежние представления: мощность (толщина) ледникового покрова здесь отнюдь не уменьша-

ется, а медленно, но верно увеличивается; масса льда ежегодно прирастает примерно на 26.8 Гт/год, причем большая часть прироста приходится на область потока С. Что же касается потока Уилланса, баланс которого считался резко отрицательным, то его состояние оказалось близким к равновесному.

Авторы работы полагают, что общий положительный баланс этой огромной ледяной массы может служить показателем окончания процесса отступления ледников Антарктиды, происшедшего на протяжении всего голоцена. Этот вывод очень важен в прогнозе климата всей планеты и состояния ее гидросферы: ведь антарктический ледовый покров содержит основную массу пресной влаги на Земле, а также оказывает огромное влияние на глобальную циркуляцию в Мировом океане, куда впадают его талые воды и айсберги, распределяя, меняя температуру и плотность вод.

Science. 2002. V.295. №5554. P.451, 476 (США).

Климатология

Совершенствуется прогноз явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья

Та значительная роль, которую в погодных и даже климатических условиях почти по всему земному шару играют явления Эль-Ниньо (периодически повторяющееся резкое потепление вод центральной и восточной областей Тихого океана и атмосферы над ними) и Ла-Нинья (столь же широкомащтабное похолодание примерно в тех же акваториях Мирового океана), — факт неопровержимый¹. Однако прогноз интенсивности, времени начала и завершения обоих процессов все еще остается желать лучшего.

Шагом вперед здесь можно считать работу австралийских ученых во главе с Й.Смитом (I.Smith; Отдел атмосферных ис-

следований Управления по науке и технике в Аспендейле). Они использовали данные более чем десятилетних натуральных наблюдений за параметрами поверхностных вод Тихого океана в его экваториальной и тропической зонах. Учтено, что обычно явление Ла-Нинья над основными районами Австралии сопровождается значительно более обильными осадками по сравнению со средней многолетней величиной; Эль-Ниньо же, наоборот, вызывает в Австралии засушливые погоды, особенно в восточной и северной частях страны.

Построенная компьютерная модель позволяет улучшить прогноз динамики поверхностной температуры в экваториальной Пацифике с трех месяцев до девяти, благодаря чему можно устанавливать степень интенсивности предстоящих Эль-Ниньо и Ла-Нинья. Уточнение прогноза производится ежемесячно на основании информации, получаемой Национальным климатологическим центром Австралии и Квинслендским центром практического применения климатических данных в Брисбене, которые заблаговременно прогнозируют осадки над страной — за несколько месяцев до событий. Для континента, большая часть которого постоянно страдает от засухи, такая информация — весьма ценное подспорье в сельском хозяйстве и снабжении водой населенных пунктов и промышленных предприятий.

Atmosphere. 2002. №12. P.5 (Австралия).

Палеонтология

Энтомологическая сенсация: новый отряд насекомых

В запаснике Лондонского музея естественной истории хранится ископаемое насекомое, которое было обнаружено в Танзании в 1950 г. Определить его таксономическую принадлежность не смогли ни шведские ученые из Лундского университета, где сначала находился образец, ни их

английские коллеги, ни занимающийся палочниками О.Зомпро (O.Zompro; Институт лимнологии им.Макса Планка в Плёне, Германия). Однако Зомпро случайно обнаружил в частной коллекции кусок янтаря с включением неизвестного насекомого, напоминающего танзанийское. Третье древнее насекомое сходного облика исследователь нашел в Берлинском музее естественной истории.

Н.П.Кристенсен (N.P.Kristensen; Зоологический музей при Копенгагенском университете, Дания) и К.-Д.Класс (K.-D.Klass; Дрезденский зоологический музей, Германия) изучили все образцы и установили, что они представляют не известные до сих пор виды какой-то одной общей группы.

Древние насекомые сходны с современными палочниками, или привиденьевыми (Phasmodea), но имеют и существенные отличия. Так, у палочников грудь сильно удлинена за счет вытянутого среднего сегмента, а у ископаемых образцов этого нет. Кроме того, у одного из ископаемых насекомых (самки) отсутствует характерная для палочников пластинка на брюшке, прикрывающая яйцеклад. Но самое поразительное состоит в том, что по крайней мере одно из них оказалось хищником: в его желудке было много не полностью переваренных частей разных насекомых, палочники же питаются растениями.

По мнению исследователей, образцы относятся к трем видам самостоятельного отряда, которому они присвоили имя Mantophasmatodea. Обнаружить новый отряд, пусть даже состоящий всего из трех видов, — большая редкость (в последний раз подобная удача случилась почти 100 лет назад). Теперь специалисты тщательно изучают музейные коллекции всех стран в надежде найти там представителей нового отряда. На эту роль уже есть несколько кандидатов, правда, плохо сохранившихся.

Science. 2002. V.296. №5567. P.445 (США); www.sciencexpress.org

¹ Подробнее см.: Сидоренков Н.С. Межгодовые колебания системы атмосфера—океан—Земля // Природа. 1999. №7. С.26—34.

Где зарождалась письменность?

Чем глубже в древность заглядывают ученые в поисках истоков клинописи, иероглифов, письменных знаков долины Инда, тем более запутанным представляется этот вопрос. Специалисты по истории письменности сетуют на отсутствие свежих данных: раскопкам мешают охватившие Ближний Восток войны, а музейные образцы зачастую не могут попасть в руки ученых из-за боязни хранителей, что при исследовании экспонат будет поврежден. Сделать же рентгеновские снимки и провести компьютерную томографию находок весьма дорого.

Десятилетиями археологи находили в Ираке, Сирии и Иране тысячи мелких глиняных предметов разной геометрической формы и неизвестного назначения, их возраст порой доходил до 9 тыс. лет. Иногда они находились внутри полей керамических шариков, на внешней поверхности которых имелись надписи не самого древнего времени. Большинство исследователей сочли, что загадочные кусочки глины предназначались для какой-то игры и к истории письменности отношения не имеют. Иное мнение высказал востоковед П.Амье (P.Amie; Лувр, Париж): странные предметы служили средством подсчета различных товаров. Д.Шмандт-Бессера (D.Schmandt-Besserat; Техасский университет в Остине, США) развила это предположение: форма кусочка глины обозначает наименование товара (конусовидная — зерно, цилиндрическая — овец или иных домашних животных), а число кусочков соответствует его количеству. Таким образом, это первая система кодирования — замены реальных предметов символами.

Разрабатывая свою гипотезу, Шмандт-Бессера пришла к выводу: приблизительно с 3500 г. до н.э. кусочки глины стали помещать в пустотелые шарики — своеобразные конверты, на поверхности ко-

торых делались пометки о названии товара и его количестве. Позже стали обходиться без «конвертов» — знаки наносили уже на сами кусочки глины, которые превратились в самостоятельные таблички. Система постепенно разрасталась и к концу 4-го тысячелетия до н.э. включала символы, обозначающие не только зерно и животных, но и продукты обработки сельскохозяйственного сырья — растительное масло, битую птицу, хлеб. Именно эти знаки и трансформировались постепенно в клинопись. Возможно, упорядочил ее конкретный человек, скорее всего урукский жрец, примерно в 3100 г. до н.э. (клинописные таблички возрастом около 5 тыс. лет были найдены немецкими археологами в 200 км к югу от Багдада, в руинах урукского храма). Тогда же для письма стали применять заостренную тростниковую палочку. Такая письменность прожила на удивление долго: по всему Междуречью встречаются ее образцы, датируемые вплоть до последних лет существования Римской империи. По мнению ассиролога У.Халло (W.Hallo; Йельский университет в Нью-Хейвене, США), гипотеза Шмандт-Бессера помогает ответить на вопрос: каким образом клинопись — столь развитая система письма, — появившись как бы на пустом месте, так быстро усовершенствовалась?

Традиционно считалось, что в Египет письменность пришла из Междуречья и египетская иероглифика примерно на 100 лет моложе клинописи. Однако в 1989 г. в Египте археологи нашли очень древние тексты, отличавшиеся неожиданно сложной и развитой для своего времени системой письменности. К тому же Г.Дрейер (G.Dreyer; Германский археологический институт в Каире) с коллегами обнаружили недавно в Абидосе (Верхний Египет) предметы, которые вообще ставят под сомнение первенство Междуречья. Вскрыв царскую гробницу, получившую обозначение U-J, они нашли там клад вещей с надписями, на столетие с лишним более ранними, чем самые древние из ког-

да-либо найденных в Египте. Специалисты отнесли гробницу к 3320 г. до н.э., но это противоречит всей египетской хронологии, сдвигая ее на полтора столетия в глубь веков. Для подтверждения такой датировки немецкий археолог М.ван Эсс (M.van Ess) возглавила новую археологическую экспедицию в Ирак. Однако дело осложняется тем, что древние строители нередко использовали исписанные таблички в качестве строительного материала, нарушая исторический контекст.

Важные известия пришли недавно из Пакистана: команда американских археологов исследовала на берегах Инда письменность древнейшей цивилизации Хараппы — города-государства, процветавшего в 2800—1700 гг. до н.э. Такой сложности, как египетская иероглифика или шумерская клинопись, она достигнуть не успела, но и в ней использовались целые группы знаков. Анализ показал, что эта система возникла более чем на 500 лет раньше, чем предполагали. В центре самой Хараппы нашли глиняные изделия с пометками, датируемые 3300 и даже 3500 г. до н.э. Таким образом, Хараппа вместе с Абидосом бросают вызов общепринятой теории, согласно которой письменность зародилась в Междуречье, затем пришла в Египет, а оттуда, возможно, — на берега Инда. Не исключено, что каждая из этих систем шла собственным эволюционным путем, а почти совпадающее по времени изобретение протописьменных знаков у трех разных цивилизаций — результат сходной реакции людей на возникновение необходимости как-то фиксировать факты и идеи. Но своеобразие при этом сохранялось. Например, в Египте письмо служило главным образом религиозным и ритуальным нуждам, в Междуречье — счетным, экономическим. И кто впервые начал излагать свои мысли на подручном материале — ремесленник в Абидосе, жрец в урукском храме или хараппский житель, — ученым пока неизвестно.

Science. 2001. V.292. №5526. P.2418 (США).

Долгожданное начало

В.В.Малахов,

член-корреспондент РАН

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

Первое отечественное «Руководство по зоологии» начало выходить еще в конце 30-х годов прошлого столетия, но так и осталось незавершенным: из семи запланированных издано только четыре тома, последний из них — в 1951 г. К концу 70-х годов вышедшие тома уже успели устареть, потребность же в подобном издании ощущалась очень остро. Поэтому инициативу создания многотомного руководства «Основы зоологии», задуманного четверть века назад сотрудниками двух крупнейших академических учреждений — ленинградского Зоологического института и московского Института эволюционной морфологии и экологии животных им.А.Н.Северцова, зоологи встретили с большим энтузиазмом.

Подготовкой издания занялись известные российские зоологи, причем для каждого тома создавался свой коллектив авторов. Так, тома, посвященные простейшим, губкам, кишечнополостным и плоским червям, были написаны при непосредственном участии А.В.Иванова и Ю.И.Полянского. В начале 90-х годов один из томов был уже передан в издательство «Наука», однако эко-

номические коллизии первых лет российской рыночной экономики не позволили выпустить готовую к публикации книгу. Только благодаря поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, наконец, в 2000 г. (реально в марте 2001 г.) увидела свет первая часть первого тома долгожданного издания, названного «Протисты: Руководство по зоологии». Основную долю труда по подготовке и выпуску этой книги вложили зоологи из Санкт-Петербурга: главный редактор — директор Зоологического института РАН академик А.Ф.Алимов; научный редактор — известный протозоолог профессор С.А.Карпов; вся не легкая организационная часть легла на плечи ответственного редактора С.Д.Степаньянц, которая, кроме того, дополнила раздел по истории зоологии в России, написанный Ю.И.Полянским.

Пока в руках читателя всего лишь первый том издания и первая — из двух предполагаемых частей, посвященных простейшим. Однако уже сейчас ясно, что речь идет о выдающемся научном труде, который нисколько не обманул наших надежд. Как хорошие вина становятся только лучше от долгой выдержки в погребах, так и рецензируемый том, несо-



ПРОТИСТЫ: Руководство по зоологии. Под ред. А.Ф.Алимова.

Ч.1. СПб.: Наука, 2000. 679 с.

© В.В.Малахов

мненно, выиграл, появившись на рубеже столетий. Это касается не только содержания, но и оформления.

Переплет фолианта обтянут искусственной кожей с золотым теснением, текст напечатан на белоснежной бумаге, электронные микрофотографии размещены на отдельных мелованных вклейках. Безусловно, такую книгу приятно держать в руках, и она украсит как полку научного сотрудника и преподавателя вуза, так и стеллаж библиотеки. Очень немногие научные издания выпускались на столь высоком полиграфическом уровне, и я не уверен, что в прежние времена этого удостоилось бы руководство по зоологии. Будем надеяться, что внешний вид следующих томов удастся сохранить на том же уровне.

«Общая часть» рецензируемой книги, по сути, — введение ко всему многотомному руководству. Рассматриваются история зоологии (автор Ю.И.Полянский), пути и закономерности эволюции (А.В.Иванов и Э.И.Колчинский), систематика и ее задачи (А.В.Иванов), система животного мира (А.В.Иванов). В разделах, подготовленных в 1990 г. выдающимися зоологами А.В.Ивановым и Ю.И.Полянским незадолго до их смерти, сохранены авторские тексты, необходимые же примечания и объяснения редактор тактично указал в сносках.

В главе «Краткая история зоологии» определены задачи этой науки, суммируются основные этапы ее развития в мире, и отдельно — в России. При этом на с.24—27 приведен довольно полный список современных отечественных специалистов, занимающихся изучением определенных групп животных, а также основных проблем зоологии. Кроме того, перечислено около 500 фамилий отечественных исследователей, внесших в нее свой вклад в XX в. Здесь есть и великие имена, известные всем зоологам, и имена «узких» специалистов, всю жизнь рабо-

тавших над изучением какой-то одной группы животных. Труд и тех и других одинаково ценен и необходим. В этом списке недостает лишь нескольких имен молодых зоологов, публикации которых появились в печати в 90-е годы. Что ж, у них есть возможность увековечить свои имена в науке XXI в.

Глава «Пути и закономерности эволюции» посвящена обзору классических концепций эволюционной теории, преимущественно на примере морфологии животных. Важно, что закономерности морфологической эволюции авторы рассматривают на примере не только позвоночных животных (как это делается в большинстве руководств), но и множества простейших и беспозвоночных многоклеточных.

В следующей главе помимо определения задач систематики содержится информация о количестве видов в различных группах животного царства, а также краткий обзор методологических подходов к классификации организмов. Если бы эта глава была написана в наши дни, в ней, несомненно, было бы уделено больше внимания филогенетической систематике, которая занимает магистральное (хотя и далеко не бесспорное) направление в изучении классификации животных.

В главе «Система животного мира» академик А.В.Иванов описывает филогенетические взаимоотношения основных групп и систему животного мира, сформулированные в середине 70-х годов прошлого века. Разумеется, читатель не сможет найти в ней анализа новейших подходов к филогении животного царства, возникших благодаря бурному развитию методов молекулярной биологии. Кроме того, по существу в этой главе речь идет только о системе многоклеточных животных.

Научная часть книги начинается с раздела «Протисты. Общие вопросы». Раздел открывается главой «Система протистов

и проблемы их мегасистематики» (автор С.А.Карпов), в которой дан обзор новейших подходов к мегасистематике эукариотных организмов. Эта глава, как и другие последующего раздела «Систематическая часть», существенно выиграла оттого, что книга была сдана в печать в конце 90-х годов. Большое внимание в ней уделено молекулярно-биологическим подходам — филогенетическим деревьям, построенным на основе анализа последовательности нуклеотидов в генах рибосомальной РНК, генов актина и тубулина. Большинство данных по молекулярной филогении было опубликовано в течение последних 10—15 лет, и, конечно, мы не смогли бы увидеть их в книге, если бы она вышла в конце 80-х годов, как было запланировано.

В главе «Пути эволюции протистов» (автор Л.Н.Серавин) впервые в мировой литературе сделана попытка краткого очерка сравнительной анатомии простейших. Принципы сравнительной анатомии могут считаться более или менее разработанными в отношении многоклеточных организмов, но пока этого никто не сделал для другого царства эукариот — простейших. Ясно, что наряду с общими закономерностями Л.Н.Серавин попытался выделить основные направления эволюции (эвкаротизацию, дезорганеллизацию, амебоидизацию и др.), изучением которых должна заняться наука XXI в.

В главе «Общая характеристика протистов» (авторы Ю.И.Полянский, К.М.Суханова, С.А.Карпов) последовательно рассматриваются типы организации основных систем органелл простейших: покровов, жгутиков, митохондрий и др., физиология, поведение и экология протистов. Эта глава представляет собой прекрасное краткое и современное учебное пособие, которое можно рекомендовать при изучении простейших в университетских курсах зоологии.

Раздел «Систематическая часть» занимает основной объем книги и посвящен изложению сведений по строению и развитию отдельных групп протистов. Важно отметить, что, хотя рецензируемая книга — это первая часть первого тома «Руководства по зоологии», в ней рассматриваются протисты как с животным, так и с растительным типом обмена. В этом принципиальное отличие книги от существующих зоологических руководств и курсов протозоологии, в которых обычно пытаются рассматривать только «животных» протистов. Таким образом, в первой части первого тома российского «Руководства по зоологии» протисты рассматриваются как особое царство эвкариотных организмов. В книге принята система протистов из большого числа типов. В качестве самостоятельных типов рассматриваются криптомонады, эвгленовые, золотистые жгутиконосцы, опалиновые и др. В то же время в книге сохранен тип корненожек, объединяющий весьма разнородные организмы, которые в других публикациях тех же авторов рассматриваются как самостоятельные типы. В отдельный тип выделены фораминиферы, рассматриваемые в других системах внутри типа гранулоретикулеза вместе с безраковинными организмами с сетчатыми псевдоподиями (рети-

кулоподиями). Используемая в книге система — это один из вариантов конвенциональной системы, т.е. временного соглашения систематиков. Очевидно, что в будущем тип корненожек исчезнет из состава протистов, что в полной мере осознается и авторами рецензируемой книги. Подвергнутся перестройке и другие таксоны. Иначе просто и быть не может, ведь исследования по большой системе протистов стремятся развиваться.

Главы «Систематической части», посвященные отдельным типам или классам протистов, написаны специалистами по этой группе. К каждой такой главе приводится отдельный список источников. В наши дни это лучший в мировой литературе источник самых современных сведений по морфологии, ультраструктуре, жизненным циклам и классификации протистов. Особенно важно, что в книге рассматриваются редкие и малоизвестные группы протистов, которые обычно даже не упоминаются в зоологических руководствах. Так, отдельные главы посвящены комокиацеям, бластоцистидам, лабиринтовым и другим необычным группам протистов. Для российских биологов раскрылся целый мир необычных организмов, про которых раньше просто негде было прочитать (если не разыскивать сведения о них в ори-

гинальных публикациях в журналах, на что у неспециалистов, как правило, нет ни сил, ни времени). В этой толстой книге много иллюстраций — 551. И все же их не хватает. Так, например, глава, посвященная пеллофлагеллятам (загадочным болотным амебам, лишенным митохондрий), иллюстрирована только одной вклейкой с несколькими фотографиями. В этой и некоторых других главах отсутствуют схемы строения, отражающие основные особенности организации рассматриваемых протистов.

Книга сочетает в себе черты нескольких жанров: научной монографии, в которой наряду со сведениями, почерпнутыми из разных источников, приводятся оригинальные результаты; справочника с обширным списком литературы; учебного пособия для студентов и преподавателей вузов. Во всех этих жанрах книга выглядит как выдающееся достижение российской науки. Можно только поздравить Зоологический институт, взявшийся за подготовку этого издания, с несомненным успехом. Будем надеяться, вскоре мы увидим вторую часть тома «Протисты» (в ней должны найти отражение современные данные по таким крупным группам, как радиолярии, инфузории, споровики и др.), а вслед за тем — и другие тома российского «Руководства по зоологии». ■

Медицина

В.Н.Захаров. ИШЕМИЧЕСКАЯ БОЛЕЗНЬ СЕРДЦА: Классификация, факторы риска, профилактика, лечение, реабилитация. М.: Наука, 2001. 285 с.

В монографии описываются длительные клинические наблюдения, проводившиеся над теми, кто страдает ишемической болезнью сердца (ИБС) или перенес инфаркт миокарда.

Автором разработана оригинальная классификация ИБС, основанная на выделении трех патогенетических типов: типичного очагового, диффузного микроциркулярного и смешанного. Впервые выделены различные стадии заболевания. Дана характеристика промежуточного коронарного синдрома как острой очаговой дистрофии со «спящим» или «приглушенным» миокардом. Уделено внимание факторам риска ИБС, причинам повторных инфарктов миокарда и мерам по их устранению. Дана также критическая оценка современных отечественных и зарубежных работ по этой проблеме.

Биогеохимия

А.П.Виноградов. ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ ОРГАНИЗМОВ МОРЯ. Отв. ред. Э.М.Галимов; Сост. Л.Д.Виноградова. М.: Наука, 2001. 620 с. (Из сер. «Избранные произведения».)

Монография академика А.П.Виноградова впервые публикуется на русском языке в полном объеме. Первое издание вышло в трех разрозненных частях в «Трудах Биогеохимической лаборатории» (1935, 1937 и 1944 гг.). Фундаментальная работа о содержании макро- и микроэлементов в морских организмах (практически всех систематических групп), обитающих в различных регионах Мирового океана, до сих

пор не утратила своего значения как крупнейшее обобщение по морской биогеохимии.

В настоящем издании все данные систематизированы так, как это было сделано в английском переводе всей работы, опубликованной Йельским университетом в 1953 г. и уже давно ставшей раритетной.

Археология

Н.Ю.Вишневская. РЕМЕСЛЕННЫЕ ИЗДЕЛИЯ ДЖИГЕРБЕНТА. М.: ИФ «Восточная литература» РАН, 2001. 175 с.

Джигербент — город на юге Хорезма (древнего государства Средней Азии, которое располагалось в низовьях р.Амударья и существовало с IV в. до н.э. по начало XIII в. н.э.).

В монографии рассматривается комплекс ремесленных изделий из металла, стекла, кости, сработанных руками местных мастеров. Особое внимание уделяется предметам из керамики как самой объемной и информативной группе находок. Все это дает возможность проследить этническое и культурное взаимодействие Хорезма и сопредельных областей, а также торговые связи и религиозные представления местного населения.

Впервые полностью публикуются описания уникальных сосудов IX в., что позволяет уточнить и дополнить уже существующие хронологию и типологию керамики средневекового Хорезма.

Этнография

ИСТОРИЯ И СЕМИОТИКА ИНДЕЙСКИХ КУЛЬТУР АМЕРИКИ. Сборник статей. Под ред. В.И.Сергеева. М.: Наука, 2002. 960 с.

В сборнике, подготовленном московским Институтом этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая,

представлены статьи по истории, иконографии, фольклору и мифологии древних народов Америки. Авторы исследуют наскальное искусство и шаманские верования в Калифорнии, новые религиозные течения и культы в индейских общинах Боливии и США, иероглифическое письмо народов майя, а также литературные источники по истории и культуре степных племен Северной Америки.

Один из разделов посвящен истории и этнографии Русской Америки. Описываются североамериканские коллекции Музея антропологии и этнографии в Санкт-Петербурге. Впервые публикуется работа выдающегося российского этнографа и лингвиста Ю.В.Кнорозова.

История науки

А.С.Сонин. ГЕОРГИЙ ВИКТОРОВИЧ ВУЛЬФ. Отв. ред. В.П.Визгин. М.: Наука, 2001. 272 с. (Из сер. «Научно-биографическая литература».)

Книга посвящена жизни и научному творчеству выдающегося отечественного физика и кристаллографа, члена-корреспондента РАН Георгия Викторовича Вульфа (1863—1925). Его основополагающие труды находятся в области рентгеноструктурного анализа, геометрической кристаллографии и физики кристаллов.

Широко известна преподавательская и общественная деятельность Георгия Викторовича. Он был председателем двух обществ — Физического общества им.П.Н.Лебедева и Общества распространения физических знаний им.Н.А.Умова, а также вице-председателем Всесоюзной ассоциации физиков.

Книга написана на основе изучения трудов самого Вульфа, архивных материалов и воспоминаний современников.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК. Сост. Г.В.Билибина; Отв. ред. Э.А.Тропп. СПб.: Наука, 2001. 251 с.

Санкт-Петербург — один из крупнейших научных центров России. Многие школы мирового значения сформировались в этом городе. До 1934 г. здесь находилась Академия наук, созданная в 1724 г. по указу Петра I. В настоящее время в состав Санкт-Петербургского научного центра РАН входят 44 организации, представляющие практически все области фундаментальной науки.

Книга представляет собой сборник статей. В нем кратко изложена история научного центра и каждого из его учреждений, представлены основные направления деятельности институтов и главные научные достижения, а также сведения о международном сотрудничестве и последних публикациях.

И.И.Ларин. ОН УЧИЛ БЕРЕЧЬ ЗЕМЛЮ. М.: Росэкопресс, 2002. 236 с. (Из сер. «Жизнь замечательных людей».)

Это первая книга, посвященная академику Никите Николаевичу Моисееву (1917—2000) — известному ученому, неординарной и разносторонне одаренной личности. Он прожил долгую, наполненную драматизмом и яркими событиями жизнь, олицетворяя собой интеллектуальную элиту нашего Отечества. Его имя хорошо известно как в России, так и за ее пределами.

Моисеев работал на обширном междисциплинарном пространстве — от прикладной математики до философии, — был выдающимся популяризатором естественных и гуманитарных наук. Он исследовал проблемы наруше-

ния равновесия биосферы вследствие стихийной деятельности человека, стремился повлиять на менталитет общества и тем самым предотвратить экологический кризис на нашей планете.

Никита Николаевич много сил отдал общественной работе: он был членом различных международных организаций, президентом Российского национального комитета содействия программе ООН по охране окружающей среды и Международного Зеленого Креста, главным редактором журналов «Экологическое образование в России» и «Экология и жизнь» и одним из основателей Международного независимого эколого-политологического университета.

В основе книги — воспоминания автора, осмысление научных, научно-популярных и публицистических работ ученого.

Ж.И.Алферов. ФИЗИКА И ЖИЗНЬ. М.: Наука, 2001. 288 с.

Большую часть книги составляют работы академика Жореса Ивановича Алферова по физике полупроводниковых гетероструктур, а также описания приборов, сделанных на их основе. Автор внес существенный вклад в эти быстро развивающиеся области науки, предшественники современных информационных технологий. Наряду с оригинальными работами в книгу включены научные обзоры, написанные Алферовым в разные годы и позволяющие читателю проследить за ходом исследований и их перспективами.

Упомянутые работы получили высшее международное признание. В октябре 2000 г. их автор и американский ученый Герберт Кремер были удостоены Нобелевской премии по физике «за развитие полупроводниковых гетероструктур».

Широкий круг читателей несомненно заинтересуют воспоминания и публицистические выступления Жореса Ивановича, известного не только своей научной, но и многогранной общественной деятельностью.

В.Ф.Старков, П.Ю.Черносвитов, Г.Е.Дубровин. МАТЕРИАЛЬНАЯ КУЛЬТУРА РУССКИХ ПОМОРОВ ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЙ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН. Вып. I. Остатки судов. М.: Научный мир, 2002. 152 с.

Период северорусского (поморского) мореплавания укладывается во временные рамки конца XV—XVIII вв. Разумеется, и в XIX в. поморы оставались мореходами и промысловиками, но сфера их деятельности сузилась, ограничившись Белым морем и прибрежной полосой Кольского п-ова.

Книга написана на базе исследований, проведенных Шпицбергенской экспедицией Института археологии РАН. Ее деятельность на архипелаге началась в 1978 г. и без перерывов продолжается до настоящего времени. Изучено большое количество различных археологических объектов: 50 жилищно-хозяйственных комплексов, 24 погребения, 18 остатков крестов, 11 крупных скоплений судового дерева. На сегодняшний день собрана обширная коллекция, которая включает 15 тыс. наименований предметов материальной культуры, представляющих историческую ценность.

Первый выпуск, подготовленный группой арктической археологии при РАН, открывает серию публикаций. В ее состав войдут следующие тома: «Поселения и погребения», «Жилищно-хозяйственные комплексы», «Орудия промыслов», «Предметы быта», «Предметы духовной культуры».

Тематический указатель журнала «Природа» за 2002 год

ФИЛОСОФИЯ И ИСТОРИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ. ОРГАНИЗАЦИЯ НАУКИ

ALMA MATER ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЗООЛОГИИ

170 лет Зоологическому институту РАН	8	10
От Кунсткамеры... Танасийчук В.Н.	8	12
...до банка генетических ресурсов.		
Ананьева Н.Б., Подлипаев С.А., Пугачев О.Н.	8	17
Продукционная гидробиология. Крылов П.И.	8	18
Школа Е.Н.Павловского. Балашов Ю.С.	8	21
Беломорская биологическая станция.		
Бергер В.Я.	8	26
Систематика — язык биологии. Коротяев Б.А.,		
Сиренко Б.И., Степаньянц С.Д.	8	29
Кариосистематика. Кузнецова В.Г.	8	35
Публикации. Кержнер И.М., Лобанов А.Л.	8	37
Они жили на острове ЗИН. Степаньянц С.Д.	8	41
Вспоминая молодого Эдварда Теллера. Тисса Ласло	3	67
Жертвоприношение: таинство в зеркале неба.		
Кузьмин А.В.	4	56
Игнобелевские премии 2001 г.**	8	67
Лауреаты конкурса популяризаторов науки.		
Бялко А.В., Белянова Л.П.	2	3

ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 2001 ГОДА

По физике — Э.Корнелл, В.Кеттерле, К.Вайман.		
Каган Ю.М.	1	65
По химии — У.Ноулс, Р.Нойори, Б.Шарплесс.		
Белянова Л.П.	1	69
По физиологии и медицине —		
Л.Хартвелл, П.Нерс, Т.Хант. Баранова А.В.	1	72
Наука в бюджете США на 2002 год*	9	87
Научно-технические библиотеки в современных условиях. Земсков А.И., Евстигнеева Г.А.	6	3
«Нобелевка» для математиков*	7	84

Знаком * отмечены материалы, опубликованные в разделе «Новости науки».

Знаком ** отмечены материалы, опубликованные в разделе «Калейдоскоп».

ОСНОВАТЕЛЬ ШКОЛЫ ПОЧВЕННОЙ ЗООЛОГИИ

К 90-летию Меркурия Сергеевича Гилярова	12	9
О моем отце. Гиляров А.М.	12	10
О языке современной русской научной литературы.		
Скворцов А.К.	5	3
«Природа» и Московский университет:		
путешествие во времени. Успенская Н.В.	1	5

ПРОЩАНИЕ

С ВИКТОРОМ ЯКОВЛЕВИЧЕМ ФРЕНКЕЛЕМ

Наука в судьбах ее лидеров. Дьяков Б.Б.	7	46
«О Физтехе он знает все...» Рубинин П.Е.	7	50
Его отличало интеллектуальное благородство.		
Холлоуэй Д.	7	62
Создается дом гриба**	11	31
Сухумский субтропический дендропарк.		
Бебия С.М.	9	33
Тайна Гейзенберга — тайна Бора. Силкин Б.И.	8	71
Японские премии ученым**	9	26

АСТРОНОМИЯ. АСТРОФИЗИКА. КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Астероид угрожает*	12	72
Астрономам подарок — искусственная звезда*	10	84
Астрофизики объединяют усилия*	8	81
Будущий метеоспутник Венеры**	9	68
В Мексике сооружается крупнейший телескоп**	3	46
Возвращение на Луну*	9	79
Вселенная расширяется с переменной скоростью*.		
Вибе Д.З.	8	80
Гибель красного гиганта порождает условия для жизни*	5	79
Гигантская вспышка на Солнце*	2	79
Гравитация и звезды. Сурдин В.Г.	1	42
Жертвоприношение: таинство в зеркале неба.		
Кузьмин А.В.	4	56

Из какого «сора» рождаются звезды*	5	79
Изучая «темную материю»*	6	79
Искусственный спутник Земли «Иконос-2»**	6	61
Канада устремляется к Марсу**	3	20
«Кассини» и «Гюйгенс» полетят к Сатурну*	9	79
Космические планы Западной Европы**	9	26
Космические циклотронные мазеры.		
Трахтенгерц В.Ю., Демехов А.Г.	4	25
Космологический «барометр» — гелий-3.		
Сурдин В.Г.	7	20
Лазерная локация Луны. Алёшкина Е.Ю.	9	57
«Летающая тарелка» в созвездии Змееносца*	9	81
Марсолеты готовятся в путь**	9	68
Межзвездные планеты-гиганты*	1	76
Меркурий: планы американских ученых*	10	84
Молодое Солнце: тусклое или ярко?*	8	81
Мы живем в гигантском раскаленном облаке*	10	83
Наблюдения космологической паутины*	2	78
Наземная микробиология и стратегия поиска жизни на Марсе. Иванов М.В.	2	5
Найден источник космических лучей?*	11	81
Недавняя катастрофа в поясе астероидов*	11	82
Неудачное свидание с Ио*	6	79
Новая загадка черной дыры*	7	81
Новая система исследования земной магнитосферы*	3	76
Органическая жизнь на Марсе? Вряд ли...**	11	30
От звезды к планетарной туманности.		
Ключкова В.Г., Панчук В.Е.	3	28
Поляриметрия сумеречного неба. Угольников О.С.	8	63
«Портрет» Большого взрыва*	12	72
Предсмертное дыхание кометы Борелли*	7	81
Предстоящая «кончина» ценного спутника*	3	77
Рентгеновские вспышки в центре Галактики*.		
Сурдин В.Г.	4	83
Рентгеновские вспышки и гамма-всплески*	9	80
Самая высокогорная обсерватория*	7	82
Самая массивная черная дыра звездного происхождения.		
Сурдин В.Г.	6	13
Самый большой астероид*. Сурдин В.Г.	1	76
Система космических наблюдений Земли**	5	30
Сколько астероидов угрожает Земле?*	9	80
Созвездия во времена древних минояцев*.		
Кузьмин А.В.	3	76
Солнечная система «пылит»*	10	83
СОЛНЕЧНЫЕ НЕЙТРИНО		
Нейтрино продолжают удивлять.		
Копылов А.В.	10	3
Проблема дефицита солнечных нейтрино экспериментально решена. Комар А.А.	10	5
Уран лишился одного спутника**	3	46
«Фонтанирует» нейтронная звезда*	2	78
Что это светится там вдалеке?*	5	62
ПЛАНЕТОЛОГИЯ. МЕТЕОРИТИКА. ФИЗИКА И ХИМИЯ АТМОСФЕРЫ. КОСМОХИМИЯ		
Детали на поверхности Цереры*	5	80
Древний космический «пришелец»*	2	79
Еще один вулкан на Ио*	3	77

Закреплен электрофонный звук болидов*.		
Вибе Д.З.	11	82
Метеоритный кратер на дне Северного моря*	12	73
На Ганимеди — тоже океан!*	1	78
На Ио идет снег.. очень странный*	10	84
Примеси в атмосфере континентальной России.		
Еланский Н.Ф.	2	32
Пробелы в физике атмосферы ликвидируются*.		
Силкин Б.И.	12	73
Пропавший космический газ нашелся*	7	84
Противогазовая вакцина*	4	84
Пылевые бури*	10	85
Свидетельствуют ископаемые метеориты*	7	83
Странности топографии Эроса*	6	80
Судьбу Марса решал вулкан?*	6	80
Химический состав Луны*	7	82
Химия атмосферы: спурт длиной в 30 лет.		
Кароль И.Л., Киселев А.А.	5	31
Экспериментальные исследования аэрозолей**	9	27

МАТЕМАТИКА. ИНФОРМАТИКА

Виртуальная реальность и системы управления.		
Ратнер В.А.	2	67
Виртуальное картографирование. Берлянт А.М.	7	3
«Нобелевка» для математиков*	7	84

ФИЗИКА. ТЕХНИКА. ЭНЕРГЕТИКА

Астрофизики объединяют усилия*	8	81
Баварский реактор: запуск откладывается**	6	15
В Армении и Испании будет свой синхротронный излучатель**	8	9
Гонка за создание магнитной оперативной памяти* 11	83	
Динамика смектических мембран в лучах синхротрона. Островский Б.И.	7	34
Задержка света в пути и другие необычные явления в оптике. Самарцев В.В., Рассветалов Л.А., Куркин М.И.	5	63
«Кассини» и «Гюйгенс» полетят к Сатурну*	9	79
Квантовый компьютер разложил число 15 на множители*	7	85
Квантовый предел плотности магнитной записи*	8	82
Криобот плавит льды*	12	75
Криогенный автомобиль? Он есть*	2	80
Магниторезонансное разупрочнение кристаллов.		
Головин Ю.И., Моргунов Р.Б.	8	49
Марсолеты готовятся в путь**	9	68
Материалы для приборов ночного видения*	7	85
Мины живут дольше людей*. Парафонова В.А.	4	84
Модификация поверхности — путь к магнитной памяти*	2	80
Нановесы из углеродных нанотрубок*	3	78
Нанотрубки в портативной аккумуляторной батарее*	5	81
Новости из жизни ускорителей. Ширшов Л.С.	7	44
Новый рекорд критической температуры для сверхпроводящего перехода в фуллеритах*	5	80
От кванта к квантовым компьютерам.		
Валиев К.А., Кокин А.А.	12	28

Первое ВТСП-устройство — для РАО «ЕЭС»*.		
Корецкая С.Т.	1	78
Полезные и опасные остаточные напряжения.		
Чернышев Г.Н., Попов А.Л., Козинцев В.М.	10	17
Полимеры из фуллеренов C ₂₀ *	9	82
«Полосатые» квантовые нанопроволоки*	9	81
Предстоящая «кончина» ценного спутника*	3	77
Прочнее титана только наноструктурный титан*	9	82
Регистрация нарушения CP-четности в распадах B ⁰ -мезонов. Комар А.А.	11	11
Рекордное значение постоянного магнитного поля*	10	85
Светящиеся солдаты**	6	12
Сегнетоэластические кристаллы: основные свойства, влияние дефектов.		
Гриднев С.А.	6	22
Сетка ортогональных димеров в уникальном металлооксиде. Кагеяма Х., Васильев А.Н.	2	21
Эксперименты с нейтрино**	8	9
Электромагнитный микромотор для жидкостных микросистем*	6	81

ХИМИЯ

Кукурбитурил: играем в молекулы.		
Федин В.П., Гераско О.А.	8	3
Магнетизм входит в полимеры. Левицкий М.М.	3	21
Многоликая изомерия координационных соединений. Михайлов О.В.	5	14
Периодическая система элементов: стройность и предсказательная сила. Левицкий М.М.	11	90
Углеродные нанотрубки в борьбе с диоксинами*	9	82
Уравнения для... закона Менделеева.		
Имянитов Н.С.	6	62

БИОЛОГИЯ

БИОЛОГИЯ НА КРАЮ ЕЕ «АРЕАЛА»		
Институту биологических проблем Севера ДВО РАН 30 лет. Кашин В.А.	10	29
Лемминговые циклы. Чернявский Ф.Б.	10	34
Колонии морских птиц острова Талан: разрешающая сила постоянства. Андреев А.В., Голубова Е.Ю., Китайский А.С.	10	41
Флора Северной Охотии и островной эффект. Хорева М.Г.	10	51
Идеальный приспособленец, или Адаптивная стратегия сибирского углозуба. Берман Д.И.	10	59
Генетическая история коренного населения Северной Азии. Деренко М.В., Мальярчук Б.А.	10	69
Вся мудрость жизни — у слоники*	6	83
Деревья диатомового мира. Сапожников Ф.В.	12	59
Живая и неживая природа.		
Крылов М.В., Либенсон М.Н.	8	25
Жизнь затонувших кораблей.		
Сагалевич А.М., Галкин С.В.	2	54
Зайцы-лесорубы*	11	83
Как мать и дитя ушастых тюленей находят друг друга**	6	53
Красотки, красотки... Клепиков М.А.	5	38

Кто дирижирует ансамблем певчих птиц?		
Иваницкий В.В.	6	30
Куличок фифи. Булавинцев В.И.	4	50
Микробы под дном океана и внеземная жизнь.		
Несис К.Н.	7	79
О языке современной русской научной литературы.		
Скворцов А.К.	5	3
Почвенные парадоксы. Шеин Е.В.	10	8
Роль комбинаторных событий в развитии биоразнообразия. Заварзин Г.А.	1	12
Русский соболь — 70 лет селекции.		
Бекетов С.В., Каштанов С.Н.	5	52
Семейные тайны морских игл и коньков.		
Корниенко Е.С., Касьянов В.Л.	7	75
Страсти в Кусковском парке. Булавинцев В.И.	2	46
Трилобиты изобрели «бактериальный огород»?		
Несис К.Н.	11	28
У львиц царит «демократия»*	5	82
Удрать от опасности на попутном моллюске*.		
Несис К.Н.	1	80
Фитофтороз — глобальные и внутрироссийские проблемы. Дьяков Ю.Т.	1	33
Черный дятел, или желна. Булавинцев В.И.	7	29

БОТАНИКА. ЗООЛОГИЯ. МИКРОБИОЛОГИЯ

АЛМА МАТЕР ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЗООЛОГИИ		
170 лет Зоологическому институту РАН	8	10
От Кунсткамеры... Танасийчук В.Н.	8	12
...до банка генетических ресурсов.		
Ананьева Н.Б., Подлипаев С.А., Пугачев О.Н.	8	17
Продукционная гидробиология. Крылов П.И.	8	18
Школа Е.Н.Павловского. Балашов Ю.С.	8	21
Беломорская биологическая станция.		
Бергер В.Я.	8	26
Систематика — язык биологии. Коротяев Б.А., Сиренко Б.И., Степаньянц С.Д.	8	29
Кариосистематика. Кузнецова В.Г.	8	35
Публикации. Кержнер И.М., Лобанов А.Л.	8	37
Они жили на острове ЗИН. Степаньянц С.Д.	8	41
В Африке два вида слонов, а не один!*	8	83
Все о размерах сцинковых ящериц*. Семенов Д.В.	6	82
ГРИБЫ РЯДОМ С НАМИ	11	32
Опасные плесени в окружающей среде.		
Марфенина О.Е.	11	33
Грибы — биоиндикаторы техногенного загрязнения. Щеглов А.И., Цветнова О.Б.	11	39
Древнейшее травянистое растение*	11	86
За ящерицей с... башенным краном!***	5	72
Зайцы-лесорубы*	11	83
Инвентаризации мировой герпетофауны не видно конца*. Семенов Д.В.	12	75
Кастрация и половой каннибализм у пауков*.		
Михайлов К.Г.	5	81
Когда слон топнет...*	4	85
Летучие мыши — охотники на птиц*	1	79
Морская улитка в роли растения. Несис К.Н.	2	49
Насекомых на Земле не более пяти миллионов видов*. Гиляров А.М.	8	82

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ

- Кризис Киотских соглашений
и проблема глобального потепления климата.
Иноземцев В.Л. 1 20
Климат и народонаселение — причинные связи.
Бялко А.В. 1 29

ГЕОЛОГИЯ. ГЕОТЕКТОНИКА. ПЕТРОЛОГИЯ

- Азиатские муссоны и глобальный климат
(184-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). **Басов И.А.** 3 71
Аккреционная призма как модель горообразования
(190-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). **Басов И.А.** 9 67
Бронза из бронзового века.
Яхонтова Л.К., Брызгалов И.А., Гак Е.И. 8 58
Внутриплитовые землетрясения наиболее опасны* 2 81
Геофизика обращается к оракулу. **Силкин Б.И.** 4 3
Гидротермальная деятельность в озере Йеллоустон.
Силкин Б.И. 2 62
Грязевые вулканы Средиземноморья* 5 83
«ДЖОИДЕС Резолюшн»: 185-й и 186-й рейсы.
Басов И.А. 5 59
«ДЖОИДЕС Резолюшн»: 187-й и 188-й рейсы.
Басов И.А. 6 70
«ДЖОИДЕС Резолюшн»: 192-й и 193-й рейсы.
Басов И.А. 12 25
Искусство пострадало, а наука выиграла** 10 27
Клады древнего Садона. **Константинов М.М.** 6 49
Когда возникла земная кора?* 11 84
Крупные магматические провинции океанского дна
(183-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). **Басов И.А.** 2 64
Метеоритный кратер на дне Северного моря* 12 73
Накопление карбонатов в холодных водах
(182-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). **Басов И.А.** 1 40
О природе грязевых вулканов. **Холодов В.Н.** 11 47
Открытие новой литосферной плиты*. **Басов И.А.** 1 80
«Пригвожденный к месту» Африканский континент* 7 86
Результаты 191-го рейса «ДЖОИДЕС Резолюшн».
Басов И.А. 10 25
Ростовая диссимметризация кристаллов.
Штукенберг А.Г. 6 16
Рудная минерализация в Центральной Атлантике.
Сколотнев С.Г. 12 47
Рудный потенциал океана. **Батурич Г.Н.** 5 20
Современная геодинамика: достижения и проблемы.
Хайн В.Е. 1 51
Столкновение Индостана с Евразией — деформации
в Гималаях и Тибете*. **Басов И.А.** 12 76
Страна Лабунцовития (Минералогическая сказка).
Расцветаева Р.К. 4 40
Три ущелья в бассейне Янцзы. **Уфимцев Г.Ф.** 1 60
Уникальные месторождения урана. **Шарков А.А.** 3 3
Формирование донных осадков в районе гибели
«Титаника». **Богданов Ю.А., Сагалевич А.М.,**
Лукашин В.Н. 7 67
Формирование Циркум-Антарктического течения
(189-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). **Басов И.А.** 8 69
Экспедиция AMORE-2001 в Центральную Арктику.
Тиде Йорн, Драчев С.С., Шевченко В.П. 5 47

ГЕОХИМИЯ. ГЕОФИЗИКА

- Белые столбы Покинутого города.
Лейн А.Ю., Богданов Ю.А., Сагалевич А.М.,
Пересыпкин В.И., Дулов Л.Е. 12 40
Вода как смазка литосферы* 6 83
Гигантская вспышка на Солнце* 2 79
Гипотеза Миланковича в развитии* 12 75
Горячие точки Канарского региона* 9 83
Древний космический «пришелец»* 2 79
Земная кора в Цусимской котловине* 10 87
Избыточный европий в современных фосфоритах*.
Батурич Г.Н. 3 80
Исследование древней океанической коры* 11 85
Как противостоять цунами?* 5 83
Новая система исследования земной
магнитосферы* 3 76
О древней катастрофе свидетельствуют
благородные газы* 5 85
Самая высокогорная обсерватория* 7 82
Сезонное сейсмическое «дыхание» Земли* 2 83
Сеть геомагнитных обсерваторий** 11 30
Соляная пустыня служит науке** 10 28
Томография антарктической коры и мантии* 9 83
Цунами в компьютере* 7 87
Что происходит в магнитосфере?* 10 86
Экологическая ситуация и здоровье людей
средневековой Москвы.
Александровская Е.И., Панова Т.Д. 9 29
Эпигенетическое преобразование древних
отложений*. **Виноградов В.И., Бурзин М.Б.** 3 81

СЕЙСМОЛОГИЯ. ВУЛКАНОЛОГИЯ

- В Центральной Америке недра неспокойны* 3 82
Влияние штормовых вибраций на землетрясения.
Табулевич В.Н., Черных Е.Н., Потапов В.А.,
Дреннова Н.Н. 10 12
Внутриплитовые землетрясения наиболее опасны* 2 81
Вулкан Биг-Пен не дремлет** 3 46
Вулкан Мерапи обрушился* 4 85
Вулкан угрожает папуасам* 8 87
Дегазация вулканов* 5 84
Землетрясению шесть с половиной веков* 12 77
Землетрясения в заливе Пьюджет-Саунд* 2 82
Крымские землетрясения 1927 года:
неизвестные явления на море. **Никонов А.А.** 9 13
Лазерная обсерватория пострадала
от землетрясения** 1 50
На острове — озеро, на озере — острова** 5 72
Не шутите с вулканом!** 9 28
Необычное облако над антарктическим островом* 6 84
Открыты вулканы на дне Ледовитого океана* 6 84
Статистика катастрофических извержений* 9 83
Странная гора Мак-Кинли* 7 88
Тревожные дни на Новой Гвинее** 10 28
Увидеть вулкан изнутри* 10 88
Фудзи-сан угрожает* 2 82
Цепь подводных вулканов* 8 86
Что «задумал» Планшон-Петероа?* 3 81
Этна — «испытательный полигон»* 9 84

ГЕОГРАФИЯ. КЛИМАТОЛОГИЯ. МЕТЕОРОЛОГИЯ. ГЛЯЦИОЛОГИЯ

В окрестностях Санкт-Петербурга теплеет*.

Померанец К.С.	10	87
Виртуальное картографирование. Берлянт А.М.	7	3
Водоснабжение в глобальном масштабе*	8	86
Горные ледники в тропиках отстают*	2	85
Дорогами Монголии. Микляева И.М.	3	38
Ежегодное пари на руку климатологам**	9	27
Западно-Антарктический ледник растет*	12	78
Знаменитый мореход или поручик Кижэ в Арктике? Свердлов Л.М.	4	61
Изменчивость африканских дождей*	5	84
Исчезают шельфовые ледники*	2	83
Каменный исполин Охотоморья.		
Шлотгауэр С.Д.	7	23
Климатическая причина угасания цивилизации майя*	5	85
Климатологический прогноз совершенствуется*	9	86
Необычное облако над антарктическим островом*	6	84
Озеро Восток тает и замерзает*	3	83
Озеро Селигер — второй исток Волги.		
Шапоренко С.И., Шилькрот Г.С., Тихомирова А.В., Леонов А.В.	6	40
Озеро Чад исчезает**	3	72
Песчаные золотые потоки из Байкала.		
Агафонов Б.П.	5	40
Погода на Земле. Силкин Б.И.	11	18
Пожар в Антарктиде**	5	72
Потепление продолжается*	10	88
Пульсирующие ледники*	9	85
Путешествие по уснувшей реке.		
Гладышев А.И.	9	42
Свидетельствует ледник Принс-Густав*	10	89
Скандинавия после снятия ледовой нагрузки*	3	82
Совершенствуется прогноз явлений Эль-Нинья и Ла-Нинья*	12	79
Судьба гренландских викингов*	6	85
Тайфун нанес потерь больше, чем противник**	1	32
Тропики влияют на климат Северной Атлантики*	7	89
Умирающие озера Австралии**	10	27
Ураганы, тайфуны, циклоны...*	9	86
Что делать с великими болотами Флориды?*	3	79
Экологическая безопасность России: внешние угрозы. Клюев Н.Н.	11	3
Экологическая ситуация в России на обзорной карте. Кочуров Б.И., Антипова А.В., Костовска С.К., Лобковский В.А.	12	51
Эти изменчивые речные дельты.		
Михайлов В.Н.	4	43
Южноамериканские дожди 25 тысяч лет назад*	3	83

ОКЕАНОЛОГИЯ

Айсберг создал «пробку»*	12	77
Глубинные воды Средиземного моря теплеют**	7	22
Гомер и исследование океанов**	1	50
Избыточный европий в современных фосфоритах*. Батурин Г.Н.	3	80
Как возродить коралловые рифы*	8	85

Океанологический прогноз на месяц*	7	88
Открыты вулканы на дне Ледовитого океана*	6	84
Печальная участь кораллов**	5	62
Эоловые отложения на островах Северо-Западной Пацифики*	10	89

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ. ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ

Гинкго — история в четверть миллиарда лет.		
Наугольных С.В.	12	62
Количественная палеонтология: кривое разнообразие. Журавлев А.Ю.	9	51
О древней катастрофе свидетельствуют благородные газы*	5	85
Они питались термитами**	2	29
Опять фальшивка?***	9	70
Палеонтологическое Эльдorado**	11	30
Паралититан — динозавр-гигант*	5	86
Первые находки динозавров в Туве*.		
Алифанов В.Р., Курочкин Е.Н., Забелин В.И., Кудрявцев В.И.	2	84
Предок тираннозавра*	3	84
Родичей китов находят на суше*	8	88
Таймырский мамонт: успех или конфуз?*	5	19
Энтомологическая сенсация: новый отряд насекомых*	12	79

АРХЕОЛОГИЯ. АНТРОПОЛОГИЯ. ЭТНОГРАФИЯ

Античный Рим как живой город**	9	69
Бронза из бронзового века.		
Яхонтова Л.К., Брызгалов И.А., Гак Е.И.	8	58
Где зарождалась письменность?*	12	80
Древняя трехъярусная могила в Сирии*	8	88
Искусство пострадало, а наука выиграла**	10	27
Кто и когда стал первым «кукурузником»?*	2	85
Кто кому «подарил» сифилис?*	4	86
Наше фамильное древо снова ветвится.		
Виноградов Г.М.	3	73
Откуда пошло скотоводство*	11	86
Первые горожане Америки*	3	84
«Персидская принцесса» — фальшивка**	3	37
Скандалы японской археологии**	9	70
Скорость роста зубов у <i>Homo erectus</i> *.		
Гиляров Д.А.	7	89
Сокровища Ассирии заговорят по-новому**	5	18
Средневековые воины Алтая.		
Тишкин А.А., Горбунов В.В.	9	71
Суда-призраки из Венецианской лагуны**	6	78
Судьба гренландских викингов*	6	85
Сунгирь в новой экспозиции Владимиро-Суздальского музея-заповедника. Короткевич Г.В.	3	47
Экологическая ситуация и здоровье людей средневековой Москвы.		
Александровская Е.И., Панова Т.Д.	9	29
Эпохальные находки в Московском Кремле*.		
Панова Т.Д.	1	81
Эцти — жертва убийства*	4	86
Эцти: знакомство продолжается*	8	87

АПРЕЛЬСКИЙ ФАКУЛЬТАТИВ

Геофизика обращается к оракулу. Силкин Б.И.	4	3
Знаменитый мореход или поручик Кижэ в Арктике?		
Свердлов Л.М.	4	61
Ламарксизм и птичка кольраби. Виноградов Г.М.	4	65
Противогазовая вакцина*	4	84
Страна Мифляндия, или Типы симметрии у Mythozoa. Иванова-Казас О.М.	4	17

БИОГРАФИЯ СОВРЕМЕННОГО ОСНОВАТЕЛЯ ШКОЛЫ ПОЧВЕННОЙ ЗООЛОГИИ

К 90-летию Меркурия Сергеевича Гилярова	12	9
О моем отце. Гиляров А.М.	12	10
От общего корня (Путь Владимира Владимировича Сахарова).		
Мелконова Е.Ф.	5	73
ПРИСТРАСТИЯ Л.В. КРУШИНСКОГО		
К 90-летию со дня рождения	4	72
Отец. Крушинская Н.Л.	4	73
«В таинственном мире, нас окружающем».		
Крушинский Л.В.	4	79

В КОНЦЕ НОМЕРА

Природа как источник вдохновения.		
Портнова И.В.	7	94
Разные лекарства в одной капсуле.		
Левицкий М.М.	6	94
Рысь: «львиный страж» северного неба.		
Кузьмин А.В.	8	95

ВЕСТИ ИЗ ЭКСПЕДИЦИЙ

Белые столбы Покинутого города. Ленин А.Ю., Богданов Ю.А., Сагалевич А.М., Пересыпкин В.И., Дулов Л.Е.	12	40
Дорогами Монголии. Микляева И.М.	3	38
Жизнь затонувших кораблей.		
Сагалевич А.М., Галкин С.В.	2	54
Озеро Селигер — второй исток Волги.		
Шапоренко С.И., Шилькрот Г.С., Тихомирова А.В., Леонов А.В.	6	40
Путешествие по уснувшей реке. Гладышев А.И.	9	42
Рудная минерализация в Центральной Атлантике.		
Сколотнев С.Г.	12	47
Экспедиция AMORE-2001 в Центральную Арктику.		
Тиде Йорн, Драчев С.С., Шевченко В.П.	5	47

ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

Астрономические инструменты в обсерватории Улугбека. Турсунов О.С.	2	91
Взрывчатый порошок Нобеля.		
Зеленин К.Н., Ноздрачев А.Д., Поляков Е.Л.	9	92
Любовь к родному пепелищу. Успенская Н.В.	1	96
Имя в истории аграрной науки. Белых Г.В.	11	93
Исследователь Курил и Японии. Богданов В.В.	5	92
Мария Исидоровна Гольдсмит. Любина Г.И.	6	91

«Проводились наблюдения всякого рода» (К истории русских гидробиологических исследований Средиземного моря). Игнатьев С.М.	3	92
Ремесло или искусство. Удальцова В.А.	4	92
«Русский Моцарт». Сорокина М.Ю.	1	91

ЗАМЕТКИ И НАБЛЮДЕНИЯ

В подводном царстве. Коньшин В.П.	4	51
Джаныбек — граница и еще раз граница.		
Булавицев В.И.	11	59
Живые дары московским государям. Панова Т.Д.	5	44
Зимние гости. Булавицев В.И.	3	51
Каменный исполин Охотоморья. Шлотгауэр С.Д.	7	23
Красотки, красотки... Клепиков М.А.	5	38
Куличок фифи. Булавицев В.И.	4	50
Морская улитка в роли растения. Несис К.Н.	2	49
Осьминог, подражающий всем. Несис К.Н.	4	54
Песчаные эоловые потоки из Байкала.		
Агафонов Б.П.	5	40
Подкрасться, переодевшись женщиной. Несис К.Н.	12	37
Поэзия, застывшая в дереве. Комаров В.Н.	2	44
Страсти в Кузовском парке. Булавицев В.И.	2	46
Сунгирь в новой экспозиции Владимиро- Суздальского музея-заповедника. Короткевич Г.В.	3	47
Три ущелья в бассейне Янцзы. Уфимцев Г.Ф.	1	60
Черный дятел, или желна. Булавицев В.И.	7	29

ДОСТОЙНЫЕ... НО НЕУДОСТОЕННЫЕ

«Нобелиана» В.И.Векслера и Е.К.Завойского.		
Блох А.М.	8	74
«Нобелиана» Григория Ландсберга и Леонида Мандельштама. Блох А.М.	6	73
«Нобелиана» Дмитрия Менделеева. Блох А.М.	2	72
«Нобелиана» Николая Николаевича Боголюбова.		
Блох А.М.	10	77
«Нобелиана» Петра Лебедева и Владимира Ипатьева.		
Блох А.М.	4	67

КОРОТКО

2 20, 50; 3 75; 8 57; 9 12, 20, 78;
11 74; 12 8, 71

ЛЕКТОРИЙ

Гравитация и звезды. Сурдин В.Г.	1	42
История клонально-селекционной теории.		
Абелев Г.И.	11	75
Многоликая изомерия координационных соединений. Михайлов О.В.	5	14
От кванта к квантовым компьютерам.		
Валиев К.А., Кокин А.А.	12	28
Уравнения для... закона Менделеева.		
Имянитов Н.С.	6	62

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

Азиатские муссоны и глобальный климат (184-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). Басов И.А.	3	71
Аккреционная призма как модель горообразования (190-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). Басов И.А.	9	67

Виды сосуществуют в одной экологической нише.		
Гиляров А.М.	11	71
Гидротермальная деятельность в озере Йеллоустон.		
Силкин Б.И.	2	62
Гребневик берез — гость или житель Черного моря?		
Игнатьев С.М.	2	30
«ДЖОИДЕС Резолюшн»: 185-й и 186-й рейсы.		
Басов И.А.	5	59
«ДЖОИДЕС Резолюшн»: 187-й и 188-й рейсы.		
Басов И.А.	6	70
«ДЖОИДЕС Резолюшн»: 192-й и 193-й рейсы.		
Басов И.А.	12	25
Космологический «барометр» — гелий-3.		
Сурдин В.Г.	7	20
Крупные магматические провинции океанского дна (183-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). Басов И.А.	2	64
Микробы под дном океана и внеземная жизнь.		
Несис К.Н.	7	79
Накопление карбонатов в холодных водах (182-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). Басов И.А.	1	40
Наше фамильное древо снова ветвится.		
Виноградов Г.М.	3	73
Новости из жизни ускорителей. Ширшов Л.С.	7	44
Результаты 191-го рейса «ДЖОИДЕС Резолюшн».		
Басов И.А.	10	25
Самая массивная черная дыра звездного происхождения. Сурдин В.Г.	6	13
Северный морской слон на Командорах.		
Мамаев Е.Г., Челноков Ф.Г.	2	51
Трилобиты изобрели «бактериальный огород»?		
Несис К.Н.	11	28
Формирование Циркум-Антарктического течения (189-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»). Басов И.А.	8	69
НЕКРОЛОГ		
Памяти ученого, популяризатора науки, педагога	2	66

НОВЫЕ КНИГИ

1 89; 2 90; 3 89; 4 90; 5 91; 6 89; 7 93;
8 93; 9 90; 10 95; 11 89; 12 84

РЕЗОНАНС

Еще раз об алмазной якутской эпопее.

Трейвус Е.Б.	5	87
Периодическая система элементов: стройность и предсказательная сила. Левицкий М.М.	11	90
Туринская плащаница. Сарма Амардео	11	63

РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

3 27; 4 49; 10 7

РЕЦЕНЗИИ

Выдающийся ученый и гражданин. Абелев Г.И.	9	88
Долгожданное начало. Малахов В.В.	12	81
Жемчужины Дальнего Востока. Несис К.Н.	7	91
ИССЛЕДОВАТЕЛИ АРКТИКИ: А.В.КОЛЧАК И М.М.ЕРМОЛАЕВ		
«Любимец» советской цензуры. Корякин В.С.	10	90
Биография, которой хватило бы на десятилетия.		
Корякин В.С.	10	92
Наследие Русской Арктики. Зыков К.Д.	3	85
Одиссея Зиновия Каневского. Зубрева М.Ю.	8	89
Поэма о совершенстве красоты бабочек.		
Чернышев В.Б.	7	90
Радость познания. Киселев Л.Л.	6	86
Скучно без Сахарова. Альтшулер Б.Л.	1	83
Сложный, но познаваемый геном. Гиляров А.М.	2	86
Сон разума порождает чудовищ... Ефремов Ю.Н.	4	87
Судьбы российских ученых. Шолпо В.Н.	5	88
Творческое долголетие. Нечипуренко Ю.Д.	11	87

Авторский указатель журнала «Природа» за 2002 год

Абелев Г.И.	9 88	Бекетов С.В. (Каштанов С.Н.)	5 52	Виноградов В.И. (Бурзин М.Б.)	3 81
	11 75	Белых Г.В.	11 93	Виноградов Г.М.	3 73
Агафонов Б.П.	5 40	Белянова Л.П.	1 69	Виноградова Е.Б.	4 65
Александровская Е.И. (Панова Т.Д.*)	9 29	Белянова Л.П. (Бялко А.В.)	2 3		8 24
Алексеев А.Н. (Дубинина Е.В.)	8 23	Бергер В.Я.	8 26	Гак Е.И.	
Алёшкина Е.Ю.	9 57	Берлянт А.М.	7 3	(Яхонтова Л.К., Брызгалов И.А.)	8 58
Алимов А.Ф.	8 10	Берман Д.И.	10 59	Галкин С.В. (Сагалеви́ч А.М.)	2 54
Алифанов В.Р. (Курочкин Е.Н., Забелин В.И., Кудрявцев В.И.)	2 84	Бизина Е.В.	3 53	Герасько О.А. (Федин В.П.)	8 3
Альтшулер Б.Л.	1 83	Блох А.М.	2 72	Гиляров А.М.	2 86
Ананьева Н.Б. (Подлипаев С.А., Пугачев О.Н.)	8 17		4 67		8 82
Андреев А.В. (Голубова Е.Ю., Китайский А.С.)	10 41	Богданов В.В.	6 73		10 86
Антипова А.В. (Кочуров Б.И., Костовска С.К., Лобковский В.А.)	12 51	Богданов Ю.А.	8 74		11 71
Астахова О.О.	3 79	(Сагалеви́ч А.М., Лукашин В.Н.)	10 77		12 10
		Богданов Ю.А. (Леин А.Ю., Сагалеви́ч А.М., Пересыпкин В.И., Дулов Л.Е.)	5 92	Гиляров Д.А.	7 89
Балашов Ю.С.	8 21	Боринская С.А.	7 67	Гладышев А.И.	9 42
Баранова А.В.	1 72	(Хуснутдинова Э.К.)	12 40	Головин Ю.И. (Моргунов Р.Б.)	8 49
Басов И.А.	1 40	Бородин П.М. (Рубцов Н.Б.)	12 3	Голубова Е.Ю. (Андреев А.В., Китайский А.С.)	10 41
	1 80	Бородин П.М. (Рогачева М.Б., Ода С.-И.)	3 59	Горбунов В.В. (Тишкин А.А.)	9 71
	2 64	Брызгалов И.А.	9 3	Гриднев С.А.	6 22
	3 71	(Яхонтова Л.К., Гак Е.И.)	8 58	Демехов А.Г. (Трахтенгерц В.Ю.)	4 25
	5 59	Булавинцев В.И.	2 46	Деренко М.В. (Малярчук Б.А.)	10 69
	6 70		3 51	Драчев С.С.	
	8 69		4 50	(Тиде Йорн, Шевченко В.П.)	5 47
	9 67		7 29	Дреннова Н.Н.	
	10 25	Бурзин М.Б. (Виноградов В.И.)	11 59	(Табулевич В.Н., Черных Е.Н., Потапов В.А.)	10 12
	12 25	Бялко А.В.	3 81	Дубинина Е.В. (Алексеев А.Н.)	8 23
	12 76	Бялко А.В. (Белянова Л.П.)	1 29	Дулов Л.Е.	
Батурин Г.Н.	3 80		2 3	(Леин А.Ю., Богданов Ю.А., Сагалеви́ч А.М., Пересыпкин В.И.)	12 40
	5 20	Валиев К.А. (Кокин А.А.)	12 28	Дымщиц Г.М.	6 54
Бебия С.М.	9 33	Васильев А.Н. (Кагеяма Х.)	2 21	Дьяков Б.Б.	7 46
		Вибе Д.З.	8 80	Дьяков Ю.Т.	1 33
			11 82		11 32
				Евстигнеева Г.А. (Земсков А.И.)	6 3

* Здесь и далее в скобках указаны соавторы.

Еланский Н.Ф.	2	32	Корочкин Л.И.	7	10	Несис К.Н.	1	80
Еловенко В.Н.	8	83	Корякин В.С.	10	90		2	49
Ефремов Ю.Н.	4	87		10	92		4	54
			Костовска С.К.				7	79
Журавлев А.Ю.	9	51	(Кочуров Б.И., Антипова А.В., Лобковский В.А.)	12	51		7	91
			Кочуров Б.И.				11	28
Забелин В.И.			(Антипова А.В., Костовска С.К., Лобковский В.А.)	12	51	Нечипуренко Ю.Д.	11	87
(Алифанов В.Р., Курочкин Е.Н., Кудрявцев В.И.)	2	84	Крушинская Н.Л.	4	73	Никонов А.А.	9	13
Заварзин Г.А.	1	12	Крушинский Л.В.	4	79	Ноздрачев А.Д.		
Зеленин К.Н.			Крылов М.В. (Либенсон М.Н.)	8	25	(Зеленин К.Н., Поляков Е.Л.)	9	92
(Ноздрачев А.Д., Поляков Е.Л.)	9	92	Крылов П.И.	8	18			
Земсков А.И. (Евстигнеева Г.А.)	6	3	Кудрявцев В.И.			Ода С.-И.		
Зубрева М.Ю.	8	89	(Алифанов В.Р., Курочкин Е.Н., Забелин В.И.)	2	84	(Бородин П.М., Рогачева М.Б.)	9	3
Зыков К.Д.	3	85	Кузнецова В.Г.	8	35	Островский Б.И.	7	34
			Кузьмин А.В.	3	76			
Иваницкий В.В.	6	30		4	56	Панова Т.Д.	1	81
Иванов М.В.	2	5	Куркин М.И.	8	95		5	44
Иванова-Казас О.М.	4	17	(Самарцев В.В., Рассветалов Л.А.)	5	63	Панова Т.Д.		
Игнатьев С.М.	2	30	Курочкин Е.Н.			(Александровская Е.И.)	9	29
	3	92	(Алифанов В.Р., Забелин В.И., Кудрявцев В.И.)	2	84	Панчук В.Е. (Клочкова В.Г.)	3	28
Имянитов Н.С.	6	62				Парафонова В.А.	4	84
Иноземцев А.А.	12	57	Левицкий М.М.	3	21	Пересыпкин В.И.		
Иноземцев В.Л.	1	20		6	94	(Леин А.Ю., Богданов Ю.А., Сагалевич А.М., Дулов Л.Е.)	12	40
				11	90	Подлипаев С.А.		
Каган Ю.М.	1	65	Леин А.Ю.			(Ананьева Н.Б., Пугачев О.Н.)	8	17
Кагеяма Х. (Васильев А.Н.)	2	21	(Богданов Ю.А., Сагалевич А.М., Пересыпкин В.И., Дулов Л.Е.)	12	40	Поляков Е.Л.		
Калякин В.Н.	6	6	Леонов А.В.			(Зеленин К.Н., Ноздрачев А.Д.)	9	92
Камкин А.Г.			(Шапоренко С.И., Шилькрот Г.С., Тихомирова А.В.)	6	40	Померанец К.С.	10	87
(Киселева И.С., Ярыгин В.Н.)	3	13	Либенсон М.Н. (Крылов М.В.)	8	25	Попов А.Л.		
	4	6	Лобанов А.Л.			(Чернышев Г.Н., Козинцев В.М.)	10	17
Кароль И.Л. (Киселев А.А.)	5	31	(Кержнер И.М.)	8	37	Портнова И.В.	7	94
Касьянов В.Л. (Корниенко Е.С.)	7	75	Лобковский В.А.			Потапов В.А.		
Кашин В.А.	10	29	(Кочуров Б.И., Антипова А.В., Костовска С.К.)	12	51	(Табулевич В.Н., Черных Е.Н., Дреннова Н.Н.)	10	12
Каштанов С.Н. (Бекетов С.В.)	5	52	Лукашин В.Н.			Приходько В.И.	4	32
Кержнер И.М. (Лобанов А.Л.)	8	37	(Богданов Ю.А., Сагалевич А.М.)	7	67	Пугачев О.Н.		
Киселев А.А. (Кароль И.Л.)	5	31	Любина Г.И.	6	91	(Ананьева Н.Б., Подлипаев С.А.)	8	17
Киселев Л.Л.	6	86						
Киселева И.С.			Малахов В.В.	12	81	Рассветалов Л.А.		
(Камкин А.Г., Ярыгин В.Н.)	3	13	Малярчук Б.А. (Деренко М.В.)	10	69	(Самарцев В.В., Куркин М.И.)	5	63
	4	6	Мамаев Е.Г. (Челноков Ф.Г.)	2	51	Расцветаева Р.К.	4	40
Китайский А.С.			Мартьянов А.А.			Ратнер В.А.	2	67
(Андреев А.В., Голубова Е.Ю.)	10	41	(Тарасова О.С., Родионов И.М.)	11	21	Рогачева М.Б.		
Клепиков М.А.	5	38	Марфенина О.Е.	11	33	(Бородин П.М., Ода С.-И.)	9	3
Клочкова В.Г. (Панчук В.Е.)	3	28	Мелконова Е.Ф.	5	73	Родионов И.М.		
Клюев Н.Н.	11	3	Микляева И.М.	3	38	(Тарасова О.С., Мартьянов А.А.)	11	21
Козинцев В.М.			Михайлов В.Н.	4	43	Ройхель В.М.	2	14
(Чернышев Г.Н., Попов А.Л.)	10	17	Михайлов К.Г.	5	81	Рубинин П.Е.	7	50
Кокин А.А. (Валиев К.А.)	12	28	Михайлов О.В.	5	14	Рубцов Н.Б. (Бородин П.М.)	3	59
Комар А.А.	10	5	Моргунов Р.Б.					
	11	11	(Головин Ю.И.)	8	49	Сагалевич А.М.		
Комаров В.Н.	2	44	Наугольных С.В.	12	62	(Богданов Ю.А., Лукашин В.Н.)	7	67
Константинов М.М.	6	49				Сагалевич А.М.		
Коньшин В.П.	4	51				(Леин А.Ю., Богданов Ю.А., Пересыпкин В.И., Дулов Л.Е.)	12	40
Копылов А.В.	10	3				Самарцев В.В.		
Корецкая С.Т.	1	78				(Рассветалов Л.А., Куркин М.И.)	5	63
Корниенко Е.С. (Касьянов В.Л.)	7	75						
Короткевич Г.В.	3	47						
Коротяев Б.А.								
(Сиренко Б.И., Степаньянц С.Д.)	8	29						

Сапожников Ф.В.	12	59	Тарасова О.С.		Челноков Ф.Г. (Мамаев Е.Г.)	2	51
Сарма Амардео**	11	63	(Мартьянов А.А., Родионов И.М.)	11	21	Черных Е.Н.	
Свердлов Л.М.	4	61	Тиде Йорн		(Табулевич В.Н., Потапов В.А.,		
Семенов Д.В.	3	78	(Драчев С.С., Шевченко В.П.)	5	47	Дреннова Н.Н.)	10
	6	82	Тисса Ласло***	3	67	Чернышев В.Б.	7
	12	75	Тихомирова А.В.			Чернышев Г.Н.	
Силкин Б.И.	2	62	(Шапоренко С.И., Шилькрот Г.С.,			(Попов А.Л., Козинцев В.М.)	10
	4	3	Леонов А.В.)	6	40	Чернявский Ф.Б.	10
	8	71	Тишкин А.А. (Горбунов В.В.)	9	71	Чесноков Н.И.	9
	11	18	Трахтенгерц В.Ю. (Демехов А.Г.)	4	25		
	12	73	Трейвус Е.Б.	5	87	Шапоренко С.И.	
Сиренко Б.И.			Турсунов О.С.	2	91	(Шилькрот Г.С., Тихомирова А.В.,	
(Коротяев Б.А., Степаньянц С.Д.)	8	29				Леонов А.В.)	6
Скворцов А.К.	5	3	Угольников О.С.	8	63	Шарков А.А.	3
Сколотнев С.Г.	12	47	Удальцова В.А.	4	92	Шевченко В.П.	
Сорокина М.Ю.	1	91	Успенская Н.В.	1	5	(Тиде Йорн, Драчев С.С.)	5
Степаньянц С.Д.				1	96	Шейн Е.В.	10
(Коротяев Б.А., Сиренко Б.И.)	8	29	Уфимцев Г.Ф.	1	60	Шилькрот Г.С.	
Степаньянц С.Д.	8	41				(Шапоренко С.И.,	
Сурдин В.Г.	1	42	Федин В.П. (Герасько О.А.)	8	3	Тихомирова А.В., Леонов А.В.)	6
	1	76				Ширшов Л.С.	7
	2	91	Хаин В.Е.	1	51	Шлотгауэр С.Д.	7
	4	83	Холлоуэй Д.****	7	62	Шолпо В.Н.	5
	6	13	Холодов В.Н.	11	47	Штукенберг А.Г.	6
	7	20	Хорева М.Г.	10	51		
			Хуснутдинова Э.К.			Щеглов А.И. (Цветнова О.Б.)	11
			(Боринская С.А.)	12	3		
Табулевич В.Н.						Ярыгин В.Н.	
(Черных Е.Н., Потапов В.А.,						(Камкин А.Г., Киселева И.С.)	3
Дреннова Н.Н.)	10	12	Цветнова О.Б. (Щеглов А.И.)	11	39		13
Танасийчук В.Н.	8	12					6
						Яхонтова Л.К.	
** Перевод А.Г.Тоточава.			*** Перевод Г.Е.Горелика.			(Брызгалов И.А., Гак Е.И.)	8
			**** Перевод Б.Б.Дьякова.				58

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Е.Е.БУШУЕВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
М.Я.ФИЛЬШТЕЙН

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
П.А.ХОМЯКОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Е.А.ПИМЕНОВА

Графика, верстка:
Д.А.БРАГИН

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредители:
Президиум РАН,
Издательско-производственное
и книоторговое
объединение «Наука»
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-26-33
Подписано в печать 15.11.2002
Формат 60×88 1/8
Бумага типографская №1,
офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 6803
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП типографии «Наука»
Академиздатцентра «Наука» РАН,
121099, Москва, Шубинский пер., 6