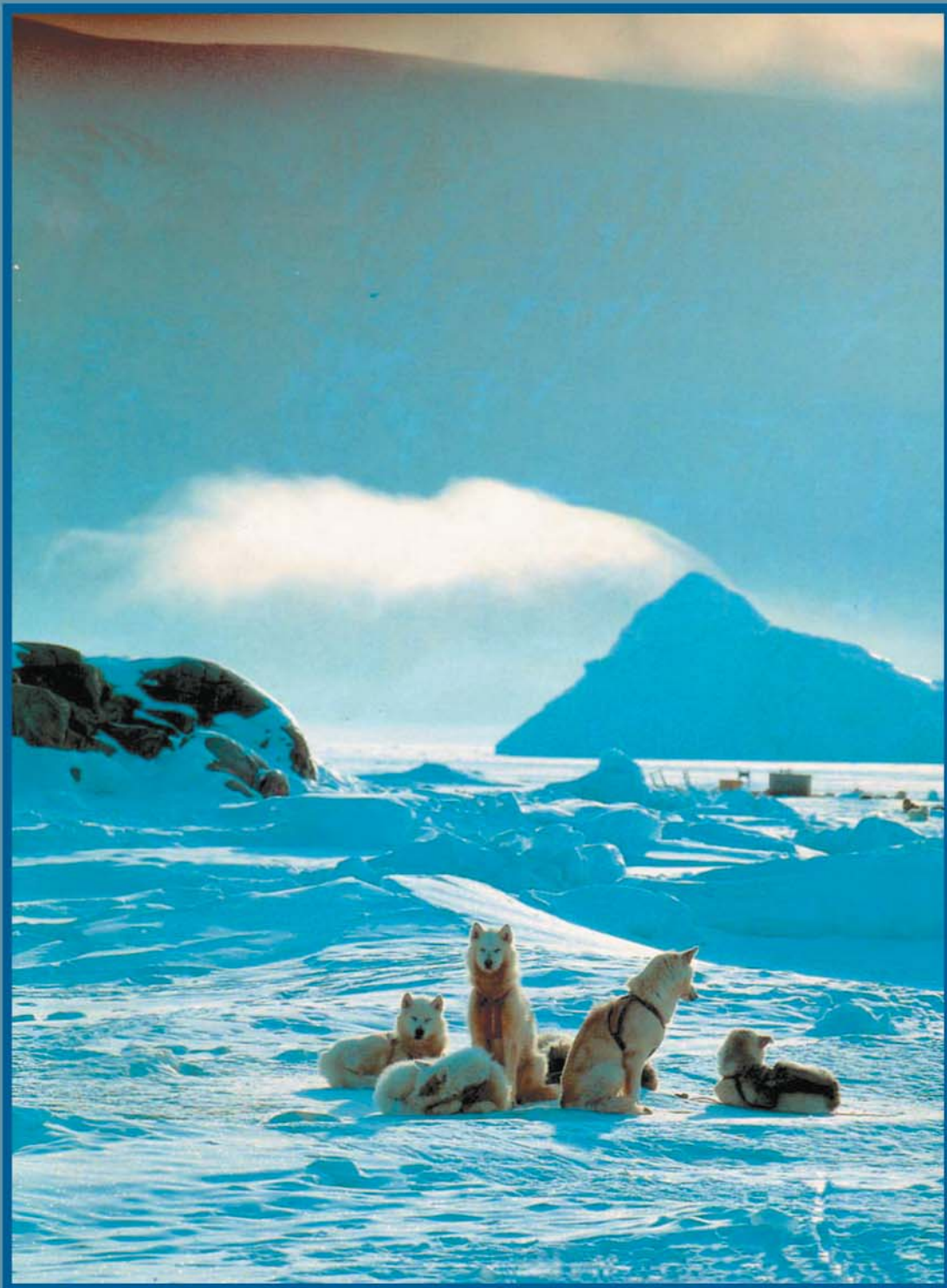


ПРИРОДА

2001 8



В НОМЕРЕ:**3 Голубовский М.Д.****Неканонические наследственные изменения**

Сегодня очевидно, что разные формы неменделевского наследования не исключение, а следствие из более общих представлений о геноме.

10 Соколинский Л.Б.**Параллельные машины баз данных**

Объемы информации, хранящейся в современных вычислительных машинах, настолько велики, что ее обработка возможна только при специальной архитектуре ЭВМ.

18 Алифанов В.Р.**Загадка происхождения черепаш**

Родственные связи этих триасовых животных невозможно выяснить, опираясь только на детали их скелета и не учитывая эмбриологические, морфологические и физиологические особенности.

Научные сообщения**26 Басов И.А.****Роль Южного океана в эволюции климата Земли**

(177-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»)

Калейдоскоп**28**

Клуговские премии для гуманитариев (28). – Неистовство Сакурадзимы (28). – В составе солнечных выбросов много гелия (28). – Рабаул: посыпал пеплом я главу... (53). – Пламя из-под льда (53). – Плесень разрушает китайскую реликвию (53). – Океанополис расширяется (61). – Азиатская пыль достигает Гренландии (63). – Одно землетрясение порождает другие (63). – Перегретые пираньи (63). – Тираннозавров целое стадо... (63) – Аргентинский хищный динозавр (64). – Загадочная мумия (64). – Стена на дне озера (64). – Где же правда о племени яномамо? (64). – Сверхпроводимость композита графит-сера (65). – Кто был первым двуногим? (65).

29 Константинов М.М., Косовец Т.Н.**Золото и турбидиты**

Турбидиты – отложения мутьевых потоков – широко распространены на Земле, и именно они включают многие гигантские и богатые месторождения золота.

Вести из экспедиций**37 Виноградов Г.М., Калякин М.В., Кобузева И.А., Куприянова Е.А.****Белое море, Ягодный порог...****44 Талалай П.Г.****Через Гренландский ледниковый щит**

Глубокое бурение льда на крупнейшем острове мира позволило получить уникальные материалы о климате планеты за последние несколько сотен тысячелетий.

54**Франция в космосе****62****Памяти академика Н.Г.Басова****66 Васильев С.А.****Сибирь и первые американцы**

Когда и какими путями человек проник на территорию Нового Света? Можно ли найти в Азии предков американских индейцев?

Заметки и наблюдения**74 Семенов Д.В.****Морские черепахи в Черном море****Возвращение****76 Погребысская Е.И.****Александр Александрович Эйхенвальд**

Много ли мы знаем о человеке, тонкий опыт которого заслужил внимание всех серьезных учебников по электричеству?

Новости науки**81**

Галактическая провинция Южная Корона (43). – Самая массивная из обнаруженных галактик (81). – Вулканы: взгляд из космоса (81). – Туманность Ориона – бриллиант в рукояти меча (82). – Метеорит подтверждает: вода на Марсе была (82). – Космические лучи как климатообразующий фактор (82). – Первый ВТСП-кабель уже в деле! (83). – Армения, возможно, получит синхротрон (83). – Открыта сверхпроводимость в MgB₂ при 39 К (83). – Ночное послание поврежденного растения. **Гилларов А.М.** (84). – Потепление не грозит поавальной малярией (85). – Как предотвратить лесные пожары? (85). – Тектоника плит «постарела» (85). – Древний гигантский оползень (86). – Атлантико-тихоокеанский «коктель» на гидротермах Индийского океана (86). – Индейка – родственница динозавра? (87). – Роль женщин в науке мусульманских стран (87). – Величайшая из переписей (88).

Коротко (36, 75)

Рецензии**89 Сытин А.К.****Как Карл Бэр стал географом****Новые книги****91****Встречи с забытым****93 Кулакова И.П.****Университет и сад**

Из истории культурного пространства XVIII в.

CONTENTS:

3 Golubovsky M.D.

Noncanonical Hereditary Variations

Today it is clear that various forms of non-Mendelian inheritance are not an exception but rather a consequence of more general ideas on the genome.

10 Sokolinsky L.B.

Parallel Database Computers

The amounts of information stored in modern computers are so large that, in order to handle them, special computer architecture designs are required.

18 Alifanov V.R.

The Enigma of the Origin of Tortoises

The affinities of these Triassic animals are yet unclear because scientists have so far examined details of their skeletons without regard for the embryological, morphological, and physiological features.

Scientific Communications

26 Basov I.A.

The Role of the Southern Ocean in the Evolution of the Earth's Climate (177th Cruise of the JOIDES Resolution)

Kaleidoscope

28

The Kluge Prizes for the Liberal Arts (28). – The Fury of Sakuradzima (28). – Solar Mass Ejections Contain Much Helium (28). – Rabaul and the Ashes It Spewed out (53). – Flames from beneath the Ice (53). – Mold Destroying a Chinese Clay Army (53). – *Oceanopolis* Is Expanding (61). – Asian Dust Reaching Greenland (63). – One Earthquake Generates Others (63). – Overheated Piranhas (63). – A Whole Herd of Tyrannosaurs (63). – An Argentinian Predacious Dinosaur (64). – An Enigmatic Mummy (64). – A Wall on the Lake Bottom (64). – Where Is the Truth about the Yanomamo Tribe? (64). – Superconductivity of Sulfur-Graphite Composite (65). – Who Was the First Piped? (65).

29 Konstantinov M.M. and Kosovets T.N.

Gold and Turbidites

Turbidites – sediments deposited by turbidity currents – are widespread on the Earth, and it is these rocks that enclose many big-grade giant gold deposits.

News from Expeditions

37 Vinogradov G.M., Kalyakin M.V., Kobuzeva I.A., and Kupriyanova E.A.

The White Sea, the Yagodny Rapid...

44 Talalai P.G.

Through the Greenland Ice Sheet

Deep drilling into ice on the world's largest island has yielded unique data on the Earth's climate for the last few hundreds of millennia.

54

France in Outer Space

62

In Memory of Academician N.G. Basov

66 Vasilyev S.A.

Siberia and the First Americans

When and by which routes did humans enter the New World? Is it possible to find ancestors of the North American Indians in Asia?

Notes and Observations

74 Semenov D.V.

Marine Tortoises in the Black Sea

Comeback

76 Pogrebyskaya E.I.

Aleksandr Aleksandrovich Eichenwald

Do we know much about the man whose elaborate experiment is covered in all serious textbooks on electricity?

Science News

81

The Coronae Australis Galactic Province (43). – The Most Massive of the Known Galaxies (81). – Volcanoes: A Look from Outer Space (81). – The Orion Nebula: A Diamond in the Sword Handle (82). – A Meteorite Confirms that There Was Water on Mars (82). – Cosmic Rays as a Climatic Factor (82). – The First High-Temperature Superconducting Cable Is Now in Operation! (83). – Armenia Will Possibly Get a Synchrotron (83). – Superconductivity in MgB₂ at 39 K Discovered (83). – A Nighttime Message from a Damaged Plant. Gilyarov A.M. (84). – Warming Holds no Threat of a Malaria Epidemic (85). – How to Prevent Forest Fires? (85). – Plate Tectonics Has Grown «Old» (85). – An Ancient Giant Landslide (86). – An Atlantic-Pacific Cocktail at Hydrothermal Vents in the Indian Ocean (86). – The Turkey: A Relative of the Dinosaur? (87). – The Role of Women in the Science of Muslim Countries (87). – The Greatest Census of All (88).

In Brief (36, 75)

Book Reviews

89 Sytin A.K.

How Karl Baer Became a Geographer

New Books

91

Encounters with the Forgotten

93 Kulakova I.P.

The University and the Garden From 18th Century Cultural History

Неканонические наследственные изменения

М.Д.Голубовский

Генетика как наука оформилась 100 лет назад, после вторичного открытия законов Менделя. Ее бурное развитие ознаменовалось в последние годы расшифровкой нуклеотидного состава ДНК генома многих десятков видов. Возникли новые ветви знаний — геномика, молекулярная палеогенетика. В начале 2001 г. в рамках дорогостоящей 10-летней международной программы объявлено о принципиальной расшифровке генома человека. Эти достижения, пожалуй, можно сравнить с выходом человека в космос и высадкой на Луну.

Генетическая инженерия и биотехнология сильно изменили облик науки. Вот любопытный эпизод, уже попавший в новейшую сводку: «После 1998 года началась беспрецедентная гонка между 1100 учеными мирового сообщества проекта “Геном человека” и частной акционерной фирмой “Celera Genomics” [1]. Фирма надеялась первой прийти к финишу и извлекать выгоду от патентования фрагментов ДНК человека. Но пока победил принцип: «Что создано природой и Богом, не может патентоваться человеком».

Мог ли представить такую фантазмагорическую картину Грегор Мендель, неспешно про-



Михаил Давидович Голубовский, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского филиала Института истории естествознания и техники РАН. Занимается проблемами генетики, теорией эволюции и историей науки. Неоднократно публиковался в «Природе».

водя год за годом свои опыты в тиши монастырского садика? В какой степени она трансформирует естественное саморазвитие науки? Действительно ли тотальный анализ ДНК геномов снимает все покровы? Упования, что Буратино уже нашел заветный золотой ключик от потайной двери, столкнулись с непредвиденной реальностью и парадоксами. У человека лишь 3% ДНК генома кодируют белки, и, возможно, еще 20–25% участвуют в регуляции действия генов. Какова же функция, и есть ли она у остальной части ДНК? Гены

в геноме порой сравнивают с небольшими островами в море неактивных и, возможно, «мусорных» последовательностей. ДНК-гонка порой напоминает присказку: «принеси то, не знаю что».

Возражения скептиков отнюдь не сняты. Ведь при тотальном секвенировании номинация (применю модный термин) определенного отрезка ДНК в «ранг гена» проводится лишь на основе сугубо формальных критериев (знаков генетической пунктуации, необходимых для транскрипции). Роль, время и место действия большинства «генов-

номинантов» пока совершенно неясны.

Но есть и другая проблема. Под геномом надо понимать всю наследственную систему, включая не только структуру определенного набора ДНК элементов, но и характер связей между ними, который определяет ход онтогенеза в конкретных условиях среды. Налицо системная триада: элементы, связи между ними и свойства целостности. Отсюда следует важный вывод: знание структуры генов на уровне ДНК — необходимо, но вовсе недостаточно для описания генома. Мы лишь на пороге постижения динамического способа организации и неканонических форм наследования [2, 3].

Неожиданно в конце XX в. вопрос о том, каковы границы и спектр наследственной изменчивости, вышел за рамки чисто академических дискуссий. Сначала в Англии, а потом и в Германии пришлось забивать скот из-за нейродегенеративной аномалии, способной передаваться людям с мясом больных животных. Инфекционным агентом оказались не ДНК или РНК, а белки, названные прионами (от англ. prions — protein infectious particles — белковые инфекционные частицы).

Впервые с их необычным проявлением исследователи столкнулись еще в 60-е годы. Но тогда этот феномен пытались истолковать в рамках классических представлений, полагая, что это «медленные вирусные инфекции» животных или особый тип супрессорных мутаций у дрожжей. Теперь выясняется, «феномен прионов не является экзотикой, характерной для млекопитающих, а скорее — частным случаем общебиологического механизма» динамического наследования [4]. Вероятно, центральную догму молекулярной генетики придется дополнить с учетом возможности внутри- и межвидовой передачи по типу инфекций [5].

В начале 80-х годов классик молекулярной биологии и гене-

тики Р.Б.Хесин выделил три формы неканонической наследственной изменчивости: неслучайные упорядоченные изменения в локусах и участках хромосом, состоящих из повторов ДНК; изменение и наследование свойств цитоплазмы; эпигенетическое наследование локальных и общих изменений упаковки хроматина. Затем добавились мобильные гены, поведение которых привело к проблеме непостоянства геномов [6].

Цель этой статьи — показать, что разные формы менделевского наследования не исключение, а следствие более общих представлений об организации генома. Наследственные изменения отнюдь не сводятся только к мутациям [7].

Андре Львов и роль его открытия

По удивительному совпадению в один и тот же 1953 г. появились две статьи, определившие лицо современной генетики: открытие двойной спирали ДНК Дж.Уотсоном и Ф.Криком и концепция профага и лизогении бактерий А.Львова (1902—1994), которая, на мой взгляд, имеет сейчас для биологии, медицины и генетики не меньшее значение, чем двойная спираль ДНК.

Львов установил, что фаг может встраиваться в хромосому бактерии и передаваться в ряду многих поколений как обычный бактериальный ген. В таком состоянии у фага работает лишь ген-репрессор, который блокирует работу всех остальных его локусов. Бактерия, включившая фаг в свой геном, называется лизогенной, а встроенный фаг — профагом. Такая лизогенная бактерия защищена от заражения другими фагами. Под действием ультрафиолета или изменений внутренней среды клетки репрессор инактивируется, блокада снимается, и фаг размножается, вызывая гибель клетки. Теперь даже трудно представить, сколь революционным было это открытие.

Андре Львов — выходец из России, его родители эмигрировали во Францию в конце XIX в. Образ матери ученого Марии Симинович навсегда запечатлен на полотне художника В.Серова «Девушка, освещенная солнцем» (1888). Мария Яковлевна Львова-Симинович дожила до 90 лет. За несколько недель до второй мировой войны она передала в Третьяковскую галерею письма и рисунки В.Серова [9]. Отец Львова был знаком с Мечниковым и водил сына к нему в Институт Пастера. Так через века и страны тянутся и переплетаются нити культуры. За свою долгую жизнь А.Львов работал последовательно как протозоолог, бактериолог, биохимик, генетик и, наконец, как вирусолог. В Институте Пастера он патронировал и Ж.Моно, и Ф.Жакобу, разделивших с мэтром Нобелевскую премию 1965 г. за открытие оперона.

Уже с 20-х годов были известны штаммы бактерий, которые якобы несут фаги в скрытом состоянии и время от времени вызывают лизис клеток. Однако открыватель бактериофагии Ф.Д'Эррель смотрел на фаг только как на летальный для клетки агент, не допуская мысли о его скрытом состоянии. Это мнение разделял сначала и классик молекулярной генетики М.Дельбрюк. Дело в том, что он и его коллеги в США работали с так называемыми Т-фагами, которые неспособны встраиваться в хромосому бактерий. В силу «демона авторитетов» лизогенией с 20-х годов скрупулезно не занимались. Пионер этих работ, блестящий микробиолог из Института Пастера, Эжен Вольман был схвачен немцами как еврей во время оккупации Парижа и погиб.

После войны Львов возобновил в Пастеровском институте исследования скрытого фагоносительства. В 1953 г. он создал стройную концепцию профага, сразу же осознав ее значение для вирусной теории рака и ряда вирусных патологий у человека. Его ясная схема феномена лизогении до сих пор приводится во

всех сводках по молекулярной генетике.

В 1958 г. Ф.Жакоб и Элиас Вольман (сын Эжена Вольмана) ввели термин «эписома» для элементов, способных существовать либо в свободном, либо интегрированном в геном хозяина состоянии. К эписомам они отнесли умеренные фаги, половой фактор бактерий, факторы колициногенности, с помощью которых одни штаммы бактерий убивают другие бактерии. В замечательной книге «Пол и генетика бактерий», написанной в 1961 г. (и уже на следующий год вышедшей стараниями известного генетика С.И.Алиханяна в русском переводе), авторы предвидели существование эписомоподобных элементов и у высших организмов, прозорливо указывая на «контролирующие элементы», открытые Б.Мак-Клинток в начале 50-х годов (Нобелевская премия по физиологии и медицине 1983 г.). Однако в то время они не предполагали, сколь глубока эта аналогия. После открытия в начале 70-х годов инсерционных мутаций, вызванных включением вирусной ДНК в клеточный геном бактерий, появилась возможность выстроить эволюционный ряд двусторонних переходов: инсерционные сегменты ↔ транспозоны ↔ плазмиды ↔ фаги.

Сходные ряды перевоплощений найдены и у эвкариот. У дрозофилы мобильные элементы семейства *gypsy* («цыган») могут существовать в виде встроенных в хромосому копий; находиться в виде их полных или уменьшенных кольцевых или линейных плазмид в цитоплазме; наконец, в случае отдельных «разрешающих» мутаций в геноме хозяина способны одеться оболочкой, стать настоящими инфекционными ретровирусами и заражать посторонних хозяев через корм. Сходство Р-транспозонов у дрозофилы и эндогенного ретровируса ВИЧ у человека (табл.) позволяет предсказывать возможные эволюционно-генетические события в популяциях человека, судьбу неизбежных сейчас и в бу-

Сходство эволюционной судьбы двух факультативных элементов

Р-элемент дрозофилы	Ретровирусы иммунодефицита человека
Кодирует фермент своей транспозиции; встраивается в разные сайты хромосом хозяина	Кодирует инвертазу, с ее помощью строит свою ДНК-копию и встраивает ее в разные участки хромосом
Активировался 30–50 лет назад в природных популяциях <i>D.melanogaster</i> ; началось глобальное расселение копий	Активировался в последние десятилетия; увеличилось число их носителей
При отсутствии геномного иммунитета вызывает массовые транспозиции, инсерционные мутации, поражение гонад	Индукцирует дефекты соматических клеток иммунной системы
Найден в геноме разных видов дрозофил	Найдены в геномах разных видов приматов
Возможен и установлен горизонтальный перенос между разными видами дрозофил	Установлен горизонтальный перенос ВИЧ1 от шимпанзе, а ВИЧ2 от африканских зеленых маргушек
Вид <i>D.melanogaster</i> в начале XVIII в. попал в Америку на кораблях, перевозивших из Африки рабов	Попали в Америку из Африки вместе с перевезенными туда рабами

дущем его контактов с чужими геномами.

Принцип факультативности и обобщенная концепция генома

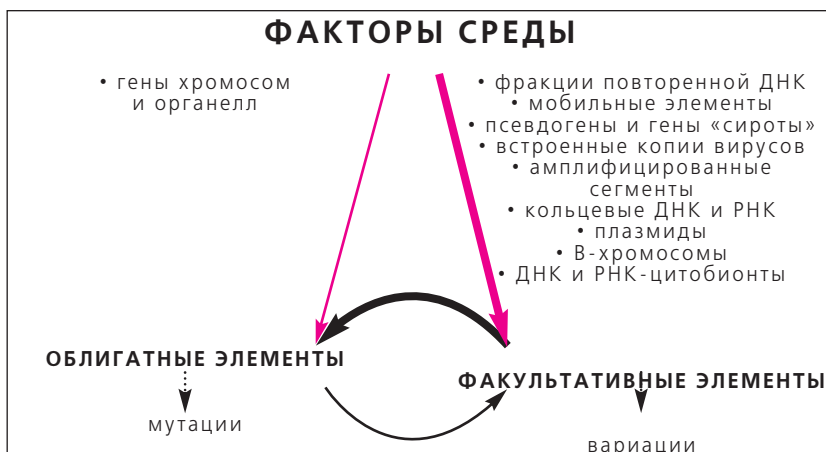
Многие факты изменчивости, связанной с мобильными элементами, не укладываются в представления о мутациях как о локализованных изменениях структуры, числа или расположения генных локусов. Дабы совместить данные классической и «подвижной» генетики, я в 1985 г. предложил естественную классификацию элементов генома, включающую две подсистемы: **облигатные** (гены и их регуляторные области в хромосомах) и **факультативные** элементы (ДНК- и РНК-носители, число и топография которых варьирует в разных клетках или организмах одного вида) [8].

Из этой классификации вытекают важные следствия, позволя-

ющие осмыслить или сформулировать многие необычные факты из области наследственной изменчивости. Назовем некоторые из них:

– **универсальность факультативности.** Нет видовых геномов, которые состоят лишь из облигатных элементов, как нет живых организмов, состоящих лишь из скелетного остова;

– **генетическая неидентичность дочерних клеток.** В силу случайности они различаются по числу и составу цитоплазматических факультативных элементов. Соотношение фракций облигатных и факультативных элементов ДНК – относительно устойчивый видовой признак. Имея сходное число генных локусов, близкие виды могут отличаться по количеству ДНК в 2–5 и более раз, наращивая блоки повторов и меняя их геномную топографию. Между облигатной и факультативной частями генома непрерывно наблюдаются разные переходы. Самые очевидные примеры – мутации генов за



Пути возникновения естественных наследственных изменений в системе среда—факультативные элементы—облигатные элементы. Факультативные элементы первыми воспринимают немутагенные факторы среды, а возникающие затем вариации вызывают мутации. На поведение факультативных элементов влияют и облигатные элементы.

счет внедрения (инсерций) мобильных элементов или умножение числа (амплификация) сегментов хромосом и переход их в разные внутри- и внехромосомные состояния;

— **характерный тип наследственной изменчивости для каждой из двух подсистем генома.** Моргановские мутации легко соотносятся с облигатным компонентом. Разнообразные наследственные изменения в числе и топографии факультативных элементов я предложил называть «**вариациями**» (как в музыке — вариации на заданную тему). Мутации, согласно классическим представлениям, происходят, как правило, случайно, с низкой частотой у отдельных особей. Характер вариаций совсем иной — здесь возможны массовые, упорядоченные изменения под действием самых разных, в том числе слабых немутагенных факторов (температуры, пищевого режима и т.д.);

— **двухэтапный характер большинства природных наследственных изменений.** Сначала активизируются факультативные элементы как наиболее чувствительные к изменениям среды. Затем начинают опосредованно поражаться и генные локусы. К такому выводу мы пришли

в ходе многолетних наблюдений за вспышками мутаций в природе. Большинство их оказалось нестабильными и были вызваны инсерциями мобильных элементов, которые таинственным образом время от времени активируются в природе. У дрозофилы около 70% мутаций, возникших в природе или лаборатории спонтанно, связано с перемещениями мобильных элементов.

Мак-Клинтон впервые сделала заключение, что активация факультативных элементов и последующая структурная реорганизация генома могут быть следствием адаптивного ответа клетки на стресс [9]. Наследственная система, активируя факультативные элементы, осуществляет генетический поиск, переходя к новому адаптивному уровню функционирования. Так, многолетние исследования Л.З.Кайданова показали, что после длительного инбридинга в линиях дрозофил вдруг за одно-два поколения происходят множественные кооперативные перемещения подвижных генов и сайт-специфичные перестройки хромосом; при этом одновременно резко повышается выживаемость.

Обобщенное представление о геноме как ансамбле облигатных и факультативных

элементов расширяет и понятие «горизонтальный перенос», включающий не только интеграцию чужеродных генов в хромосомы ядра. О горизонтальном переносе можно говорить уже и в случаях создания устойчивой ассоциации двух генетических систем, в которой появляются новые признаки и свойства.

Функциональная факультативность генома

Наследственные изменения возникают в результате ошибок процессов, оперирующих с наследственным материалом любых живых организмов, — репликации, транскрипции, трансляции, а также репарации и рекомбинации.

Факультативность **репликации** означает возможность относительно автономной гиперили гипорепликации отдельных участков ДНК, независимо от плановой закономерной репликации всей геномной ДНК в ходе деления клетки. Такими свойствами обладают участки хромосом с повторами, блоки гетерохроматина. При этом автономная репликация приводит к умножению числа отдельных сегментов и имеет, как правило, адаптивный характер.

Факультативность **транскрипции** состоит в возможности появления разных мРНК с одной и той же матрицы за счет присутствия в данном локусе более одного промотора и альтернативного сплайсинга. Эта ситуация нормальна для множества генов.

Неоднозначность (по терминологии С.Г.Инге-Вечтомова) **трансляции** проявляется в разных вариантах опознания одного и того же кодона, например стоп-кодона или кодона для включения определенной аминокислоты в синтезируемый белок. Такая трансляция зависит от физиологических условий в клетке и от генотипа.

Согласно теории мутационного процесса М.Е.Лобашева, возникновение мутации связано со способностью клетки и ее наследственных структур к **репарации** поврежденных. Отсюда следует, что появлению мутации предшествует состояние, когда повреждение либо полностью обратимо, либо может реализоваться в виде мутации, понимаемой как «нетождественная репарация». К началу 70-х годов выяснилось, что стабильность ДНК в клетке не имманентное свойство самих молекул ДНК, — оно поддерживается особой ферментативной системой.

С середины 70-х годов стала проявляться эволюционная роль «ошибок **рекомбинации**» как индуктора наследственных изменений, причем гораздо более мощного, чем ошибки репликации ДНК.

На молекулярном уровне различают три варианта рекомбинации: общую, сайт-специфичную и репликативную. Для первой, общей, регулярной рекомбинации (кроссинговер) репарация включают разрывы в цепи ДНК, их сшивку и восстановление. Для нее необходимы длинные районы гомологии ДНК. Сайт-специфичная рекомбинация довольствуется короткими, в несколько оснований, участками гомологии, какие, к примеру, имеют ДНК фага λ и хромосома бактерии. Аналогично происходит включение в геном мобильных элементов и соматическая локальная рекомбинация в онтогенезе между иммуноглобулиновыми генами, создающая их поразительное разнообразие.

Ошибки общей рекомбинации можно рассматривать как закономерные следствия линейно протяженной структуры генов. Возникает дилемма, о которой писал Хесин: можно считать, что митотические рекомбинации — особый тип мутагенеза или, напротив, некоторые виды мутаций (хромосомные aberrации) — результат «ошибок» митотических рекомбинаций.

Если перемещения мобильных элементов или рекомбинация участков запрограммированы в онтогенезе, классифицировать такие наследственные изменения трудно. Трансформацию пола у дрожжей долгое время считали мутационным событием, но оказалось, что на определенной стадии развития аскоспор она происходит с высокой вероятностью в результате сайт-специфичной рекомбинации.

Вариации генома в ответ на вызов среды

В теории эволюции и в генетике всегда обсуждался вопрос о связи наследственных изменений с направлением отбора. Согласно дарвиновским и постдарвиновским представлениям, наследственные изменения происходят в разных направлениях и лишь затем подхватываются отбором. Особенно наглядным и убедительным оказался метод реплик, изобретенный в начале 50-х годов супругами Ледерберг. С помощью бархатной материи они получали точные копии — отпечатки — опытного посева бактерий на чашке Петри. Затем на одной из чашек вели отбор на устойчивость к фагу и сопоставляли топографию точек появления устойчивых бактерий на чашке с фагом и в контроле. Расположение устойчивых к фагу колоний было одинаковым в двух чашках-репликах. Такой же результат получили и при анализе положительных мутаций у бактерий, дефектных по какому-либо метаболиту.

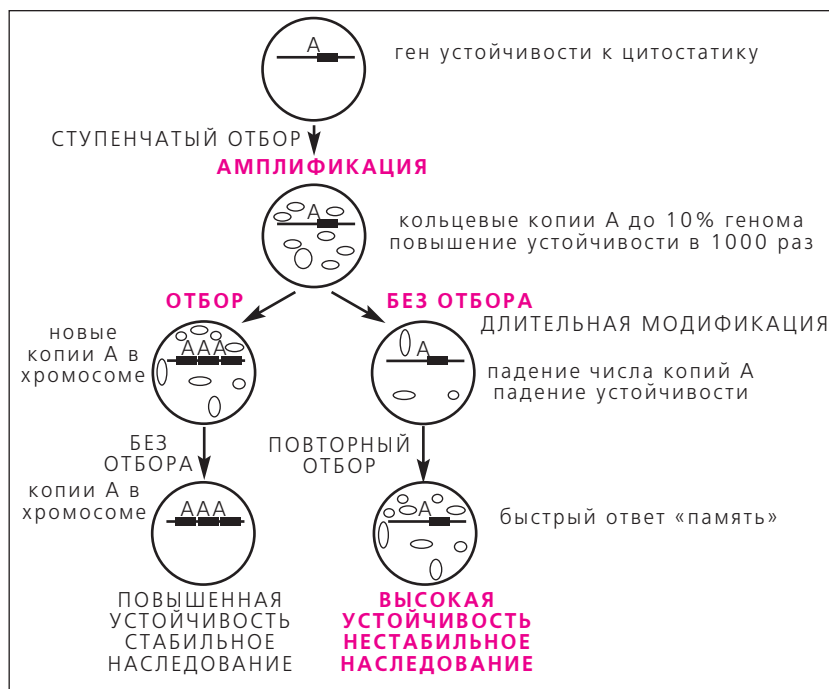
Открытия в области подвижной генетики показали, что клетка как целостная система в ходе отбора может адаптивно перестраивать свой геном. Она способна ответить на вызов среды активным генетическим поиском, а не пассивно ждать случайного возникновения мутации, позволяющей выжить. А в опытах супругов Ледерберг у клеток не было выбора: либо смерть, либо адаптивная мутация.

В тех же случаях, когда фактор отбора не летален, возможны постепенные перестройки генома, прямо или косвенно связанные с условиями отбора. Это выяснилось с открытием в конце 70-х годов постепенного умножения числа локусов, в которых расположены гены устойчивости к селективному агенту, блокирующему деление клеток. Известно, что метотрексат — ингибитор клеточного деления — широко применяется в медицине для остановки роста злокачественных клеток. Этот клеточный яд инактивирует фермент дигидрофолатредуктазу (ДФР), работу которого контролирует определенный ген.

Рассмотрим, как в ходе подобного отбора менялся геном у одноклеточного паразитического жгутиконосца лейшмании *Leishmania tropica*, вызывающего кожные язвы и передающегося человеку москитами от грызунов. До начала опытов ген устойчивости был в геноме лейшмании в одной дозе. В результате отбора число генов устойчивости увеличилось (амплифицировалось). Что же наблюдали при разных вариантах отбора?

Устойчивость клеток лейшмании к яду-цитостатику (метотрексат) возрастала ступенчато, и пропорционально увеличивалась доля амплифицированных сегментов с геном устойчивости. Умножался не только селективируемый ген, но и большие прилежащие к нему участки ДНК, названные ампликонами. Когда устойчивость к яду у лейшмании повысилась в 1000 раз, амплифицированные внехромосомные сегменты составили до 10% ДНК в клетке! Можно сказать, что из одного облигатного гена образовался пул факультативных элементов. Произошла адаптивная перестройка генома в ходе отбора.

Если отбор продолжался достаточно долго, часть ампликонов встраивалась в исходную хромосому, и после прекращения отбора устойчиво сохранялась повышенная устойчивость.



Неканонические наследственные изменения, возникающие под влиянием отбора к цитостатикам и приводящие к амплификации генов.

С удалением из среды селективного агента число ампликонов с геном устойчивости постепенно снижалось в ряду поколений и одновременно падала устойчивость. Тем самым был смоделирован феномен длительных модификаций, когда массовые изменения, вызванные средой, наследуются, но постепенно угасают в ряду поколений.

При повторном отборе часть сохранившихся в цитоплазме ампликонов обеспечивала быструю их автономную репликацию, и устойчивость возникала гораздо быстрее, чем в начале опытов. Иными словами, формировалась своеобразная **клеточная ампликонная память** о прошедшем отборе на основе сохранившихся ампликонов.

Если сопоставить метод реплик и ход отбора на устойчивость в случае амплификации, то оказывается, что именно контакт с селективным фактором вызвал преобразование генома, характер которого коррелировал с интенсивностью и направлением отбора.

Дискуссия об адаптивных мутациях

В 1988 г. в журнале «Nature» появилась статья Дж.Кэйрнса с соавторами о возникновении у бактерии *E.coli* отборзависимых «направленных мутаций». Брала бактерии, несущие мутации в гене *lacZ* лактозного оперона, неспособные расщеплять дисахарид лактозу. Но эти мутанты могли делиться на среде с глюкозой, откуда их через один—два дня роста переносили на селективную среду с лактозой. Отобрав *lac⁺* реверсов, которые, как и ожидалось, возникли еще в ходе «глюкозных» делений, не растущие клетки оставляли в условиях углеводного голодания. Сначала мутанты отмирали. Но спустя неделю и более наблюдался новый рост за счет вспышки реверсий именно в гене *lacZ*. Как будто клетки в условиях жесткого стресса, **не делаясь** (!), вели генетический поиск и адаптивно меняли свой геном [10].

В последующих работах Б.Холла использовались бактерии, мутантные по гену утилизации триптофана (*trp*). Их помещали на среду, лишенную триптофана, и оценивали частоту реверсий к норме, которая повышалась именно при триптофановом голодании. Но причиной этого феномена были не сами условия голодания, ибо на среде с голоданием по цистеину частота реверсий к *trp⁺* не отличалась от нормы.

В следующей серии опытов Холл взял уже двойных недостаточных по триптофану мутантов, несущих одновременно мутации в генах *trpA* и *trpB*, и вновь поместил бактерии на среду, лишенную триптофана. Выжить могли только особи, у которых реверсии возникали одновременно в двух триптофановых генах. Частота появления таких особей была в 100 млн раз выше, чем ожидалось при простом вероятностном совпадении мутаций в двух генах. Холл предпочел называть этот феномен «адаптивные мутации» и впоследствии показал, что они возникают и у дрожжей, т.е. у эвкариот [11].

Публикации Кэйрнса и Холла немедленно вызвали бурную дискуссию. Итогом ее первого раунда стало выступление одного из ведущих исследователей в области подвижной генетики Дж.Шапино. Он кратко обсудил две основные идеи. Во-первых, клетка содержит биохимические комплексы, или системы «естественной генетической инженерии», которые способны реконструировать геном. Активность этих комплексов, как и любая клеточная функция, может резко меняться в зависимости от физиологии клетки. Во-вторых, частота возникновения наследственных изменений всегда оценивается не для одной клетки, а для клеточной популяции, в которой клетки могут обмениваться между собой наследственной информацией. Кроме того, межклеточный горизонтальный перенос с помощью вирусов или передачи сегментов ДНК усиливается

в стрессовых условиях. Как считает Шапиро, эти два механизма объясняют феномен адаптивных мутаций и возвращают его в русло обычной молекулярной генетики [11]. Каковы же, на его взгляд, итоги дискуссии? «Мы нашли там генетического инженера с впечатляющим набором замысловатых молекулярных инструментов для реорганизации ДНК-молекулы» [12].

За последние десятилетия на уровне клетки открыта такая непредвиденная сфера сложности и координации, которая более совместима с компьютерной технологией, нежели с механизированным подходом, доминировавшим во время создания неodarвинистского современного синтеза. Вслед за Шапиро, можно назвать по крайней мере четыре группы открытий, изменивших понимание клеточных биологических процессов.

Организация генома. У эукариот генетические локусы устроены по модульному принципу, представляя собой конструкции из регуляторных и кодирующих модулей, общих для всего генома. Это обеспечивает быструю сборку новых конструкций и регуляцию генных ансамблей. Локусы организованы в иерархические сети, во главе с главным геном-переключателем (как в случае регуляции пола или развития глаза). Причем многие из соподчиненных генов интегрированы

в разные сети: они функционируют в разные периоды развития и влияют на множество признаков фенотипа.

Репаративные возможности клетки. Клетки вовсе не пассивные жертвы случайных физико-химических воздействий, поскольку в них имеется система репараций на уровне репликации, транскрипции и трансляции.

Мобильные генетические элементы и природная генетическая инженерия. Работа иммунной системы построена на непрерывном конструировании новых вариантов молекул иммуноглобулинов на основе действия природных биотехнологических систем (ферменты: нуклеазы, лигазы, обратные транскриптазы, полимеразы и т.д.). Эти же системы используют мобильные элементы для создания новых наследуемых структур. При этом генетические изменения могут быть массовыми и упорядоченными. Реорганизация генома — один из основных биологических процессов. Природные генноинженерные системы регулируются системами с обратной связью. До поры до времени они пребывают в неактивном состоянии, но в ключевые периоды или во время стресса приводятся в действие.

Клеточный информационный процессинг. Возможно, одно из самых важных открытий в области биологии клетки со-

стоит в том, что клетка непрерывно собирает и анализирует информацию о своем внутреннем состоянии и внешней среде, принимая решение о росте, движении и дифференциации. Особенно показательны механизмы контроля клеточного деления, лежащие в основе роста и развития. Процесс митоза универсален у высших организмов и включает три последовательных этапа: подготовка к делению, репликация хромосом и завершение деления клетки. Анализ генного контроля этих фаз привел к открытию особых точек, в которых клетка проверяет, произошла ли репарация нарушений в структуре ДНК на предыдущем этапе или нет. Если ошибки не будут исправлены, последующий этап не начнется. Когда же ликвидировать повреждения нельзя, запускается генетически запрограммированная система клеточной смерти, или *апоптоза*.

В условиях вызова среды клетка действует целенаправленно, подобно компьютеру, когда при его запуске шаг за шагом проверяется нормальная работа основных программ, и в случае неисправности работа компьютера останавливается. В целом становится очевидной, уже на уровне клетки, правота нетрадиционного французского зоолога-эволюциониста Поля Грассэ: «Жить — значит реагировать, а отнюдь не быть жертвой». ■

Литература

1. Баранов В.С. и др. Геном человека и гены предрасположенности. СПб., 2000.
2. Голубовский М.Д., Чураев Р.Н. Динамическая наследственность // Природа. 1997. №4. С.16—25.
3. Чураев Р.Н. Об одной неканонической теории наследственности // Совр. концепции эволюц. генетики. Новосибирск, 2000. С.22—32.
4. Инге-Вечтомов С.Г. Прионы дрожжей и центральная догма молекулярной биологии // Вестн. РАН. 2000. 70(4). С.299—306.
5. Chernov Yu.O. // Mutation Res. 2001. V.488. P.39—64.
6. Хесин Р.Б. Непостоянство геномов. М., 1984.
7. Голубовский М.Д. Век генетики: эволюция идей и понятий. СПб., 2001.
8. Голубовский М.Д. // Успехи соврем. биологии. 1985. Т.100. Вып.6. С.323—339.
9. McClintock B. // Science. 1984. V.226. P.792—801.
10. Cairns J. // Nature. 1988. V.27. P.1—6.
11. Hall D. // Genetics. 1990. V.126. P.5—16.
12. Shapiro J. // Science. 1995. V.268. P.373—374.

Параллельные машины баз данных

Л.Б.Соколинский

В конце второго тысячелетия человечество шагнуло из индустриальной эры в эру информационную. Если раньше главными были материальные ресурсы и рабочая сила, то теперь решающими факторами развития общества становятся интеллект и доступ к информации. В информационном обществе люди в основном будут заняты в сфере создания, распределения и обмена информацией, а каждый человек сможет получить необходимые продукт или услугу в любом месте и в любое время.

По направлению к базам данных

Как известно, основной инструмент хранения и переработки информации — электронные вычислительные машины (ЭВМ). Переход к информационному обществу сопровождается лавинообразным ростом объемов информации, хранимой в них. Это в свою очередь порождает проблему эффективной организации и поиска информации. Для представления в машинах больших объемов данных используются технологии баз данных. База данных представляет собой совокуп-



Леонид Борисович Соколинский, кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой математического обеспечения ЭВМ Челябинского государственного университета. Занимается исследованиями и разработкой параллельных систем баз данных для многопроцессорных вычислительных систем с иерархической архитектурой.

ность структурированных и взаимосвязанных данных, хранимых более или менее постоянно в ЭВМ на магнитных (пока) носителях, и используемых одновременно многими пользователями в рамках некоторого предприятия, организации или общества. Для работы с базами данных используется специальное системное программное обеспечение, называемое СУБД (Система управления базами данных). Вычислительный комплекс, включающий в себя соответствующую аппаратуру (ЭВМ с устройствами хранения) и ра-

ботающий под управлением СУБД, называется *машиной баз данных*.

Первые такие машины появились во второй половине 60-х годов ушедшего века. В настоящее время на рынок программного обеспечения поставляются сотни различных коммерческих СУБД практически для всех моделей ЭВМ. До недавнего времени большинство машин баз данных включали в себя только один процессор. Однако в последнее десятилетие возник целый ряд задач, требующих хранения и обработки сверх-

больших объемов данных. Один из наиболее впечатляющих примеров решения задач такого типа — создание базы данных Системы наблюдения Земли. Эта система (Earth Observing System, EOS) включает в себя множество спутников, которые собирают информацию, необходимую для изучения долгосрочных тенденций состояния атмосферы, океанов, земной поверхности. Спутники поставляют на Землю 1/3 петабайта информации в год (petabyte — 10^{15} байт), что сопоставимо с объемом информации (в кодах ASCII), хранящейся в Российской государственной библиотеке. Полученная со спутников, она накапливается в базе данных EOSDIS (EOS Data and Information System) невиданных прежде размеров. Другая грандиозная задача, тоже требующая использования сверхбольших баз данных, ставится в проекте создания Виртуальной астрономической обсерватории. Такая обсерватория должна объединить данные, получаемые всеми обсерваториями мира в результате наблюдения звездного неба; объем этой базы составит десятки петабайт. Очевидно, даже самые мощные однопроцессорные ЭВМ не справятся с обработкой этого потока.

Естественное решение проблемы обработки сверхбольших баз данных — использовать в качестве машин баз данных многопроцессорные ЭВМ, позволяющие организовать *параллельную обработку* информации. Интенсивные исследования в области параллельных машин были начаты в 80-х годах. В течение последних двух десятилетий такие машины проделали путь от экзотических экспериментальных прототипов, разрабатываемых в научно-исследовательских лабораториях, к полнофункциональным коммерческим продуктам, поставляемым на рынок высокопроизводительных информационных систем. В качестве примеров успешных коммерческих проек-

тов создания параллельных систем баз данных можно назвать DB2 Parallel Edition [1], NonStop SQL [2] и NCR Teradata [3]. Подобные системы объединяют до тысячи процессоров и магнитных дисков и способны обрабатывать базы данных в десятки терабайт. Тем не менее и в настоящее время здесь остается ряд проблем, требующих дополнительных научных изысканий. Одно из них — дальнейшее развитие аппаратной архитектуры параллельных машин. Как указывается в Асиломарском отчете о направлениях исследований в области баз данных [4], в ближайшее время крупные организации будут располагать базами данных объемом в несколько петабайт. Для обработки подобных объемов информации потребуются параллельные машины с десятками тысяч процессоров, что в сотни раз превышает их число в современных системах. Однако традиционные архитектуры параллельных машин баз данных вряд ли допускают простое масштабирование на два порядка величины.

Сила и слабость параллельных систем

В основе современной технологии систем баз данных лежит реляционная модель, предложенная Е.Ф.Коддом еще в 1969 г. [5]. Первые реляционные системы появились на рынке в 1983 г., а сейчас они прочно заняли доминирующее положение. Реляционная база данных состоит из *отношений*, которые легче всего представить себе в виде двумерных (плоских) таблиц, содержащих информацию о некоторых классах объектов из предметной области. В случае базы данных, хранящей список телефонных номеров, таким классом объектов будут абоненты городской телефонной сети. Каждая таблица состоит из набора однородных записей, называемых *кортежами*. Все кортежи в отношении со-

держат один и тот же набор *атрибутов*, которые можно рассматривать как столбцы таблицы. Атрибуты представляют свойства конкретных экземпляров объектов определенного отношения *Телефонная_книга* могут служить *Фамилия*, *Номер*, *Адрес*. Совокупность отношений и образует базу данных, которая в виде файлов специального формата хранится на магнитных дисках или других устройствах внешней памяти.

Над реляционными отношениями определен набор операций, образующих *реляционную алгебру*. Аргументами и результатами реляционных операций являются отношения. Запросы к реляционным базам данных формулируются на специальном языке запросов SQL (ранее называемом SEQUEL) [6]. На рис.1 показан пример запроса на языке SQL, выполняющего операции селекции и проекции. В нашем случае из отношения *Телефонный_справочник* осуществляется выборка (селекция) всех записей, у которых атрибут *Фамилия* принимает значение *Иванов*. В результирующее отношение проецируются только столбцы *Номер* и *Адрес*.

Если исходное отношение достаточно велико, выполнение операции селекции скорее всего потребует значительных затрат машинного времени. Для ускорения мы можем попытаться организовать параллельное выполнение запроса на нескольких процессорных узлах многопроцессорной системы. К счастью, реляционная модель наилучшим образом подходит для «распараллеливания» запросов. В самой общей форме этот процесс можно описать так. Каждое отношение делится на фрагменты, которые располагаются на различных дисковых устройствах. Запрос применяется не к отношению в целом, а к данным фрагментам. Каждый фрагмент обрабатывается на отдельном процессоре. Результаты, полученные на различных

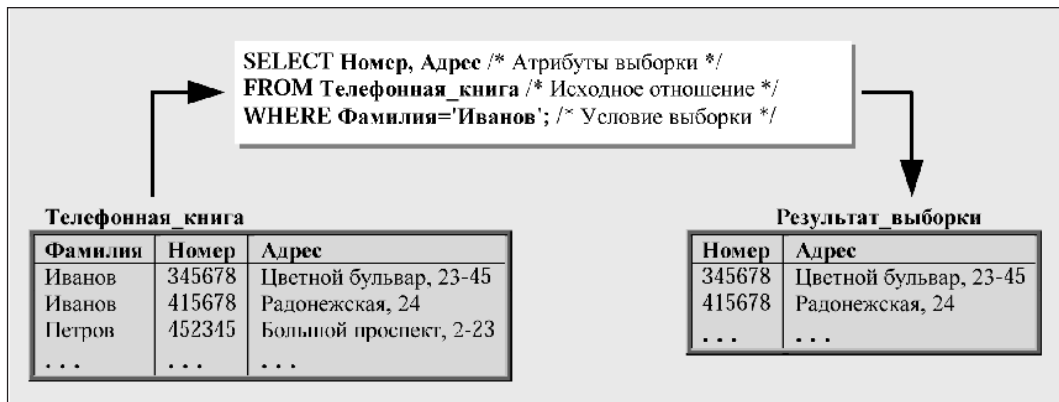


Рис.1. Пример запроса на языке SQL, выбирающего из отношения *Телефонная_книга* номера телефонов и адреса всех абонентов с фамилией Иванов.

процессорах, затем объединяются (сливаются) в общее результирующее отношение, как это схематично показано на рис.2. Таким образом, разбивая отношение на *n* фрагментов в параллельной машине баз данных с *n* процессорными узлами, мы уменьшаем время выполнения запроса в *n* раз!

Однако не все так просто, как может показаться сначала. Первая проблема, с которой мы столкнемся, — по какому критерию

производить деление отношения на фрагменты? В нашем примере на рис.2 мы применили так называемое упорядоченное разделение, использующее первые две цифры телефонного номера в качестве критерия распределения кортежей по дискам. Но подобный способ разбиения отнюдь не идеален, так как в результате мы скорее всего получим фрагменты, существенно различающиеся между собой по размерам, а это

в свою очередь может привести к сильным перекосам в загрузке процессоров. При неудачной разбивке отношения на фрагменты на один из процессоров может выпасть более 50% от общего объема нагрузки, что снизит производительность нашей многопроцессорной системы до уровня системы с одним процессором! Известно несколько методов разбиения отношения на фрагменты в параллельной машине баз данных (см., например, [7]), однако ни один из них не может обеспечить сбалансированной загрузки процессоров во всех случаях. Следовательно, чтобы «распараллеливание» запросов в параллельной машине стало эффективным, мы должны иметь некоторый механизм, позволяющий выполнять перераспределение (балансировку) нагрузки между процессорами динамически, т.е. непосредственно во время выполнения запроса.

Другая серьезная проблема, связанная с использованием параллельных машин баз данных, возникает из-за ограниченной масштабируемости. В многопроцессорной системе процессоры делят между собой некоторые аппаратные ресурсы: память, диски и соединительную сеть, связывающую отдельные процессоры между собой. Добавление каждого нового процессора приводит к замедлению работы других, использующих

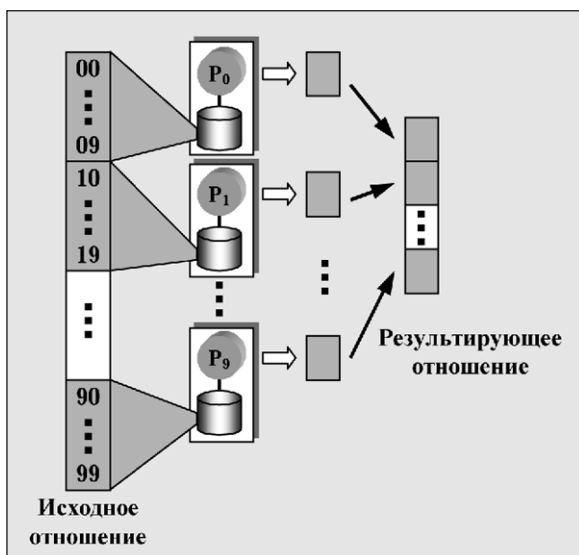


Рис.2. Параллельное выполнение запроса. Исходное отношение разбивается на фрагменты по первым двум цифрам телефонного номера. Каждый фрагмент имеет свои собственные диск для хранения и процессор для обработки. Результирующее отношение объединяет данные, поставляемые отдельными узлами системы.

те же ресурсы. При большом числе участников может возникнуть ситуация, когда они будут дольше ждать того или иного общего ресурса, чем работать. В этом случае говорят об ограниченной масштабируемости системы.

Само число процессоров и дисков влечет за собой и третью серьезную проблему, с которой мы столкнемся при создании параллельных машин, — проблему обеспечения отказоустойчивости системы. Действительно, вероятность выхода из строя магнитного диска в однопроцессорной системе не очень велика. Однако, когда наша параллельная система включает в себя несколько тысяч процессоров и дисков, вероятность отказа возрастает в тысячи раз. Это рассуждение применимо к любой массовой аппаратной компоненте, входящей в состав многопроцессорной системы. Поэтому для параллельных машин баз данных проблема отказоустойчивости становится особенно важной.

Четвертая проблема связана с обеспечением высокой готовности данных: система должна

восстанавливать потерянные данные таким образом, чтобы это было «не очень» заметно для пользователя, выполняющего запросы к базе данных. Если в процессе восстановления 80—90% ресурсов системы тратится исключительно на цели восстановления базы данных, то такая система может оказаться неприемлемой для случаев, когда ответ на запрос должен быть получен немедленно.

Как мы увидим в дальнейшем, подходы к решению указанных проблем в определяющей степени зависят от аппаратной архитектуры параллельной машины баз данных.

Архитектура бывает разная

В 1986 г. М.Стоунбрейкер [8], предложил разбить архитектуры параллельных машин баз данных на три класса: архитектуры с разделяемой памятью и дисками, архитектуры с разделяемыми дисками и архитектуры без совместного использования ресурсов (рис.3).

В системах с разделяемой памятью и дисками все про-

цессоры при помощи общей шины соединяются с разделяемой памятью и дисками. Обозначим такую архитектуру как SE (Shared-Everything). В SE-системах межпроцессорные коммуникации могут быть реализованы очень эффективно через разделяемую память. Поскольку здесь каждому процессору доступны вся память и любой диск, проблема балансировки загрузки процессоров не вызывает принципиальных трудностей (простаивающий процессор можно легко переключить с одного диска на другой). В силу этого SE-системы демонстрируют для небольших конфигураций (не превышающих 20 процессоров) более высокую производительность по сравнению с остальными архитектурами.

Однако SE-архитектура имеет ряд недостатков, самые неприятные из которых — ограниченная масштабируемость и низкая аппаратная отказоустойчивость. При большом количестве процессоров здесь начинаются конфликты доступа к разделяемой памяти, что может привести к серьезной деградации общей производительности.

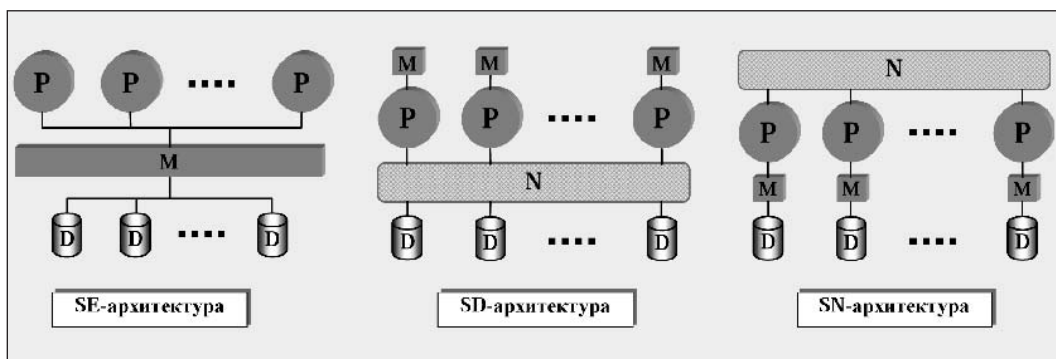


Рис.3. Три классические архитектуры: SE-архитектура с разделяемой памятью и дисками, SD-архитектура с разделяемыми дисками, SN-архитектура без совместного использования ресурсов. В SE-системах все процессоры P с помощью общей шины подключаются к разделяемой памяти M и дискам D. Процессоры передают друг другу данные через общую память. В SD-системах каждый процессор имеет свою собственную память, однако диски по-прежнему разделяются всеми процессорами. Для связи процессоров друг с другом используется высокоскоростная соединительная сеть N. В SN-системах каждый процессор имеет собственную память и собственный диск. Обмен данными между процессорами, как и в предыдущем случае, происходит через высокоскоростную соединительную сеть.

сти системы (поэтому масштабируемость реальных SE-систем ограничивается 20–30 процессорами). Не могут обеспечить такие системы и высокую готовность данных при отказах аппаратуры. Выход из строя практически любой аппаратной компоненты фатален для всей системы. Действительно, отказ модуля памяти, шины доступа к памяти или шины ввода-вывода выводит из строя систему в целом. Что касается дисков, то обеспечение высокой готовности данных требует дублирования одних и тех же данных на разных дисках. Однако поддержание идентичности всех копий может существенным образом снизить общую производительность SE-системы в силу ограниченной пропускной способности шины ввода-вывода. Все это исключает использование SE-архитектуры в чистом виде для систем с высокими требованиями к готовности данных.

В системах с разделяемыми дисками каждый процессор имеет свою собственную память. Процессоры соединяются друг с другом и с дисковыми подсистемами высокоскоростной соединительной сетью. При этом любой процессор

имеет доступ к любому диску. Обозначим такую архитектуру как SD (Shared-Disk). SD-архитектура по сравнению с SE-архитектурой демонстрирует лучшую масштабируемость и более высокую степень отказоустойчивости. Однако при реализации SD-систем возникает ряд серьезных технических проблем, которые не имеют эффективного решения. По мнению большинства специалистов, сегодня нет весомых причин для поддержки SD-архитектуры в чистом виде.

В системах без совместного использования ресурсов каждый процессор имеет собственную память и собственный диск. Процессоры соединяются друг с другом при помощи высокоскоростной соединительной сети. Обозначим такую архитектуру как SN (Shared-Nothing). SN-архитектура имеет наилучшие показатели по масштабируемости и отказоустойчивости. Но ничто не дается даром: основным недостатком становится сложность обеспечения сбалансированной загрузки процессоров. Действительно, в SN-системе невозможно непосредственно переключить простаивающий процессор на обработку данных, хранящихся на

«чужом» диске. Чтобы разгрузить некоторый процессорный узел, нам необходимо часть «необработанных» данных переместить по соединительной сети на другой, свободный узел. На практике это приводит к существенному падению общей эффективности системы из-за высокой стоимости пересылки больших объемов данных. Поэтому перекося в распределении данных по процессорным узлам могут вызвать полную деградацию общей производительности SN-системы.

Иерархические архитектуры

Для преодоления недостатков, присущих SE- и SN-архитектурам, А.Бхайд в 1988 г. предложил рассматривать *иерархические (гибридные) архитектуры* [9], в которых SE-кластеры объединяются в единую SN-систему, как это показано на рис.4. SE-кластер представляет собой фактически самостоятельный мультипроцессор с разделяемой памятью и дисками. Между собой SE-кластеры соединяются с помощью высокоскоростной соединительной сети N. Обозначим такую архитектуру как

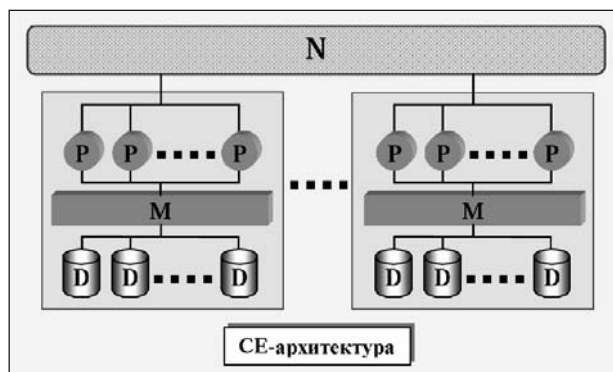


Рис.4. SE-архитектура. Эта система объединяет несколько SE-кластеров с помощью высокоскоростной соединительной сети. Каждый отдельный кластер фактически представляет собой самостоятельный мультипроцессор с SE-архитектурой.

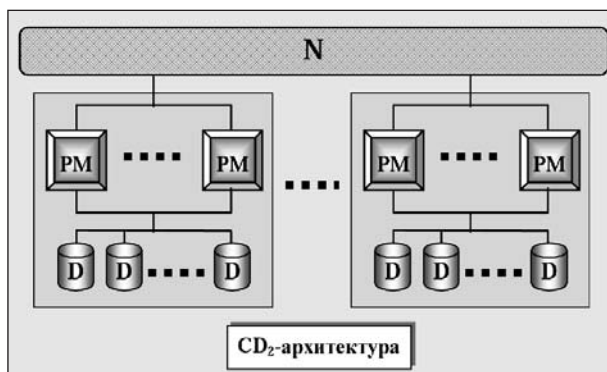


Рис.5. CD₂-архитектура. Система строится как набор SD₂-кластеров, объединенных высокоскоростной соединительной сетью в стиле «без совместного использования ресурсов». Каждый кластер – это система с разделяемыми дисками и двухпроцессорными модулями.

CE (Clustered-Everything). Она обладает хорошей масштабируемостью, подобно SN-архитектуре, и позволяет достигать приемлемого баланса загрузки, подобно SE-архитектуре.

Основные недостатки CE-архитектуры кроются в потенциальных трудностях с обеспечением готовности данных при отказах аппаратуры на уровне SE-кластера. Для предотвращения потери данных из-за отказов необходимо дублировать одни и те же данные на разных SE-кластерах. Однако поддержка идентичности различных копий одних и тех же данных требует пересылки по соединительной сети значительных объемов информации. А это может существенно снизить общую производительность системы в режиме нормального функционирования и привести к тому, что SE-кластеры станут работать с производительностью, как у однопроцессорных конфигураций.

Чтобы избавиться от указанных недостатков, мы предложили [10] альтернативную трехуровневую иерархическую архитектуру (рис.5), в основе которой лежит понятие SD₂-кластера. Такой кластер состоит из несимметричных двухпроцессорных модулей PM с разделяемой памятью и набора дисков, объединенных по схеме SD. Обозначим данную архитектуру как CD₂ (Clustered-Disk with 2-processor modules).

Структура процессорного модуля изображена на рис.6. Процессорный модуль имеет архитектуру с разделяемой памятью и включает в себя вычислительный и коммуникационный процессоры. Их взаимодействие осуществляется через общую оперативную память (RAM). Кроме этого, коммуникационный процессор имеет собственную память; он оснащен высокоскоростными внешними каналами (линками) для соединения с другими процессорными модулями. Его присутствие позволяет в значительной мере

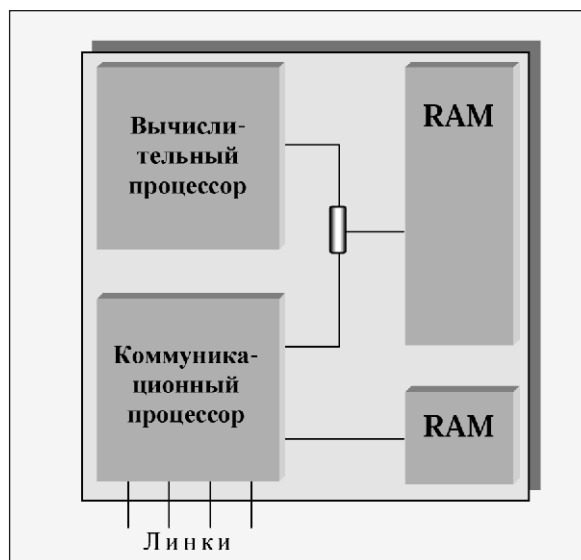


Рис.6. Несимметричный двухпроцессорный модуль с разделяемой памятью. Модуль оснащен двумя процессорами, взаимодействующими через разделяемую память (RAM). Коммуникационный процессор имеет приватную память и оснащен высокоскоростными каналами (линками) для связи с другими модулями.

освободить вычислительный процессор от нагрузки, связанной с организацией передачи сообщений между процессорными узлами. Подобные процессорные модули выпускаются отечественной промышленностью для комплектования многопроцессорных вычислительных систем МВС-100/1000 [11].

Такую CD₂-архитектуру мы использовали при реализации прототипа параллельной системы управления данными «Омега» для отечественных многопроцессорных комплексов МВС-100/1000. Как показали эксперименты, CD₂-система способна достичь общей производительности, сравнимой с производительностью CE-системы, даже при наличии сильных перекосов в распределении данных по дискам. В то же время CD₂-архитектура позволяет обеспечить более высокую готовность данных, чем SE-архитектура.

А добиться этого помогли новые алгоритмы размещения данных и балансировки загрузки.

Как устроена система «Омега»

Иерархическая архитектура системы «Омега» предполагает два уровня фрагментации. Каждое отношение разделяется на фрагменты, размещаемые в различных SD₂-кластерах (*межкластерная фрагментация*). В свою очередь каждый такой фрагмент дробится на еще более мелкие части, распределяемые по различным узлам SD₂-кластера (*внутрикластерная фрагментация*). Данный подход делает процесс балансировки загрузки более гибким, поскольку он может выполняться на двух уровнях: локальном, среди процессорных модулей внутри SD₂-кластера, и глобальном, среди самих SD₂-кластеров.

В системе «Омега» диски, принадлежащие одному кластеру, на логическом уровне делятся на непересекающиеся подмножества физических дисков, каждое из которых образует так называемый *виртуальный диск*. Количество виртуальных дисков в SD₂-кластере постоянно и сов-

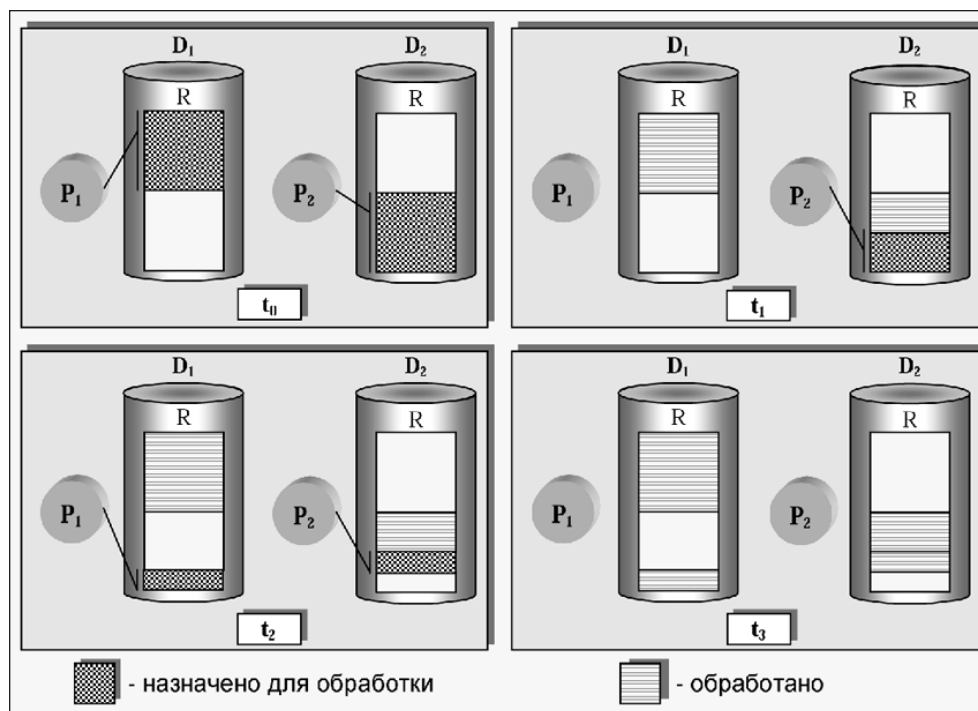


Рис.7. Алгоритм балансировки загрузки для кластера с двумя процессорными узлами. На дисках D_1 и D_2 расположены две копии отношения R . Процессору P_1 разрешен доступ к копии, хранящейся на диске D_1 , а процессору P_2 – к копии на D_2 . В начальный момент времени t_0 фрагменты отношения R делятся между процессорами P_1 и P_2 примерно в равной пропорции. В момент времени t_1 процессор P_1 закончил обработку своей части отношения R , в то время как процессор P_2 успел выполнить только половину назначенной ему работы. В момент времени t_2 происходит перераспределение необработанной части отношения R между двумя процессорами. Перераспределение продолжается до тех пор, пока отношение R не будет обработано полностью (момент времени t_3).

падает с количеством процессорных модулей. В простейшем случае одному виртуальному диску соответствует один физический диск. Таким образом, на логическом уровне SD_2 -кластер может рассматриваться как система с SN -архитектурой, в то время как физически это система с SD -архитектурой.

В основе алгоритма балансировки загрузки лежит механизм репликации данных, названный *внутрикластерным дублированием*. Его суть в том, что каждый фрагмент отношения дублируется на всех виртуальных дисках кластера (далее для простоты мы будем опускать термин «виртуальный»).

Схема работы предлагаемого алгоритма балансировки за-

грузки иллюстрируется на примере кластера с двумя процессорами (рис.7). Здесь процессору P_1 сопоставлен диск D_1 , а процессору P_2 – диск D_2 . Предположим, что нам необходимо выполнить некоторую операцию, аргументом которой является отношение R . Мы делим фрагменты, на которые разбито отношение R внутри SD_2 -кластера, на две примерно равные части. Первая часть назначается для обработки процессору P_1 , вторая – процессору P_2 (на рис.7 данной стадии соответствует момент времени t_0).

В момент времени t_1 процессор P_1 закончил обработку своей части отношения R , в то время как процессор P_2 успел выполнить только часть назначенной ему ра-

боты. В этом случае происходит повторное перераспределение необработанной части отношения R между двумя процессорами (момент времени t_2 на рис.7). Процесс продолжается до тех пор, пока отношение R не будет полностью обработано (к моменту времени t_3). Алгоритм очевидным образом обобщается на произвольное число процессоров.

Предложенный алгоритм балансировки загрузки процессоров позволяет избежать перемещения по соединительной сети больших объемов данных. Это в конечном счете и обеспечивает такой системе производительность, сравнимую с производительностью SE -кластеров даже при наличии сильных перекосов данных.

Подведем итоги

Очевидно, что параллельные машины баз данных с одноуровневой архитектурой на сегодняшний день практически уже исчерпали ресурс дальнейшего эффективного масштабирования. На смену им приходят новые системы с иерархической архитектурой, которые могут включать в себя на два порядка больше процессоров и дисков.

Однако при построении иерархических систем по двухуровневому принципу, когда кластеры процессоров с разделяемой памятью и дисками объединяются в единую систему «без совместного использования ресурсов», возникает проблема обеспечения высокой готовности данных в случае отка-

зов аппаратуры. Действительно, при большом количестве кластеров в системе вероятность отказа одного из кластеров становится достаточно большой, и нам необходимо дублировать одни и те же данные на нескольких различных кластерах, что по существу сводит на нет все преимущества иерархической организации.

Поэтому следует ожидать, что дальнейшее развитие иерархических архитектур параллельных машин баз данных пойдет по пути создания многоуровневых гибридных схем, способных обеспечить высокую готовность данных на конфигурациях с несколькими сотнями тысяч процессорных узлов. В качестве прототипа таких систем предлагается параллельная

система баз данных «Омега», разрабатываемая в Челябинском государственном университете, которая имеет трехуровневую иерархическую архитектуру типа CD₂ и может включать в себя сотни SD₂-кластеров. Но оптимальную архитектуру SD₂-кластера еще предстоит найти. Мы планируем испытать различные конфигурации SD₂-кластеров, варьируя топологию межпроцессорных соединений, количество процессорных модулей, количество дисковых подсистем и количество дисков у отдельной дисковой подсистемы.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 00-07-90077. ■

Литература

1. *Игнатович Н.* // СУБД. 1997. №2. С.5—17.
2. Compaq NonStop SQL/MP. http://www.tandem.com/prod_des/nssqlpd/nssqlpd.htm
3. *Лисянский К., Слободяников Д.* // СУБД. 1997. №5—6. С.25—46.
4. *Бернштейн Ф. и др.* // Открытые системы. 1999. №1. С.61—68.
5. *Кодд Е.Ф.* // СУБД. 1995. №1. С.145—169.
6. *Чамберлин Д.Д. и др.* // СУБД. 1996. №1. С.144—159.
7. *Девитт Д., Грэй Д.* // СУБД. 1995. №2. С.8—31.
8. *Stonebraker M.* // Database Engineering Bulletin. March 1986. V.9. №1. P.4—9.
9. *Bhide A.* An Analysis of Three Transaction Processing Architectures // Proceedings of 14-th Internat. Conf. on Very Large Data Bases (VLDB'88), 29 August — 1 September 1988. Los Angeles, California, USA, 1988. P.339—350.
10. *Sokolinsky L.B., Axenov O., Gutova S.* Omega: The Highly Parallel Database System Project // Proceedings of the First East-European Symposium on Advances in Database and Information Systems (ADBIS'97), St.-Petersburg. September 2—5, 1997.V.2. P.88—90.
11. *Левин В.К.* Отечественные суперкомпьютеры семейства MBC. <http://parallel.ru/mvs/levin.html>

Загадка происхождения черепах

В.Р.Алифанов

Черепах нередко вспоминают, когда хотят подчеркнуть чью-то медлительность. Внешне эти рептилии отличаются еще и необычно широким телом, закованным к тому же в прочную «броню» — панцирь, который состоит из двух щитов: спинного (карапакса) и брюшного (пластрона). В основании карапакса лежат уплощенные и почти прямые ребра, обычно надставленные сверху и сбоку кожными костями — остеодермами. Их правый и левый ряды разделены центральными пластинками, чью основу, по некоторым представлениям, формируют расширенные на конце спинные отростки позвонков. Пластрон же состоит из нескольких широких остеодерм и костей плечевого пояса — ключиц и межключиц. Неподвижность черепашого туловища, поддерживаемого только 10 позвонками, компенсируется гибкостью шейного отдела. У большинства современных форм он представляет собой сложную биомеханическую конструкцию, обеспечивающую в минуты опасности быстрое и плавное втягивание головы под панцирь. Шея может изгибаться зигзагообразно или по горизонтали (таких черепах называют плевродирами, т.е. боко-



Владимир Рудольфович Алифанов, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института палеонтологии РАН. Область научных интересов — морфология, филогения и систематика ископаемых рептилий.

шейными), или по вертикали, как у криптодир (скрытошейных). Однако существуют виды, у представителей которых шейный отдел малоподвижен, а остеодермальный панцирь фактически не развит. Такие, если им не удастся вовремя скрыться, обычно норовят укусить. Кстати, у всех известных черепах зубы утрачены, а на их месте возникли острые роговые чехлы.

В современном черепашьем мире есть наземные, водные и полуводные или, как говорят, амфибиотические формы. Панцирь у наземных черепах обыч-

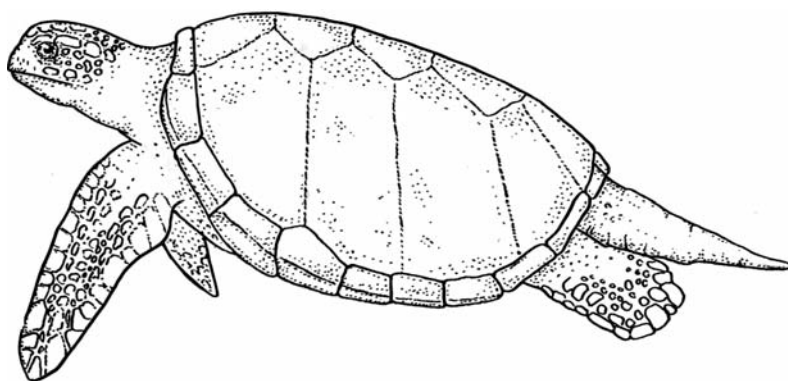
но сплошной с довольно высоким карапаксом, который обеспечивает хорошую защиту этим малоподвижным животным, склонным к растительности. А вот у водных форм проявляется тенденция к хищничеству и облегчению панциря. У некоторых из них конечности преобразованы в ласты; с их помощью морские зеленые черепахи, например, могут развивать скорость до 36 км в час.

Черепахи появились на эволюционной арене в конце триаса — примерно 220 млн лет назад. Некоторые другие группы

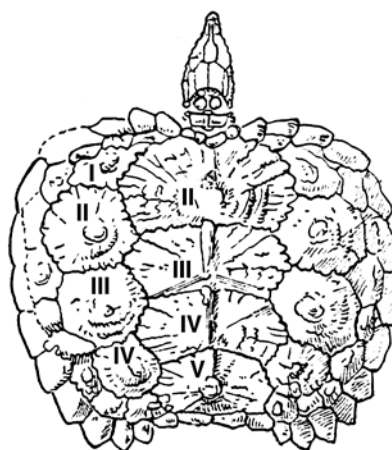
рептилий освоились на нашей планете на 130 млн лет раньше, но все они по разным обстоятельствам оказались за бортом современности. Причина геологического долгожительства черепах видится в их неплохой защищенности от врагов и в способности жить в разных условиях.

Преобладание среди черепах водных и полуводных видов явно свидетельствует о прибрежном образе жизни их предков. Заметим, что в конце триаса произошло повсеместное потепление и увлажнение климата планеты. Лишенная травянистого покрова и раскисавшая время от времени твердь для наземных животных нередко становилась губительной. Вот здесь широкое тело и выручало черепах, позволяя им не спеша перемещаться через топи в поисках пищи, мест размножения и убежищ. Утрата скорости передвижения компенсировалась развитием панциря, который позволял выиграть время при нападении хищников и уйти в укрытие с минимальным ущербом.

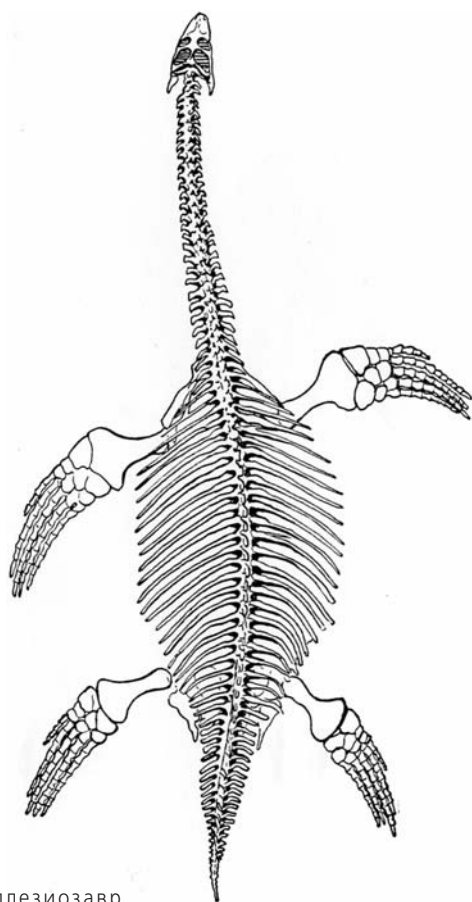
Множество превосходно сохранившихся скелетов триасовых черепах обнаружены в Южной Германии. Большая их часть принадлежит проганохелису (*Proganochelys*) — довольно крупной наземной форме с длиной тела до одного метра. Более мелкие триасовые родственники проганохелиса открыты в настоящее время и за пределами Европы: в Азии (Таиланде) и в Южной Америке (Аргентине). Это свидетельствует о широком расселении черепах еще в раннем мезозое. Вероятно, древнейшие формы по уровню общей организации почти не отличались от современных. Иногда остатки черепах в отложениях юрского и мелового периодов столь многочисленны, что вопрос о времени их расцвета кажется излишним. Современных черепах насчитывается около 300 видов. Для палеонтологии данные об этих ископаемых рептилиях нецени-



Атлантическая зеленая черепаха.



Панцирь проганохелиса из триасовых отложений Южной Германии и реконструкция внешнего вида этой древнейшей черепахи. Римскими цифрами пронумерованы щитки.



плеззиозавр



плакодонт

Скелеты представителей двух групп завроптеригий: плеззиозавра и плакодонта. Среди завроптеригий плакодонты больше всего походили на черепаха.

мы, поскольку позволяют судить об особенностях климата, ландшафта и типе водоема, с которым был связан район их захоронения; в некоторых случаях по остаткам определяют относительный возраст вмещающих их пород.

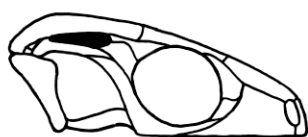
Уже в первой половине XIX в. делались попытки отыскать ближайших черепаших родственников. Сначала в их число попали завроптеригии (*Sauropterygia*) — группа вымерших ящеров, образ жизни которых был тесно связан с водой. Среди них исключительной черепахообразностью отличались некоторые плакодонты. Например, у хенода (*Henodus*) из позднего триаса Германии было не только уплощено и покрыто остеодермальным панцирем тело, но и зубы, как у черепах, исчезли.

На самом деле далеко не все завроптеригии внешне сходны с черепахами. Поэтому в начале XX в. как их родственник стал часто упоминаться эвнотозавр (*Eunotosaurus*) — позднепермский обитатель Южной Африки. У этого ящера довольно широкие ребра сочетались с небольшим числом туловищных позвонков. К сожалению, данные о других скелетных элементах эвнотозавра долгое время отсутствовали, но когда они появились, к гипотезе сохранился лишь исторический интерес.

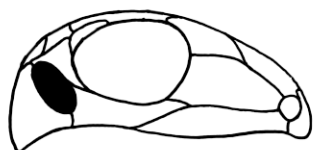
Весьма радикально изменился взгляд на эволюционные связи рептилий после открытия гаттерии (*Sphenodon*) в начале второй половины XIX в. В частности, было замечено, что это новозеландское животное внешне похоже на ящериц агам (*Agamidae*), но резко отличается

от них строением крыши черепа — наличием костной дуги, которая ограничивает снизу крупное окно, расположенное на каждой стороне височной области. Это наблюдение стимулировало развитие гипотезы фенестрации (от лат. *fenestra* — окно).

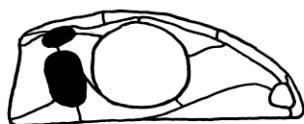
Используя число окон в качестве важной характеристики, американский палеонтолог Г.Осборн создал общую систему рептилий, выделив в ней два подкласса — синасид и диапсид [1]. В первый он включил группы с безоконной и однооконной конструкциями черепа, а во второй — те, у которых имеются или могли иметься исходно два височных окна. Черепахи вместе с завроптеригиями и зверообразными ящерами (*Theromorpha*) оказались в составе синасид. Не исключено,



ящерица



пеликозавр



эвзухия

Типы фенестрации черепа рептилий: паранасидный (вверху), синанасидный (в середине) и дианасидный. Видно, что в черепе ящерицы имеется одно верхнее височное окно, у пеликозавра — нижнее, а у эвзухии — два, как и должно быть у дианасид.

риц, а вторых — группы с безоконной конструкцией черепа, т.е. котилозавров (в широком смысле) и черепах. Виллстон весьма скептически относился к представлениям о родстве черепах и завроптеригий, полагая, что сходства между ними вторичны. К такой же точке зрения пришел А.Ромер и изложил ее в статьях и во всемирно известном популярном учебнике «Палеонтология позвоночных» [3].

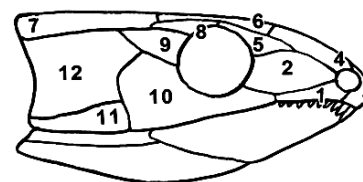
Проблемы филогенетических связей черепах коснулся еще один американский палеонтолог У.Грегори [4]. Он исключил из числа ближайших черепашьих родственников завроптеригий, капториноморф, диадекта и проколофонов, оставив только парейзавров. Более того, Грегори искренне удивлялся тому, что до него этих пермских ящеров сближали лишь со зве-

рообразными рептилиями и млекопитающими.

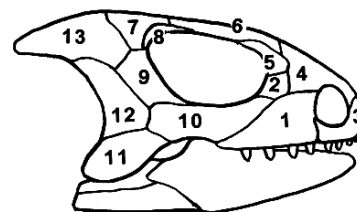
Сложная и запутанная классификация древнейших тетрапод заинтересовала палеонтолога Э.Олсона. Он, кстати, отмечал, что она подается его американскими коллегами, в том числе Ромером и Грегори, слишком схематично [5]. В 1947 г. Олсон предложил новый вариант системы рептилий, включив в новый подкласс — Parareptilia — все группы котилозавров, кроме капториноморф. Хотя Олсон и отмечал, что черепахи по строению черепа удивительно похожи на диадекта, в общей классификационной схеме он выводил их от основания ствола, ведущего к диадекту и парейзаврам. А в 70-х годах произошло нечто странное: Олсон отошел от некоторых своих первоначальных выводов в отношении черепах, а Ромер согласился с его исходной позицией.

В настоящее время интерес к проблеме происхождения черепах оживился и перерос в обсуждение принципов классификации рептилий вообще, при этом международный «отряд» специалистов оказался отнюдь не монолитным.

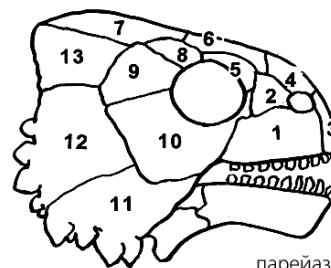
Заметную группу в этом «отряде» составляют сторонники выделения подкласса парарептилий, таксона по составу весьма нестабильного, основу которого образуют парейзавры и проколофоны. Главный предмет интереса этих ученых — палеозойские анапсиды, черепахи же чаще воспринимаются как морфологическая модель, удобная для сравнения с ними. Примечательно, что кто-то из парагерпетологов видит в числе ближайших черепашьих родственников проколофонов, а кто-то — парейзавров, оставляя родство этих ископаемых групп друг с другом недоказанным. В результате парарептилии то пополняются какими-либо группами неясной таксономической принадлежности, то предстают в том составе, который был предложен первоначально Олсоном.



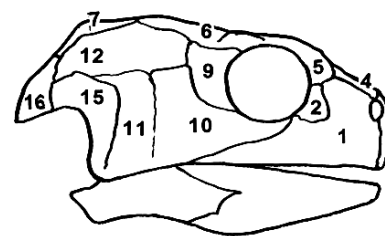
капторин



проколофон



парейзавр



проганохелис

Череп анапсид. Такие безоконные конструкции свойственны и триасовой черепахе проганохелису, и остальным более древним пресмыкающимся, объединяемым в сборные группы котилозавров и парарептилий. Однако, как видно из нумерации, сплошная крыша черепа построена из разных наборов костей.

Пожалуй, самое спорное в классификации парарептилий — причисление к ним сеймуриаморф, животных, по современным данным, принадлежащих по уровню организации к земноводным. Кстати, идею о том, что некоторые котилозавры не являются рептилиями, одним из первых высказал П.П.Сушкин [6]. Поддержавший его И.А.Ефремов для амфибий, черепом похожих на пресмыкающихся, выделил в 1946 г. подкласс *Batrachosauria*, т.е. лягушкоящеров [7]. Сеймуриаморфы, составляющие его основу, в большом количестве обнаружены в пермских отложениях России и прилегающих стран. Чаще всего — это находки дискозаврисков, которые представлены не только костными остатками взрослых животных, но и личинок. Их жабры, торчащие наружу, как у современных аксолотлей и головастики, сохранились в виде отпечатков на породе, содержащей кости скелета.

Родственные связи черепах и парарептилий весьма активно отстаивает австралиец М.Ли [8—10]. Этот последователь Грегори допускает, что на пути эволюционного становления черепах от парейазавров была скачкообразная стадия. Она была вызвана переходом черепаших предков к растительной пище, которая, по мнению Ли, ведет к ограничению общей подвижности, создавая тем самым предпосылки для развития кожных окостенений. Спекулятивность такой точки зрения очевидна, поскольку, как известно, существуют довольно подвижные и лишенные остеодермального покрова растительноядные рептилии и млекопитающие, а тех из них, кто имеет панцирь, не всегда можно назвать вегетарианцами. Забавнее всего, что среди черепах любителей растительности совсем немного, а некоторые неонтологи считают весьма слабой роль остеодерм в формировании черепахового панциря. Впрочем, научная наивность Ли сочетается

с полемическим задором. Например, многих своих предшественников и оппонентов он обвиняет в искусственном ограничении состава групп, которые могли иметь общие эволюционные корни с черепахами, хотя сам рассматривает только пермских пресмыкающихся.

Но далеко не все соглашались с отделением черепах от других современных рептилий. В числе этой группы ученых — Ж.Готье, известный своими широкими интересами и оригинальными идеями в области морфологии и систематики ящеров, динозавров и птиц, а также Ю.Гэффни, крупнейший специалист по ископаемым черепахам. Оба американские ученые признают в качестве предков черепах капториноморфных ящеров, скелет которых, по мнению авторов, выглядит наиболее архаично [11, 12].

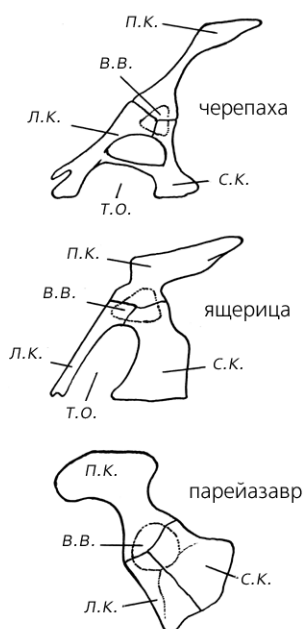
Готье, Гэффни и их соавторы сближают анапсидных черепах вместе с капториноморфами со стволом диапсидных рептилий. Такое представление лишено одного фундаментального противоречия, которое игнорируют и Олсон, и некоторые его последователи.

Чтобы понять суть этого противоречия, необходимо вспомнить, что по способу развития зародыша наземных четвероногих принято делить на анамний (развитие с метаморфозом) и амниот (прямое развитие). У первых — амфибий — из икринки формируется личинка с жабрами, характерными для первично-водных животных. У вторых — рептилий, птиц и млекопитающих — эмбрион образуется в яйце или материнской утробе и окружен несколькими яйцевыми оболочками, одна из которых называется амнионом. Для такого развития вода как среда не нужна, потому амниот считают первично-наземными существами и обычно делят на завропсид и теропсид. Эти два разных морфофизиологических типа животных легко отличить и внешне — по покро-

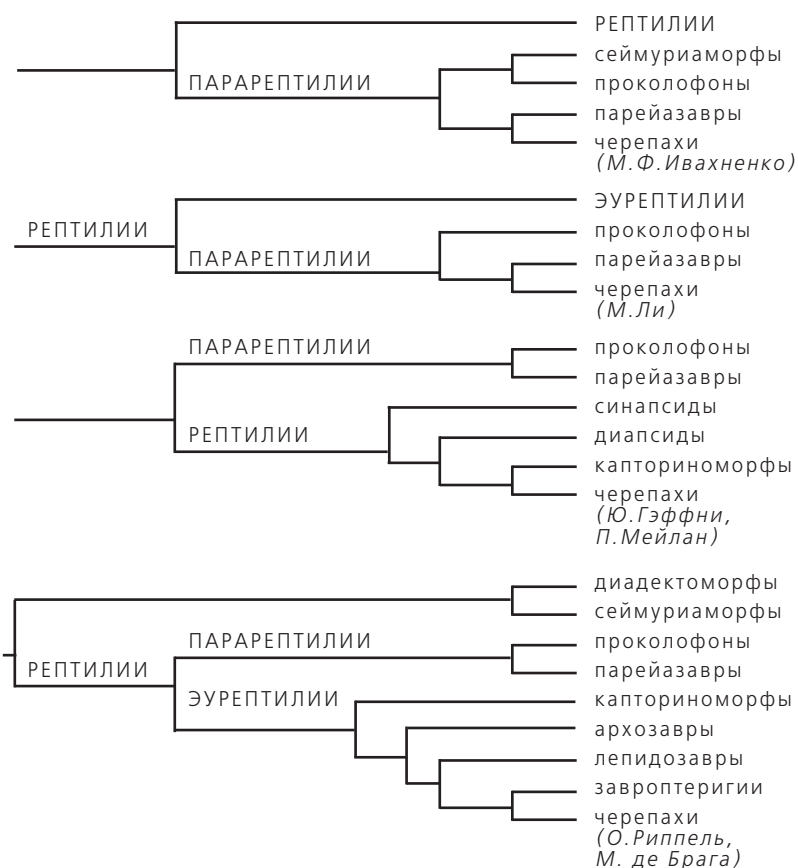
вам: у завропсид кожа сухая, чешуйчатая, как у современных рептилий, или, как у птиц, покрыта перьями, а у теропсид (млекопитающих и, вероятно, зверообразных рептилий) имеет железы и волосы.

Настаивая на принадлежности черепах к особому стволу четвероногих со своим набором рептилий и амфибий, некоторые ученые допускают тем самым, что черты, свойственные амниотам, в частности завропсидам, возникали в эволюции неоднократно. Но внятных на этот счет объяснений ни Олсон, ни его последователи обычно не дают.

Готье и Гэффни, связав происхождение черепах с капториноморфами, как представляется, избежали подобных недоразумений. И все же в их схеме не все ясно. Например, не вполне очевидно, что архаичные капториноморфы обладали морфофизиологическими признаками завропсид, нет уверенности и в филогенетическом единстве диапсид. В современной палеонтологии позвоночных к этой группе принято относить архозавров (*Archosauria*), куда входят текодонты, крокодилы, динозавры и птерозавры. Но почему-то палеонтологов мало смущает, что в числе диапсид оказались и типичные завропсиды с чешуйчатым и (или) перьевым покровом, характерным не только для птиц, но и для некоторых динозавров, и птерозавры — животные с волосоподобными образованиями на лишенной чешуей коже. Специалисты по архозаврам, вероятно, считают гипотезу фенестрации верхом надежности и не помышляют о возможности неоднократного возникновения главной характеристики диапсид — двухоконной конструкции височной части черепа. Сложные комплексы морфофизиологических адаптаций, которыми различаются завропсиды и теропсиды, для таких палеонтологов выглядят, видимо, теоретическим излишеством.



Строение таза некоторых пресмыкающихся. Тироидное окно (т.о.) между седалищной костью (с.к.) и лобковой (л.к.) характерно для черепах и ящериц, что, по мнению Р.Брума, указывает на их родство. П.к. — подвздошная кость, в.в. — вертлужная впадина.



Упрощенные схемы, отражающие родственные связи рептилий и черепах. Видно, что у разных авторов представления о родстве отличаются.

В 90-х годах ушедшего века брешь в теоретических бастионах систематиков рептилий была пробита выводами швейцарского морфолога и палеонтолога О.Риппеля [13, 14]. Уже одно название статьи, посланной им вместе с М. де Брагой в «Nature» — «Черепahi как диапсидные рептилии», — повергло многих в изумление [15]. К еретическим, как говорит сам автор, представлениям его привели интерес к классификации пресмыкающихся и попытки разобраться в сути противоречий результатов разных авторов. Специальный анализ, проведенный Риппелем, показал: сходство черепах как с парарептилиями, так и с капториниморфами ящерами — вторично. Вместе с тем связь черепах с другими

группами современных пресмыкающихся, включенными в состав диапсид, подтверждается не только данными эмбриологии, морфологии и физиологии, но и материалами из области молекулярных исследований. К тому же по целому ряду признаков черепахи удивительно похожи на гаттерию и ящериц, объединяемых в группу лепидозавров (Lepidosauria).

Интересно, что о близости черепах с современными лепидозаврами говорилось довольно давно и неоднократно. Еще в 1924 г. знаменитый многочисленными трудами и необыкновенными находками южноафриканский палеонтолог Р.Брум подчеркивал, что, изучая для установления родства разные части скелета, можно прийти

и к совершенно разным выводам [16]. Тот, кто привлекает детали черепа, приходит к выводу о связи черепах с примитивными зверообразными рептилиями или с котилозаврами, а тот, кто рассматривает признаки, определяющие строение плечевого и тазового поясов или конечностей, вынужден признать родство черепах с архаичными диапсидами, такими, например, как гаттерия. По мнению Брума, на близость черепах и лепидозавров указывает крючковидность пятой метатарсалии (плюсны), но главное — строение таза, а именно — наличие в нем крупного тироидного окна.

До сих пор в систематике рептилий, как можно заметить, торжествует краниоцентричность. Однако, несмотря на это,

многочисленные совпадения в строении черепаховых и лепидозавровых черепов остались, считает Риппель, недостаточно оцененными. Например, и у черепах, и у лепидозавров квадратные кости очень высокие и сочленяются с костями мозговой капсулы. У многих черепах, как и у некоторых ящериц, выражено вторичное нёбо и развиты затылочные окна. Список таких сходств можно продолжать.

В отличие от палеонтологов неонтологам представления Риппеля не кажутся слишком удивительными. А вот то, что большинство макросистематиков-палеонтологов, несмотря на внедрение гипотезы фенестрации во все учебники зоологии и палеонтологии позвоночных, объявляют формы с разным числом височных окон близкими родственниками, поразит любого вдумчивого исследователя. Например, в составе диапсид можно обнаружить животных, которые формально

подпадают под определение парапсид (череп с одним височным окном) и даже анапсид (беззаконная конструкция черепа). Специалисты по конкретным группам при этом объясняют, что разное число отверстий обусловлено вторичной утратой верхних, нижних или всех височных дуг, а также закрытием тех или иных височных окон. Последнее весьма часто считается причиной отсутствия верхнего височного окна у некоторых ящериц, крокодилов или динозавров. Но тогда почему бы сплошную крышу черепа у черепах не объявить результатом вторичного закрытия некогда существовавших височных отверстий?

Все изложенное здесь показывает, что гипотеза фенестрации, послужившая фундаментом для создания первых общих классификаций не только современных и ископаемых рептилий, но и тетрапод вообще, изжила себя. Она оказывается излишней по крайней мере при

решении задач высокого уровня сложности, к которым несомненно относится проблема родственных связей черепах. Нужно узреть очевидное: все их ближайшие родственники — завропсиды. Но чтобы доказать это, одних скелетных данных недостаточно. Кроме того, тест на завропсидность могут выдержать немногие — только современные гаттерия, ящерицы, змеи, крокодилы, птицы и ископаемые динозавры. В этом ряду по уровню организации к черепахам ближе всего лепидозавры. Палеонтологам остается лишь найти промежуточные между двумя группами формы или установить среди них те, которые в качестве ближайших родственников черепах окажутся лучше, чем лепидозавры. Пока это сделать, на наш взгляд, не удастся. ■

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований. Проекты 00-04-49348 и 00-15-97754.

Литература

1. Osborn H.F. // Mem. Amer. Mus. Natur. Hist. 1903. V.1. P.451—507.
2. Williston S.W. // J. Geol. 1917. V.25. P.411—421.
3. Romer A.S. Vertebrate paleontology. Chicago, 1945.
4. Gregory W.K. // Bull. Amer. Mus. Natur. Hist. 1946. №86. P.218—223.
5. Olson E. C. // Fieldiana: Geol. 1947. V.11. P.3—53.
6. Sushkin P. P. // Pap. Boston. Soc. Natur. Hist. 1925. V.5. P.179—181.
7. Ефремов И. А. // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1946. №6. С.615—638.
8. Lee M.S.Y. // Biol. Reviews. 1995. V.70. P.459—547.
9. Lee M.S.Y. // Proc. Royal Soc. London. 1996a. №.263. P.111—117.
10. Lee M.S.Y. // Nature. 1996b. V.379. P.811—815.
11. Gauthier J., Estes R., Queiroz K. de. A phylogenetic analysis of Lepidosauromorpha // Phylogenetic relationships within lizards families / Eds R. Estes, G.K. Pregill. Oxford, 1988. Publ.2. P.15—118.
12. Gaffney E.S., Meylan P.A. A phylogeny of turtles // The phylogeny and classification of the tetrapods / Ed. M. Benton. Oxford, 1988. V.1. P.157—219.
13. Rieppel O. // Zoology. 1994/1995. V.98. P.298—308.
14. Braga M. de, Rieppel O. // Zool. Journ. Linn. Society. 1997. V.120. P.281—354.
15. Rieppel O., Braga M. de // Nature. 1996. №.384. P.453—455.
16. Broom R. // Bull. Amer. Mus. Natur. Hist. 1924. №.51. P.39—65.

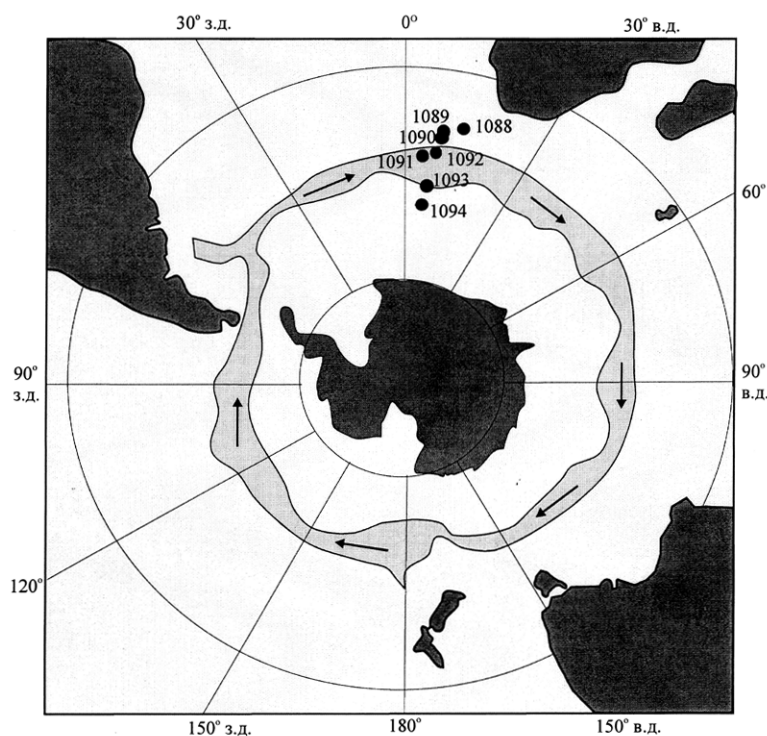
Роль Южного океана в эволюции климата Земли

(177-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»)

И.А.Басов,

доктор геолого-минералогических наук
Институт литосферы окраинных и внутренних морей РАН
Москва

Благодаря исследованиям последнего десятилетия стало очевидным, что Южный океан играл, по крайней мере на протяжении кайнозоя, решающую роль в эволюции климата планеты. Формирование в конце палеогена — начале неогена Циркум-Антарктического течения привело к накоплению мощного ледового покрова в Антарктиде и перестройке всей системы циркуляции водных масс в Мировом океане. Объем накопившегося здесь льда таков, что в случае его полного таяния уровень океана поднимется на 50–60 м. Эволюция ледового покрова в течение позднего кайнозоя оказывала большое влияние на колебания уровня океана, океанскую и атмосферную циркуляцию, тепловой баланс Земли и перенос тепла, а как следствие — на климатические изменения и развитие биоты. Южный океан, взаимодействующий с ледовым щитом Антарктиды, — основной источник формирования так называемой антарктической придонной водной массы, которая заполняет большинство глубоководных впадин Мирового океана и характеризуется постоянной низкой температу-



Положение скважин, пробуренных в 177-м рейсе «ДЖОИДЕС Резолюшн» по Программе океанского бурения (залитые кружочки с номерами — скважины; серая полоса вокруг Антарктиды — зона полярного фронта; стрелки указывают направление Циркум-Антарктического течения).

рой. Вместе с тем именно в Южном океане одновременно происходит смешение различных водных масс. Благодаря их своеобразной структуре и развитию вокруг Антарктиды мощной зоны апвеллинга, в которой на поверхность выносятся большое количество питательных элементов, Южный океан отличается исключительно высокой продуктивностью (около 1/3 суммарной продуктивности Мирового океана). Чтобы понять, насколько велика роль Южного океана в круговороте веществ, достаточно сказать, что из его вод микроорганизмами извлекается около 2/3 кремния, который поступает в Мировой океан.

Изучение различных аспектов эволюции Южного океана стало основной целью 177-го рейса [1], который проводился с 9 декабря 1997 г. по 5 февраля 1998 г. в районе к югу от Африки под руководством Р.Герзонде (Институт полярных и морских исследований им.Альфреда Вегенера, Германия) и Д.Ходелла (Университет штата Флориды, США). Программу океанского бурения представлял П.Блам [2].

Участникам экспедиции предстояло изучить палеоген—неогеновую биостратиграфию, биогеографию, палеоокеанологию и палеоклиматическую историю Южного океана в связи с формированием и эволюцией ледового щита Антарктиды, а также детально восстановить характер изменения палеосреды в течение позднего—четвертичного времени, с тем чтобы лучше понять роль

Южного океана в короткопериодных климатических осцилляциях.

Было пробурено семь скважин (1088—1094) на глубинах от 1974 до 4620 м вдоль профиля, который протягивался на юг от банки Агульяс у южного окончания Африки до Западно-Индийского хребта. В общей сложности извлечено более 4 км керна. Наиболее древние (среднеэоценовые) осадки пройдены скважиной 1090, которая пробурена на глубину 397.5 м. Все остальные вскрыли осадки от раннемиоценового до четвертичного возраста, при этом наиболее глубокая из скважин (скв.1093; 597.7 м) проникла в верхнемиоценовые слои. Однако ни одна не достигла базальтового фундамента.

Все изученные разрезы сложены главным образом биогенными карбонатными или кремнистыми осадками. Карбонатные фораминиферовые и нанопланктонные илы представлены кернами из скважин 1088 и 1092, которые находятся на горизонтах выше уровня растворения карбоната кальция. Для этих разрезов возможно проведение изотопных исследований углерода и кислорода в раковинах планктонных и бентосных фораминифер. В более глубоководных скважинах, расположенных в пределах зоны полярного гидрологического фронта и к югу от нее (1091, 1093 и 1094), осадки состоят преимущественно из кремнистых диатомовых илов, причем на разных стратиграфических уровнях их слои имеют мощность до 20 м и целиком состоят из игловидных створок

представителей рода *Thalassiothrix*. Обычно такие чистые диатомовые илы отлагаются непосредственно под зонами интенсивных гидрологических фронтов. В этих же разрезах, хотя и в небольшом количестве, постоянно присутствует материал ледового разноса. Такой состав отложений дает возможность в деталях проследить динамику антарктического ледового щита и связанные с этим широтные миграции зоны полярного фронта, границы распространения плавающих льдов, а также изменения в продуктивности поверхностных вод.

Высокая скорость накопления осадков и разнообразный состав карбонатных и кремнистых ископаемых организмов позволили детально расчленить вскрытые разрезы, используя различные зональные шкалы. Важно отметить, что для большинства разрезов (за исключением скважины 1088) получены практически непрерывные записи инверсий магнитного поля, которые обеспечивают точную возрастную привязку различных биотических, океанических и климатических событий и одновременно контроль биостратиграфических построений.

Оценивая достижения рейса в целом, можно констатировать, что полученные в нем уникальные, практически непрерывные и хорошо датированные разрезы кайнозойских осадков помогут после их всестороннего изучения ответить на многие из нерешенных вопросов геологической, гидрологической и климатической эволюции высоких широт Южного полушария. ■

Литература

1. Басов И.А. ДЖОИДЕС Резолюшн: рейсы продолжаются // Природа. 2001. №6. С.18—23.
2. Gersonde R., Hodell D.A., Blum P. et al. // Proc. of the Ocean Drilling Program. Initial Reports. 1999. V.177.

Клуговские премии для гуманитариев

В конце 2000 г. Библиотеке Конгресса США исполнилось два века. Юбилей был ознаменован, в частности, щедрым даром со стороны 85-летнего магната Дж.У.Клуге (J.W.Kluge), который к тому же возглавляет библиотечный совет по сбору частных средств. (есть и такой у далеко не самого бедного книгохранилища на земле!).

Просвещенный миллиардер преподнес Библиотеке 60 млн долл., но не на приобретение какого-либо раритета, а «для создания интеллектуальной атмосферы на Капитолийском холме», т.е. в Конгрессе США, где, по его мнению, до сих пор «ощущается нехватка интеллекта». На эти деньги будут организованы краткосрочные кафедры для приглашаемых со всего мира специалистов (в ранге не ниже докторов) по гуманитарным дисциплинам и науке об управлении (Science. 2000. V.290. №5491. P.443. США).

Планируется примерно раз в два года награждать выдающихся гуманитариев Клуговской премией, денежная часть которой составляет 1 млн долл. Этой премией будут удостаиваться достижения в тех областях, которые обойдены Нобелевской – по истории искусств, философии, социологии и т.п.

Библиотекарь Конгресса Дж.Биллингтон (J.Billington) подчеркнул, что он хотел бы «восстановить традиционное для Америки сотрудничество между теми, кто мыслит, и теми, кто действует». «Клуговским» профессорам рекомендуется время от времени встречаться с конгрессменами. При этом они не должны давать им политических рекомендаций, а скорее знакомить законодателей с новым для них углом зрения на существующие в обществе проблемы.

Первые восемь Клуговских кафедр будут заполнены уже в 2001 г., а клуговские лауреаты появятся в 2002 г.

Неистовство Сакурадзимы

Этот вулкан, расположенный на юге о.Кюсю (Япония), известен своим бурным нравом (особенно сильным было его извержение в 1914 г.). За активностью Сакурадзимы постоянно следят сотрудники Фукуокского отделения Японского метеорологического агентства и Центра изучения вулканов при Токийском университете.

7 октября 2000 г. на вершине вулкана (1117 м над ур.м.) раздался мощный взрыв (Bulletin of the Global Volcanism Network. 2000. V.25. №10. P.6. США). На сей раз над самым южным из кратеров поднялась колонна изверженных материалов на высоту более 5 км. Взрыв сопровождался сильной грозой, молния ударила в гору 18 раз. Все это происходило на фоне целой серии подземных толчков.

На лежащий в 7 км от вершины г.Кагосиму посыпался пепел и мелкие каменные обломки (у 35 автомашин на улицах и в окрестностях города лобовые стекла были разбиты; пострадавших не было). В это время к району извержения подлетал рейсовый пассажирский самолет. Диспетчерская служба предупредила пилота по радио о грозящей опасности. Вскоре экипаж, приблизившись на 80 км к вулкану, сам увидел над вершиной столб белого дыма, а за ним на высоте 2,5 км – багрово-коричневую тучу; внезапно произошедший новый выброс придавал ей темно-серую окраску. Снижаясь, самолет стал огибать вулкан на расстоянии 19 км на высоте 5,5 км. Миновав его, пилот заметил, что облако пепла стало рассеиваться, уходя примерно на 100 км

вниз по ветру. Посадка произошла благополучно лишь благодаря своевременному предупреждению экипажа.

Сакурадзима продолжал неистовствовать еще несколько суток.

В составе солнечных выбросов много гелия

Во время вспышек Солнце выбрасывает разогретую плазму, которая вступает во взаимодействие с магнитосферой, ионосферой и атмосферой нашей планеты.

Состав частиц низкой энергии, содержащихся в этих потоках, исследовала группа американских специалистов с помощью приборов, которые установлены на борту спутника ACE (Advanced Composition Explorer – Усовершенствованный исследователь состава). Подтверждено крайне высокое отношение концентраций двух изотопов $^3\text{He}/^4\text{He}$, отмеченное ранее при некоторых вспышках, а также почти всегда наблюдаемый небольшой рост концентрации ионов железа (Astrophysical Journal. 2000. V.547. L.157; Science. 2001. V.291. №5504. P.555. США).

Величины зафиксированных отношений $^3\text{He}/^4\text{He}$ оказались намного выше их обычных средних значений в солнечной короне. Это согласуется с результатами прежних измерений, проведенных в различных диапазонах энергии. Высокие концентрации ^3He при некоторых вспышках авторы связывают с тем, что ускорение ионов этого изотопа в электрическом поле в 4/3 раза больше, чем у ^4He .

Отмеченное в исследованиях вспышек сближение областей солнечной плазмы с повышенными концентрациями ионов ^3He и Fe объясняет, по мнению авторов, и обогащение потока частиц ионами железа.

Золото и турбидиты

М.М.Константинов, Т.Н.Косовец

О золоте почти все хоть что-нибудь да знают. А вот что такое турбидиты, знают только самые посвященные или, иначе говоря, специалисты узкого профиля. Турбидиты (от лат. *turbidus* — мутный) — отложения мутьевых потоков на дне морей и океанов — широко распространены среди осадков сейсмически активных областей и обладают характерной ритмикой: нижняя часть каждого ритма сложена наиболее грубозернистыми осадками, постепенно переходящими кверху в более тонкозернистые.

Геологи при составлении карт обозначают эти породы как пестрые, мусорные, в меньшей степени относя их к классу турбидитов, а ведь именно в «турбидитности» заключена их таинственная связь с месторождениями золота. Именно турбидиты заключают такие гигантские месторождения, как Мурунтау в Узбекистане, Бендиго в Австралии и многие другие, менее крупные, но очень богатые.

Дело в том, что активные разломы океанического дна, приводя в движение его фрагменты, создавая подводные потоки и перемещая таким образом огромные массы осадочно-материала, одновременно являлись каналами поступления



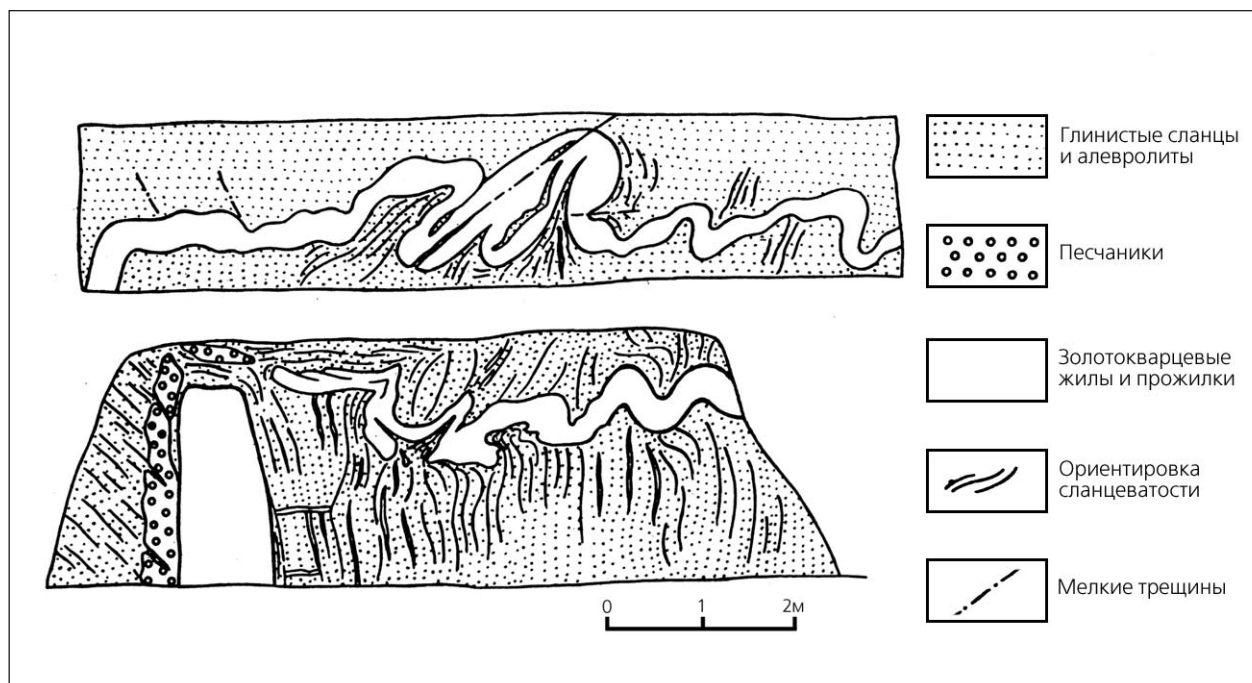
Михаил Михайлович Константинов, доктор геолого-минералогических наук, заведующий отделом Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института Министерства природных ресурсов России. Область научных интересов — геология и оценка месторождений золота и других благородных металлов. Заслуженный деятель науки Российской Федерации. Лауреат премии им.В.А.Обручева. Постоянный автор «Природы».



Татьяна Николаевна Косовец, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник того же института. Занимается геологическими исследованиями месторождений цветных и благородных металлов. Работала на месторождениях Северного Кавказа, Закавказья, Дальнего Востока, Якутии, Узбекистана. Отличник разведки недр.

на океаническое дно обогащенных золотом кремнистых гелевых масс. Последние, сразу попадая в область высокого давления водяного столба (на глубины 1–2 км), растекались и размывались по подложке. Ритмичные колебания морского

дна приводили к периодическому отложению пелитовых (глинистых) осадков и кремнезема. Породы в результате многократных импульсов приобретали характерные полосчатые или «книжные» текстуры. Такой способ рудообразования называется



Складчатые деформации золоторудного тела месторождения Дуэт (Южное Верхоянье). Зарисовка стенки штрека (вверху) и расчистки.

ся гидротермально-осадочным. Подобная гипотеза на протяжении последних примерно 30 лет высказывалась независимо друг от друга многими геологами разных стран, но так и не стала общепринятой. И дело тут не в чем-то сугубом консерватизме, а в удивительных свойствах геологического времени.

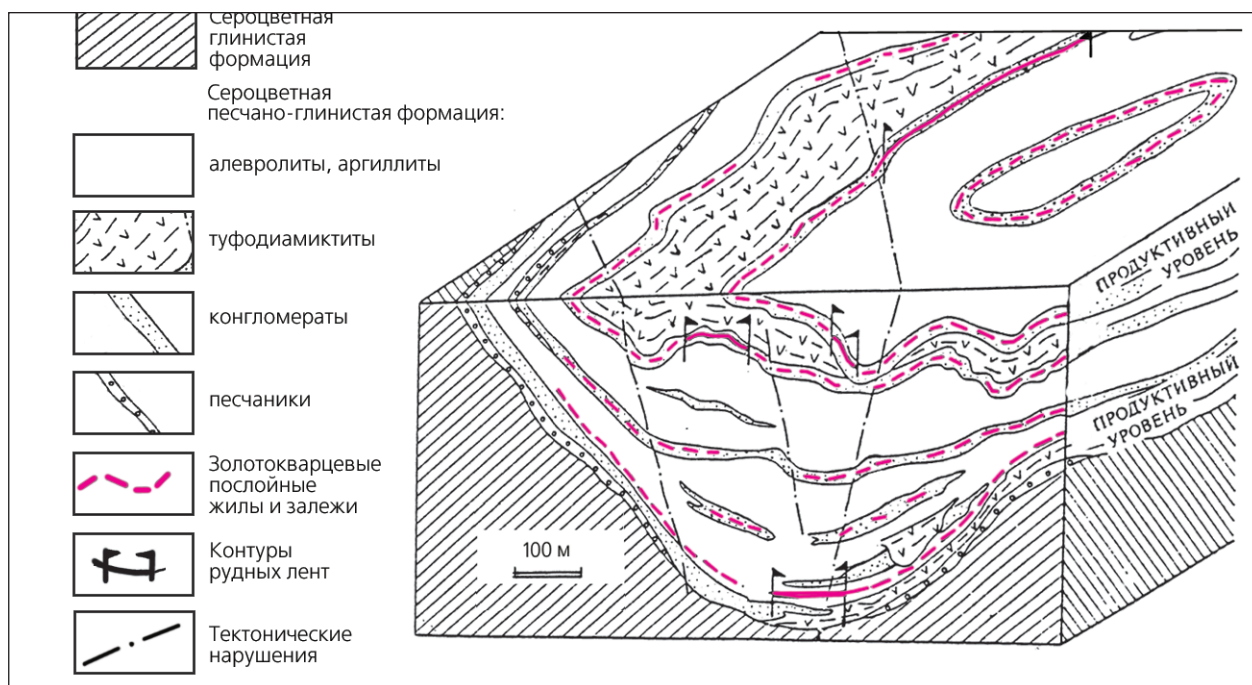
Бывает порой очень трудно представить, что лысый старичок со вставными зубами совсем недавно был очаровательным кудрявым мальчиком с белозубой улыбкой. Но еще труднее вообразить, какие изменения претерпевают первичные руды за «миллионлетия» прошлого, в течение которых они (эти руды) испытывают литостатическое давление расположенного выше столба пород. Да еще и многочисленные стрессы, от которых и нынче всем не просто. И только очень пытливым ум геолога, наделенного к тому же изрядной долей воображения, может восстановить облик руд за чередой прошедших изменений.

Открытие местного значения

Все началось почти случайно. Один наш старый приятель, приехав из командировки, рассказал, что в Южном Верхоянье работает молодой толковый геолог Валера Слезко, который сделал, можно сказать, открытие местного значения. Он доказал, что гривки кварцевых выходов в глинистых сланцах с частичками видимого золота (размерами в десятые доли миллиметра), которые известны еще с 50-х годов XX в. и ни у кого не вызывают серьезного интереса, в действительности представляют собой пологие залежи, согласные напластованию вмещающих пород и маркирующие узкую синклиналиную складку. Разбурив эти структуры серией профилей вкрест простирания, он установил, что рудные залежи формируют ряд располагающихся друг над другом ярусов. Положение их каждый раз определяется горизонтами песчаников, показывающих начало тур-

бидитового ритма: песчаник—алевролит—глинистые сланцы.

Все это было достаточно интересно и нетривиально для геологии золота. Летом 1983 г. мы направились небольшим отрядом в новые для нас края. Небольшой, по нашим столичным меркам, г.Якутск, запомнившийся опрятностью, простотой, необычным краеведческим музеем (бывшим острогом), крупными мускулистыми комарами. Томительные ожидания в аэропорту, где нас потчевали бутербродами с неповторимым вкусом конины (о благословенные годы застоя!). И наконец, мы в пункте назначения — пос.Югоренке. Вокруг горы и тайга. Оптимист скажет, что смолистый воздух и прогулка на моторке по р.Юдома — это здорово, пессимист скажет, что «обнаженность» плохая (т.е. коренные горные породы очень редко выходят на поверхность, а это создает большие неудобства для геологических наблюдений). И оба они правы, и оба мирно уживаются в одном человеке



Блок-диаграмма геологического строения рудного поля месторождения Дуэт.

(по-русски говоря — «консенсус»). Однако на поверхности мы увидели особенность нового месторождения — золото кварцевые тела участвовали в образовании мелкой складчатости вместе со вмещающими их песчаниками и алевролитами.

Потом в штольне мы воочию убедились, что рудоносный пласт залегает по простиранию складчатой структуры согласно (т.е. повторяет ее форму). В общем-то жила и жила, только лежит горизонтально. Но что-то здесь было не так, что-то выбивалось из многих и многих предыдущих наблюдений золото кварцевых жил, сложившихся в обобщенный модельный образ. Чего-то явно не хватало. И вот в какой-то момент детальных наблюдений нас осенило — не было стандартных околорудных изменений пород! Обычно жилы толщиной до нескольких десятков сантиметров сопровождаются осветленными породами, измененными под воздействием гидротермальных растворов (из которых собственно и кристаллизовались жилы).

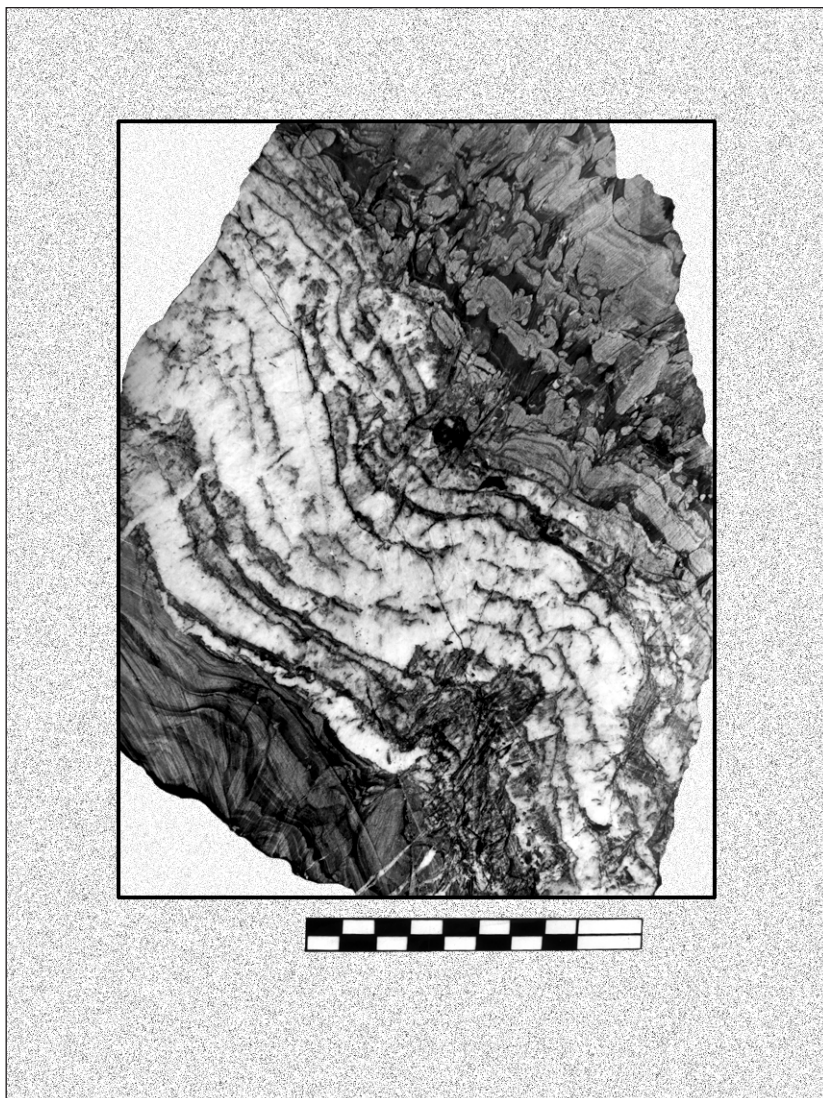
При этом образуются новые, обычно светлого цвета, минералы — слюды, карбонаты, кварц и др. Здесь же непосредственно с жилой контактировали свежайшие алевролиты, без малейших признаков видимых изменений. Более того, кое-где у контактов удалось заметить полусферические выделения жильного кварца, что навело на подозрение, не были ли они первоначально сферическими образованиями халцедона (скрытокристаллической разновидности кварца).

А было что-нибудь похожее?

В общем-то у каждого мало-мальски опытного геолога есть в голове свой маленький ком-



Идеальный разрез золотого месторождения Бендигго (Австралия) с седлообразными жилами (Г.Берг, 1933).



Фрагмент золотокварцевой жилы (белой). Светло-серые прослои алевритистого материала (на снимке вверху справа) разворачиваются перпендикулярно слоистости под влиянием микроскладчатости и кливажа. Мелкие трещинки с глинистым материалом проникают в рудное тело.*

Здесь и далее фото авторов

* Кливаж — способность пород раскалываться на пластинки и призмы по развитой системе параллельных поверхностей.

пьютер, который при знакомстве с новым месторождением тут же начинает поиск подобного объекта.

Оказывается, знаменитый американский геолог В.Линдгрэн (трехтомник которого «Рудные месторождения» был переведен на русский язык в начале 30-х годов) писал, что он специально искал околожильные изменения на золотоквар-

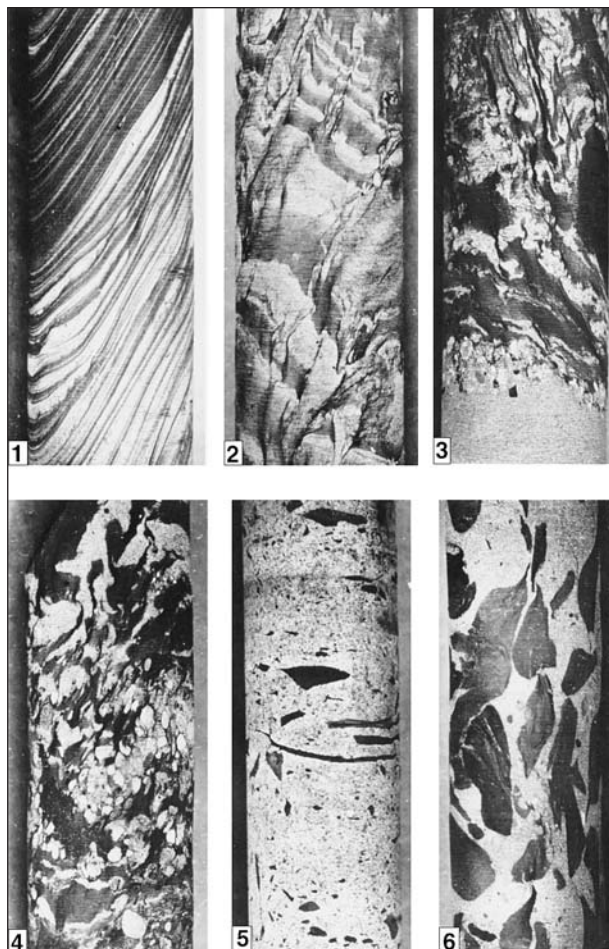
цевом месторождении Бендиго в Австралии, но так и не нашел [1]. Он как настоящий большой исследователь имел мужество об этом написать, хотя факт находился в вопиющем противоречии с его собственной гидротермальной теорией рудообразования. А что это за месторождение такое — Бендиго? В нашей литературе его относили к типу седловидных залежей (напоми-

нающих седла в замыканиях антиклинальных складок).

Кроме того, в старинном учебнике германского профессора Г.Берга «Геохимия месторождений полезных ископаемых» [2] нам удалось обнаружить разрез через месторождение Бендиго. При его внимательном изучении стало понятно, что скорее всего мы имеем дело с оруденением стратиформного (пластообразного) типа, для которого наиболее характерно сочетание стратифицированности (напластования) и многоярусности в размещении рудных тел. А Бендиго — это ни много ни мало 600 т добытого золота, да еще в те дальние времена начала XX в., когда отрабатывались, по нынешним понятиям, только очень богатые руды.

Детально документируя «наше» рудное тело по простиранию, мы увидели уже совершенно удивительные вещи, которые, если кто-нибудь до нас и наблюдал, то уж точно нигде не отметил и не описал. В мелкую складчатость (оползневую или приразломную) вовлекались вместе с кварцевым (а скорее — опалитовым) телом осадки, еще не уплотнившиеся и не дошедшие до «зрелости» породы (т.е. не прошедшие стадий диагенеза и катагенеза). Грубо-обломочные фрагменты таких осадков при складчатости скупчивались в овалы и столбики, а мелкозернистые оттекали их и по возникавшим тончайшим плоскостям скольжения внедрялись в кварцевое тело. Таким образом, рудная залежь существовала на месте еще до той поры, когда осадок под влиянием литостатического давления преобразовался в породу [3]. Сходные эффекты переориентировки еще мягких фрагментов формирующейся породы мы в изобилии наблюдали и в материале буровых скважин.

Другой характернейший элемент рудных залежей, свидетельствующий о том, что они претерпели длительный этап

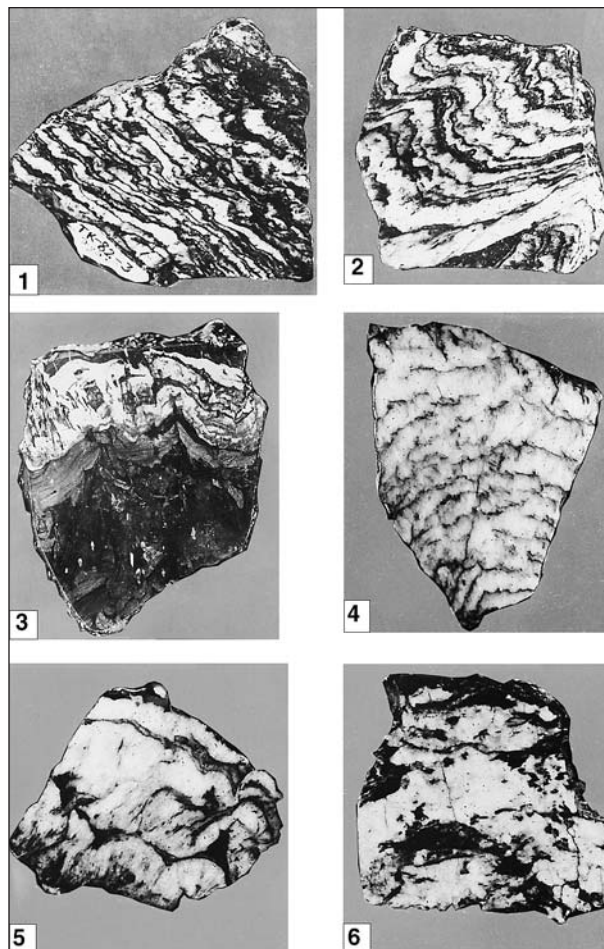


Литолого-текстурные разновидности пород рудовмещающей толщи (1/2 нат. вел.). Месторождение Дуэт (коллекция А.Г.Волоревич). 1 — алевропесчаник (светло-серый), переходящий в песчанистый алевролит (темный); 2 — алевритистый песчаник с текстурами седиментационного взмучивания и проявлением грубого кливажа; 3 — песчаник, сменяющийся алевролитом, с текстурой седиментационного взламывания; 4 — конгломерат с алевропесчанистым цементом; 5 — песчаник с брекчией алевролитов; 6 — конгломерат с брекчией алевролитов.

преобразований вместе со вмещающими их породами, — это сутуры, или сутурные швы. Многие наверно слышали о том, что сутуры — зубчатые поверхности, обладающие колоссальной прочностью, — соединяют кости черепа. Так вот, при диагенезе (уплотнении) осадков и преобразовании в породы происходит как бы очищение этих пород и отгон чужеродного мате-

риала в тонкие полоски зубчатой конфигурации — сутурные швы. Аналогично выглядят и прослой глинистого материала в жилах «книжной» текстуры. При микроскопическом наблюдении они также имеют форму сутурных швов.

Выходя за пределы отдельных детальных наблюдений и рассматривая месторождение в целом, мы по косвенным при-



Текстурные разновидности золотых руд (1/4 нат. вел.). Месторождение Дуэт. 1, 2 — тонкослоистый кварц-алевролитовый агрегат; 3 — смятая в складки кварцевая жила с перераспределенным при кливаже углисто-глинистым материалом; 4 — метаморфизованный кварц; 5, 6 — метаморфизованный кварц с реликтами алевропесчанистого материала, переориентированными при рассланцевании и складчатой деформации.

знакам на основании геохимических данных смогли установить, что принадлежность рудных залежей к определенному стратиграфическому уровню (границе девона и перми) и определенной свите (верхнепермской) также не случайна. Вся эта толща в 1.5–3 раза выше фона обогащена золотом. Вот на этой стороне дела стоит остановиться подробнее.



Южно-Верхоянская красавица р.Юдома. Она пересекает рудоносный пояс вкрест простирания.

Как присвоить ценные металлы

Нам представляется, что, попадая в холодные воды морского бассейна, рудоносный флюид распадается на две фазы: одна — гелевая кремнеземистая, похожая на жидкий студень, растекается по дну бассейна, другая — водная, несущая с собой часть металлов, смешивается с морской водой. Желаящих присвоить бесхозное золото много не только на суше, но и в водной среде. И хотя захват находящегося в морской воде растворенного или тонкодисперсного (микронного) золота происходит не в особо крупных размерах, но количество и разнообразие агентов этой деятельности таково, что может привести к отложению промышленных концентраций металла в осадках. Из работ немецкого геохимика К.Краускопфа еще 1956 г. известно, что содержание многих элементов — урана, ванадия, серебра, мышьяка, золота, молибдена и некоторых других ме-

таллов — в определенных осадочных породах с органическим веществом увеличивается более чем в тысячу раз. Эти элементы могут концентрироваться, во-первых, в процессе химического осаждения в восстановительной обстановке, создаваемой органическим веществом осадков; во-вторых, в результате адсорбции глинистыми частицами, коллоидными гелями и органическими остатками; в-третьих, в результате деятельности бактерий.

Украинский академик Ф.Д.Овчаренко и его коллеги разработали гипотезу биоминерализации, которая предполагает аккумуляцию микроорганизмами коллоидного золота, поставляемого в морской бассейн гидротермальными растворами, и обогащение им пелитовых осадков [4]. Моделирование биогеохимических систем организм—металл и процессов эволюции тонкодисперсного золота в осадке осуществлялось на клетках *Bacillus subtilis*, а также споровых культурах, выделен-

ных из природных взвесей в морской бухте с известными металлоносными осадками.

Исследования показали, что живые клетки обладают способностью к различным последовательным взаимодействиям с золотом, которые включают притяжение коллоидных частиц к поверхности клетки, прикрепление их агрегатов, последующее растворение, перекристаллизацию и формирование более крупных частиц. С течением времени поверхность клетки освобождается от дисперсных частиц, что осуществляется двумя путями. В ассоциациях клеток происходит дополнительное стягивание частиц в места контакта, сопровождающееся их укрупнением. Для одиночных клеток более характерно увеличение размера частиц без предварительного агрегирования. При длительном контакте на поверхности одиночных клеток и в их ассоциациях образуются крупные частицы металла, представляющие собой либо изометричные, либо дендритовидные кристаллы.

Наблюдения показывают, что процессы прикрепления коллоидных частиц металла к поверхности клетки и перекристаллизация в основном обусловлены продуктами метаболизма (обмена веществ), т.е. клетки, попросту говоря, питаются золотом. Нагрузившись им «под завязку», эти удивительные златоеды тихо кончают счеты с жизнью и опускаются на морское дно, обогащая осадки золотом. Его частички в глинах мы наблюдали под микроскопом.

Некоторые данные последних лет свидетельствуют о биохемогенной природе золота в осадках. Накопление элементов в морских организмах, по данным Г.Н.Саенко (1990), можно проиллюстрировать концентрационной способностью биоты морей: зеленые водоросли содержат 2.0 мкг золота на 1 г сухого вещества, бурые — 1.45, известковые растения — 2.33, моллюски — 6.5. А по сере-

бру мы имеем следующий ряд: зеленые водоросли — 0.25 мкг, бурые — 0.54, цветковые растения — 0.34. Планктон, у которого самая высокая концентрационная способность, накапливает железо, марганец, титан, хром, ванадий, не усваивая при этом благородные металлы.

Совсем недавно (в 2000 г.) московский геохимик Г.М.Варшалл и ее коллеги подтвердили, что гуминовые кислоты придонных частей бассейна, где скапливается органика, могут сорбировать ионы золота в количестве 320–350 мг/г.

По данным химико-спектрального анализа, золотонность вмещающего разреза характеризуется следующими величинами (в $10^{-7}\%$, мас.): содержание золота в конгломератах основания ритмов составляет 1.0 ед., песчаниках — от 1.7 до 15, алевролитах — от 0.45 до 2.2, туфодиамиктитах — 5.2. От подстилающей и перекрывающей продуктивная толща отличается повышенными концентрациями не только золота, но и серебра, меди, свинца, марганца, титана, хрома, что свидетельствует о потенциальной рудоносности вмещающего комплекса пород.

Внутри же самой толщи большую роль приобретают продольные разломы, активные при осадконакоплении. Вкрест их простирания резко изменяются составы пород, а обогащенные части рудных тел лентовидной формы вытягиваются вдоль общего простирания складчатых и разрывных структур.

Взросление руд

Ну а само золото? Оно на первый взгляд самое заурядное — мелкие (доли миллиметра) выделения, обычно в ассоциации с сульфидами цветных металлов.

Но вот один наш товарищ провел задиговое опробование: он на равные квадратики расчертил площадку рудного тела, вскрытого штольной вкрест



Буровая вышка в горах. Южное Верхоянье.

простирания. Из каждого квадрата отобрал пробу и определил содержание золота. Когда результаты были вынесены на разрез, оказалось, что высокие содержания металла как бы формируют слой (чаще в нижней приподошвенной части), параллельный контактам рудного тела, и поэтому образование золота также синхронно формированию всей рудоносной залежи.

Выпускники Московского геологоразведочного института М.К.Силичев и Н.В.Белозерцева, детально и скрупулезно изучавшие минералогию этого месторождения, провели очень интересные наблюдения [5]. Они установили, что ныне среднезернистый однообразный серый кварц с вкраплениями сульфидов в «раннем детстве» — в момент кристаллизации — являл собой вязкий кол-

лоидный раствор. Об этом свидетельствуют:

— линзы ($5 \times 15 \text{ см}^2$) халцедоновидного кварца и отдельные сферические выделения в жилах диаметром около 2 мм;

— кристаллики альфа-кристалобалита в газовой-жидких включениях, представляющие собой опаловидную модификацию кремнезема, в которой содержится большое количество морской воды;

— полигональные трещины в жильном кварце, обычно возникающие при старении гелей;

— желваковые выделения арсенопирита (сульфоарсенида железа, основного концентратора жильного золота) в замкнутых, зонально построенных вакуолях кварца;

— округлые выделения галенита с характерной скорлуповатой отдельностью, бугорчатым рельефом и концентрическими трещинками;

— изоморфное вхождение золота в арсенопирит с одновременным образованием самостоятельной фазы самородного золота в виде дендритов;

— зародыши центров кристаллизации с ясно выраженным концентрически-зональным

строением в ступковом овално-капельчатых золотилах.

Сходные месторождения золота известны в Канаде, Китае, Австралии, Шотландии, и знаем мы о них не так уж и мало. Установлено, в частности, несколько геологических эпох, в течение которых синхронно формировались турбидиты и золоторудные месторождения. Эти районы полностью или почти полностью лишены магматических образований, хотя переотложенный туфовый материал в разрезе вмещающих осадочных пород весьма характерен. Месторождения располагаются как в положительных, так и в отрицательных складчатых структурах. Подчиняясь складчатости вмещающих пород, они слабо проявлены на поверхности, однако имеют значительную протяженность и могут формировать несколько ярусов промышленных руд.

А если на такие стратиформные, как их принято называть, месторождения наложился мощные эндогенные процессы — например, внедрение интрузивных штоков и интенсивный термальный метаморфизм, — тут и вовсе расшифров-

ка истории рудообразования становится проблематичной.

Подобная ситуация, вероятно, имела место на гигантском месторождении золота Мурунтау в Узбекистане. Здесь можно найти и послонные залежи «книжной» текстуры, и секущие жилы, и высокотемпературные метаморфические породы, дайки и интрузии. Самые разнообразные гипотезы, которые высказывались по проблемам его формирования, в значительной мере определялись неполнотой фактографических данных о среде рудообразования — рудовмещающих породах, — о истории их формирования и эволюции.

Но можно не сомневаться, что и эта проблема будет решена.

Инстинкт познания, заложенный в человеке, сметает все на своем пути, хотя и зиждется, конечно, на потребностях практики.

И пока зодчие украшают золотом дворцы султана Брунея, мы ломаем голову над тем, как образовались месторождения золота и как и где их искать.

Хотя зарплата, конечно, у нас разная. ■

Литература

1. Lindgren W. Mineral deposits. N.Y., 1933.
2. Берг Г. Геохимия месторождений полезных ископаемых. [Б.м.], 1933.
3. Константинов М.М., Косовец Т.Н. // Руды и металлы. 1996. Т.1. №3. С.3—20.
4. Овчаренко Ф.Д., Ульберг З.Р., Гарбар С.В. // Докл. АН СССР. 1985. Т.283. №3. С.711—713.
5. Силичев М.К., Белозерцева Н.В. // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. 1986. Ч.115. С.563—568.

Французские подводные археологи во главе с Л.Лонгом (L.Long) исследовали затонувшее этрусское судно, время постройки которого относят к 610—460 гг. до н.э. Корабль, лежащий в Средиземном море на 60-метровой глубине, изучали с помощью телеуправляемого аппарата. Автоматической фотокамерой провели съемку частей судна, амфор и других

предметов быта. Промывка деталей судна крупногабаритным подводным вентилятором, инвентаризация и сортировка предметов также были «поручены» роботизированным устройствам. Методика определения размера предметов по их фотоснимкам (фотограмметрия) позволила провести трехмерную реконструкцию всего корпуса.

По заключению специалистов, применение робототехники в подводной археологии очень перспективно, так как аппараты могут пребывать на глубине продолжительное время, не страдая от «наркотического опьянения».

Science et Vie. 2001. №1000. P.15 (Франция).

Белое море, Ягодный порог...

Г.М.Виноградов,

кандидат биологических наук

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

Москва

М.В.Калякин,

кандидат биологических наук

Научно-исследовательский зоологический музей

Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова

И.А.Кобузева,

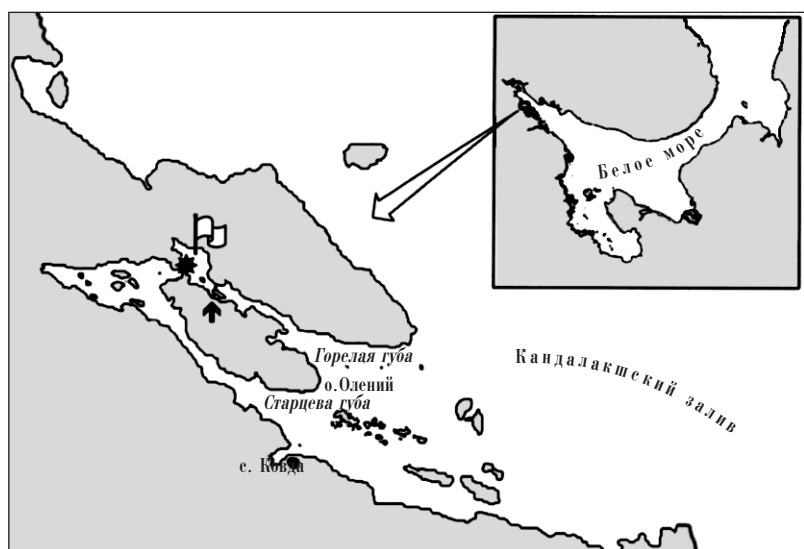
преподаватель биологии лицейского биокласса школы №520 г.Москвы

Е.А.Куприянова,

студентка Российского государственного медицинского университета

Москва

«Все перекаты, да перекаты...» — поет Александр Городницкий, и мы сразу понимаем, что речь идет о плавании по реке. Перекаты и пороги обычно ассоциируются с бурными реками. Даже в уважаемых толковых словарях с незначительными вариациями приводится определение порога как «крупного поперечного возвышения (обычно каменистого) речного дна, делающего течение более быстрым и бурным...» [1]. А между тем пороги существуют и в морях. Возникают они там, где приливно-отливные течения врываются в полузамкнутые заливы (и выходят из них) через мелкие неширокие проливы с тем самым поперечным возвышением дна, но на этот раз морского. Легко догадаться, что донное население в таких необычных местах должно как-то отличаться от обычных обитателей окружающего моря. Об одном из таких порогов — Ягодном, что в Ковдской губе Белого моря, мы и собираемся поведать.



Местоположение Ковдской губы. Ягодный порог указан звездочкой, Канское море — флажком, дамба через Горелую губу — стрелкой.

Ковдская губа расположена за Полярным кругом, между $66^{\circ}41'$ и $66^{\circ}45'$ с.ш., она врезается в западный берег Канда-лакшского залива. Недалеко от выхода из губы находится устье р.Ковды, а также село с тем же названием. Очертания губы до-

вольно причудливы: кольцо морских проливов разной ширины окружает относительно крупный о.Олений. Каждый участок кольца имеет свое название — с северной стороны острова расположены Горелая губа глубиной до 20 м и мелковод-



Порог при высокой воде. Буруны уже не самые сильные, зато видно, что волнение — не ветровое.

*Буруны на перекате.
Фото О.И.Маколина*

ный залив Бродки, с южной — Старцева губа (тоже относительно глубокая), оканчивающаяся отделенным от ее основной части мелководным заливом (кутом). Еще одна часть кольца, связывавшая раньше эти губы — Канское море глубиной до 12—15 м, в 1979 г. было отрезано от Горелой губы дамбой. Проложенная под насыпью дамбы небольшая, метрового диа-

метра, труба почти не пропускает воду, и кольцо оказалось разомкнутым. Поэтому теперь Канское море соединяется только со Старцевой губой — через мелководный Ягодный порог, на котором во время прилива и отлива возникает настоящая стремнина с бурунами.

В начале XX в. Ковдскую губу подробно обследовали участники многолетней экспедиции

Юрьевского университета под руководством проф. К.К.Сент-Илера. Существующие описания этих работ, хотя и не дают полной картины донного населения губы в те годы, позволяют представить некоторые характерные его черты [2]. С того времени гидрология Ковдской губы претерпела существенные изменения. В частности, появление дамбы привело к изменению



Ламинарии вблизи порога растут на необычно малой глубине. В воде — Г.М.Виноградов.

Фото Г.А.Соколовой



Биокласс за разборкой проб.

Фото Г.М.Виноградова

водных потоков в губе во время приливов и отливов*. Участки акватории, примыкающие теперь к дамбе, уже не представляют собой своеобразного канала, по которому сплошной поток воды проходил вокруг Оленьего острова. Они превратились в закрытые мелководные карманы, что, вероятно, должно было сказаться на составе их обитателей.

Попытка выявить и оценить эти изменения была выбрана в качестве одной из задач летней практики лицейского биологического класса московской школы №520 под руководством Г.А.Соколовой** (непосредственное отношение к проведению этой практики имеют и другие авторы статьи, некогда окончившие тот же биокласс). Долгие годы ребята знакомы в основном с обитателями открытой части Ковдской губы

* Это далеко не единственное изменение, но другие, например резкое повышение концентрации соли в воде внешней части губы из-за перекрытия р.Ковды, непосредственного отношения к нашему рассказу не имеют.

** Подобные летние практики в Ковде проходят уже около 20 лет. О результатах одной из них см., напр.: Кудрявцева Е.И., Литвинцева А.П., Соколова Г.А. Естественная консервация дерева // Природа. 1994. №11. С.52—59.

и ближних небольших островов, а в августе 2000 г. пришел черед кутовых участков. Готовясь к экскурсии на лодках в район Канского моря, мы уже знали из рассказов местных жителей и записей Сент-Илера о существовании мелководного порога как серьезном препятствии на пути. И действительно, при непосредственном знакомстве с порогом выяснилось, что пройти его на лодках довольно трудно. Но одновременно выяснилось и главное — этот порог оказался потрясающе интересным объектом. Поэтому, продолжая запланированные исследования, мы особое внимание уделили ему и его непосредственным окрестностям*.

Ширина пролива, где расположен порог, при полной воде составляет примерно 150 м, при малой — сокращается до 40 м за счет очень широкой зоны осушения (литорали). Собственно порог — это перекаат через грядку, пересекающую широкую дугой пролив. Глубина воды над

* В обследовании порога участвовали, помимо авторов этих строк, ученики биокласса: Е.Ю.Литвинова, О.И.Маколин, А.А.Нигматов, И.С.Павлов, Н.М.Сафронова, О.С.Сорокина, Е.С.Суханова, А.В.Хамидуллин.

грядой при максимальном отливе — 40—50 см, поэтому над ее поверхностью выступают отдельные валуны. Ближе к северо-восточному берегу пролива эта, до того очень ровная по высоте, гряда прерывается. Здесь есть несколько крупных камней, между которыми дно даже при минимальной воде опускается до 40—80 см. Это и есть главные «ворота», через которые при достаточно высокой воде местные жители иногда проходят на моторках. Протяженность участка с наиболее сильным течением — примерно 50 м, дальше от порога течение постепенно ослабевает за счет увеличения глубины стрежневой части и за счет боковых завихрений, направленных обратно по отношению к основному течению. При отливе через порог идет сильный поток из Канского моря. На перекаате слышен рев воды, усиливающийся по мере приближения минимума отлива, а у камней возникают белые буруны. Для того чтобы читатель мог представить, какой силы течение в этом месте, заметим, что наша деревянная двухсельная лодка, попав во время очередного обследования порога на быстрину, полностью поте-

ряла управление. Как-то скорректировать ее движение удалось только тогда, когда двое мужчин, участников экскурсии, повисли за бортом и, держась за лодку, стали отталкиваться ногами от встречных камней. Немалую силу имеют и упомянутые выше боковые течения, направленные против потока на стрежне. Чем сильнее отлив, чем меньше глубина, тем громче «ревет» порог. За несколько минут до того, как уровень воды становится минимальным, течение замедляется, затем вода в стрежневой части пролива останавливается и вскоре меняет направление — из Старцевой губы в Канской море. Уже через 10–15 мин наступающий прилив набирает силу, и скорость течения вновь заметно нарастает, вновь появляются буруны, но только теперь на другой стороне камней. Как и во времена Сент-Илера, заплывать на стрежень порога можно только в короткие периоды «минимальной» или «максимальной» воды, в 10–15-минутный интервал между отливами и приливами, когда течение меняет направление и его скорость минимальна. В остальные периоды порог можно преодолеть, только держась как можно дальше от стрежня, под юго-западным берегом пролива.

Каменистая гряда, образующая порог, вся покрыта водорослями: зелеными *Enteromorpha compressa*, *E.intestinalis*, *Monostroma fuscum*, бурыми *Fucus vesiculosus*, *F.inflatus*, *Chorda tomentosa*, *Pylaiella littoralis*, *Phyllitis fastia*, *Ascopbilum nodosum* и красными (багрянками) *Rhodophilis dichotoma*, *Abubheltia plicata*, *Polysiphonia urceolata*. Интересно, что багрянки обитают здесь на очень малых, не типичных для них глубинах, а *Rh.dichotoma*, *Aplicata* в других местах кута Ковдской губы вовсе не встречаются. Литораль (зона, обнажающаяся при отливе), как и поверхность камней на самом пороге, почти сплошь укрыта щетками мидий *Mytilus edulus*.

На камнях — массовые поселения «морских желудей» — усоногих рачков *Balanus balanoides*. Их желтовато-белые конические, закрывающиеся при отливе домики покрывают вертикальные поверхности камней в несколько слоев. Встречаются на пороге и другие беспозвоночные-фильтраторы — губки и гидроидные полипы. На одном из камней мы нашли малька пинагора. Брюшные плавники этой рыбы преобразованы в присоску, позволяющую ей даже при сильном течении удерживаться на облюбованном валуне.

На подступах к порогу со стороны Старцевой губы, там, где течение еще достаточно сильно, дно поросло «морской капустой» — ламинарией двух видов: *Laminaria saccharina* (в основном) и красиво изрезанной *L.digitata*, которая приурочена только к самой стремнине. В других местах внутренней части Ковдской губы *L.digitata* не встречается и за все годы наших летних практик была найдена только у внешних островков Ковдского рейда. Глубина воды над зарослями ламинарий у Ягодного порога при максимальном отливе — метр-полтора, что тоже необычно мало (как и в случае с багрянками). Поле ламинарий тянется в сторону кутовой части Ковдской губы (на юг, а затем на юго-восток и восток) не менее чем на 300–400 м.

Поскольку в этом месте сохраняется сильный проток воды, на ламинариях, как и на самом пороге, обитают преимущественно животные-фильтраторы. Но, в отличие от переката, здесь эта экологическая группа представлена в первую очередь не мидиями и баянусами, а асцидиями и губками. Однако и мидии не исчезают полностью. Кроме *Mytilus edulus* присутствуют *Musculus laevigatus* и *Modiolus modiolus* (редко встречающийся в Ковдской губе).

Ягодный порог — своеобразный оазис для множества

пернатых, поскольку здесь значительно больше донных беспозвоночных, чем в окрестных водах. Так, в конце июля и в первой половине августа мы насчитали не менее 150 гаг (*Somateria mollissima*). Гаги неторопливо паслись в непосредственной близости от порога, в основном со стороны Старцевой губы, а при появлении одиночных моторных или весельных лодок не спеша уходили между небольшими островками. Гаг в этом месте на порядок больше, чем в других участках Ковдской губы. Очевидно, их привлекает изобилие и легкая доступность корма — моллюсков, находящихся на небольшой глубине. Много здесь и турпанов (*Melanitta fusca*), которые, почти не смешиваясь с гагами, постоянно держатся группой из примерно 110 птиц. Основное место их кормежки — стрежневая часть тоже со стороны Старцевой губы. Если гаги встречались нам и в других участках Ковдской губы, то вся местная популяция турпанов в августе сосредоточилась именно на Ягодном пороге. Периодически попадались нам малочисленные (от двух–трех до восьми птиц) группы любителей рыбы — больших крохалей (*Mergus merganser*), которых мы видели еще только на р.Ковде. Концентрировались на берегах порога и кулики-сорочки (*Haematopus ostralegus*). Эти крупные, черно-белые кулики с красными лапами и клювом представляют собой почти обязательное украшение местных морских берегов, но нигде в окрестностях они не собирались на небольших участках так плотно: удавалось одновременно видеть до 26 птиц на литорали размером 150×(30–50) м². Наконец, на самом пороге сустились многочисленные кулики-перевозчики (*Actitis hypoleucos*): одновременно до 14 птиц перемещались по камням и склевывали нечто очень мелкое с поверхности несущейся мимо морской воды. В других

местах — на берегах реки и, изредка, на морских побережьях — они строго следовали правилу «больше двух не собирать».

Несомненно, Ягодный порог — привлекательное место и для орнитолога, и для изучающего водоросли альголога, и для специалиста по беспозвоночным животным. Что же обеспечивает высокое биологическое разнообразие этого места? Большой объем воды, несущей массу взвешенных органических частичек, проходит здесь в непосредственной близости от дна, что позволяет развиться мощному «биофильтру» из донных беспозвоночных, процеживающих воду и вылавливающих эту проносимую органику. В то же время сильный поток воды вымывает весь осадок, что, с одной стороны, исключает из экологического спектра сообщества роющих животных, но с другой — создает оптимальные условия для видов «обрастателей» (к которым, кстати, и принадлежат упомянутые выше фильтраторы). Хорошая аэрация создает условия для обитания нуждающихся в большом количестве кислорода форм, что добавляет в общую копилку еще порцию видов. Приповерхностные слои воды, не застаивающиеся ни на минуту, не успевают прогреться, что позволяет подняться на небольшие глубины чувствительным к температуре организмам. Здесь мелко, а значит водоросли получают повышенное количество света, и могут бурно разрастаться, формируя на ограниченном участке большую биомассу. Поэтому оснований, на которых могут строиться и, конечно же, строятся трофические пирамиды разного размера, предостаточно. А подвижные позвоночные (рыбы и птицы, и даже замеченный вблизи порога тюлень) могут появляться здесь, как в столовой. Да и местные рыбаки, несмотря на удаленность этого места от населенных пунктов, регулярно

забрасывают удочки то выше, то ниже порога.

Наверное, это — далеко не все, что можно было бы изучить на столь уникальном экспериментальном полигоне, созданном самой природой. И возможно, не менее интересен еще более крупный Городецкий порог — место соединения Бабьего моря с заливом Великая Салма примерно в 25 км к юго-востоку от с.Ковда [3]. Пока же нам кажется вполне оправданным предположение о том, что порог на морском мелководье представляет собой своеобразный «перекресток», который лежит на пути множества биологических процессов, приобретающих здесь дополнительную скорость. Впрочем — это уже обсуждение тем будущих исследований.

Любопытно (и удобно для всяких работ) и то, что вблизи от порога можно найти самые разнообразные типы литоралей. Буквально в 20 м от границы мидиевых щеток со стороны Канского моря располагается песчаная, слабо заиленная зона с подводными зарослями морской травы zostеры и затаившимися на дне маленькими камбалами. В 10–12 м от этой зоны дно оказалось сильно заиленным, и нам пришлось долго промывать драгу при попытке взять бентосную пробу. Примерно в 100–150 м от порога со стороны Старцевой губы в глубь побережья Оленьего острова вдаются длинные мелководные заливчики со столь пологими берегами, что на них, как на демонстрационном стенде, представлены все переходы от участков, регулярно заливаемых приливами, вплоть до тех, на которых морская вода появляется только при максимально высоких (сизигийных) приливах. Здесь тоже много ила, регулярно попадают бактериальные маты, воздух имеет специфический запах сероводорода. Ближе к стрежневой части потока, выходящего из порога, находятся типичные для этих мест песчано-каменистые литорали с оби-

лием червей — пескожилов и с поясом водорослей — фукусов. Накопление ила происходит в очень небольшом количестве. Наконец, с юга, недалеко от порога, к Старцевой губе примыкает кутловая часть — обширный мелководный залив с собственными гидрологическими «фокусами»: в него впадает небольшой ручей (вызывающий опреснение воды), есть несколько отмелей (где вода прогревается), в нем явно нет заметных перемещений воды (в результате чего происходит заиление), а в устье мы обнаружили миниатюрное подобие Ягодного порога, уменьшенного как по размерам, так и по скорости и объему проходящей через него воды. В целом окрестности Ягодного порога представляют собой великолепную мозаику различных растительных и животных сообществ. Она обусловлена сложным пространственным сочетанием таких параметров, как скорость течения, глубина, рельеф дна и берегов, конфигурация береговой линии, наличие островов разных размеров.

Как мы уже рассказывали, сооружение дамбы между материком и Оленьим островом 20 лет назад разомкнуло сплошное кольцо течений, и теперь морская вода при приливах и отливах двумя независимыми языками входит в Старцевскую губу и Канское море с одной стороны от этого острова и в Горелую губу и Бродки — с другой. По нашим данным, в Горелой губе, судя по всему, намечается некоторая тенденция сдвига структуры донного населения в сторону илестых форм, и чем дальше от устья губы, тем сильнее [4]. Нам не попались обычные (судя по сборам Сент-Илера) в Горелой губе в начале XX в. мшанки, брахиоподы *Rhynchonella*, гидриды *Campanularia*, альционарии, актинии, т.е. виды, приуроченные к местам с проточной водой. Возможно, они исчезли в результате прекращения прямого протока воды через Горелую



Возвращение с экскурсии белой ночью.

Фото Г.М.Виноградова

люю губу. (Другое возможное объяснение — негативное влияние отходов лесозавода на о. Оленьем. Щепки и куски древесной коры в донных пробах присутствовали здесь и во времена работ Сент-Илера [2], однако за прошедшие годы их, ве-

роятно, стало намного больше.) Канское море и в начале XX в. было все заселено типичной иловой фауной [2]. Ныне, когда оно полностью отрезано от бывшего протока воды через Горелую губу, эти его черты могут только усиливаться. И только

Ягодный порог с его своеобразными условиями остался, судя по всему, неизменным и выполняет роль рефугиума для некоторых видов водорослей и животных, оставаясь единственным местом их обитания в кутовой части Ковдской губы. ■

Литература

1. Толковый словарь русского языка / Под ред. проф. Д.Н.Ушакова. М., 1939. Т.3.
2. Сент-Илер К.К. // Учен. зап. Имп. Юрьевского ун-та. 1909. Т.17. №3. С.1—67; 1912. Т.20. №2. С.1—24; 1913. Т.21. №10. С.1—13.
3. Телегин А.В. Губа Бабые море (Кандалакшский залив Белого моря) как объект многолетнего мониторинга // Матер. IV науч. конф. Беломор. биол. станции 11—12 августа 1999 года. М., 1999. С.58—60.
4. Виноградов Г.М., Кобузева И.А., Сорокина О.С. и др. // Состав и структура морского донного населения. М., 2001.

Астрофизика

Галактическая провинция Южная Корона

Одну из ближайших к нам областей звездообразования представляет небольшой комплекс молодых звезд и облаков межзвездного газа, расположенный на расстоянии около 500 св. лет от Солнца в направлении созвездия Южная Корона. По имени своей ярчайшей звезды комплекс назван R Coronae Australis (R CrA). Для специалистов, изучающих проблемы формирования звезд, вся прелесть этой области состоит... в ее заурядности. Дело в том, что в нашу эпоху звезды вообще рождаются редко; области их формирования разбросаны по Галактике на больших расстояниях друг от друга. Поэтому заметить и затем исследовать обычно удастся лишь такие, где рождаются яркие массивные светила. При этом своей активностью они подавляют все вокруг и не позволяют астрономам рассмотреть, как же происходит образование обычных небольших звезд типа нашего Солнца, которых в природе большинство.

Однако с областью R CrA специалистам повезло: там нет «выдающихся» светил, поэтому можно подробно исследовать формирование «заурядных звезд». Этой работой заняты астрономы, работающие в Южном полушарии, поскольку в небе европейских и североамериканских широт Южная Корона не появляется. Недавно детальные изображения области R CrA получили на Европейской южной обсерватории Ла-Силья в Чили. Изображения фиксировались на ПЗС-матрице форматом 67 млн пикселей, установленной в фокусе 2.2-метрового телескопа. Некоторые из снимков, собранные в цветное панно с незаметными для глаза границами отдельных кадров, воспроизведены на приведенном здесь фото.

Размер изображенной области 4.7×4.7 св. лет². Видны центральная часть комплекса, его ярчайшие звезды и газопылевая туманность, которую они подсвечивают своим излучением. Связанные с комплексом межзвездные облака можно заметить на всем поле снимка (и за его

краями на других снимках) благодаря пылинкам, которые заслоняют от нас свет более далеких звезд. Этот эффект ясно виден в нижнем левом углу, где почти отсутствуют изображения звезд.

Ярчайшая звезда комплекса R Coronae Australis расположена в центре снимка и заметно подсвечивает окружающую ее туманность. Ниже видна тоже довольно яркая звезда TY Coronae Australis, которая освещает небольшую размытую туманность. Яркость этих и некоторых других звезд постоянно меняется. Они принадлежат к объектам типа Т Тельца — переменным звездам, характерным для областей звездообразования. Звезды указанного типа находятся на ранней стадии эволюции и обладают интересными особенностями, в том числе хаотической переменностью блеска, заметным излучением в инфракрасном, ультрафиолетовом и даже рентгеновском диапазонах спектра; все это так или иначе связано с аккрецией протозвездного вещества, продолжающего падать на молодые светила.

Окружающее звезды вещество наблюдается на представленном фото благодаря рассеянию света мелкими пылевыми частицами, присутствующими в газе. Звезды в комплексе R CrA не особенно горячи и поэтому не излучают достаточно ультрафиолета для того, чтобы ионизовать и заставить самостоятельно светиться окружающий газ (водород и гелий); звезды просто освещают газ своим мягким светом, часть которого рассеивается частицами пыли.

На фото можно заметить и объекты с другим механизмом излучения света. Это так называемые объекты Хербига—Аро (один из них — в левом верхнем углу). Они связаны с относительно плотными сгустками газа, которые выбрасывает со скоростью около 200 км/с недавно сформировавшаяся звезда. Когда такой сгусток врывается в окружающий почти неподвижный газ, атомы от взаимных столкновений нагреваются и начинают светить.

ESO Press Photos 25a—b/00. 6 October 2000.



Комплекс молодых звезд R Coronae Australis.
ESO PR Photo 25b/00.

Через Гренландский ледниковый щит

П.Г.Талалай

Небезызвестный викинг Эрик Рыжий назвал эту землю в X в. зеленой, но преобладает здесь все же белый цвет. По площади оледенения Гренландия занимает второе место в мире после Антарктиды, и поэтому так значительна роль острова как полигона для фундаментального исследования ледников, в том числе их глубокого бурения. Гляциологи, изучая пробы из глубоких горизонтов, судят о морфологии и динамике ледника, микробиологи — о древней жизни, тысячелетиями скованной во льду. Но наиболее важен, пожалуй, палеоклиматический аспект исследований. Накапливая воздушные включения времен своего формирования, глубинные ледяные слои хранят уникальную информацию об атмосфере прошлого. По изотопному составу льда в непрерывных его колонках, полученных в Антарктиде и Гренландии, обнаружены следы минимум четырех циклов глобальных потеплений и похолоданий за последние 400 тыс. лет [1]. Все это — научные результаты. Но глубокое бурение во льдах может иметь и практическое значение — для поиска полезных ископаемых, скрытых ледниками.

© П.Г.Талалай



Павел Григорьевич Талалай, кандидат технических наук, доцент Санкт-Петербургского государственного горного института им.Г.В.Плеханова. Область научных интересов — разработка технологии и техники глубокого бурения скважин во льдах Антарктиды и Гренландии. Участник 35-й Советской антарктической экспедиции 1989—1991 гг. (станция «Восток»).

Гренландия — величайший остров мира, площадь которого составляет 2.18 млн км². Он расположен между Северным Ледовитым океаном и северной частью Атлантики. В административно-политическом отношении Гренландия — часть Королевства Дании, географически же относится к Северной Америке. В результате всеобщего похолодания 3—2 млн лет назад остров стал покрываться мощным слоем льда, постепенно занявшим всю его поверхность. При последующем потеплении началась деградация оледене-

ния, и в настоящее время льды занимают 1.83 млн км², или почти 85% территории острова.

Главный источник аккумуляции снега в Гренландском ледниковом щите — твердые атмосферные осадки: снег, снежная крупа, град. В центральных районах никогда не бывает таяния, и слои снега, накапливаемые год за годом, погружаются на все большую глубину, где под действием вышележащих уплотняются и превращаются в зернистый лед — фирн. С увеличением глубины под влиянием возрастающего давления проис-

ходит полное смыкание его воздушных пор, и фирн становится ледяной породой.

В центральной части Гренландского щита снежно-фирновая толща распространяется на глубину до 75—77 м, ниже, на многие сотни метров, — лед. Средняя его толщина — 1790 м, максимальная — 3416 м. Если бы лед Гренландии растаял, то уровень Мирового океана повысился на 7.5 м.

Поверхность ледникового щита полого повышается от берегов в глубь острова, достигая в центральной части высоты 3.3 км над ур.м. Под центральной частью ледникового щита расположена обширная равнина, окаймленная с восточной и западной сторон поясом горных цепей. Причем 20% общей площади ложа ледникового покрова находится ниже уровня моря.

В недрах Гренландии, на территориях, свободных ото льда, обнаружены значительные запасы графита, каменного угля, свинцово-цинковой и железной руд (крупное месторождение последней частично скрыто ледником), минералов, богатых хромом, молибденом, ураном.

В прибрежных районах Гренландии люди жили по крайней мере на протяжении последнего тысячелетия, но история исследования ледникового покрова сравнительно коротка. Его серьезное изучение началось лишь в конце XIX в. Первым, кто убедился в том, что это сплошной покров, был Н.Норденшельд, прошедший в 1870 г. в глубь острова на 50 км, а в 1883 г. — на 117 км.

В 1888 г. Ф.Нансен и О.Свердруп пересекли на лыжах южную часть Гренландии, а четыремя годами позже Р.Пири — северную. В последующие годы он неоднократно совершал экспедиции по ледниковому покрову, а в 1900 г. первым достиг северного побережья. В начале XX в. в маршрутных исследованиях ледникового щита накапливались сведения о географии острова и поведении ледника.

В 1929—1931 гг. немецкий геофизик А.Вегенер организовал две стационарные станции примерно на 71° с.ш. — одну в центре ледникового щита, другую на западном побережье. При помощи сейсмических приборов впервые была определена толщина ледника, организованы регулярные измерения накопления снега, изучено строение снежно-фирновой зоны.

Во время второй мировой войны, после оккупации Дании, Гренландия оказалась отрезанной от метрополии, и в 1941 г. США установили военный протекторат над этой территорией, обязавшись оставить остров после окончания войны. Однако этого не произошло: в 1951 г. было заключено датско-американское соглашение «Об обороне Гренландии», и американские войска находятся на территории острова до сих пор.

В послевоенные годы наибольшее внимание здесь уделялось строительству аэродромов на льду, устройству стационарных и сезонных баз и лагерей, прокладке трасс и т.д. В связи со сложностью и дороговизной эти работы велись не только ослабленной войной Данией, но и Францией, Великобританией и США.

Крупные научные результаты принесла Французская полярная экспедиция под руководством П.-Э.Виктора. В 1948—1951 гг. ее отряды несколько раз пересекали ледник. Сейсмические работы позволили составить достаточно подробную карту рельефа подстилающего ледника ложа. Французские полярники оказались первыми, кто извлек глубинные пробы льда. В районе сезонных лагерей «Кэмп VI» и «Сентраль» (западная и центральная часть Гренландии) при помощи серийного геологоразведочного бурового оборудования пробурены две скважины глубиной 126 и 150 м.

В 1954 г. в Дании создан Арктический институт, занимающийся главным образом коор-

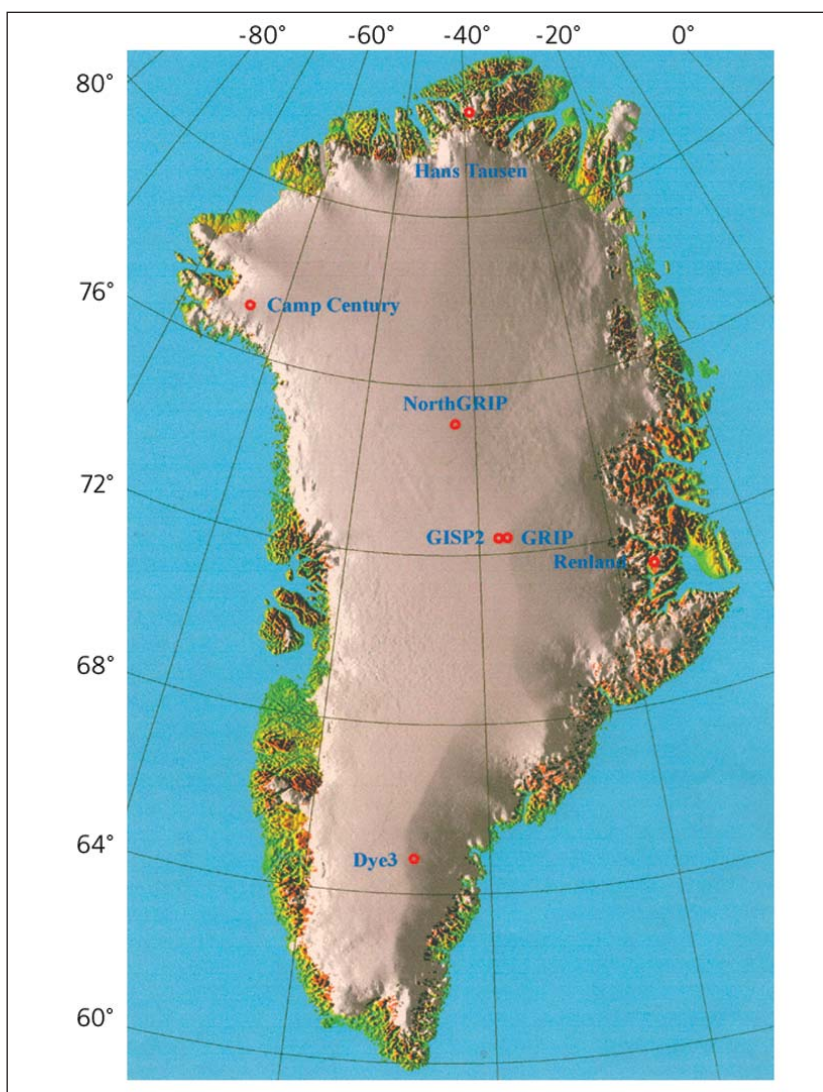
динацией научно-исследовательских работ в Гренландии, а через два года основана Международная гренландская экспедиция, объединившая ученых Дании, Франции, Швейцарии, Австрии и ФРГ. Ее силами в 1959 г. был основан гляциологический стационар «Ярл-Жозе» на восточном склоне ледникового щита, проведена его триангуляция, радиолокационное зондирование ледниковой толщи и т.д.

Глубокое бурение

Всего в Гренландии пробурено шесть глубоких скважин, первая — в районе бывшей военной базы Кэмп Сенчури в северной части острова. Несколько лет назад были рассекречены и стали достоянием широкой общественности подробности любопытного проекта [2]. В конце 50-х годов Пентагон разработал грандиозную программу строительства сети многокилометровых туннелей в толще ледникового покрова Гренландии, по которым должны были курсировать поезда с баллистическими ракетами. Таким образом, их обнаружение и уничтожение для стран-участниц Варшавского Договора было нереальной задачей.

В 1959 г. была построена база, все помещения которой находились под снежным покровом. Здесь размещался гарнизон (250 военнослужащих), а электроэнергией базу обеспечивал небольшой атомный реактор.

В это же время американские специалисты Б.Хансен и Х.Уеда из Лаборатории научных и инженерных исследований полярных районов армии США в Хановере (US Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory — CRREL) впервые предложили использовать электротермобур для бурения скважин во льду [3]. Это устройство имело кольцевой нагреватель мощностью 3.5—4.0 кВт. Талая вода отсасывалась по трубкам



По площади оледенения Гренландия на втором месте после Антарктиды.

Точки бурения глубоких скважин в Гренландии.

в водосборный бак при помощи вакуумного насоса. Буровой снаряд длиной 10,5 м и массой около 400 кг спускали в скважину на грузонесущем кабеле при помощи лебедки с гидравлическим приводом и вышки высотой 31 м.

В 1960—1961 гг. в районе базы Кэмп Сенчури этим снарядом пробурена «сухая» скважина глубиной 186 м, а затем, после некоторых усовершенствований электротермобура, — еще две: глубиной 238 м (1962) и 264 м (1963).

Поскольку из-за постоянного движения ледника скважина при бурении сужается, параллельно в той же лаборатории разрабатывалось устройство с помощью которого ее можно заливать «низкотемпературной» промывочной жидкостью (смесью дизельного топлива DF-A с трихлорэтиленом). Такой снаряд был похож на разработанный ранее, но вместо вакуумного насоса внутри водосборного

Пос. Кангерлюссак. Здесь находится аэропорт, откуда на базу NGRIP отправляются участники проекта и грузы. Здесь и далее фото автора



База NGRIP. На заднем плане — главная двухэтажная палатка. Спереди — буровая установка для проходки неглубоких скважин во льду.



Флаги стран-участниц проекта NGRIP. Четвертый флаг — российский.



бака размещался гидравлический насос.

В 1964 г. с помощью нового устройства углубили скважину с 264 до 535 м. Однако до конца отработать технологию не удалось: талая вода частично оставалась в скважине и превращалась в шугообразную массу, мешавшую бурению. Не помогало и увеличение мощности электронагревательных элементов — они быстро перегорали. Поэтому впоследствии усилия были сосредоточены на разработке не электротермических, а электромеханических устройств.

В 1965 г. удалось модернизировать электробур конструкции нашего бывшего соотечественника А.Арутюнова. Основная особенность бурения этим снарядом длиной 26,5 м и массой 1100 кг заключалась в том, что образующийся в скважине шлам растворяли в циркулирующем растворе этиленгликоля — образовывался раствор равновесной концентрации, не замерзающий при температуре окружающего льда. Поэтому перед каждым рейсом бак снаряда заполнялся концентрированным раствором этого вещества. Летом 1965 и 1966 гг. на базе Кэмп Сенчури скважина, пройденная ранее термобуром до отметки 535 м, была углублена новым снарядом до 1391 м.

В начале 80-х годов в рамках Международного проекта по исследованию ледникового покрова Гренландии-1 (Greenland Ice Sheet Program — GISP-1), организованного Национальным научным фондом США с участием Дании, Франции, ФРГ, Швейцарии, на станции «Дай-3» была пробурена скважина глубиной 2037,6 м. С помощью оригинального электромеханического снаряда ISTUK (в переводе с датского расшифровка этой аббревиатуры читается: снаряд для глубокого бурения), разработанного в Университете Копенгагена, удалось пройти через всю ледниковую толщу. Масса этого устройства составила

около 180 кг, длина — 11,5 м; диаметр бурения — 129,6 мм [4].

При этом шлам вместе с промывочной жидкостью всасывался по прямоугольным трубкам, закрепленным на наружной поверхности колонковой трубы, во внутреннюю полость поршневых насосов, выполняющих одновременно роль шламоборников. Были решены здесь и проблемы энергообеспечения: аккумуляторный модуль, помещенный в герметичный отсек снаряда, состоял из 55 никель-кадмиевых элементов и работал безотказно. Новым было и то, что работа всех систем и агрегатов снаряда приводилась в действие и контролировалась при помощи компьютера [4].

В 90-х годах был успешно завершен Проект колонкового бурения (Greenland Ice Program — GRIP), организованный Европейским научным фондом с участием Дании, Франции, ФРГ, Швейцарии, Бельгии, Великобритании, Исландии и Италии, а также проект GISP-2. Поскольку точки бурения находились на куполе ледникового щита — Саммите — в 30 км друг от друга, в районе максимальной мощности ледника, а работа на них началась почти одновременно, в некотором роде она стала состязанием между учеными Старого и Нового Света.

В результате европейский GRIP был закончен в 1992 г. на глубине 3029 м, а «американский» GISP-2 — в 1993 г. на глубине 3053 м. Эта скважина и на сегодняшний день — самая глубокая во льдах Северного полушария, к тому же здесь последние 1,55 м были пробурены по подледниковым горным породам.

В проекте GRIP была использована усовершенствованная конструкция снаряда ISTUK [5], а в проекте GISP-2 — электромеханический снаряд PICO-5.2", разработанный в Университете Фэрбенкс (Аляска, США) [6] на базе сконструированного ранее для бурения «сухих» неглубоких скважин. В состав снаряда были введены насосный узел и шла-

мосборник с перфорированным фильтром. Для бурения по подледниковым горным породам использовался стандартный геологоразведочный колонковый набор. Наземный буровой комплекс снаряда PICO-5.2" снабжен оригинальной каруселью, позволяющей легко и быстро проводить сборку и разборку бурового снаряда на отдельные узлы и части.

В качестве промывочной жидкости американцы использовали *n*-бутилацетат — эфир уксусной кислоты, относящийся к классу высокотоксичных соединений (предельно допустимая концентрация паров в воздухе рабочих помещений составляет всего 200 мг/м³) [7]. Несмотря на организованную в буровом комплексе вентиляцию, максимальная концентрация паров *n*-бутилацетата более чем в 5 раз превышает пороговое значение. По словам буровиков, работавших при проходке скважины в респираторах, после рабочего дня возникали головные боли, тошнота, головокружение. Кроме того, *n*-бутилацетат — агрессивный растворитель. После трехлетней работы в скважине, залитой этим веществом, смазка полимерной брони грузонесущего кабеля оказалась разрушенной. Единственное преимущество, которым обладает этот химический реагент, — его относительная дешевизна.

Разнообразные исследования ледяного керна глубоких скважин, пробуренных на Саммите, позволили реконструировать климат Земли за последние сотни тысяч лет, уточнить причины образования ледяных щитов, датировать крупные вулканические извержения, лесные пожары; определить уровень антропогенного загрязнения и т.д.

Однако, несмотря на отработанную методику изотопного анализа льда, результаты исследований кернов, извлеченных из двух скважин на Саммите с глубин более 300 м, существенно различаются, в частности и для теплого периода истории

Земли, имевшего место примерно 120 тыс. лет назад. Точная реконструкция климатических изменений того времени особенно важна, так как их считают возможным аналогом современных тенденций.

С целью получения более достоверной информации о климате того периода в 1996 г. был начат Проект колонкового бурения Северной Гренландии (North Greenland Ice Project — NGRIP), основными исполнителями которого стали Дания и Германия. Среди участников — Бельгия, Франция, Исландия, Япония, Швейцария, Швеция и США. Для бурения выбран пологон, где, согласно радарным исследованиям, древние годовые слои имеют большую мощность, чем на Саммите.

Для проходки скважины датские и французские специалисты подготовили новый снаряд, который в конструктивном отношении представляет собой синтез предыдущих электромеханических устройств. Верхняя невращающаяся часть — ударник, распорное устройство и электроотсек — заимствованы от снаряда ISTUK.

Бурение началось в 1996 г. В 1997 г. остановлено из-за аварии. В 1998 г. заложена новая скважина — в 25 м от устья первой. Траншея, таких же размеров, что и предыдущая, была соединена ходами со старой буровой и кернохранилищем.

В 1999 и 2000 гг. автор статьи принимал участие в этом проекте в качестве научного сотрудника и в течение нескольких месяцев занимался бурением, приготовлением промывочной жидкости, ликвидацией осложнений и аварий, консервацией бурового комплекса.

Как попасть в Гренландию

Путь длиной в 3234 км (по прямой) между Санкт-Петербургом и базой NGRIP — это всего 9 ч полета. Первая пере-

садка в Копенгагене, вторая в Кангерлюссак (что в переводе с эскимосского означает «Большой фьорд»).

Этот поселок на западном берегу Гренландии, в 50 км к северу от Полярного круга, находится у основания самого длинного фьорда (180 км) с тем же названием. До конца 70-х годов Кангерлюссак назывался по-датски Сандре Стремфьорд. В 1979 г., когда бывшая колония стала самоуправляющейся частью Королевства Дании, по решению ее нового парламента почти все датские топонимы были заменены эскимосскими.

Кангерлюссак построен в 1942 г. американцами и до начала 90-х сохранял функцию военной авиабазы. После распада СССР она потеряла актуальность и была ликвидирована. Все здания, взлетно-посадочная полоса и метеостанция безвозмездно переданы Дании. Теперь Кангерлюссак — основные международные ворота Гренландии, здесь совершают посадку самолеты из Дании, Канады и Исландии, а затем вертолеты развозят многочисленных туристов по острову.

В нескольких десятках двух- и трехэтажных домов постоянно проживают чуть более 300 человек, занятых в основном обслуживанием аэропорта. Одно из зданий называется ласково KISS (*Kangerlussuaq International Science Support center*). В нем находится штаб-квартира проекта NGRIP, в которой в полевой сезон находятся два оператора, управляющие доставкой на ледник людей и грузов.

До самой базы остается 951 км и перелет не обходится без американцев, по сути дела, монополистов в области крупных полярных перевозок. Самолеты 109-й Тактической воздушной группы ВВС США «Геркулес» совершают посадку и взлет на колесах или лыжах. При максимальном радиусе полета около 3800 км они способны перевезти 6 т груза. Для сравнения ска-

жу, что самолет «Твин Оттер», широко распространенный в зарубежной Арктике, имеет радиус полета 556 км, а грузоподъемность 1.9 т. Каждые две-три недели на станцию прибывает самолет со сменой научного и обслуживающего персонала, топливом, продуктами, почтой.

База NGRIP

База NGRIP — сезонная; начинает работать в начале—середине мая, когда температура воздуха повышается до -30°C , а закрывается в середине августа, когда из-за штормового ветра погода становится нелетной.

Среднегодовая температура в этой точке -32°C и круглый год держится ниже нуля. Правда, в погожие июльские дни температура воздуха может прогреться до значения, которое физики обозначают 0°C .

Низкая температура не самая главная напасть. Здесь, как и во всех горных районах, люди от недостатка кислорода страдают горной болезнью — гипоксией. Низкое атмосферное давление (500 мм рт. ст. вместо привычных 760) в первые дни пребывания на станции вызывает тошноту, рвоту, носовые кровотечения. Затем организм привыкает, но все же ящик весом 20 кг кажется двухпудовым, а десятиминутная волейбольная разминка — трехсетным матчем...

Вот и база NGRIP. Отлично укатанная трехкилометровая взлетно-посадочная полоса, а в 250—300 м от нее расположен поселок из куполообразных палаток. Главная, с деревянным остовом, диаметром около 11 и высотой 7 м, поделена на два этажа. Внизу — кухня, столовая, душевая, туалет, умывальня; наверху — несколько компьютерных станций для всеобщего пользования, факс, офис начальника станции и пять двухъярусных кроватей.

Невдалеке от главной высятся еще несколько палаток: жилое помещение на 10 человек;



База NGRIP. Красная палатка — жилая (для восьми человек), белая — склад.



База NGRIP. Строительство буровой.

Здесь и далее фото С.Джонсена



Керн, извлеченный из скважины NGRIP-2 с глубины 1886 м. Отчетливо виден прослой с частицами вулканического происхождения.



*Кольца Гало,
сфотографированные на базе
NGRIP.*



*База NGRIP. Очистка
территории станции после
зимы.*



*База NGRIP. Перед закрытием
станции в конце летнего
сезона все наружные
предметы тщательно
упаковываются и убираются
до следующего года.*

Фото автора

мастерская с верстаком, токарным и сверлильным станками; имеющий вид церковной главы «костел» Люхта, склад-холодильник, собранный механиком Питером Люхтом. Чуть дальше гараж и несколько других жилых помещений. Куполообразная форма палаток — неслучайна, именно она позволяет избежать сильных заносов в зимнее время. Но все же начало каждого сезона начинается с расчистки территории.

На станции может разместиться 41 полярник, обычная же норма — 32 человека. В 1999 и 2000 гг. на станции работало в среднем по 28—30 человек: начальник станции, буровики (6—7), механик, повар, помощники начальника станции (4), упаковщики керна (3), группа исследования физических свойств льда (3), группы изотопного (3) и химического (5—6) анализов. Национальный состав такой: датчане (6—8), немцы (5—6), швейцарцы (3), исландцы (3—4), французы (2), японцы (3) и по одному полярнику из Бельгии, Швеции, США, России. Официальный, а также неофициальный язык проекта — английский (на нем составляются ежедневные, еженедельные и сезонные отчеты, ведется деловая переписка и радиопереговоры).

Кроме поверхностных сооружений база NGRIP включает огромный комплекс подземных или, точнее, — подснежных сооружений; буровое помещение в виде траншеи размерами 23×5×5 м³, перекрытой на уров-

не дневной поверхности фанерными щитами; кернохранилище, научно-исследовательская лаборатория — тоже огромная траншея. Все они соединяются проходами и имеют только один общий выход (кстати, в нарушении противопожарной безопасности!).

В полевом сезоне 1999 г. бурение шло в две смены, в третью — ночную — обслуживалось оборудование, а скважина очищалась от шлама при помощи специального фильтра. К концу сезона была достигнута глубина 1751.47 м при средней проходке 30.1 м/сут (это самый высокий показатель глубокого бурения скважин во льдах). Но в сезоне 2000 г., несмотря на круглосуточное бурение, на глубине свыше 2500 м скорость снизилась до 20.3 м/сут из-за резкого изменения реологических свойств льда (прежде всего в результате повышения его температуры).

Конец полевого сезона отличался особой драматичностью. На глубине 2932 м снаряд застрял на забое скважины. С поверхности в нее было залито 160 л технического этиленгликоля, но это не дало результатов. Как выяснилось позже, по мере опускания на глубину он разбавлялся водой. Тогда чистый этиленгликоль заморозили в виде небольших шайб (температура замерзания -12.6°C) и опустили в скважину, температура в которой плавно повышалась с -32°C на поверхности до -8°C на забое. После заброски всего 6 кг этого замороженного реаген-

та натяжение кабеля ослабло, и снаряд был благополучно извлечен на поверхность.

Но на этом «приключения» 2000 г. не окончились. Чтобы продолжить бурение, нужно было извлечь этиленгликоль из скважины, так как он превратился в тестообразную массу и налипал на поверхность снаряда. Для этого использовали специальную трубу-желонку, но и та застряла в скважине. В скважину опять пришлось забрасывать замороженный этиленгликоль и через несколько дней желонку удалось поднять наверх.

В новом сезоне, который начался в мае 2001 г., предстоит очистить скважину от этиленгликоля и продолжить бурение до подледниковых горных пород. Согласно радарным исследованиям, до них осталось всего 150 м.

Но самым неожиданным моментом в работе NGRIP были даже не эти неполадки с бурением, а то, что слои теплого периода, которых ждали на глубинах около 2800 м, так и не появились, поскольку мощность годовых слоев оказалась больше расчетной. Получается, что лед того периода находится под ледом ледникового покрова, чего быть не может. Возможно, в те времена здесь ледника не было вообще, а само оледенение представляло собой не ледниковый щит, как считали ранее, а группу ледниковых куполов. Уточнить это позволят дальнейшие исследования. ■

Литература

1. *Dahl-Jensen D., Mosegaard K., Gundestrup N. et al.* // Science. 1998. V.282. P.268—271.
2. *Rasmussen L.T.* // Suluk. 1999. №3. P.32—39.
3. *Ueda H.T., Garfield D.E.* Drilling through the Greenland ice sheet // CRREL Spec. Rep. 126. Hanover, 1968.
4. *Gundestrup N.S., Johnsen S.J., Reeb N.* ISTUK: a Deep Ice Core Drill System // CRREL Spec. Rep. 84—34. Hanover, 1984. P.7—19.
5. *Johnsen S.J., Gundestrup N.S., Hansen S.B. et al.* // Mem. of National Inst. of Polar Research. 1994. №49. P.9—23.
6. *Kelley J.J., Stanford K., Koci B. et al.* // Mem. of National Inst. of Polar Research. 1994. №49. P.24—40.
7. *Чистяков В.К., Талалай П.Г.* Экологические проблемы бурения в Антарктиде // Рос. наука: грани творчества на грани веков: Сб. науч.-попул. статей. М., 2000. С.397—404.

Рабаул: посыпал пеплом я главу...

Четыре века назад административным центром Новой Гвинеи был городок Рабаул на о.Новая Британия. Но с 1975 г. роль столицы независимого государства Папуа–Новая Гвинея взял на себя Порт-Морсби. Дело в том, что Рабаул расположен у самого подножия вулкана Тавурвур, нередко грозившего извержением тем, кто рисковал здесь поселиться.

Всю первую половину 2000 г. Тавурвур вел себя довольно спокойно, лишь изредка из расселин выделялись клубы белого пара. Но в последние дни августа со сторонних вершины стали раздаваться не очень сильные взрывы, а затем там взметнулись столбы темно-серого пепла (Bulletin of the Global Volcanism Network. 2000. V.25. №.11. P.2. США). С 8 сентября гору почти непрерывно сотрясали подземные толчки; по склонам покапала раскаленная полутвердая лава, в воздух полетели вулканические бомбы. Рев вулкана был слышен на расстоянии 15 км.

Сотрудники Рабаульской вулканологической обсерватории во главе с И.Итикараи (I.Itikarai) выяснили, что активизировался участок расселины, образовавшейся еще во время извержения 1941 г., а из возникшего в 1995 г. кратера сейчас выделяются лишь небольшие клубы пара. Нынешнее извержение расширило старую трещину и прорвало кромку древнего кратера.

Почти весь сентябрь над вершиной стояла двухкилометровая колонна пепла, который разносился ветром главным образом в северном и северо-западном направлениях, где находится Рабаул. Многие жители, покинув дома, переселились в поселок, расположенный в 40 км к юго-востоку. Лишь обильные дожди, прошедшие в конце октября, несколько «прочистили» атмосферу, вымыв

из нее взвешенные частицы. Однако к этому времени все улицы Рабаула и крыши домов были покрыты толстым слоем пепла.

Сейсмологи за август зарегистрировали 208 землетрясений, причем в последние сутки месяца – 35. В сентябре к северо-востоку от главного кратера произошло 3660 землетрясений; их частота сильно колебалась от одного дня к другому: суточный максимум – 228 событий – отмечен 11 сентября, а минимум – лишь три толчка – 4 сентября.

Геологам известно, что за последние 10 тыс. лет Тавурвур мощно, с образованием больших кальдер, извергался дважды – около 1400 и 3500 лет назад. В более позднее время появились новые конусовидные горки внутри старых кальдер. Предыдущая сильная активность отмечалась в 1994 г.

Пламя из-под льда

19 октября 2000 г. австралийское научно-исследовательское судно «Aurora Australis», работавшее в субантарктических водах Индийского океана, проходило в 2–3 км к северу от необитаемого о.Херд. Находившиеся на борту участники Австралийской антарктической экспедиции обратили внимание на столб дыма над островом. Когда судно подошло ближе, выяснилось, что активизировался вулкан на пике Моусона, который представляет собой часть более крупного вулкана Биг-Бен. Позже оказалось, что клубы дыма и пара окутывают и западную оконечность острова: через новые расселины на склонах пика Моусон также идет извержение (Bulletin of the Global Volcanism Network. 2000. V.25. №.11. P.9. США).

Наблюдатели с борта вызванного к месту событий вертолета обнаружили, что открытое в 1987 г. лавовое озеро в кратере этого пика

исчезло. На его месте возник неправильной формы конус, покрытый мощным слоем льда, через трещины которого валит дым и пар. Еще один центр активности появился у вершины ледника Лид, причем между этими двумя центрами лежат сотни метров абсолютно чистого и «спокойного» льда.

Ранее австралийские ученые отмечали необычное красное свечение на склонах Биг-Бена. Но в начале 2000 г. оно исчезло. Вероятно, какое-то время лава выплескивалась из озера на вершине, но затем подземные силы на время ослабели и лед победил огонь. Теперь же вулкан открыл «второй фронт» на более низких склонах, и там началось плавление льда и бурное испарение воды. Высаженные на временную полярную станцию специалисты наблюдали за развитием событий до конца ноября 2000 г.

Плесень разрушает китайскую реликвию

Над знаменитой терракотовой армией, открытой китайскими археологами в 1974 г. около г.Сианя¹, нависла серьезная угроза: на 1400 глиняных фигурах стражников, лучников, всадников и лошадей, образующих похоронный кортеж императора Китая Цинь Ши-Хуанди (221–210 гг. до н.э.), обнаружены 40 видов плесневых грибов (Sciences et Avenir. 2000. №645. P.46. Франция).

Китайские археологи обратились к бельгийской фирме, которая специализируется на производстве противогрибковых препаратов. Ожидается, что их применение остановит разрушение этого ценнейшего исторического памятника, который стал одной из наиболее привлекательных достопримечательностей для туристов.

¹ Подробнее см.: Ранев В.А. Глиняное войско, ставшее «находкой века» // Природа. 1999. №4. С.53–55.

Франция в космосе

В марте мы простились с гордостью нашей космонавтики — орбитальной станцией «Мир». Но не прекращаются дискуссии о месте России в будущих исследованиях Земли и остальных планет, Солнца и других объектов Вселенной с помощью космических аппаратов. Насколько широки и разнообразны планы мирового научного сообщества в этой области, можно судить по материалам 33-й Научной ассамблеи международной организации COSPAR (Committee for Space Research — Комитет по исследованию космоса). Достижения и перспективы американской астронавтики общеизвестны и разрекламированы. А как обстоят дела во Франции — второй (если не считать Россию) после США космической державе в мире, имеющей собственные космодром и ракеты-носители? В отчете на ассамблее французы подробно проинформировали о космической деятельности своей страны за последнее время и о ее намерениях на ближайшие годы*. Предлагаем вашему вниманию краткий обзор этого отчета.

Свою насыщенную программу исследований французские ученые нацеливают на:

- более глубокое понимание законов физики, в особенности роли сил гравитации в соотношении с другими формами фундаментальных взаимодействий;
- познание эволюции Вселенной (зарождения галактик и звезд, их динамики, образования планетных систем);
- поиск планет за пределами Солнечной системы;
- изучение Солнца и гелиосферы, магнитосферы Земли и ее конфигурации, солнечно-земных связей;
- исследование планет и малых тел нашей системы;
- экзобиологические наблюдения с конечной задачей выяснить, при каких обстоятельствах возникла жизнь на Земле и может ли она существовать на иных планетах.

По этим направлениям Франция и работает самостоятельно, и активно участвует в мероприятиях ESA (European Space Agency — Европейское космическое агентство) и NASA (National Aeronautic and Space

Administration — Национальный комитет по аэронавтике и исследованию космического пространства США).

На передних рубежах астрофизики

Одна из самых захватывающих задач астрофизики — напрямую зарегистрировать гравитационные волны, предсказанные еще А.Эйнштейном, о реальности которых мы пока судим лишь по косвенным признакам. Общеввропейский проект «Lisa», задуманный для ее решения, предполагает запустить на гелиоцентрическую орбиту три спутника. Они сложат равносторонний треугольник со стороной $5 \cdot 10^6$ км, летящий вслед за Землей, отставая от нее на 20 сут, и образуют огромный гравитационный интерферометр, который займется поиском волн в полосе частот 10^{-4} – 10^{-1} Гц (спутники будут оптически связаны друг с другом, а контролироваться будет разность фаз у сигналов, прошедших разными путями). Наряду со специалистами из других стран в этом проекте заняты и французские ученые.

Эффекты общей теории относительности призван наблю-

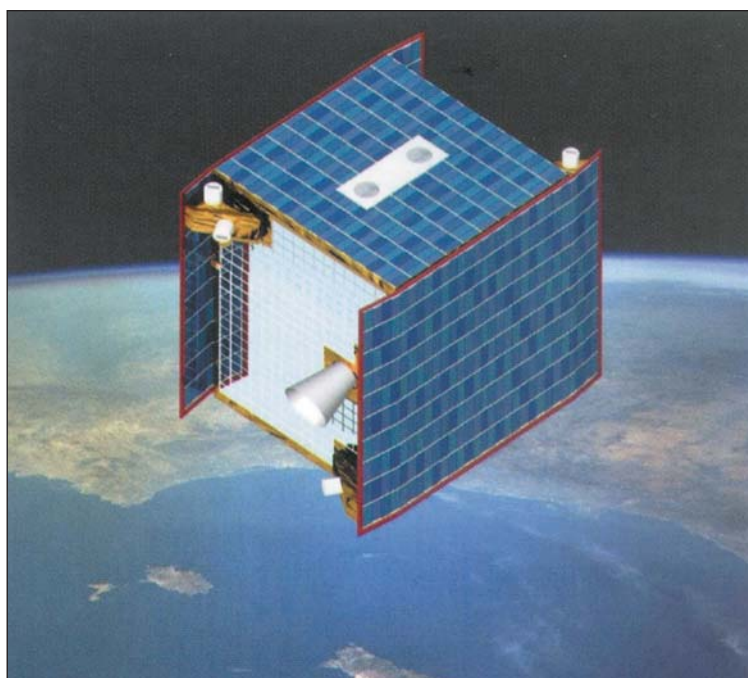
дать и проект ACES (Atomic Clock Ensemble in Space — Комплекс атомных часов в космосе). В нем намечается использовать новые методы лазерного «охлаждения» атомов в условиях микрогравитации (на спутнике) для высокоточного измерения времени атомными часами. Ожидается, что по сравнению с аналогичными часами, работающими в земных условиях в Парижской обсерватории, удастся выиграть в точности на порядок величины. Главными участниками эксперимента станут Парижская обсерватория, Лаборатория атомных часов в Орсе, Национальное метрологическое бюро в Париже, Обсерватория Лазурного берега, а также Невшательская обсерватория (Швейцария). Приборы будут размещены на борту ISS (International Space Station — Международная космическая станция), которая, как известно, уже строится на орбите.

Заметную роль играют французы и в международном проекте AMS (Alpha-Magnetic Spectrometer — Альфа-магнитный спектрометр), направленном на непосредственный поиск антиматерии в космосе [1].

Французским в основном является проект «Microscope», призванный проверить важней-

* The French Scientific Space Program. Report to COSPAR at 33rd Scientific Assembly, Warsaw, July 2000.

Микроспутник «Microscope» в будущем полете. Масса спутника — менее 120 кг, размеры — 80×60×80 см³. (Здесь и далее иллюстрации из отчета французской делегации.)



шее положение теории гравитации — принцип эквивалентности гравитационной и инертной масс, согласно которому все тела независимо от массы приобретают в данном поле тяготения одинаковое ускорение. Соответствующий спутник с двумя дифференциальными акселерометрами должен быть запущен в 2004 г., а дальнейшим шагом в плане повышения точности измерений станет реализация проекта STEP (Satellite Test for the Equivalence Principle — Спутниковая проверка принципа эквивалентности), рассматриваемого ныне в NASA и ESA.

Основную информацию о Вселенной мы черпаем из данных по электромагнитному излучению. И тут французские исследования охватывают всю шкалу его частот.

Прямая регистрация ядерных реакций, в ходе которых во Вселенной образуются элементы, будут проводиться на аппарате INTEGRAL (International Gamma-Ray Astrophysics Laboratory — Международная астрофизическая лаборатория по измерению гамма-излучения) (запуск предположительно в апреле 2002 г.), в рамках общесв-

ропейской программы «Horizon-2000». Для исследования гамма-излучения в нашей Галактике и за ее пределами, несущего информацию о таких реакциях, Франция изготовит специальный спектрометр и изображающую систему. В рамках этой программы уже ведется регистрация рентгеновского излучения разнообразных источников — от молодых звезд до активных ядер удаленных галактик. Работу выполняет французская рентгеновская камера EPIC (European Photon Image Camera — Европейская фотонная камера) на борту запущенного NASA спутника «Newton».

Большой объем информации о межзвездном пространстве и процессах ядерного синтеза получен при помощи французского спектрометра с очень высоким разрешением в дальнем ультрафиолете на космической лаборатории «Fuse» (запущена NASA в 1999 г.). Однако реликтового дейтерия пока обнаружить не удалось.

Новая программа дальнейшего исследования ультрафиолетового излучения «Galex» поможет лучше понять процессы образования звезд и в нашей Га-

лактике, и вне ее. Значительная часть оборудования — из Франции.

По результатам успешно завершенной программы HIPPARCOS (High Precision Parallax and Coordinate Satellite — Спутник для высокоточного измерения параллаксов и координат) [2] с французским участием создан астрономический каталог, охватывающий 118 тыс. звездных объектов и указывающий их координаты с рекордной точностью до 0.001".

В 1998 г. закончила свою работу Инфракрасная спутниковая обсерватория ISO (Infrared Satellite Observatory), накопив (с участием Франции) большой объем данных об излучении различных небесных объектов — от планет и комет до сверхъярких в этом диапазоне галактик.

А в 1999 г. с космодрома NASA был запущен спутник по французскому проекту PRONAOS (Programme Nationale d'Observation Submillimétrique — Национальная программа наблюдений в субмиллиметровом диапазоне). С его помощью исследуются излучение холодных космических источников,

физико-химические процессы в межзвездном пространстве: в межзвездных облаках и зонах, где рождаются звезды.

На очереди — новые исследования в далекой инфракрасной и субмиллиметровой областях спектра с космических аппаратов «First» и «Plank-Surveyor», запуск которых в точку Лагранжа L_2 ESA назначило на 2007 г.

В объективе — Солнечная система

Марс. Этот наш ближайший сосед привлекает к себе особое внимание ученых. После неудачи программы «Mars-96» ESA ускорило работы по проекту «Mars Express». Теперь запуск аппарата назначен на 2003 г.; на его борту устанавливаются приборы того же типа, что и на предыдущем, плюс британский посадочный отсек «Beagle-2» (задача которого — поиск признаков жизни на Красной планете) и французская камера «Omega», работающая в инфракрасной и видимой частях спектра (для изучения поверхности Марса и его атмосферы).

В американской программе «Mars Global Surveyor» французские приборы измеряют магнитное и гравитационное поля Марса. К настоящему времени получены изображения с высоким разрешением и интересные данные по альтиметрии и гравиметрии.

Для восполнения потери аппаратов «Mars Climate Orbiter» и «Mars Polar Lander» предусматривается до 2003 г., используя «окна» наилучшей достижимости Марса, направить к нему еще один или два зонда с французскими гамма-спектрометрами нового поколения. На борту аппарата, предназначенного для посадки в районе полюса, будет малый французский марсоход «Marie Curie». Он идентичен американскому «Sojourner», погибшему в 1999 г., и будет отбирать образцы породы для их по-

следующего (в 2008—2010 гг.) изучения на Земле. Запуск осуществится принадлежащей ESA ракетой «Ariane-5». Исследование климатических условий на Марсе и его внутреннего строения будет проведено учеными Финляндии, Германии и Бельгии под руководством французских специалистов. Франция также отвечает за разработку микроспутников Марса массой по 200 кг каждый, которые будут использованы для связи с Землей или для научных наблюдений.

Сатурн, Титан, Юпитер. Еще в октябре 1997 г. был запущен международный аппарат «Cassini—Huygens», задача которого — исследование в течение четырех лет системы Сатурна, в особенности его гигантского спутника Титана, вполне сопоставимого по размеру с Марсом. Атмосфера Титана, как полагают, сходна с атмосферой Земли на ранней стадии ее эволюции. Окрестностей Сатурна аппарат достигнет в июне 2004 г. Планируется детальное изучение газовой оболочки спутника, его магнитосферы, для чего «Cassini», находясь на орбите, сбросит над Титаном созданный европейскими специалистами зонд «Huygens». Помимо прочего, предстоит проследить за химическими реакциями и выяснить, присутствуют ли там органические молекулы, аналогичные тем, что могли сыграть свою роль в создании предбиологической обстановки у нас на Земле. Восемь экспериментов из этой программы проводятся французской стороной.

Разработав инфракрасные камеры для изучения атмосферы Юпитера и поверхности его спутников, а также бортовые приборы, исследующие плазменные волны в юпитерианской магнитосфере, французы участвуют и в миссии «Galileo» к этой планете.

Кометы. ESA намерено в 2003 г. запустить аппарат «Rosetta» к комете Виртанена. Аппарат должен сопровождать ее на протяжении части орбиты,

исследуя состав ядра, процессы на его поверхности и в хвосте по мере приближения к Солнцу. На комету опустится немецкий посадочный отсек, способный взять образцы пород с поверхности для анализа на месте. Франция участвует в разработке 10 приборов, а за два из них отвечает полностью. Предполагается, что «Rosetta» встретится с кометой в августе 2011 г. и в течение следующего года будет обращаться вокруг нее. В 2013 г. комета достигнет своего перигелия и эксперимент завершится.

Космическая плазма. ESA приняло нелегкое решение о замене погибших при запуске 1996 г. четырех спутников «Cluster» новыми. Цель — построить карты турбулентных течений в плазме некоторых важнейших областей околоземного пространства, чтобы с их помощью изучать явления разного характера и масштаба — от глобального солнечного ветра до локальных полярных сияний. Карты областей от нескольких сотен до 10 тыс. км будут привязаны к реальному времени, т.е. впервые предусматривается разделить переменные времени и пространства. Такой подход позволит проследить процессы переноса материи и энергии, которые определяют поведение этой чрезвычайно сложной системы. Запуск спутников «Cluster-2» уже осуществлен в 2000 г. при помощи двух российских ракет типа «Союз».

Ранее информацию о таких процессах собирали космические аппараты и спутники «Viking», «Arcad-3», «Wind» и «Interball»; она передавалась в недавно созданный в Тулузе Центр по изучению физики плазмы. Туда же будут поступать и новые данные программы «Cluster», а также проекта «Taranis» по изучению молниевых разрядов между вершинами облаков и ионосферой.

Кроме этого, Франция активно участвует в проекте NASA «Image», в рамках которого

спутник был запущен в марте 2000 г. (его задача — определение реакции магнитосферы Земли на флуктуации солнечного ветра), и в общеевропейском проекте «Ulysses» (цель которого — исследование радиоизлучений солнечного и планетарного происхождения и наблюдение за распространением частиц гелиосферы).

По пути развития жизни

Современные достижения генетики и молекулярной биологии расширили наше понимание живой материи и обрисовали новые возможности для изучения происхождения жизни, ее эволюции и распространенности во Вселенной.

В этой области во Франции по утвержденной пять лет назад национальной программе работают 15 научно-исследовательских учреждений, объединенных в специальную группу «Exobiologie».

Экзобиология изучает самый начальный этап в длинной истории происхождения жизни, в котором выделяют три последовательных периода: «химический», «информационный» и «протоклеточный».

В *химический* период формировались первые молекулярные блоки (белки, нуклеотиды, липиды и т.д.). Сравнительные исследования с привлечением информации о других планетах и телах помогут уточнить, какие условия в то время существовали на молодой Земле (что из себя представляли атмосфера и гидросфера; какими были источники материи, содержащей углерод, источники энергии и пр.), а также проверить гипотезы, согласно которым предбиологические вещества были занесены на Землю извне метеорами или метеоритами.

В *информационный* период возникли молекулы, несущие в себе «жизненные сведения»

и способные размножаться и эволюционировать. Здесь предлагаются различные физико-химические сценарии. Согласно одним, первыми появились аминокислоты, которые во влажных и сухих фазах могли полимеризоваться по-разному. В других — рассматривается гипотетический мир, который мог существовать до возникновения РНК, базируясь на молекулах, способных к автокатализу.

В *протоклеточный* период впервые появилось то, что уже можно назвать жизнью — объекты, заключенные в мембрану, которая изолирует их от окружающей среды (это так называемый последний общий предок всех форм жизни на нашей планете).

Вопрос, могли ли подобные процессы развиваться еще где-то, остается открытым. В Солнечной системе уже выделено несколько объектов, где могли существовать благоприятные для жизни условия, например Марс или спутник Юпитера — Европа.

Предстоит тщательное изучение образцов вещества, доставляемого с Марса, для чего разработана франко-американская программа MRS (Mars Sample Return — Возврат марсианских образцов). В рамках же программы «Exosam» будет создана камера, внутри которой воспроизводятся условия, характерные для Марса. В сложном устройстве SEMAPHORE (Simulation Experimentale et Modelisation Appliqués aux Phenomenes Organiques dans l'Environnement Cometaire — Экспериментальное моделирование органических процессов на кометах) можно будет изучать фотохимическую и термальную обстановку, существующую в ледяной и пылевой оболочках комет, где происходит разложение органических веществ.

Франция также участвует в разработке экспериментов в области органической химии, которые предполагается проводить на Титане в ходе уже упо-

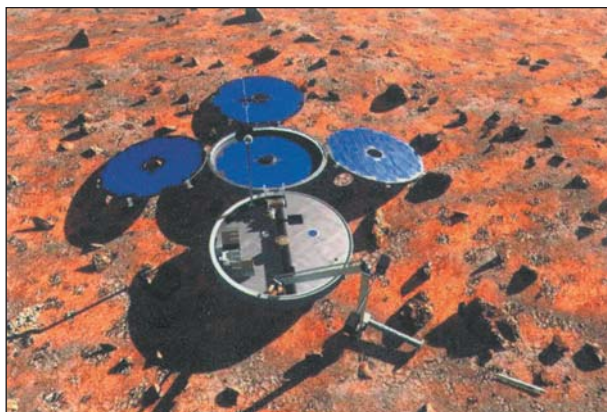
минавшейся миссии «Cassini—Huygens».

В более отдаленной перспективе — поиски примитивных форм жизни на открываемых сегодня одна за другой планетах вне Солнечной системы (ныне их уже около 50). Так, задуман европейский проект «Darwin», предусматривающий объединение в космосе в инфракрасный интерферометр пяти близко расположенных телескопов. Система будет нацелена на интересующее нас небесное тело, на котором будут искать следы присутствия воды, диоксида углерода и озона — признаков наличия кислорода, который мог являться продуктом фотосинтеза. Под эгидой Медонской обсерватории около Парижа недавно прошел симпозиум по экзобиологии, посвященный этой проблеме.

Среди уже осуществленных космических мероприятий следует отметить франко-российскую миссию «Perseus», выполнявшуюся на станции «Мир» с февраля по конец августа 1999 г. На станции и вне ее были проведены эксперименты «Exobiologie» и «Comet» по изучению возможности «доставки» аминокислот на метеорных частицах. Российский же спутник «Фотон-12» был использован европейскими (в том числе французскими) специалистами в 1999 г. для проведения эксперимента «Stone» в рамках программы «Emir-2». Возвращаемый спутник имитировал процессы, сопровождающие вторжение в земную атмосферу метеора марсианского происхождения.

Взгляд на Землю из космоса

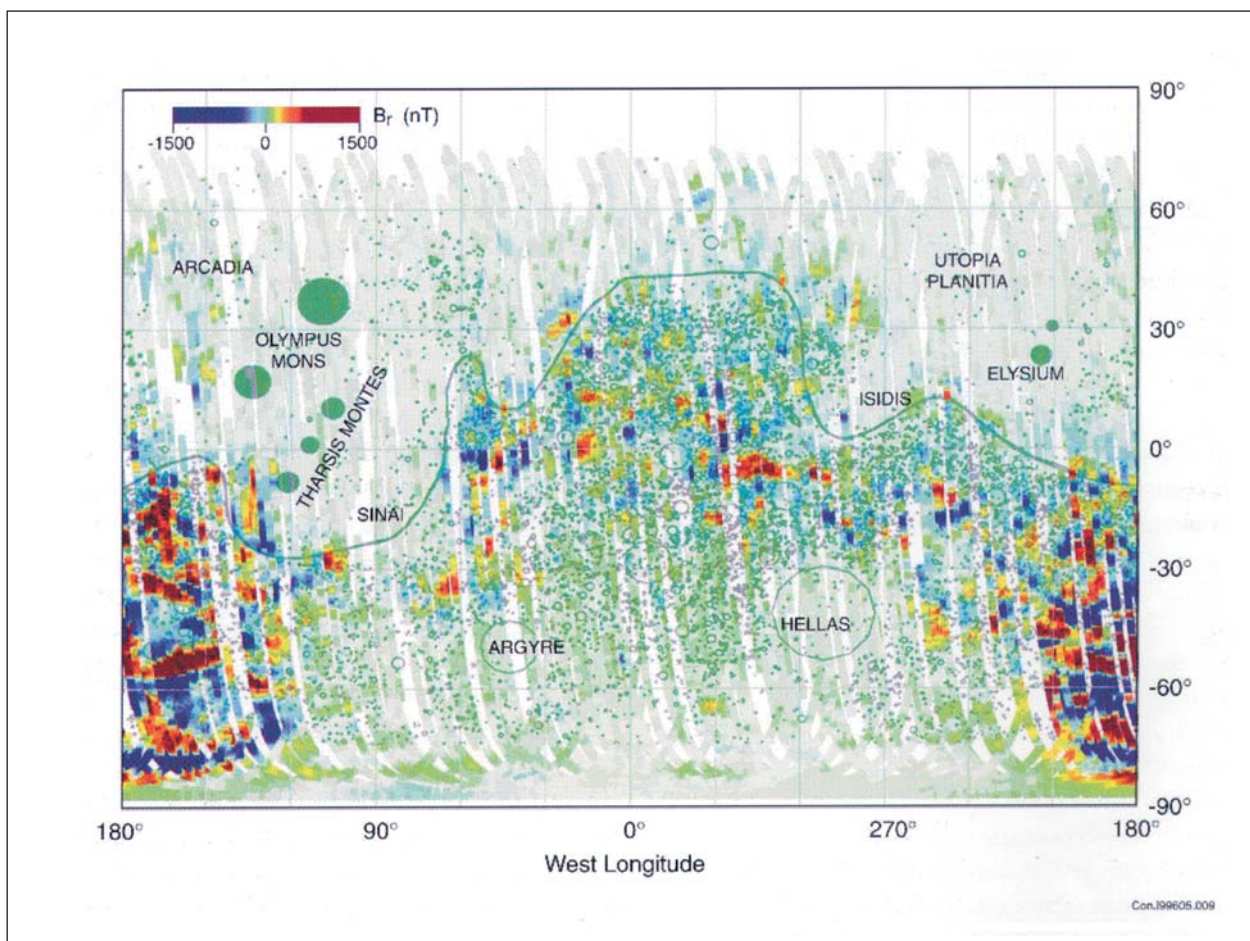
Занимаясь фундаментальными исследованиями с использованием сложнейшего оборудования, французские ученые не забывают и о наших земных проблемах. В изучении процессов на Земле с привлечением космических технологий Фран-



Зонд «Beagle-2», который будет доставлен на Марс аппаратом «Mars Express». В правом нижнем углу видна бурильная система и конец механической руки манипулятора.



Подготовка к запуску аппарата «Cluster-2» российскими ракетами «Союз».



Распределение магнитного поля, окружающего Марс, полученное при помощи «Mars Global Surveyor».



Мини-спутник «Jason» в будущем полете.



Мини-спутник «Picard» в будущем полете.

ция тоже в первых рядах. Особое внимание уделяется программе «Global Change» («Глобальные изменения»), входящей составной частью в международные программы «World Climate Research Program» («Программа по исследованию всемирного климата») и «Geosphere-Biosphere Project» («Геосферно-биосферный проект»). Американско-французская миссия «Torax—Poseidon» из этой серии преследует цель построить детальную карту высот суши и океанов Земли. Такие карты необходимы для изучения циркуляции Мирового океана, чему посвящен специальный проект WOCE (World Ocean Circulation Experiment). Спутники ERS и «Torax—Poseidon» остаются и по сей день элементом программы WOCE, начатой еще в 1992 г. Ее дальнейшее развитие позволит регистрировать изменения в уровне моря, составляющие всего 1 см в масштабе целого океанического бассейна.

Уже удавалось заранее обнаруживать предвестники явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья в 1997—2000 гг. Измерения производились 50 тыс. раз в сутки, и полученные данные способствовали повышению точности математических моделей этих процессов, затрагивающих интересы практически всего мира. Продолжить подобные работы на

той же орбите должна франко-американская миссия «Jason», которая будет собирать данные не только об уровне моря, но и о циркуляции вод океана, скорости ветра и интенсивности волнения. Все это послужит началом создания системы GOOS (Global Ocean Observation System — Глобальной системы наблюдения за океаном), предложенной в Рио-де-Жанейро на Всемирной конференции по проблемам климата.

В сотрудничестве с NASA Национальный центр космических исследований Франции разработал миссию «Picasso-Sena» для изучения воздействия облачного покрова и аэрозолей на климат, чтобы улучшить долгосрочные прогнозы. В ней начиная с 2003—2004 гг. должны участвовать четыре спутника. Они войдут в программу GEWEX (Global Energy and Water Cycle Experiment — Эксперимент по изучению глобальной цикличности энергии и воды) — так называются франко-европейские исследования взаимодействия аэрозолей, облачности и солнечного излучения.

Индийская организация по изучению космоса скооперировалась с Францией в подготовке миссии «Megha-Tropiques», также составляющей части программы GEWEX, задача которой — наблюдение цикличности влагооборота и энергетичес-

кого баланса в тропиках, столь важных для климата всей планеты. Запуск должен состояться в 2006 г. В 2005 г. на орбиту выйдет микроспутник «Orages», которому «поручается» наблюдать экваториальные конвекционные системы в атмосфере и их электроактивность.

Программа SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity — Влажность почв и соленость океана), в которой французы сотрудничают с испанцами, использует интерферометр-радиометр, позволяющий проводить в глобальном масштабе измерения на суше (влажности почв и растительности) с пространственным разрешением 60 км и на воде (солености морских вод) с разрешением 200 км. Запуск соответствующего спутника намечен тоже на 2005 г. А само изображение растительного покрова (в инфракрасных лучах, с повышенной разрешающей способностью — до 1 км — и учетом поправок на состояние атмосферы) регистрируется спутником «Spot-4», запущенным в 1998 г. Он входит в систему «Vegetation», которая финансируется как корпоративно — Европейским Союзом, так и порознь — Францией, Бельгией, Швецией и Италией. С марта 1999 г. информация от этой системы уже широко используется специалистами, в частности, для изучения углеродного цикла

в природе и состояния растительности.

Упомянем также общеевропейскую программу «Eumetsat Metop», предусматривающую запуск нескольких метеорологических спутников на полярную орбиту. Она включает эксперимент IASI (Infrared Atmospheric Sounding Instrument — Инфракрасный атмосферный зонд), в создание которого внесли свой вклад и французы. Профили температуры и влажности измеряются с точностью до 1° и 10% соответственно; вертикальная разрешающая способность инструмента достигает 1 км, что недоступно ни одному из существующих аналогов. Его применение поможет усовершенствовать прогноз погоды и изучать климатические процессы, а также измерять содержание озона, метана и оксида углерода, чья роль в создании парникового эффекта общеизвестна. Запуск первого из этих спутников намечен на 2003 г.

Для изучения процессов разрушения озона, взаимосвязи между химией и динамикой атмосферы используются не только космические системы, но и шары-зонды, самолеты-лаборатории. Гондолы, подвешенные к баллону, могут нести до 500 кг научных приборов в течение 60 сут в тропической зоне и до 22 сут — в Арктике. Недавно разработанные шары в состоянии работать на высотах с атмосферным давлением всего 70 и 50 гПа. Они будут применяться в ходе международной долгосрочной программы «Strateole», которую предстоит проводить в Антарктиде. В рамках программы «Theseo» (1998—1999) французские специалисты запустили с полигона в Кируне (Швеция) более 30 шаров-зондов со своими приборами. Продолжением этой деятельности стал проект «Theseo-2000», выполняемый совместно с NASA. В задачу входит изучение влияния Солнца на стратосферу, ее структуру и состав.

Возвращаясь к космическим

спутникам, вспомним, что с 1991 г. на низкой околоземной орбите находится спутник UARS. На нем работает франко-канадский интерферометр «Wind-II», при помощи которого строятся температурные профили стратосферы и мезосферы. Полученные данные очень ценны для совершенствования моделей плотности слоев атмосферы ниже 200 км, необходимых, например, для расчетов воздушного торможения космических платформ.

Еще одной французской миссией станет спутник «Picard», названный в честь астронома Ж.Пикара, в XVII в. впервые определившего диаметр Солнца. Этот микроспутник готовится к запуску в середине 2003 г., когда солнечная активность достигнет очередного максимума. На нем монтируются приборы для точных измерений поперечника Солнца, скорости его вращения и солнечной постоянной, их вариаций и взаимосвязи, от чего в незначительной степени зависит климат Земли.

По заданию геофизиков

В данных, получаемых из космического пространства, заинтересованы многие геофизические дисциплины, в особенности те, которые связаны с изучением магнитных полей, тяготения и с тектоникой.

Участвуя в исследовании магнитного поля нашей планеты, Франция предоставила магнитометр для использования на датском спутнике «Ørsted», запущенном в феврале 1999 г. Полученные данные обрабатываются в Институте физики Земли (Париж), Центре исследования земной среды и иных планет (Сен-Мор-де-Фосс) и др.

О распределении гравитационного поля Земли стало возможным судить в основном лишь с 60-х годов, когда была создана сеть слежения за искусственными спутниками. Не-

маловажным шагом здесь стала разработка математических моделей поля тяготения Земли серии «Grim» — детища усилий французских и немецких специалистов. В ближайшие годы должны быть построены более совершенные модели на основе данных, получаемых со спутника «Champ», который был запущен в мае 2000 г. с французским акселерометром «Star» на борту.

Ожидается, что миссия «Grace», намеченная на 2001 г., даст возможность исследовать временные вариации гравитационного поля в гигантских космических масштабах. Вслед за этим первый европейский спутник в рамках программы «Earth Explorer» поставит информацию рекордной точности об эквипотенциальных поверхностях гравитационного поля в малых космических масштабах.

Программа «Doris» собирает уникальные данные о вариациях положения центра земного шара, вертикальных движениях коры последнего в точках расположения измерителей приливов с точностью на уровне миллиметров. Программу реализуют на спутниках «Spot-2,3,4,5» и «Torax—Poseidon», которые оснащены и французскими приборами. Эта программа настолько результативна, что Генеральная ассамблея Международного геодезического и геофизического союза приняла решение о создании уже международной службы IDS (International Doris Service). Для ее подготовки снова плодотворно работают французские ученые.

В области геотектоники космическая техника той же системы «Doris» с ее возможностями точного установления местоположения точек на поверхности планеты оказывает существеннейшую помощь, определяя и картируя движения земной коры. Так, специалисты из Группы исследований в области космической геодезии в Тулузе смогли определить нынешние скорости перемещения крупнейших плит коры.

Особые усилия прилагают ученые Франции для исследования космическими методами природных катастроф. В стране совместно со специалистами в области изучения природной среды и исследователями «твердого» тела планеты разработана так называемая миссия DEMETER (Detection of Electro-Magnetic Emission Transmitted from Earthquake Regions — Обнаружение электромагнитного излучения, поступающего из районов землетрясений). Ее научные цели — обнаружить и характеризовать электромагнитные сигналы, связанные с такими явлениями, как землетрясение, извержение вулкана, катастрофическая волна цунами и пр. Запуск спутника по этой программе будет осуществлен при помощи индийской ракеты в 2002 г.

Рассматривается и французское участие в других проектах изучения опасных природных явлений: SVO (Space Volcano Observatories — Космические вулканологические обсерватории), предполагающего запуск целого «роя» малых спутников для постоянного наблюдения за вулканами, грозящими извержениями, и IW (Interferometric Wheel — Интерферометрическое колесо). В рамках последнего три принимающих спутника, летящих «строеном», будут работать совместно с передающим радарным спутником в целях высокоточного определения топографии Земли, что даст возможность увидеть предвестники опасных явлений (вздымание почвы, предшествующее извержению, изменение гидро-

физической обстановки перед наводнением и т.д.).

Трудно охватить все аспекты космической деятельности французских ученых. Так, за рамками статьи остались обширные программы экспериментов в условиях микрогравитации. Они касаются материаловедения, процессов слипания космической пыли, воздействия космических условий на деятельность нервной, сердечно-сосудистой и других систем человека, живущего на орбитальной станции, и пр. Словом, на Францию, успешно сотрудничающую со многими странами в изучении космоса, можно и должно этим странам равняться. В том числе и России. ■

© Сокращенное изложение материала — **Б.И.Силкин**
Москва

Литература

1. Галактионов Ю.В., Тинг С., Черноплеков Н.А. Поиски антивещества в космосе: эксперимент АМС // Природа. 1999. №12. С.3—11.
2. Гончаров Г.А. Тени звезд // Природа. 1999. №5. С.35—41.

Океанополис расширяется

Несколько лет назад в Бресте (Франция) начал работать Океанополис — огромный парк живой природы Мирового океана под открытым небом. К настоящему времени площадь парка увеличена в пять раз, а объем бассейнов — в восемь (Science et Vie. 2000. №995. P.22. Франция). Теперь 10 тыс. представителей океанской флоры и фауны обитают в 3.7 млн л морской воды. Рядом с уже действовавшим, но обновленным павильоном живого мира вод умеренного пояса, где произрастают целые «леса» гигантских ламинарий, построены еще два: тропический и

полярный. В тропическом павильоне посетители могут увидеть коралловые постройки и стаи акул; а в полярном — пингвинов из Антарктики и дюжину арктических тюленей, лежащих на небольшой льдине.

Устроителям океанского парка удалось воссоздать среду обитания растений и животных и даже имитировать волны и приливы. Воду, закачиваемую в бассейны с рейда брестского порта, постоянно обновляют, фильтруют, облучают ультрафиолетом, а также регулируют ее температуру и поддерживают химический состав.

Исследования в Океанополисе проводятся научными организациями Бреста, которые выполня-

ют 60% всех океанографических программ Франции. Французский институт по исследованию и использованию ресурсов океана, Национальный центр научных исследований и Французский институт полярных исследований и технологий (который активно участвовал в создании фильма о жизни подледного мира Антарктики) внесли равные доли в научно-техническое обустройство океанского парка. В образовательном проекте участвуют 20 организаций, в том числе Институт исследования и развития, представивший для тропического павильона материалы по биологии океана.

Рамейваски

Памяти академика Н.Г.Басова



Николай Геннадиевич Басов (14.XII.1922-1.VII.2001).

1 июля 2001 г. скончался лауреат Нобелевской премии по физике академик Николай Геннадиевич Басов. С 1967 по 1990 г. он был главным редактором нашего журнала. Это было качественно иное время, и портфель «Природы» буквально ломился от актуальных научных статей, нередко чересчур сложных и трудно поддающихся редактированию. Николай Геннадиевич, разводя руками, говаривал: пусть хотя бы начало статьи и заключение будут понятны всем. Надо сказать, что он весьма своеобразно реагировал на критические замечания в адрес «Природы». Он считал, что критик журнала прав всегда, да и разносы главного запоминались надолго. Заседания редакционной коллегии проходили весьма оживленно, особенно когда кто-нибудь, в том числе и сам академик, устраивал их у себя дома. Многие сохранила память старожилы. Но приходится признать, что деятельность Басова в «Природе» все же находилась на периферии его жизни.

Он прошел войну лейтенантом медслужбы, а затем окончил Московский инженерно-физический институт и в дальнейшем связал свою судьбу с Физическим институтом им.П.Н.Лебедева, где вместе с Александром Михайловичем Прохоровым стал заниматься исследованиями в области квантовой радиофизики, которые увенчались блестящим успехом.

В 1964 г. совместно с А.М.Прохоровым и американским физиком Ч.Таунсом Н.Г.Басов был удостоен Нобелевской премии за фундаментальные исследования, позволившие создать генераторы электромагнитного излучения нового типа – лазеры и лазеры. Работы Басова заложили целое направление в проблеме управляемых термоядерных реакций – лазерный поджиг реакций синтеза. В 1966 г. он стал российским академиком, с 1973 по 1989 г. работал директором ФИАНа. Наряду с этим он возглавлял общество «Знание» и руководил журналом «Квантовая электроника». Дважды Герой Социалистического Труда, он носил на груди пять орденов Ленина, а в 1997 г. был награжден орденом «За заслуги перед Отечеством» II степени.

Заслуги Николая Геннадиевича Басова перед отечественной наукой непреходящи.

Азиатская пыль достигает Гренландии

Недавние работы американских ученых под руководством Л.А.Барри (L.A.Barrie) показали, что песчаные частицы, поднимаемые ветрами в пустынях Центральной Азии (главным образом на территории КНР), пересекают Тихий океан и достигают Северной Америки. Исследование путей и масштаба такого переноса продолжили геофизики из США, Франции и Дании (P.E.Biscaye, F.E.Grousset, A.M.Svensson; Science. 2000. V.290. №5500. P.2258. США).

В колонках льда, извлеченных в Северной Гренландии, они обнаружили песчаную пыль восточно-азиатского происхождения, попавшую сюда еще 44–1.5 тыс. лет назад (правда, здесь ее концентрация примерно в 10 раз меньше, чем на северо-восточном побережье Тихого океана). Анализ образцов снега из шурфов свидетельствует, что особенно активно частицы-контаминанты стали поступать в Северную Гренландию в последнее десятилетие: бурный экономический и демографический рост в государствах Восточной Азии способствует загрязнению воздушных масс,двигающихся через Тихий океан.

Несколько лет назад в Северной Канаде, к западу от Гудзонова залива, в районе оз.Бейкер, выпал коричневатый снег. Специалисты полагают, что окрасившие его частицы пыли попали сюда тоже из Азии, перемещаясь вдоль северного побережья Аляски в тропосфере, минуя горные цепи.

Одно землетрясение порождает другие

В 1992 г. в пустыне Мохаве, рядом с пос.Ландерс (Южная Калифорния), произошло мощное землетрясение магнитудой 7.3 по шкале Рихтера. Примерно через 3 ч за ним последовал новый толчок магнитудой 6.5 с эпицентром около пос.Биг-Бер, расположенного не-

сколько западнее. Семь лет спустя новое и весьма сильное ($M = 7.1$) землетрясение случилось рядом с населенным пунктом Хектор-Майн к востоку от Ландерса.

То, что первые два события, столь близкие по времени и месту и сходные по своим сейсмическим характеристикам, как-то связаны между собой, сомнений ни у кого не вызывает. А подземные толчки в Хектор-Майне тоже порождены землетрясением в Ландерсе? Эту проблему, немаловажную для прогнозирования подобных катастроф, изучили сейсмологи М.Уисс (M.Wyss; Геофизический институт при Университете штата Аляска в Фэрбенксе, США) и Ш.Вимер (S.Wiemer; Федеральный технологический институт в Цюрихе, Швейцария).

Они отметили, что в течение месяцев, последовавших за событием в Ландерсе, характер сейсмичности в этом районе существенно изменился (Science. 2000. V.290. №5495. P.1257, 1334. США). Так, рядом с пос.Хектор-Майн, в пределах 65-километрового ландерсского разлома земной коры, слабые толчки участились десятикратно. В соседних регионах Южной Калифорнии сейсмичность местами возросла, а кое-где упала по сравнению со средней многолетней величиной. Во время ландерсского события на участках разлома к югу от Хектор-Майна (длиной 50 км) и к северу от Биг-Бера (20 км) число толчков резко снизилось. Такие перемены в сейсмичности сохранялись, как минимум, до середины 1999 г. Кроме того, в радиусе примерно 100 км от ландерсского эпицентра изменилось и соотношение между сильными ($M > 1.6$) и слабыми толчками в пользу последних.

По-видимому, в результате первого из рассмотренных явлений серьезно изменилось распределение напряжения в земной коре на расстоянии до 85 км от Ландерса. Это заставляет внести коррективы в вероятностную оценку будущих сейсмических событий на территории Южной Калифорнии, которая зажата между двумя гигантскими плитами земной ко-

ры и рассечена многочисленными мелкими разломами.

Перегретые пираньи

Специалисты аквариума Альоти-де-Вийервьер (департамент Луар и Шер, Франция) сделали интересное открытие: поведение пираньей при нагревании воды коренным образом меняется (Sciences et Avenir. 2000. №643. P.12. Франция). Обычно эти рыбы две-три минуты высматривают добычу, а затем резко бросаются на нее и в течение пяти минут разделяются с ней. Если же нагреть воду до температуры выше 26°C, броски становятся молниеносными, а добыча истребляется менее чем за 10 с. Другое важное наблюдение: в теплой воде вся стая пираньей ожесточенно нападает на одного из своих членов, не самого сильного, но и не самого слабого.

Специалисты аквариума отмечают, что столь агрессивное поведение определяется именно повышенной температурой воды; только из-за этого фактора потери аквариума за два года достигли 40%!

Тираннозавров целое стадо...

При раскопках на северо-западе США, в округе Гарфилд (штат Монтана) американские палеонтологи наткнулись на целое кладбище тираннозавров (Science. 2000. V.290. №5490. P.701. США).

Предварительный анализ показал, что скелеты по меньшей мере пяти особей сохранились довольно полно. Один из ящеров поражает своими размерами: он, видимо, был на 10% крупнее, чем знаменитая Сью, чьи остатки ныне представлены в экспозиции Музея им.Филда в Чикаго. А ведь до сих пор именно Сью считалась мировым «чемпионом» среди хищных динозавров.

Теперь у палеонтологов появилась возможность изучать индивидуальные отклонения в строении древних ящеров и решить давний спор – существовал ли у

тираннозавров размерный половой диморфизм.

Аргентинский хищный динозавр

Несколько лет назад аргентинский крестьянин, обрабатывая холмистый участок в безлесной Патагонии у подножия Анд (около 1 тыс. км к юго-западу от Буэнос-Айреса), заметил торчавшие из земли очень большие кости и рассказал об этом палеонтологу Р.Кориа (R.Coria) из провинциального музея. Осмотрев находку, тот понял, что это остатки ископаемого хищного динозавра. Приглашенный на место известный специалист Ф.Карри (Ph.Currie; Королевский Тиррелловский музей, Канада) предположил, что это еще один экземпляр уже известного науке гигантозавра.

Однако в ходе раскопок 2000 г., проведенных совместно аргентинскими и канадскими учеными, выяснилось, что остатки принадлежат динозаврам совершенно «нового» вида, причем по меньшей мере шести различным особям (как взрослым, так и детенышам), жившим около 100 млн лет назад (Science. 2000. V.289. №5671. P.18. США).

Это животное явно превышало размерами гигантозавров (длина тела почти 15 м), которые до сих пор считались, наряду с тираннозаврами, самыми крупными среди хищников. Однако аргентинский динозавр примечателен не только размерами: он был страшнейшим из хищников, которых когда-либо знала Земля. Об этом красноречиво говорят его узкий сильно вытянутый вперед череп и челюсти, снабженные невероятно крупными и острыми зубами. Такой челюстной аппарат позволял ему с легкостью вырывать из добычи куски. Передвигался аргентинский хищник на сравнительно небольших задних лапах; передние же, совсем короткие, кажутся совершенно бесполезными.

Карри полагает, что аргентинский динозавр был родственником гигантозавра, но принадлежал к неизвестным прежде роду и виду.

Эта находка очень интересна в

научном отношении. Во-первых, она свидетельствует о большем разнообразии родов и видов ископаемых динозавров Южной Америки. Во-вторых, тот факт, что в одном и том же захоронении обнаружены остатки по меньшей мере полудюжины особей одного и того же вида различного индивидуального возраста, опровергает представление, согласно которому все хищные динозавры вели одиночный образ жизни. По крайней мере эти ящеры хотя бы время от времени сбивались в стаи. И, надо полагать, охота такой стаи на их травоядных сородичей могла быть очень эффективной.

Загадочная мумия

Недавно пакистанские власти пресекли попытку нелегально продать отделанный золотом саркофаг с мумифицированным телом персидской принцессы, который датирован VI в до н.э. После сообщения об этом в прессе мумия стала объектом притязаний. Кроме самого Пакистана права на нее предъявляют Иран (ссылаясь на персидское происхождение принцессы), Египет и Афганистан (без каких-либо обоснований). Сейчас гробница находится под надежной охраной в Национальном музее Карачи.

Саркофаг был найден в Белуджистане, в горном массиве Каран, в трещине, возникшей в результате мощного землетрясения (Sciences et Avenir. 2000. №646. P.34. Франция). По мнению археолога А.Х.Дани (A.H.Dani; Университет Куайяд-е-Адзам, Исламабад), принцесса умерла в 18 лет. Царскую власть символизируют золотая корона и нагрудные латы с клинописными текстами на древнеперсидском языке, из которых следует, что звали ее Хор-уль-Гайя или Тундаль Гайян. Деревянный саркофаг украшен резными изображениями Ахурамазды – главного божества в религии зороастрийцев, зародившейся в Иране примерно 2600 лет назад. Изучение находки продолжается.

Стена на дне озера

По верованиям инков, все сущее на Земле, а также Луна и небосвод возникли из огромного (8.3 тыс. км²) оз.Титикака, находящегося на территориях современных Перу и Боливии. Легенды рассказывают о городах и сокровищах, поглощенных когда-то водами этого озера. Многие исследователи (в том числе Ж.И.Кусто в 1968 г.) пытались найти хоть какое-то тому подтверждение, но успехом поиски не увенчались.

И вот в 2000 г. группа ученых под руководством итальянского геолога Л.Эписа (L.Epis) в ходе 15-дневных исследований обнаружила под водой остатки стены длиной 700 м (Sciences et Avenir. 2000. №644. P.32. Франция). По мнению Эписа, это следы дворца инков. Боливийские же специалисты полагают, что это опоры огородов, располагавшихся вокруг озера на террасах. Истинное назначение сооружения предстоит выяснить в дальнейших изысканиях.

Где же правда о племени яномамо?

В верховьях р.Ориноко, у границы Бразилии с Венесуэлой, живет индейское племя яномамо, насчитывающее около 24 тыс. человек и менее других аборигенов подвергшееся европейскому влиянию. Об этом племени почти ничего не было известно до выхода в свет (1968) монографии американского антрополога Н.Шаньона (N.Chagnon), прожившего рядом с этими людьми немало времени. Книга называлась «Свирепый народ»; в научной среде ее сразу же признали классической, а миллионный тираж разошелся быстро, причем не только среди специалистов (Science. 2000. V.289. №5488. P.2251. США). Шаньон изучал жизнь яномамо вместе с генетиком Дж.В.Нилом (J.V.Neel), а помогал им кинодокументалист Т.Эш (T.Asch), снявший 39 научно-популярных лент.

Шаньон утверждает, что люди этого племени постоянно живут в

состоянии войны: если даже им хватает пищи, они дерутся из-за женщин. Тот, кто убил больше врагов и забрал его жен, получает почетное звание «унокаи» и приобретает право на расширение гарема. В этом, как считает ученый, проявляется зоологический закон: сильнейший передает потомству свой генетический потенциал. Однако большинство специалистов с этой интерпретацией не согласны и не разделяют мнение о врожденной агрессивности яномамо.

Шаньона упрекают в создании ложного образа яномамо и фальсификации результатов наблюдений, в связи с чем Американская антропологическая ассоциация постановила провести открытое обсуждение проблемы, однако он отказался принять в нем участие.

Самое серьезное обвинение в адрес Шаньона и его коллег заключается в том, что в 1968 г. они якобы способствовали распространению эпидемии кори, против которой у яномамо не было иммунитета, а возможно, даже сами вывели эту эпидемию, унесшую сотни, если не тысячи, человеческих жизней. К этому выводу пришел журналист Тирни, который изучал проблему более 10 лет и свыше года прожил среди яномамо. Он считает также, что большинство «боевых» сцен, заснятых в свое время Эшем, было сфабриковано, печальнее же всего то, что они превратились в реальные кровавые войны между деревнями, так как Шаньон раздал индейцам дотеле неизвестное им холодное оружие.

Действительно, в 1968 г. Шаньон, Нил и Эш провели массовые прививки яномамо против кори вакциной, которая позже была повсеместно запрещена из-за побочных эффектов. Эпидемия в племени началась как раз там, где проходила вакцинация. Американский антрополог Т.Тернер (T.Turner) предполагает, что Нил хотел экспериментально проверить одну из своих концепций эвгеники, согласно которой выдающиеся особи (в данном случае – унокаи) более жизнестойки и поэтому легче переносят невзгоды и катастрофы.

Коллеги Нила, которого, как и Эша, уже нет в живых, оспаривают негуманность их отношения к племени. Так, американский специалист по кори С.Л.Кац (S.L.Katz) убежден, что использованная тогда вакцина не смертельна для людей, не встречавшихся ранее с этой болезнью (как известно, такая вакцинация сотен тысяч ослабленных детей в Нигерии и Буркина-Фасо не причинила никакого вреда).

Точку в этом научном споре, видимо, поставит суд.

Сверхпроводимость композита графит-серы

Специалисты из Бразилии (R.R.Silva da, J.H.S.Torres, Y.Kopelevich; Universidade Estadual de Campinas, São Paulo) сообщают об изготовлении сверхпроводящих композитов C/S путем прессования смеси порошков графита и серы (23 % мас.) с последующей выдержкой в аргоне при 650 К в течение 1 ч и отжигом при 400 К в течение 10 ч (<http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0105329>).

Измерение температурных зависимостей намагниченности выявило при $T_c = 35$ К сверхпроводящий переход, определяемый по эффекту Мейснера. Гистерезисный характер кривых намагничивания показывает, что этот материал – сверхпроводник второго рода. Авторы полагают, что за сверхпроводимость ответственной гибридной структурой является углерод и серы, способствующая росту зарядовой плотности.

Кто был первым двуногим?

Первые позвоночные, вышедшие около 360 млн лет назад из воды на сушу, были неуклюжими существами, передвигаясь, так сказать, «по-пластунски». Палеонтологи считали, что первые быстроходные прямоходящие динозавры появились примерно 210 млн лет назад. Однако в 1993 г. амери-

канский ученый С.Сумида (S.Sumida; Университет штата Калифорния) обнаружил в каменоломне около Готы (земля Тюрингия, Германия) часть скелета неизвестного древнего животного. Немецкие палеонтологи во главе с Т.Мартенсом (T.Martens; Готский природоведческий музей), работав на месте находки около шести лет, сумели собрать сравнительно полный набор его костей. Животное окрестили *Eudibamus cursoris*, что означает примитивный двуногий бегун (Science. 2000. V.290. №5493. P.917, 969. США).

Изучавшая эудибаму группа опытных палеонтологов во главе с Р.Рейсом (R.Reis; Торонтский университет, Канада) и Д.Берманом (D.Berman; Музей естественной истории им.Карнеги, Питтсбург, США) установила, что это животное размером всего 25 см жило 290 млн лет назад и передвигалось, в отличие от своих современников, используя только задние конечности; они были длиннее передних и даже на 34% превышали длину туловища. Вряд ли это животное было медлительным. Строение коленных суставов позволяло эудибаму при беге поджимать конечности прямо под брюшко (у других тогдашних позвоночных ноги выступали по сторонам).

По-видимому, это существо не было идеально «сконструированным» двуногим: вероятно, ноги при беге норовили косолапить. И все же бипедальное передвижение давало эудибаму немаловажные преимущества перед современными ему четвероногими хищниками.

В геологических масштабах век эудибамы был довольно коротким. По мнению некоторых специалистов, бипедальность «изобреталась» природой неоднократно, еще до появления динозавров, птиц и приматов, окончательно закрепивших такое достижение. Но свое время эудибам курсорис на 80 млн лет, несомненно, обогнал.

Сибирь и первые американцы

С.А.Васильев

С момента, как европейцы проникли в Новый Свет, пытливые умы стали размышлять, откуда происходит коренное население континента. Экзотический облик меднолицых, украшенных перьями аборигенов порождает немало догадок. В 1787 г. будущий президент США и (редкое сочетание) один из первых американских археологов Томас Джефферсон высказал мнение о сходстве индейцев с обитателями Восточной Азии и о вероятности их азиатских истоков. Той же проблемой заинтересовались и русские путешественники, осваивая территорию Нового Света со стороны Тихого океана. Один из участников экспедиций Беринга, натуралист Георг Стеллер, полагал, что некогда Чукотка и Аляска соединялись сушей между собой и обитатели Камчатки и Америки «произошли от одного поколения».

Все это, разумеется, долгое время оставалось умозрительными предположениями. Под впечатлением находок ископаемого человека в Европе американские ученые и любители археологии в конце XIX в. с энтузиазмом занялись поисками собственного палеолита. Увы, всякий раз оказывалось,



Сергей Александрович Васильев, доктор исторических наук, ведущий научный сотрудник Отдела палеолита Института истории материальной культуры РАН. В течение долгого времени руководил археологическими работами на Верхнем Енисее. Член Американского археологического общества, Всемирного археологического конгресса, рабочей группы «Берингия» Международной ассоциации по изучению четвертичного периода.

что «палеолитические древности» относятся к значительно более поздним периодам. Серия разочарований породила скептическое отношение к самой возможности найти следы человека ледникового периода в Новом Свете. Лишь в 20-е годы, когда удалось обнаружить каменные наконечники вместе с костями бизона вымершего

вида, реальность американского палеолита стала очевидной даже отъявленным скептикам. Для обозначения ранних культур был предложен термин «палеоиндейцы». С тех пор усилиями нескольких поколений археологов в Новом Свете открыты сотни стоянок древнейшего человека. Ботаник Эрик Хюльтен, изучавший сходные виды расти-

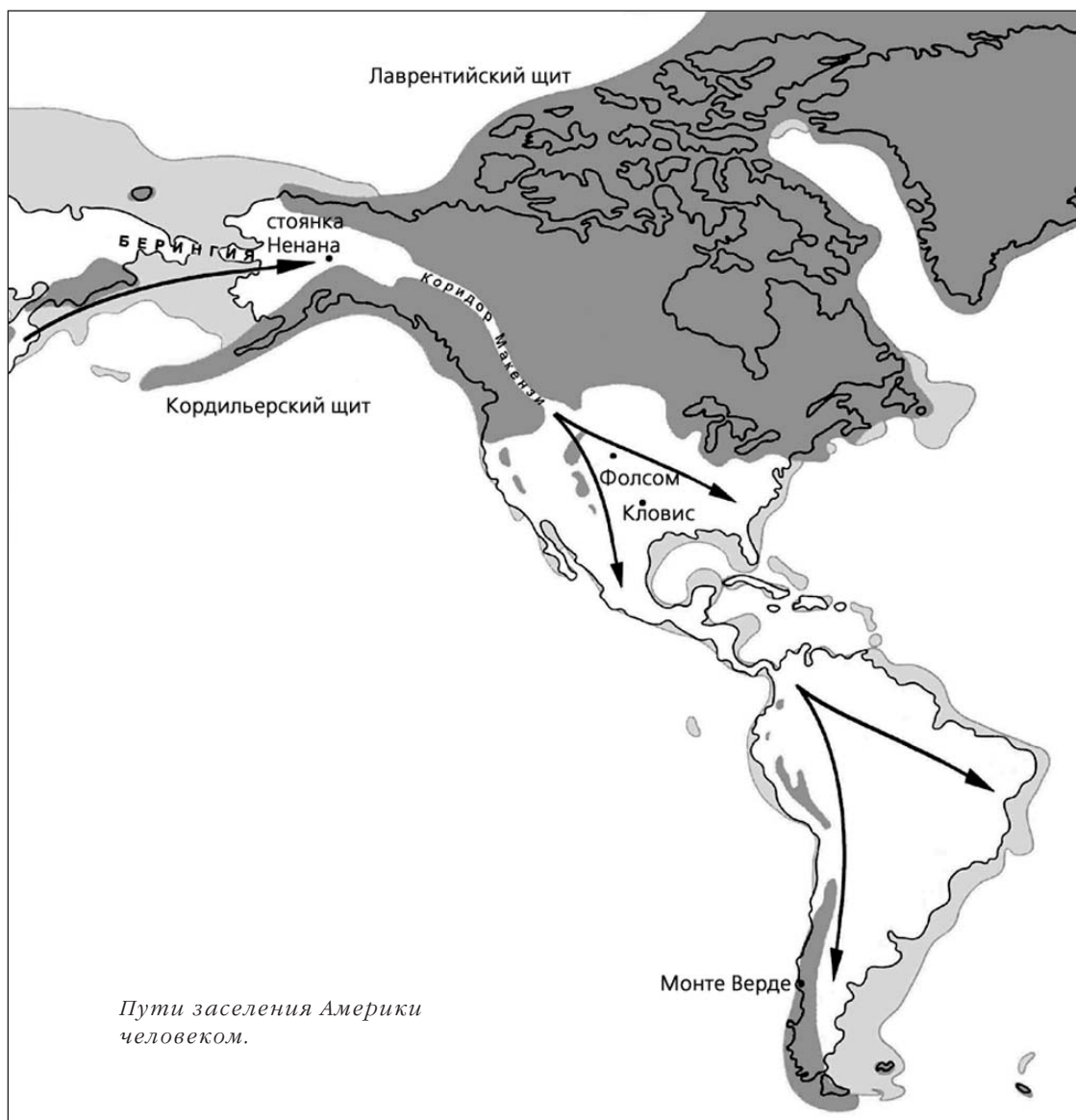
тельного мира по обе стороны Тихого океана, ввел в науку понятие «Берингия», обозначающее существовавшую некогда сушу, связывавшую в единое целое Азию и Америку. В свою очередь отечественные исследователи первобытности немало потрудились над изучением палеолита в различных уголках Сибири и Дальнего Востока. Североамериканские и российские археологи испытывают давний взаимный интерес друг к другу. Свидетельство тому — многочисленные публикации, ряд успешно проведенных конференций и совместных экспедиций.

Когда и какими путями человек проник на территорию Нового Света? Можно ли найти в Азии предков американских индейцев?

Это сложнейшая комплексная задача, для решения которой необходимо объединить усилия представителей различных наук. Прежде всего нам не обойтись без сведений по четвертичной геологии и палеогеографии, создающих ту естественноисторическую основу, без которой невозможна реальная реконструкция ранней истории человечества. Облик нашей планеты 10—12 тыс. лет на-

зад разительным образом отличался от современного. Огромные пространства севера Евразии и Америки были покрыты ледниковыми щитами, вбиравшими в себя массу воды. За счет этого уровень мирового океана падал, и обширные пространства современных морей и проливов осушались, создавая своего рода сухопутные мосты между континентами.

Казалось бы, для раскрытия тайн происхождения индейцев достаточно обратиться к костным останкам самих древних людей. Увы, антропологические находки ледникового периода



единичны и фрагментарны как в Сибири, так и в Америке. Интересные результаты получены при сравнении генетики современных и древних популяций человека в Азии и Америке*. Генетические данные говорят в пользу происхождения индейцев от одной предковой группы, наиболее близкой к современным монголоидам. Однако оценки времени существования такой группы весьма разноречивы. Некоторый свет на вопросы первоначального заселения Нового Света могут пролить результаты сопоставления языков и мифологии коренных народов Азии и Америки. Но здесь опять нас поджидает разочарование — ведь речь идет о косвенных свидетельствах, не привязанных к хронологии и не поддающихся однозначной интерпретации. Достаточно сказать, что лингвисты до сих пор не пришли к единому мнению о том, сколько же языковых семей насчитывается у индейцев.

Остаются единственно достоверные, хотя и «немые», следы прошлого — археологические

* Об этом обстоятельно писали М.В.Деренко и Б.А.Малярчук в сборнике «Российская наука: грани творчества на грани веков». М., 2000. С.428—433.

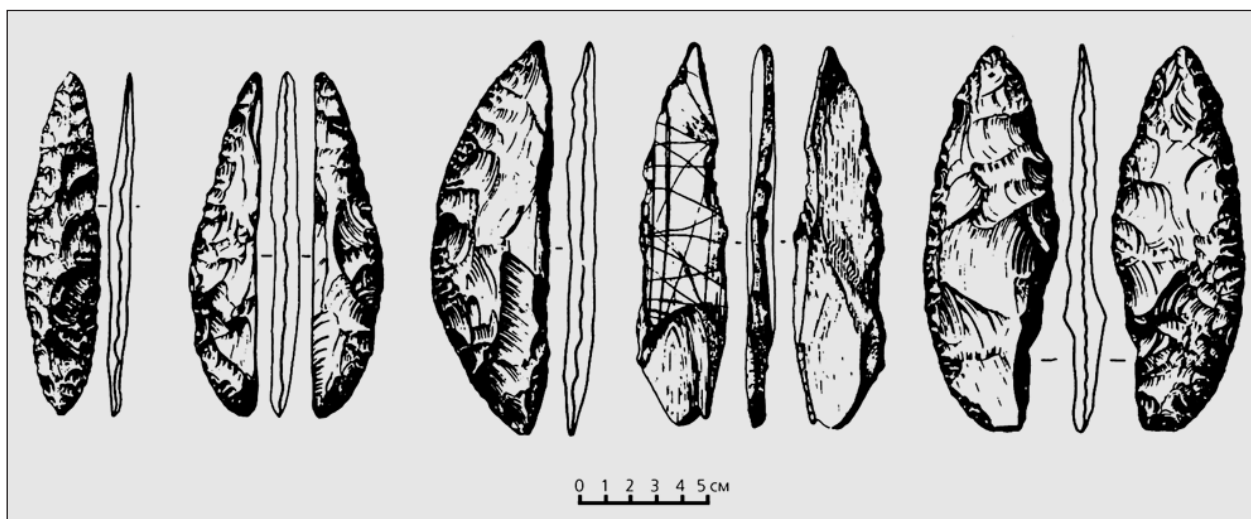
кие памятники, остатки стоябищ далеких предков. К ним мы и обратимся.

Мосты и коридоры

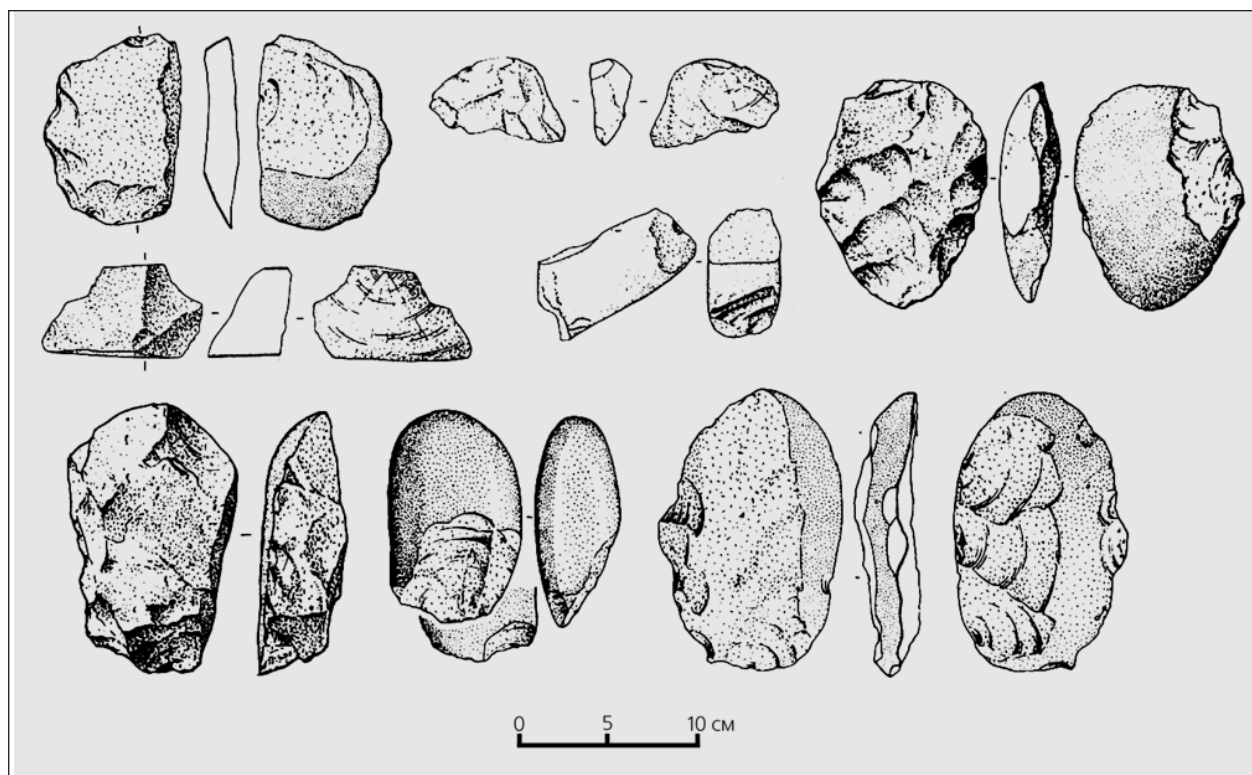
По данным палеогеографии, на месте современного Берингова и Чукотского морей в четвертичном периоде, во время глобальных оледенений, неоднократно возникала обширная суша. Не составляло исключения и последнее оледенение, когда Берингийский сухопутный мост существовал вплоть до времени, отстоящего от нас на 10.5 тыс. лет. Особенно благоприятные условия для миграции фауны, включая человека, создались 14 тыс. лет назад. Ландшафт Берингии представлял собой холодные тундростепи с островками кустарника и березняка на поймах рек. Здесь паслись стада мамонтов, лошадей и бизонов. Среди других обитателей Берингии отметим мускусного быка, северного и благородного оленя, антилопу сайгу и дикого барана. Подобное изобилие животных, несомненно, привлекало группы палеолитических охотников и было основной причиной

расселения человека в этих суровых краях. На Аляске ледники покрывали вершины Алеутского и Аляскинского хребтов на юге и частично хребет Брукса на севере, оставляя доступной для человека всю центральную часть полуострова.

Отсюда по так называемому безледному коридору Макензи лежал путь на юг шириной до 100 км и протяженностью около 2000 км. К нему подступал основной, Лаврентийский, ледниковый щит. Эта масса льда покрывала значительную часть современной Канады, включая полуостров Ньюфаундленд и районы вокруг Гудзонова залива. Ледниковые языки протягивались на юг, достигая района Великих озер и Новой Англии. С другой стороны коридор был ограничен вторым, Кордильерским, щитом, который покрывал горные цепи вдоль тихоокеанского побережья. Трудно представить себе, что заставило древних охотников углубиться в недра безледного коридора. Ведь речь идет о крайне неблагоприятном месте, представлявшем собой холодное, пронизываемое ледяными ветрами пространство с редкой растительностью и обилием озер.



Дюктайские каменные наконечники копий и ножи.



Галечные орудия из загадочного Диринга в Якутии.

Азиатская родина

Понятно, что в поисках предков американских индейцев стоит обратиться к археологии Северной Азии. Сибирь необычайно богата стоянками древнекаменного века. Однако они по большей части открыты в южной части Сибири (Алтай, Верхний Енисей, Прибайкалье, Забайкалье) и достаточно далеки от интересующих нас мест. Крайний северо-восток Азиатского материка, огромная область, лежащая к северу от Байкала, долгое время оставалась белым пятном на археологической карте. Лишь в 60-е годы усилиями Ю.А. Мочанова была открыта группа стоянок на Алдане, притоке Лены. Здесь им была выявлена дюктайская культура, наиболее ярким проявлением которой служат двусторонне обработанные наконечники копий и дротиков. Стоянки такого типа расположены не только в долинах Алдана и Лены, но и далеко на севере, за Поляр-

ным кругом. Следы дюктайцев обнаружены на речке Берелех, притоке Индигирки, неподалеку от известного «мамонтового кладбища» — сохранившихся в вечной мерзлоте остатков скелетов сотен животных. Дюктайские стоянки в основном датируются периодом от 11—10,5 до 18—17 тыс. лет назад.

Продолжение исследований в Якутии привело к еще более сенсационным находкам. На высоком, выше 100 м, берегу Лены, близ впадения в нее ручья Диринг-Юрях, были найдены необычайно архаичные каменные изделия. Проведенные на огромной площади раскопки выявили в гравийном слое массу орудий из кварцитовых галек. Первооткрыватель памятника Мочанов увлекся теорией так называемой «внетропической прародины» человечества, приписывая Дирингу совершенно фантастическую древность (более 1,8 млн лет), сопоставимую с возрастом самых ранних стоя-

нок Африки. Недавно группа американских ученых сумела получить серию датировок, позволяющих примерно определить возраст отложений с культурными остатками. Опубликованные цифры (от 250 тыс. до 350 тыс. лет), конечно, не столь впечатляют, как первоначально заявленные миллионы, но и такая датировка заставляет нас пересмотреть сложившиеся представления о расселении предков человека. Это время соответствует максимальному, самаровскому, оледенению Сибири, когда мощные ледники перегородили течение Лены, образуя здесь гигантскую запруду. Обнаружение столь древнего памятника в Северо-Восточной Азии говорит о реальности освоения этой территории уже в нижнем палеолите и принципиальной возможности проникновения человека в Берингию.

К сожалению, Чукотка, самый «край» Азиатского континента, пока еще очень слабо об-

следована в археологическом плане. Предпринимавшиеся здесь в свое время Н.Н.Диковым разведки не принесли однозначных свидетельств присутствия древнейшего человека на полуострове. Почти все, что мы имеем для этого района, — это сборы каменных орудий на поверхности, возраст находок неясен. Столь же неоднозначное отношение вызывают стоянки Камчатки, где велика степень смешения разновременных культурных остатков, а абсолютные датировки ненадежны (как, впрочем, во всех районах современной вулканической деятельности). Возможно, эта скудость данных связана не только с недостаточной изученностью, но и с тем, что основные маршруты передвижения древних людей пролегли вдоль побережья (т.е. в местах, ныне лежащих на морском дне), а неблагоприятные для жизни внутренние районы были мало освоены.

Аляска и Юкон: древнейшие следы человека

Значительно более интересны находки из Американской части Берингии. Лесистые долины рек Центральной Аляски служили естественными путями миграции стад животных и следовавших за ними охотников. Интересно, что в финале плейстоцена (11.7—10 тыс. лет назад) здесь прослежены три различные культурные традиции.

Древнейшая из них получила название «ненана». Судя по находкам с наиболее хорошо сохранившейся стоянки Броукен Мэммот, первые обитатели Аляски добывали бизона, лося, благородного и северного оленя, промышляли охотой на птиц и занимались рыболовством. Самая характерная разновидность каменных орудий культуры ненана — небольшой каплевидной формы наконечник типа чиндадн. Исследователи связывают распространение культуры

ненана с первой волной переселенцев из Сибири, однако трудно указать на ее прямых предков в Северной Азии. Общее сходство инвентаря культуры ненана с памятниками кловис на основной территории Северной Америки (см. далее) может указывать на то, что именно эта группа населения была предком палеоиндейцев.

К несколько более позднему времени относится культура денали. На ряде стоянок культурные слои денали залегают выше, чем комплексы ненана. Здесь найдены листовидные острия, двусторонне обработанные ножи, резцы, скребла. Облик каменных орудий денали ясно указывает на азиатские корни этой культуры. Исследователи единодушно связывают ее происхождение с дюктайскими памятниками Алдана, реконструируя вторую волну миграций из Сибири.

Наконец, последняя из плейстоценовых культур Аляски — северная палеоиндейская. Основной памятник этой традиции, стоянка Мейза в арктической части Аляски, расположен необычно — на скальном останце, возвышающемся над равниной. Судя по преобладанию в инвентаре наконечников копий и отходов их изготовления, стоянка служила своеобразным наблюдательным пунктом охотников, занимавшихся в ожидании приближения стад оленей, подготовкой охотничьего вооружения. Наконечники Мейзы аналогичны орудиям, применявшимся палеоиндейцами на западе США. Пока неясно, зародилась ли традиция изготавливать метательные наконечники на Аляске, или, напротив, какая-то группа палеоиндейцев проникла на север с основной территории Северной Америки.

Палеоиндейцы равнин

Вожженные солнцем долины. Склоны гор, поросшие сосной и можжевельником. Мы на-

ходимся в центре Северо-Американского континента, на краю Скалистых гор, вблизи простирающихся от Канады до Мексики Великих равнин. Именно тут, в малонаселенном штате Вайоминг (многие современные американцы затрудняются ответить, где этот штат находится), сосредоточены подлинно сокровища культур древнейших обитателей Северной Америки. Здесь расположена известная группа стоянок Хелл Гэп, где в пределах единой колонки отложений вскрыты остатки ряда последовательных обитаний человека, относящихся к разным традициям (гошен, фолсом, мидленд, эгейт бейсин и др.).

Подобные многослойные памятники справедливо именуется среди археологов опорными. Именно они дают надежную основу, позволяющую установить последовательность смены древних культур, их связи с изменениями природной среды.

Богатая растительность Великих равнин в конце ледникового периода позволяла существовать огромному числу животных — мамонтов, бизонов, диких лошадей, антилоп. На юге паслись верблюды, тапиры и свиньи-пекари. Присутствовало здесь даже столь экзотическое создание, как наземный ленивец — травоядный гигант, достигавший более 5 м в высоту. Эти звери служили легкой добычей для хищников — крупных короткомордых медведей, гривистых волков, саблезубых кошек и львов.

Древнейшие памятники континента обозначаются археологами как культура кловис. Датировки указывают на ее существование около 11 тыс. лет назад. Речь идет о времени по условной радиоуглеродной шкале, соотношение которой с истинным, календарным временем сейчас уточняется. С введением поправки на калибровку сроки существования кловис заметно отодвигаются в сторону древности, до 13.5 тыс. лет. Наконечни-



Изделия из камня и кости охотников культуры кловис.

ки культуры кловис отличаются характерными желобообразными сколами у основания, которые облегчали насаживание наконечника на древко копья. Подобная техника была неизвестна палеолитическим обитателям Старого Света, и можно полагать, что она представляла собой самое первое чисто американское изобретение. Изящество наконечников кловис делает их излюбленным предметом коллекционирования среди любителей археологии.

Абсолютное большинство этих наконечников, как и других, принадлежащих иным палеоиндейским культурам, найдено случайно, на поверхности. Однако известны и стоянки, располагавшиеся вблизи рек и ручьев. На юго-западе США климат был более влажным, чем современный, и древний человек селился здесь на берегах высохших ныне пресноводных во-

доемов. Кроме поселений, в особую группу выделяются места забоя или разделки туш павших мамонтов. Нужно сказать, что популярный с свое время в литературе образ могущественного охотника, с копьем в руке отважно преследующего мохнатого гиганта, не вполне соответствует реальности. Современный анализ показывает, что в большинстве случаев наши предки довольствовались остатками этих животных, погибших естественной смертью.

Зато вторгшись в «охотничий рай», человек принялся активно истреблять других плейстоценовых обитателей равнин — бизона, лошадь, белохвостого оленя, антилопу, тапира, медведя, кролика, птиц. Охота дополнялась добычей черепаш и рыболовством.

Одна из самых ярких черт культуры кловис — тайники, сохранившие отборные изделия

из камня и кости. Обычно в их составе встречаются крупные, тщательно обработанные наконечники, заготовки для их производства и ножи. Из клада Ричи происходит великолепная серия стержней из кости мамонта или мастодонта.

Поразительное единообразие внешнего вида находок от Атлантики до Тихого океана производит впечатление, что культура кловис свидетельствует об относительно быстром расселении по всему континенту группы охотников. В биологии известен эффект экспоненциального роста численности популяции, попавшей в свободную экологическую нишу. Вероятно, эту модель можно использовать применительно к распространению человека на незаселенной до того территории.

Есть и иные, косвенные свидетельства, говорящие о том,

что охотники кловис действительно были первыми людьми на просторах Северной Америки. Во-первых, они использовали для изготовления орудий редкое высококачественное сырье, которое тщательно сберегалось и переносилось на огромные расстояния (до 500 км!) от источников. Между тем во многих случаях принесенное издалека сырье найдено в местах, где поблизости имеются породы, не уступающие ему по качеству. Во-вторых, несмотря на то, что Северная Америка необычайно богата пещерами и скальными убежищами, которые интенсивно осваивались в позднейшие периоды, следы ранних палеоиндейцев здесь единичны. Возможно, эти факты говорят о том, что первопоселенцы еще не слишком хорошо изучили местность и не использовали всех возможностей, которые им предоставляла природа.

Период существования культуры кловис совпадает по времени с одним из самых массовых в истории континента вымиранием животного мира. С лица Земли исчезают мамонты, мастодонты, гигантские ленивцы — всего более 35 родов крупных млекопитающих. Вряд ли можно связывать эту катастрофу с деятельностью немногочисленных разрозненных групп древних охотников. Скорее всего причиной послужили изменения климата. Та же причина привела 11–10 тыс. лет назад к приходу на смену кловис новых культур, определяемых по разнообразным типам наконечников. Если фолсом продолжила традицию изготовления наконечников с желобами, то в других комплексах (гошен, эгейт бейсин) обнаруживались двусторонне обработанные наконечники без желобка. Эти культуры занимают уже меньшую территорию, чем кловис; появляется определенное разнообразие региональных традиций в изготовлении орудий из камня.

Гошен открывает серию культур, которые специализировались на массовой добыче бизона. Наиболее яркие археологические памятники — места сезонного забоя стад этого зверя. Кроме того, в число охотничьей добычи входили олень, вилорогая антилопа, верблюд, горный баран, лось. Начиная с эпохи фолсом человек обретает верного помощника в охоте — собаку. Жилые стоянки преимущественно связаны с дюнами и речными террасами на севере Равнин, дюнами и озерно-болотными отложениями на юге. Здесь открыты остатки очагов, а в несложных культурных слоях упоминавшейся стоянки Хелл Гэп выявлены столбовые ямки — следы опор легких наземных жилищ. Кроме орудий из камня и кости, найдены украшения — бусы, подвески, диски. К культуре фолсом относится древнейшее свидетельство изобразительной деятельности в Новом Свете. Речь идет о находке стоянки Купер в Оклахоме. Этот памятник хранил следы нескольких одновременных эпизодов истребления стад бизонов и состоял из мощных костеносных слоев. В основании одного из них археологи обнаружили череп бизона с зигзагообразной линией, прорисованной красной минеральной краской (охрой). Можно представить себе, что древние охотники положили разукрашенный череп зверя на место будущей охоты, чтобы магическими действиями обеспечить себе успех.

От тундры до субтропиков: палеоиндейцы на востоке США

До сих пор мы вели речь о следах предков индейцев на западе США. Между тем наибольшее число метательных наконечников обнаружено как раз в восточных, приатлантических районах материка. К сожалению, стоянки, открытые здесь,

в районе Великих озер и Новой Англии, не столь выразительны, как памятники Великих равнин. Дело в том, что палеоиндейские стоянки региона связаны в основном с озерными террасами и дюнами, где костные остатки в силу кислотности почв практически не сохранились. Что касается изделий из камня, то часто ранние смешаны с более поздними.

Природные условия востока континента заметно отличались от тех, в которых привыкли существовать палеоиндейцы равнин. Южнее ледников, на месте современных Великих озер, и далее к западу располагались огромные по площади приледниковые водоемы. К ним примыкали лесотундры, где в изобилии паслись стада северного оленя. Далее шла полоса сосновых и еловых лесов, а на юге господствовали широколиственные леса, в которых водились мастодонты.

Первыми обитателями здешних мест были уже знакомые нам носители культуры кловис, точнее его восточного варианта — гейни. Далее выделены культуры паркхилл и кроуфилд в районе Великих озер и деберт-вейлв — в приатлантической зоне. Судя по редким обломкам костей, палеоиндейцы востока добывали в основном северного оленя, а также песца, лисицу, зайца. Интересные данные о хозяйственной деятельности носителей культуры деберт-вейл сообщила стоянка Шони-Минисинк в Пенсильвании, из культурного слоя которой извлечены многочисленные остатки растений, в том числе ягод, фрагменты костей рыб.

Поражают находки из Флориды, где остатки палеолита оказались ниже современного уровня воды. Из ручьев, прудов и карстовых воронок извлечены великолепно сохранившиеся наконечники из кости, рога, бивня мамонта и мастодонта. Здесь же найден череп бизона с застрявшим в нем сломанным

кремневым наконечником копья — наглядное свидетельство охоты первобытного человека. Благодаря подводным раскопкам в руки археологов попал даже деревянный бумеранг, сходный со знаменитыми орудиями австралийских аборигенов.

Итак, мы можем с уверенностью говорить о том, что освоение человеком Америки началось 11,5 тыс. лет назад. Ожесточенные споры последнего времени связаны с открытой Т.Диллехеем стоянкой Монте Верде в Чили, по которой была получена серия необычно ранних датировок 12,5—12 тыс. лет. В 1997 г. место раскопок посетила группа ведущих американских специалистов, включавшая самых яростных оппонентов Диллехея. В результате ученый мир признал древность памятника. Это вновь вызвало интерес к поискам ранних стоянок на севере континента. Ведь если признать, что уже 12,5 тыс. лет назад человек добрался до крайнего юга Америки, то нужно полагать, что проник он из Азии в Новый Свет как минимум на 1—1,5 тыс. лет раньше. Не будем забывать, что

расселение групп охотников и собирателей ни в коей мере не напоминало масштабные целенаправленные миграции народов в историческое время. Это было постепенное продвижение, освоение новых кормовых угодий по мере роста численности сообщества.

Примечательно, что на территории Северной Америки, где теоретически должны располагаться более ранние стоянки, пока не обнаружено достоверных следов человека в эпоху, предшествующую культуре кловис. Время от времени в печати появляются сообщения об открытиях памятников большой древности. Однако, как правило, эти сенсации быстро гаснут при более тщательном анализе конкретных материалов. В одних случаях речь идет о местах находок четвертичной фауны, не сопровождающихся каменными орудиями. Приписываемые человеку следы расчленения костей или нарезки на них удается связать с природными воздействиями. В других — мы имеем дело с ошибочными датировками. В третьих — за древнейшие изделия принимаются естественно раздробленные гальки и куски камня.

В целом ранние культуры Северной Америки заметно отли-

чаются от палеолита Евразии. Палеоиндейские обитатели Великих равнин выработали специфическую форму адаптации, основанную на высокой подвижности небольших по численности групп. Среди стоянок преобладают места кратковременного сезонного обитания человека. Памятники различаются по функции: встречаются мастерские (вблизи выходов камня), поселения, места забоя и разделки охотничьей добычи, клады.

Палеоиндейцы Северной Америки нисколько не отставали в культурном развитии от своих современников в Старом Свете. Они обладали сложной технологией обработки камня, кости и бивня мамонта, имели навыки домостроительства. Жизнь древнейших обитателей Америки, как и верхнепалеолитических людей в Европе и Сибири, не сводилась к добыванию пищи и устройству поселений. Об этом говорит практика использования в ритуальных целях охры, наличие украшений, обряд погребения. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 00-06-99508.

Литература

1. Керам К. Первый американец. Загадки индейцев доколумбовой эпохи. М., 1979.
2. Кожевников Ю.П., Железнов-Чукотский Н.К. Берингия: история и эволюция. М., 1995.
3. Ларичева И.П. Палеоиндейские культуры Северной Америки. Новосибирск, 1976.
4. Окладников А.П., Васильевский П.С. По Аляске и Алеутским островам. Новосибирск, 1976.
5. Meltzer D.J. Search for the First Americans. Washington, 1993.
6. American Beginnings. The Prehistory and Paleoecology of Beringia / Ed. F.H. West. Chicago, 1996.
7. Мочанов Ю.А. Стратиграфия и абсолютная хронология палеолита Северо-Восточной Азии // Якутия и ее соседи в древности. Якутск, 1975.
8. Мочанов Ю.А. Древнейший палеолит Диринга и проблема внетропической прародины человечества // Археология Якутии. Якутск, 1988.
9. Kunz M.L., Reanier R.E. The Mesa site, Iiteriak Greek // American beginnings. The Prehistory and Paleoecology of Beringia. Chicago, 1996.

Морские черепахи в Черном море

Д.В.Семенов,
кандидат биологических наук
Москва

Недавно случилось разговаривать с французским коллегой о разных любопытных аспектах распространения пресмыкающихся в Европе. Зашла речь и о довольно редких случаях появления морских черепах у западных берегов Франции. «Интересно, а почему морские черепахи не заплывают в Черное море?» — обратил внимание собеседник. И правда, почему? В том разговоре мы пришли к шутливому заключению, что морских гигантов не пропускают через Дарданеллы бдительные турки.

И надо же такому случиться: сразу по возвращении домой мне попала в глаза статья болгарского герпетолога Д.Н.Нанкинова (D.N.Nankinov; Институт зоологии, София) именно на эту тему [1]. Он специально изучил старую литературу, просмотрел музейные коллекции, опросил специалистов и выяснил, что черепахи двух видов, логгерхед (*Caretta caretta*) и зеленая черепаха (*Chelonia mydas*), все-таки появлялись в черноморских водах. Более того, когда-то они были весьма многочисленны. Так, в 1585 г. французский барон де Фуркево писал, что их галера в Черном море часто наталкивалась на



Схема путей миграции логгерхеда из Эгейского моря: I и II — в другие районы Средиземноморья, III — в Черное море.

© Д.В.Семенов

большие скопления необычно крупных морских черепах. Позднее такого обилия морских исполинов уже не встречалось. В XX в. зарегистрированы лишь единичные случаи появления логгерхедов у берегов Болгарии и Румынии. Последнее сообщение относится к августу 1987 г. — тогда с корабля заметили трех морских черепах.

Нанкинов полагает, что зеленая черепаха, которую наблюдали в Черном море в конце XIX в., заплывла сюда случайно, а вот логгерхед — давний черноморский житель: в пору, когда Черное и Средиземное моря соеди-

нялись более широким проливом, черепахи этого вида обитали здесь постоянно. Скорее всего, они и размножались на черноморских побережьях; возможно, де Фуркево встретил как раз логгерхедов, направлявшихся к пляжам, на которых они испокон веков откладывали яйца. Именно историческая память о прежних путях миграции, связанных с гнездованием, до сих пор изредка приводит сюда отдельных особей. Видимо, в наши дни в Черное море проникают лишь некоторые представители популяции логгерхеда, размножающейся теперь только в Эгей-

ском море.

Почему черепахи стали здесь такой редкостью? По мнению Нанкинова, их попросту вытеснил человек: Черноморское побережье так густо заселено, что черепахам здесь уже нет места. Кроме того, в этом регионе обитает очень много хищных животных, которые в свое время могли истребить все потомство логгерхедов. Тем не менее, поскольку морские черепахи все же могут встречаться в Черном море, нужны специальные исследования и разработка комплекса мер по охране этих уникальных животных. ■

Литература

1. Nankinov D.N. // Glasnik Prirodnaèkog Muzeja u Beogradu. 1995—1998. Bd.49—50. S.7—14.

Усилиями специалистов 13 лабораторий восьми европейских стран создана карта распределения популяций дуба (род *Quercus*) по результатам анализов ДНК-образцов, взятых из 2600 дубрав. Сопоставление генетических данных современных и ископаемых дубов дает возможность проследить миграционные пути этого рода деревьев.

Sciences et Avenir. 2001. №648. P.16 (Франция).

У почвенного гриба *Armillaria ostoyae*, произрастающего в американском штате Орегон, — одна из крупнейших грибниц среди подобных организмов. Многочисленные ветвящиеся гифы (трубчатые нити) образуют в лесной подпочве гигантский мицелий. Он разрастается очень быстро (частично за счет высших растений, с корнями которых он со-

здает симбиотические ассоциации). Сейчас у орегонского гриба мицелий распространился на 890 га, что сопоставимо с площадью 1750 футбольных площадок¹.

Sciences et Avenir. 2000. №644. P.16 (Франция).

Сенат США заслушал в октябре 2000 г. сообщение экологов и приматологов о том, что массовая вырубка лесов и браконьерство в Африке и Юго-Восточной Азии поставили несколько видов обезьян (в том числе человекообразных) на грань полного исчезновения. Согласно новому закону о защите приматов, правительство США получает право в течение ближайших пяти лет расходовать на охрану находящихся в природной среде шимпанзе, горилл,

¹ О других подобных образованиях см.: Невидимые гиганты // Природа. 1997. №3. С.112—113.

орангутанов, гиббонов и бонобо по 5 млн долл. в год. Средства поступают в распоряжение Управления США по делам рыболовства и природы.

Аналогичные фонды, но составляющие лишь по 1 млн долл. в год, уже существуют в целях охраны носорогов, слонов и тигров.

Science. 2000. V.290. №5492. P.685 (США).

Сотрудники Бразильского института окружающей среды и возобновляемых ресурсов вслед за экономистами оценили природное богатство страны в 15.75 трлн франков (что около четырех валовых продуктов Бразилии в год). По их расчетам, доля Бразильской природы в мировом масштабе не менее 10%.

Sciences et Avenir. 2000. №645. P.40 (Франция).

Александр Александрович Эйхенвальд

Е.И.Погребысская

Имя Александра Александровича Эйхенвальда (1864—1944) было хорошо известно в начале XX в.: отечественные и европейские физики ценили его как тонкого экспериментатора и вдумчивого теоретика. В России его знали и как превосходного лектора, а уже в СССР в 20—30-е годы были изданы его курс «Электричество» и четыре тома (из задуманных шести) «Теоретической физики». Семья Эйхенвальдов на рубеже веков считалась московской достопримечательностью. А сейчас Александр Александрович известен только тем, кто интересуется историей физики в России конца XIX — начала XX в., да вдумчивым читателям фундаментальных курсов теории электричества, где описан «опыт Эйхенвальда».

Александр Александрович родился в Петербурге 23 декабря 1863 г. (4 января 1864 г. по новому стилю). Его отец, Александр Федорович Эйхенвальд (в первоначальной транскрипции — Айхенвальд), — выходец из Митавы (ныне Елгава, Латвия), города в Курляндской губернии, окончательно присоединенной к России в 1795 г. В 1850-е годы он перебрался в столицу Империи и в 1858 г. получил от Академии художеств патент на звание художника. Мать, Ида Ивановна Эйхенвальд (в девичестве Ида-Амалия Папендик), — известная арфистка, которая с восьми лет вместе с братом концертировала по городам германских государств будучи подданной Пруссии, бывала и в Петербурге. В 1860 г. в возрасте 18 лет она стала солисткой оркестра Мариинского театра. Там же, в Петербурге, она познакомилась со своим будущим мужем, где в 1862 г. состоялась их бракосочетание по православному обряду и где родился их первенец Александр.

Всего в семье было трое сыновей и семеро дочерей. И все они, кроме старшего, родились



Елена Иосифовна Погребысская, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН. Область научных интересов — история физики, в частности оптики.

в Москве, куда в 1864 г. переехала семья. Иду Ивановну пригласили солисткой оркестра Большого театра, где она проработала 37 лет. С 1875 по 1906 г. она — профессор Московской консерватории. За эти годы ею была создана московская школа игры на арфе.

Глава семьи вместе с коллегами-художниками открывает фотостудию «Эйхенвальд» на втором этаже дома 12 на Петровке, где теперь находится магазин «Петровский пассаж». Там жила и семья. По мере необходимости часть жилых комнат превращалась в фотоателье. Дом был открыт для друзей и знакомых. Там гостили Г.Берлиоз, А.Патти, И.С.Тургенев, М.Н.Катков, Й.Иоахим, А.Г. и Н.Г.Рубинштейны, чьи портреты работы хозяина висели в гостиной-ателье. Среди друзей молодых Эйхенвальдов были будущий знаменитый физик Петр Николаевич Лебедев, композитор и музыкальный критик Н.Р.Кочетов, актеры Большого и Малого театров.

Семья Эйхенвальдов дала русской оперной сцене трех певцов. Самая известная из них — Мар-

гарита Александровна — вошла в историю театра как лучшая исполнительница партии Снегурочки в опере Н.А.Римского-Корсакова.

Еще одна из сестер Эйхенвальд, Валентина Александровна, мать Б.В.Дерягина — известного советского физика и химика, академика РАН, — в 1908 г. стала женой П.Н.Лебедева.

Антон Александрович был дирижером, пианистом-аккомпаниатором и композитором; Николай Александрович — архитектором. Одно из самых известных его творений — доходный дом знаменитого московского булочника Д.И.Филиппова на углу Тверской и Глинищевского переулка, в котором располагались гостиница и булочная-кондитерская с кофейней.

Во второй половине 1870-х состоялась встреча Эйхенвальда с Лебедевым. Знакомство скоро переросло в дружбу, дружбу удивительную. Смысл ее точно передала сестра Лебедева Александра Николаевна, записавшая в дневнике 25 августа 1888 г.: «Я ему [брату. — Е.П.] завидую — он так много видел. Видел инженерный мир, в котором живет Эйхенвальд. Видел жизнь своего товарища, можно сказать, теперь единственного, которого он страшно любит. Пожалуй, эту дружбу можно назвать идеальной. Этой дружбе, мне кажется, ничего не помешает, потому что она основана на духовном родстве».

Ее слова оказались пророческими. Они оба избрали физику. Только путь в науку Александра Александровича был более долгим. В 1883 г. он поступил на физико-математический факультет Московского университета, но спустя два года перевелся в Петербургский институт инженеров путей сообщения им.Александра I. Старший сын в большой семье Эйхенвальдов должен был рассчитывать только на собственные силы, а возможности достойно зарабатывать у начинающего ученого не было. У Лебедева положение было совсем иное: отец оставил ему значительное состояние, на которое он мог не только нормально жить, но и заниматься научными исследованиями. Правда, к концу жизни, несмотря на довольно высокий оклад университетского профессора, от наследства ничего не осталось.

Итак, в 1888 г. Александр Александрович стал инженером, несколько лет работал путейцем. В 1890—1895 гг. он уже помощник подрядчика по проектированию и строительству Киевской городской канализации; участвовал в проектировании и постройке паровой мельницы и элеватора при ней. Как впоследствии писал Эйхенвальд, в киевский период «технической деятельности [он] занимал ответственные должности с окладами до шести тысяч рублей» в год, что позволило ему «на собственные средства отправиться за границу с целью дополнить там свое научное образование» [1].

В апреле 1895 г. он уже студент Страсбургского университета. Выбор места учебы был предподре-



А.А.Эйхенвальд в форме студента Петербургского института инженеров путей сообщения. 1886 г.

делен: этот университет окончил Лебедев (еще в 1891 г.). Впрочем, этот период длился недолго, так как спустя год ему предложили стать ассистентом профессора Ф.Брауна. Будущий нобелевский лауреат (1909) через много лет сожалел, что не мог считать Эйхенвальда своим учеником, поскольку тот приехал в Страсбург уже вполне сложившимся ученым.

В июле 1897 г. он защитил диссертацию «Поглощение электрических волн в электролитах» и получил степень доктора натуральной философии Страсбургского университета. Осуществилась мечта — в Москву Эйхенвальд возвратился дипломированным физиком. Ему было уже 33 года. Начинать научную карьеру в таком возрасте нелегко. Отчасти поэтому основной сферой его деятельности стало преподавание. Педагогом он оказался превосходным, и научные его работы были замечены. Их число невелико, но они посвящены принципиально важным проблемам физики того времени.

В 1904 г. появилась главная работа Эйхенвальда «О магнитном действии тел, движущихся в электростатическом поле», изданная на немецком в 1908 г. Она выполнялась в 1901—1904 гг. в созданной им научно-исследовательской лаборатории Московского инженерного училища, где он преподавал с 1897 г. Цель работы — изучение маг-



А.А.Эйхенвальд и П.Н.Лебедев. 1888 г.

нитных полей, возникающих при перемещении проводников и диэлектриков в электростатическом поле. Эйхенвальд не был пионером подобных исследований, но точность и продуманность его опытов подводят черту под экспериментами в этой области, продолжавшимися более 20 лет. Впервые в опыте, названном его именем, Эйхенвальд доказал существование магнитного поля токов смещения и измерил его величину. Кроме того, его опыты с диэлектриками, движущимися в электростатическом поле, показали: то, «что мы называем в настоящее время мировым эфиром и что проникает собой все материальные тела, мы должны считать неподвижным даже внутри самой материи, находящейся в движении» [2]. Это было сказано еще до создания теории относительности.

Позднее Эйхенвальд сформулировал этот вывод иначе: «Если мы не желаем касаться вопроса об эфире, мотивируя это тем, что покой или движение эфира мы непосредственно наблюдать не можем, тогда опыты нужно толковать так: магнитные действия получаются при движении электричества относительно магнитной стрелки, отклонение которой мы и наблюдаем. Это предположение соответствует теории относительности Эйнштейна» [3].

Второй цикл работ Эйхенвальда посвящен оптике. В теоретическом исследовании «О движении энергии при полном внутреннем отражении»

(1908) он показал, что и в этом случае поперечность световых волн сохраняется. Полученные результаты он представил в виде диаграмм, используемых с тех пор в научной и учебной литературе. А в другой работе «О поле световых волн при отражении и преломлении» (1912) он распространил свой метод на различные случаи отражения и преломления света.

Изложение хода исследований лаконично и точно охарактеризовал ученик П.Н.Лебедева А.Б.Млодзеевский: научные работы «написаны с исключительной ясностью, которая достигается тем, что автор все время как бы ставит себя на место читателя и старается устранить все трудности и сомнения, которые у читателя могут возникнуть. Но особенно важно то, что в теоретических работах среди математических формул А.А.Эйхенвальд всегда остается физиком; <...> он не может удовлетвориться написанием уравнений. Но всегда стремится выявить заключающийся в них физический смысл» [4]. Те же слова можно отнести к написанным им учебникам.

Эйхенвальд преподавал не только в Инженерном училище, но и на Высших женских курсах, в Коммерческом институте, Московском университете. И везде, кроме университета, им были оборудованы лекционные кабинеты и учебные лаборатории. При этом большинство приборов, демонстрируемых на лекциях, были его детищем. Многие из них изготавливались в институтских мастерских и на продажу.

Эйхенвальд читал научно-популярные лекции, состоял членом многих научных обществ. В конце 1905 г. он стал первым выборным директором Инженерного училища и оставался на этом посту до 1908 г.

За 1908—1914 гг. он спроектировал четыре здания, среди которых корпус Высших женских курсов на Малой Пироговской в Москве (ныне в нем размещаются лаборатории Академии тонкой химической технологии им.М.В.Ломоносова), лабораторный корпус Высших женских курсов в Петербурге. В 1912 г. он показал на практике, как можно исправить акустику зала заседаний Московской городской думы (позднее в этом здании разместился Музей В.И.Ленина).

Не чужд он был и политики. В 1907 г. Эйхенвальд попал на заметку полиции «принадлежностью своей к нелегализированной конституционно-демократической партии. В период предвыборной агитации перед созывом Второй Государственной думы был предложен как кандидат в борщики от названной партии».

В феврале 1911 г. Эйхенвальд вместе с более чем 120 коллегами покинул Московский университет в знак протеста против действий министра народного просвещения Л.А.Кассо. Тот не только уволил ректора А.А.Мануйлова и проректоров П.А.Минакова и М.А.Мензбира, возражавших против введения войск на территорию университета

в связи со студенческими волнениями, но и лишил их права там преподавать. Среди ушедших были П.Н.Лебедев, В.И.Вернадский, К.А.Тимирязев.

Эйхенвальд был человеком веселым, склонным к розыгрышам, впрочем, как и остальные его «друзья-четвергисты». Так их назвали потому, что они собирались вместе по четвергам. В их число входили и П.Н.Лебедев, Н.Р.Кочетов, А.И.Калин, их близкие. На четвергах устраивали концерты, ставили спектакли... Об одном из таких вечеров поведал М.М.Новиков (крупный ученый-зоолог и общественный деятель, высланный за границу в 1922 г. на «философском пароходе») в своих воспоминаниях «От Москвы до Нью-Йорка». Эйхенвальд спросил у собравшихся, не желают ли они послушать игру известной польской пианистки Ванды Ландовской, которая в то время была на гастролях в Москве. Все, разумеется, хотели. Но, предупредил он, она не любит бесед и потому не надо вступать с нею в разговоры. Присутствующие согласились с этим условием. Эйхенвальд отправился за Ландовской, а вернувшись, сообщил, что та сейчас появится, и сам он будет держать такси. Действительно, вскоре в зал вошла изящная дама с лицом, закрытым густой вуалью. Не говоря ни слова, она прошла к роялю и сыграла несколько пьес, после чего удалилась. Гости были в восторге и очень благодарили хозяина. И тут выяснилось, что это розыгрыш, что не было никакой Ландовской, а был только он — Александр Александрович Эйхенвальд. Он был неплохим музыкантом и актером, если смог сыграть такую роль.

Установившийся ход жизни был прерван революциями 1917 г. Февральская вернула в Московский университет ушедших оттуда в 1911 г., но многих из них, в том числе и Лебедева, уже не было в живых. Эйхенвальд в том же году из-за чрезмерной загруженности покинул Московский университет. Тогда же закончилась его десятилетняя педагогическая деятельность в Коммерческом институте. Еще два года он оставался профессором Института инженеров путей сообщения (так с 1913 г. стало называться Инженерное училище). Высшие женские курсы, где он проработал 17 лет, по его предложению в 1918 г. были преобразованы в Политехнический институт, который он и возглавил.

В августе 1918 г., когда было принято решение о создании Научно-технического отдела при Высшем Совете народного хозяйства (НТО ВСНХ), Эйхенвальд организовал Научную комиссию — консультационный орган коллегии НТО. Но отказался возглавить ее по состоянию здоровья и остался только рядовым членом. Эта работа была для него основной. Так Эйхенвальд стал советским чиновником.

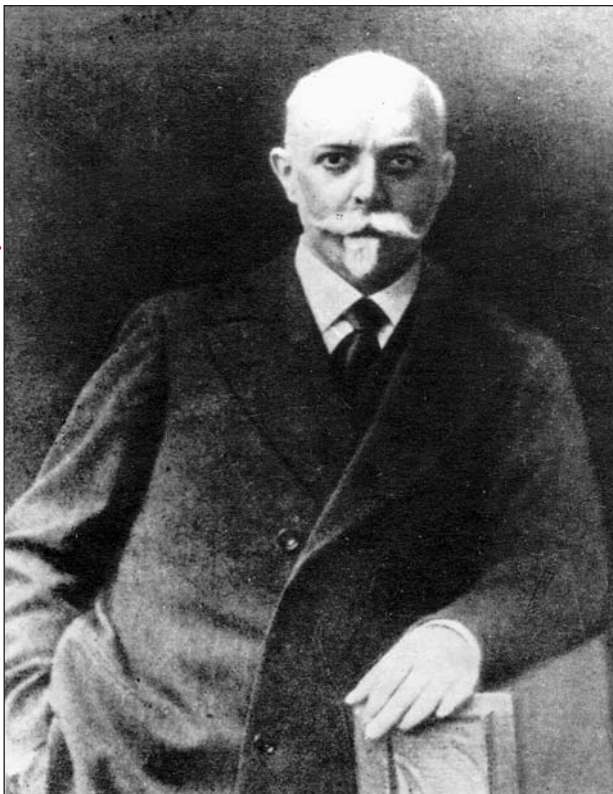
1917—1920 гг. для Эйхенвальда, как и для большинства, были трудными. Люди бежали из городов, особенно больших. Возможность оставить Россию появилась у Эйхенвальда в начале 1919 г.



В 1900 г.

Об этом свидетельствует история с его избранием в Украинскую академию наук (УАН), созданную в ноябре 1918 г. Тогда же были назначены и первые академики: по классу физико-математических наук — четверо. В их числе — С.П.Тимошенко и коллега Эйхенвальда по Московскому университету В.И.Вернадский. Быть может, именно последнему и принадлежала мысль выдвинуть кандидатуру Эйхенвальда в академики. Архивные документы не содержат никаких сведений на этот счет. Возмозно, сыграло роль и то, что несколько лет он работал в Киеве. Существовало еще одно немаловажное обстоятельство: направленность деятельности УАН того периода на прикладные дисциплины. Инженерная выучка Эйхенвальда в таком случае становилась дополнительным аргументом. Его репутация физика также не вызывала сомнений. Во всяком случае, в то время на Украине не было физиков его ранга.

29 мая 1919 г. Эйхенвальд телеграфировал: «Устав Академии мне известен». Это означало его согласие не только баллотироваться в Академию, но и переехать в Киев, так как по статуту УАН ее члены должны были работать на Украине. 7 июня 1919 г. Эйхенвальд стал академиком, тогда же он приехал с женой в Киев как член коллегии НТО ВСНХ «для выяснения возможности организации там отделения научно-технического отдела и для переговоров с представителями науки и техники».



А.А.Эйхенвальд. 20-е годы.

в целях организации Научной комиссии». Однако основной причиной приезда стало обсуждение вопросов, вызванных его избранием в УАН. Впрочем, вскоре переезд стал неактуальным.

Остаться в советской России Эйхенвальд не хотел. Участие в Международном геофизическом конгрессе в Норвегии (Берген, август 1920 г.) давало возможность легально покинуть страну. Была сформирована делегация. В нее вошли П.И.Броунов, А.Л.Чижевский и А.А.Эйхенвальд. В качестве секретаря последнего командировалась его жена, тогда преподаватель физики Московского политехнического института, Е.К.Эйхенвальд. Но поездка не состоялась: оформление документов на выезд и виз заняло два месяца — к тому времени конгресс уже закончился. Как писал Эйхенвальд, «товарищ (т.е. заместитель. — Е.П.) комиссара Н[ародного] к[омиссариата по просвещению]

М.Н.Покровский предложил нам (т.е. Эйхенвальду и его жене. — Е.П.) немедленно выехать за границу по следующим соображениям: 1) То, что было пропущено на Международном конгрессе, необходимо было хотя бы отчасти восполнить путем личных переговоров с представителями отдельных заграничных геофизических институтов. 2) Необходимо поставить на рациональную почву закупку за границей книг, журналов и научных приборов как для Наркомпроса, так и для научно-технического отдела В.С.Н.Х. — от Главного Комитета Профессионального Образования <...> от Коллегии Н.Т.О. и от Президиума В.С.Н.Х. я получил соответствующие мандаты, а моя жена — мандат от Московского музея прикладных знаний. 3) Было желательно ознакомиться с новейшими успехами и усовершенствованиями в науке и технике и с теми научно-техническими учреждениями различных государств, которые возникли за время войны» [5].

И 3 сентября 1920 г. Эйхенвальд с женой выехали в Берлин. А уже к концу месяца как представители НТО вместе с Н.М.Федоровским при Экономическом представительстве РСФСР в Германии они организовали Бюро иностранной науки и техники (БИНТ) НТО и издательство при нем. Официально БИНТ было утверждено Постановлением Народных Комиссаров только 22 марта 1921 г.

В 1922 г. Эйхенвальд вышел в отставку и с 1923 г. жил в Праге, где принимал активное участие в работе Русского свободного университета. В конце 20-х годов семья окончательно переехала в Милан. Живя за границей, Александр Александрович не имел возможности работать как физик-экспериментатор, и это его очень тяготило. В те годы основным его делом становится работа над учебниками. Все они были изданы в СССР: трижды — четыре тома «Теоретической физики», пять раз — «Электричество». Как правило, в каждом из новых изданий автор перерабатывал те или иные главы в соответствии с новейшими достижениями науки. Последняя его статья «Акустические волны большой амплитуды», опубликованная в журнале «Успехи физических наук» (1934), представляет переработанное изложение некоторых глав из его учебника «Теоретическая физика».

Эйхенвальд умер в Милане 12 сентября 1944 г. ■

Литература

1. Российский государственный архив экономики (РГАЭ). Ф.3429. Оп.23. №66. Л.42.
2. Эйхенвальд А.А. Избранные работы. М., 1956. С.11.
3. Эйхенвальд А.А. Электричество. М., 1933. С.331.
4. Млодзеевский А.Б. Александр Александрович Эйхенвальд // А.А.Эйхенвальд. Избранные работы. М., 1956. С.260.
5. РГАЭ. Ф.3429. Оп.7. №1109. Л.125—126.

Новости науки

Космология

Самая массивная из обнаруженных галактик

Важное значение для космологии имеют наблюдения очень далеких и, следовательно, молодых галактик. Обычным телескопам такие объекты недоступны, поскольку максимум распределения энергии в их спектрах приходится на инфракрасный диапазон. Это связано как с космологическим красным смещением, так и с тем, что в молодых галактиках, богатых газом и пылью, излучение звезд эффективно поглощается и переизлучается на более длинных волнах.

Первые глубокие (в смысле проникновения назад в прошлое) инфракрасные изображения Вселенной были получены с помощью космической обсерватории ISO Европейского космического агентства. Наблюдалась, в частности, небольшая площадка южного неба (Hubble Deep Field South), сфотографированная со сверхдолгой экспозицией на Космическом телескопе им.Хаббла. Некоторые из галактик этой области, получившие общее обозначение ISOHDFS, оказались в инфракрасном диапазоне спектра очень яркими, и астрономы из Германии, Италии, Великобритании и Нидерландов сочли их заслуживающими детального исследования с помощью 8.2-метрового телескопа VLT/Анту (ЕЮО).

В ходе наблюдений в 1999 и 2000 гг. обнаружилось, что галактики ISOHDFS сильно излучают не только в ИК-диапазоне, но и в линии атомарного водорода H_α . Это излучение, как правило, исходит из богатых пылью областей бурного звездообразования. Превосходные условия наблюдений позволили впервые с высокой точностью измерить профиль линии H_α в спектре излучения столь далеких объектов.

У одной из наблюдавшихся спиральных галактик — ISOHDFS-27 — профиль линии H_α оказался двойным, состоящим из двух пиков. Это означает, что излучающая область расположена не в центре галактики, а в ее диске. Из-за вращения диска часть излучающего газа приближается к нам, а часть — удаляется. Эффект Доплера разделяет линию H_α на два пика, смещенных соответственно в синюю и красную стороны спектра от «стандартного» положения линии.

Поскольку наклон галактики к лучу зрения известен (50°), по величине доплеровского сдвига можно определить максимальную скорость вращения в диске: она оказалась равной 415 км/с, что существенно превышает типичные для спиральных галактик значения (у нашей Галактики на расстоянии от центра, где находится Солнце, скорость вращения около 200 км/с) и говорит о незаурядной массе галактики ISOHDFS-27.

Так и оказалось в действительности. Более точные вычисления показали, что масса центральной области галактики ISOHDFS-27 радиусом около 20 кпк составляет $1.04 \cdot 10^{12} M_\odot$ — по всем стандартам значительная величина, приблизительно в четыре раза превышающая массу нашей Галактики (без учета темного гало). Таким образом, система ISOHDFS-27 на сегодняшний день является самой массивной спиральной галактикой из известных во Вселенной.

Нужно отметить, что масса нашей Галактики, определенная по движению ее спутников (Магеллановых Облаков и далеких шаровых скоплений), по некоторым оценкам также превышает $10^{12} M_\odot$. В эту массу входит гало из темного вещества, в которое погружена светящаяся часть Галактики. Однако масса ISOHDFS-27 с учетом темного гало, вероятно, еще больше.

ESO Press Release. 25/00. 8 December 2000; <http://www.eso.org/outreach/press-rel/pr-2000/pr-25-00.html>

Космические исследования. Техника

Вулканы: взгляд из космоса

Преодолеть большие сложности наблюдения за процессами, предшествующими очередному вулканическому извержению (труднодоступность местности, опасность для пребывания там людей и другие объективные факторы), призваны приборы, которые установлены на искусственном спутнике «Terra», запущенном НАСА США 18 декабря 1999 г. с космодрома в штате Калифорния.

Эти приборы создают систему глобального предупреждения о предстоящих пароксизмах вулканической активности в любом уголке планеты. Они способны обнаруживать «горячие точки», возникающие при подъеме раскаленной магмы к земной поверхности, что предшествует извержениям. Сообщения о появлении подобных тепловых аномалий немедленно передаются со спутника в научные учреждения, которые оценивают степень опасности, ее масштаб и в случае необходимости извещают местные власти о близящейся катастрофе. Кроме того, предупреждают авиационные службы о наличии опасных зон, где выбросы пепла и других вулканических продуктов могут повредить воздушное судно.

Бортовой космический монитор MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer — Спектрально избирательный преобразователь изображения с умеренным разрешением) позволяет изучать влияние, которое оказывает конкретное извержение на физические и химические свойства атмосферы, погоду и климат. Появилась возможность судить о составе частиц и газов, выброшенных в космическое пространство, их температуре, распространении вулканических продуктов

в первоначальном столбе над кратером и в облачном покрове. Наблюдения ведутся в различных диапазонах волн.

Спутниковый изображающий радиометр новой модели способен собирать детальную информацию о характере землепользования в различных регионах, растительном покрове, климатических изменениях и гидрологической обстановке, а также позволяет оценивать перспективность геологической разведки металлоносных залежей, нефтяных месторождений и подземных вод в различных районах Земли.

Создан этот прибор совместно усилиями ученых и конструкторов США и Японии.

Atmosphere. 2000. №8. P.2 (Австралия); prata@dar.csiro.au

Астрономия

Туманность Ориона — бриллиант в рукояти меча

Орион — одно из наиболее известных и легко узнаваемых созвездий, украшающее зимнее вечернее небо как в Северном, так и Южном полушариях. С астрономической точки зрения созвездие Ориона интересно тем, что в его направлении находится одна из ближайших и наиболее активных областей звездообразования в нашей Галактике.

Под поясом Ориона, в рукояти его меча, даже невооруженным глазом видно размытое пятнышко Большой Туманности Ориона (БТО) — огромного газово-пылевого облака поперечником в несколько десятков световых лет, которое освещено массивными горячими звездами скопления Трапедия. Легко догадаться, что скопление названо по фигуре, образованной из четырех звезд. Однако на деле оно состоит из тысяч очень ярких молодых звезд, заполняющих пространство поперечником в несколько световых лет. В видимом спектральном диапазоне скопление наблюдать очень трудно: свет его звезд меркнет в ярком излучении туманности и поглощается пылью в остатках газа, из которого сформировалось

скопление. Однако на длинных волнах скопление становится видимым: излучение туманности и поглощение пылью ослабевают.

В последние годы подробные исследования Большой Туманности Ориона и скопления Трапедия проводились в ИК-диапазоне на нескольких космических и наземных телескопах. Наиболее «проработанным» изображением БТО на сегодняшний день является широкоугольный снимок (см. четвертую страницу обложки), полученный в декабре 1999 г. М.Мак-Кофреном (М. McCaughrean; Потсдамский астрофизический институт, Германия) и его коллегами с помощью многофункционального инфракрасного детектора ISAAC, который установлен на Очень большом телескопе (VLT) в Чили.

Снимок даже нельзя назвать фотографией туманности. Это настоящая карта обширной области звездообразования, изобилующая многими деталями — газовыми волокнами, полостями, «выеденными» в плотном газе туманности звездным ветром от многочисленных горячих объектов, и даже темными структурами околосветных дисков, окружающих только что родившиеся светила. Как правило, такие диски очень малы и видны лишь на снимках, полученных на Космическом телескопе им.Хаббла. Однако при максимально спокойном состоянии атмосферы над VLT четкость его инфракрасных изображений приближается к четкости космических снимков.

Теоретически разрешающая сила 8.2-метрового телескопа VLT в три раза превышает разрешение 2.4-метрового «Хаббла». Поэтому после ввода в строй адаптивной оптики, которая компенсирует размывающее влияние атмосферной турбулентности, изображения участков БТО на телескопе VLT будут получены с еще более высоким разрешением. Наконец, предельно высокая четкость сможет быть достигнута с помощью интерферометра VLT, в котором все четыре телескопа объединятся в единый инструмент.

ESO Press Release. 17 January 2001; <http://www.eso.org/outreach/press-rel/pr-2001/phot-03-01.html>

Планетология. Космохимия

Метеорит подтверждает: вода на Марсе была

До сих пор о наличии воды на Марсе судили главным образом по особенностям морфологии его поверхности, на которой наблюдались следы предполагаемых водотоков¹. С другой стороны подошла к этой проблеме группа американских космохимиков под руководством Т.Свиндла (T.Swindle). Объектом их исследований был метеорит Лафайет, относящийся к классу наклитов. Анализ благородных газов в его составе подтвердил марсианское происхождение этого небесного тела.

Калий-аргоновый возраст извлеченных из этого метеорита иддингситов (красно-коричневых продуктов выветривания оливина, представляющих собой смесь глинистых минералов, оксидов и гидроксидов железа) оценивается в 670 ± 91 млн лет. Не совсем ясно, время ли это формирования самих иддингситов или более позднего процесса — захвата ими атмосферного аргона. Но в любом случае для образования иддингсита нужна жидкая вода, и это обстоятельство говорит о ее существовании вблизи поверхности Марса по крайней мере более 650 млн лет назад.

В иддингсите обнаружены также криптон и ксенон, которые могут быть только марсианского происхождения. Возможны два механизма их включения в этот минерал: захват из жидкой воды во время образования иддингсита или ударная имплантация адсорбированного на марсианских породах атмосферного газа.

Meteoritics and Planetary Science. 2000. V.35. P.107 (США).

Физика атмосфер. Метеорология

Космические лучи как климатообразующий фактор

Роль облачности в метеорологических явлениях несомненно велика, но изучена недостаточно. Облака — важный фактор энергетическо-

¹ См. также: Похоже, океан на Марсе был // Природа. 2001. №6. С.79.

го баланса Земли, они влияют на ее способность отражать и поглощать солнечное излучение. Сложность образования облаков не позволяет однозначно смоделировать пространственно-временную картину облачности. Не последнюю роль в ее формировании играют и приходящие на Землю космические лучи, которые ионизируют атмосферу и тем самым создают центры конденсации влаги¹.

Поступление на Землю космических лучей зависит от интенсивности излучения Солнца и характеристик магнитного поля Солнца и нашей планеты. Оба эти фактора подвержены значительным вариациям.

Американские специалисты по физике атмосферы М.Марш и Х.Свенсмарк (M.Marsh, H.Svensmark) проанализировали имеющиеся массивы данных по глобальным среднемесячным аномалиям облачности в нижней, средней и верхней атмосфере и по колебаниям потока космических лучей. Оказалось, что облачный покров на высоте менее 3.2 км над земной поверхностью изменялся в период между 1980-м и 1995 г. в соответствии с интенсивностью космических лучей, а в более высоких слоях атмосферы такой корреляции не наблюдалось. Если космические лучи действительно существенно влияют на приземный облачный слой, то колебания их потока придется учитывать в качестве немаловажного фактора климатообразующих процессов.

Physical Review Letters. 2000. V.85. P.5004 (США).

Техника

Первый ВТСП-кабель уже в деле!

Дания стала пионером в области внедрения высокотемпературных сверхпроводников в действующую электросеть.

С февраля 2001 г. специалисты из компаний «Copenhagen Energy», «NKT Cables», «NKT Research» и Технического университета бы-

¹ См.: Жданов Г.Б., Стожков Ю.И. Физика космических лучей на пороге XXI века // Природа. 2001. №2. С.11—19.

ли заняты установкой трех кусков (каждый длиной 30 м) сверхпроводящего кабеля в участок электросети напряжением 30 кВ. Сейчас ВТСП-провод стал элементом системы электроснабжения¹.

На первом этапе кабели будут нагружены лишь на 20%, главная цель — показать преимущество их использования по сравнению с традиционными. Затем нагрузку постепенно доведут до номинальной. Фактически предстоит исследовать в работе не только сверхпроводящие кабели, но и систему охлаждения до температуры -160°C . Если испытания пройдут успешно, следующим шагом будет включение в сеть более длинного, 4–6-километрового участка.

Сверхпроводящие кабели из ВТСП-материалов безусловно позволят экономить электроэнергию. Кроме того, такие участки сети компактнее и легче, чем существующие. Однако пока их высокая цена и расходы на установку и обслуживание сдерживают интерес поставщиков электроэнергии к их использованию. Полная стоимость датского демонстрационного проекта составила ~1.25 млн амер. долл., правда, разработчики уже видят пути ее снижения в ближайшем будущем.

<http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/p111/index.html>

Организация науки. Физика

Армения, возможно, получит синхротрон

Одиннадцать научно и экономически развитых стран сформировали консорциум SESAME (Synchrotron radiation for Experimental Science and Applications in the Middle East — Экспериментальные и прикладные аспекты применения синхротронного излучения в странах Ближнего Востока). Цель этой международной организации — установить и привести в действие синхротрон первого поколения, который ранее работал в Германии, а ныне не используется.

В начале 2000 г. консорциум из-

¹ См. также: Сверхпроводники приходят в электросеть // Природа. 2001. №7. С.80.

брал новым местом для этого ускорителя, именуемого BESSY-1, территорию Иордании. Тем самым была отвергнута заявка Армении, тоже рассчитывавшей получить еще вполне работоспособный синхротрон (с энергией электронов в пучке 0.8 ГэВ) для изучения свойств материалов.

В ноябре 2000 г. собравшийся в Ереване консорциум заслушал сообщение о том, что Конгресс США постановил выделить Армении 15 млн долл. на эти цели в рамках тех 90 млн долл., которые они ассигнуют в качестве помощи зарубежным государствам. Недостающую сумму есть надежда получить от частных лиц — американцев армянского происхождения (эксплуатационные же расходы, видимо, будет нести сама страна). В этом случае Армении передадут другой, более совершенный, синхротрон с максимальной энергией 2–3 ГэВ, т.е. примерно того же класса, что и новый ускоритель ANKA, ныне установленный в Карлсруэ (Германия). Так страна возможно, получит прибор, превосходящий заявленный BESSY-1. Последний сейчас модернизируется, после чего энергия в пучке будет доведена почти до 2 ГэВ. Предполагается открыть доступ к армянскому ускорителю ученым из Пакистана и Ирака.

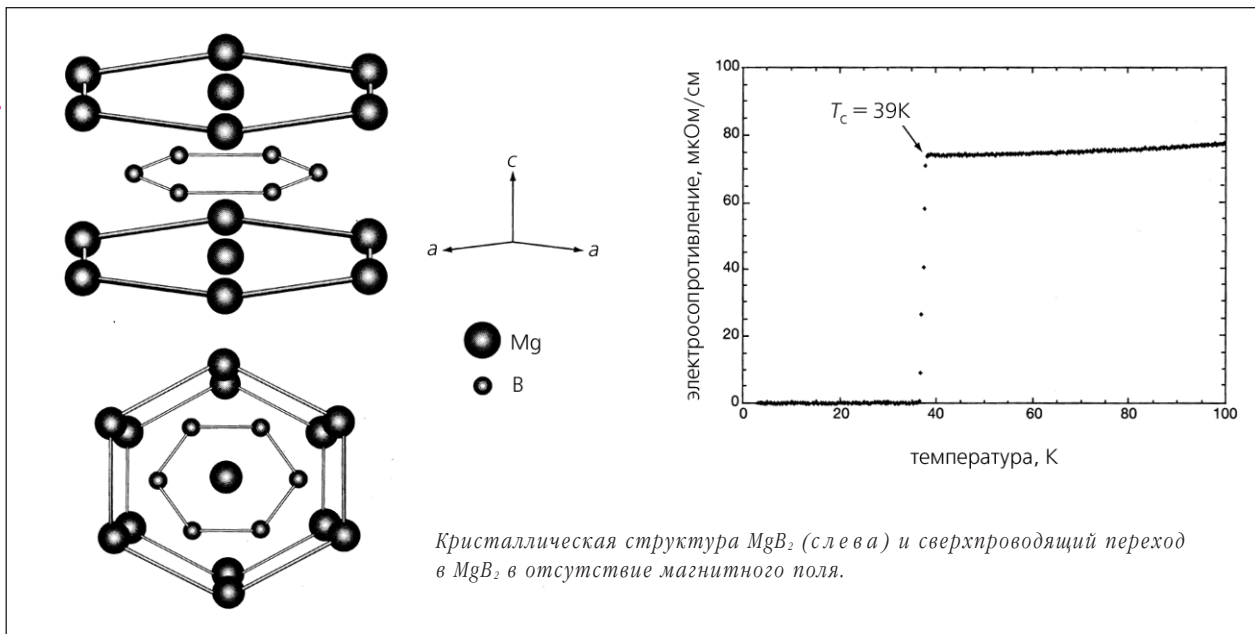
Тем временем выяснилось, что для модернизации BESSY-1 все же не хватает примерно 6 млн амер. долл., а для его установки в районе Амман — столицы Иордании — по меньшей мере еще 8 млн долл.

Science. 2000. V.290. №5496. P.1481 (США).

Физика

Открыта сверхпроводимость в MgB₂ при 39 К

Новость о том, что Ю.Акимицу, профессор Университета Аояма-Гакуин (Токио, Япония), открыл новый сверхпроводник — диборид магния (MgB_2) с температурой сверхпроводящего перехода 39 К, облетела научный мир в течение нескольких дней после его устного сообщения 9 января 2001 г. на конференции



Кристаллическая структура MgB₂ (слева) и сверхпроводящий переход в MgB₂ в отсутствие магнитного поля.

в Сендаи. Интересно, что вещество с таким редким свойством оказалось достаточно известным химическим реактивом, синтезированным еще в 1953 г. и традиционно используемым в реакциях обмена, а также при коммерческом производстве элементарного бора.

Уже к моменту публикации автором полученных результатов¹ появились десятки препринтов о детальных исследованиях во многих лабораториях мира физических свойств диборида магния. Такая оперативность научного сообщества объясняется тем, что в последние 15 лет исследователи буквально «рылись» в таинственном и сложном мире высокотемпературных сверхпроводящих материалов — керамики на основе оксидов меди — в надежде реализовать наконец в технических изделиях те фантастические возможности, которые сулит явление сверхпроводимости. Здесь и левитирующие над рельсами поезда, и эффективные линии электропередачи, и сверхбыстродействующие компьютеры, и... несть числа другим экзотическим проектам. В этой готовности научного мира к оперативным исследованиям сверхпроводников таится и некая интрига. С поразительным энтузиазмом исследуя ВТСП-купраты,

ученые совершенно игнорировали простые металлические соединения, будучи уверены, что те становятся сверхпроводниками только при очень низких температурах. И в этом смысле результаты Акимицу застали ученых врасплох. Собственно, неожиданным был этот результат и для самого Акимицу, который, замещая кальций магнием, пытался сделать химический аналог соединению CaB₆, которое, будучи полупроводником, становится при легировании ферромагнетиком. Снова, как и в случае ВТСП-купратов, искали не то, что хотели, а нашли не то, что искали.

При отсутствии ясного понимания механизма сверхпроводимости в подобных материалах их поиск все еще ведется вслепую и подчас неожиданно (как с открытием Акимицу) возвращает на былые позиции. Найденное соединение становится сверхпроводящим при 39 К (что на 16 К выше температуры перехода Nb₃Ge — рекордсмена среди простых металлических соединений) и в точном соответствии с механизмом спаривания электронов, описываемым теорией Бардина—Купера—Шриффера. Этот факт вызвал у физиков замешательство: ведь десятилетиями полагали, что классическая сверхпроводимость в стабильных химических соединениях выше 30 К невозможна.

Как сильно это открытие повлияет

на дальнейшие исследования, будет зависеть, по мнению Р.Кавы из Принстонского университета, «от того, станет ли MgB₂ единственным примером или окажется только вершиной айсберга. 15-летний опыт исследований ВТСП вселяет надежду, что этот айсберг не окажется просто льдиной»².

<http://perst.isssph.kiae.ru/inform/perst/p110/index.html>

Экология

Ночное послание поврежденного растения

В последнее время все больше появляется сведений о том, что растения, поврежденные насекомыми или клещами, выделяют специфические летучие вещества, которые привлекают хищных и паразитических членистоногих (например, наездников, личинка которых развивается в теле хозяина, что ведет к его гибели), а те в свою очередь нападают на вредителей растения и таким образом оказывают ему добрую услугу. Выяснилось также, что синтез и выделение летучих соединений растением (и не только в месте непосредственного повреждения) запускаются веществами, содержащимися в слюне насекомых-фитофагов.

Недавно К.де Мораес и его кол-

² Cava R. Nature. 2001. V.410. №6824. P.23.

¹ Nagamatsu J, Nakagawa N, Akimitsu J. et al. // Nature. 2001. V.410. №6824. P.63.

леги¹ выявили другое действие соединений, выделяемых поврежденными растениями, а именно — отпугивающее. Оказалось, что растения табака, листьями которого питаются гусеницы ночной бабочки-совки (*Heliothis virescens*), в дневное и ночное время выделяют разные по составу смеси летучих веществ (главным образом производных ненасыщенных жирных кислот), отличающиеся биологическим эффектом. В частности, «ночная» смесь отпугивает самок этого же вида совок. Биологический смысл данного явления понятен: самка в поисках растения, на которое она отложит яйца, предпочитает свободное от кладки другой особи, чтобы полнее обеспечить пищей будущее потомство. За счет того, что растение, уже заселенное гусеницами, отпугивает прочих претенденток, оно получает значительную выгоду: при небольшом количестве гусениц оно сможет развиваться, цвести и плодоносить, а при сильном поражении, вероятнее всего, погибнет.

Авторы, открывшие ночной репеллент табака, не изучали «дневную» смесь. Прокомментиовавший их работу К.Райен² полагает, что это соединение привлекает хищников и паразитов. Остается только доказать это.

© А.М.Гиляров,
доктор биологических наук
Москва

Медицина

Потепление не грозит повальной малярией

Некоторые эпидемиологи предсказывают, что глобальное потепление может привести к усиленному развитию болезнетворных организмов и их переносчиков. Особенно опасны малярия, лихорадка денге и желтая лихорадка. Их возбудителей передают человеку комары, а болезни сейчас распространены в жарком и влажном экваториальном климате, зона которого может расширяться. Например, на основе

¹ Moraes CV, de Mescher MC, Tumilson JH. // Nature. 2001. V.410. №6828. P.577–580.

² Ryan C. // Nature. 2001. V.410. №6828. P.530–531.

математического моделирования, в котором главным образом учитывается влияние температуры, делается вывод о продвижении малярийного плазмодия (*Plasmodium falciparum*) в средние широты, включая Европу и значительную часть США.

Однако эпидемиологи Д.Дж.Роджерс и С.Э.Рэндолф (D.J.Rogers, S.E.Randolph; Оксфордский университет, Великобритания) пришли к иному выводу. Они тоже создали модель распространения малярии, вызываемой этим же паразитом, но кроме температуры включили такие переменные, как интенсивность осадков, общая влажность атмосферы и почвы и т.п. Поскольку подобные факторы влияют на развитие комаров — переносчиков болезни — и длительность жизненного цикла ее возбудителя, авторы рассмотрели также разные варианты этих биологических процессов.

В итоге была построена многовариантная модель для разных уровней потепления, охватывающая территорию 54 стран Африки и примыкающих к ней островных государств, по которым имеются эпидемиологические статистики и метеосведения. Рассчитанное авторами распространение малярии на 78% совпадает с современными эпидемиологическими данными. В будущем же, вплоть до 2050 г., ареал плазмодия почти не изменится, а потому к ныне страдающим от малярии в Африке прибавится менее 1% численности ее населения. Причина этого, считают Роджерс и Рэндолф, — климатическая: повышение температуры ускоряет жизненный цикл возбудителя в теле комара, но если влаги для развития этих насекомых недостаточно, потепление скажется весьма незначительно.

Science. 2000. V.289. №5485. P.1697, 1763 (США).

Охрана природы

Как предотвратить лесные пожары?

Лесные пожары — бедствие для любой страны. Не первый год экологи пытаются понять, что способствует распространению огня, и найти средства ослабить опас-

ность. По мнению американского эколога У.Ковингтона (W.Covington; Институт восстановления природной среды при Университете Северной Аризоны, Флагстафф), ключевой фактор — неестественно высокая плотность молодого подроста в тех местах, где лесорубы валют лишь крупные, зрелые деревья.

Эта точка зрения укрепились после пожаров в Национальном лесу Кайбаб (штат Аризона) в июне 2000 г. Тем летом в западной части США огонь уничтожил леса на площади более 2.5 млн га, однако места, где в порядке эксперимента был уничтожен подрост сосны, пострадали значительно меньше.

В мировой практике существует и другой способ превентивной борьбы с лесными пожарами — подконтрольный поджог травянистой растительности. Странники Ковингтона считают это менее эффективным, чем вырубать подрост, однако не отрицают, что их метод работает не во всяком лесу и предостерегает далеко не любой пожар. Некоторые специалисты предлагают комбинировать оба метода. А Б.Бейкер (B.Baker; Университет штата Вайоминг, Ларамии) полагает, что травяной покров нельзя выжигать, так как травы препятствуют излишней плотности лесостоя.

При столь различных взглядах, похоже, возобладает все-таки точка зрения Ковингтона: в 2001 г. на эксперименты с вырубкой ассигновано около 825 млн амер. долл.

Science. 2000. V.289. №5484. P.1449 (США).

Геотектоника

Тектоника плит «постарела»

Согласно теории глобальной тектоники, литосфера образована гигантскими плитами, которые медленно плавают поверх мантии, погружаются под островными дугами, переплавляются в недрах, а затем эта масса опять поднимается к поверхности дна, образуя молодые участки океанической коры. Более трех десятилетий среди специалистов обсуждается вопрос, когда же впервые возник этот механизм.

Сперва считалось, что процессы плитовой тектоники сравнительно молоды — всего несколько сот миллионов лет, но по мере накопления данных время его возникновения постепенно смещалось в глубь геологической истории.

Сенсационные выводы представили Т.Каски (Т.Kusky; Сент-Луисский университет, штат Миссури, США) и Цзянь Хайлю (Jiang-Hai-Lu; Пекинский университет, КНР) на очередном заседании Американского геологического общества в октябре 2000 г.

Летом 2000 г. они совершили геологическую экспедицию по северо-востоку Китая. Находясь в районе пос.Дунваньчжи, недалеко от Великой китайской стены, они обратили внимание на возвышенность, вытянувшуюся на 20 км. При детальном изучении она оказалась, по их мнению, участком древнейшей океанической коры с отчетливыми следами формирования в пределах срединно-океанического хребта — в полном соответствии с тектоникой плит.

Там, где на геологической карте значились ничем не примечательные породы, в действительности находятся пластовые дайки — застывшие лавовые каналы, которые, вероятно, служили в свое время для подвода магмы из камер, располагавшихся под срединно-океаническим хребтом. Изучение даек позволило обнаружить четкие признаки того, как мантийные породы поднимались из недр, застывали, отвердевали, а затем раскалывались под напором следующих породных веществ, образующего молодую океаническую кору. (И сегодня аналогичный процесс наблюдается на морском дне в пределах срединно-океанического хребта.) Поверх даек сохранились остатки древних морских осадочных пород и подушечных лав (которые могут образовываться только при вулканическом извержении под водой), а под ними — следы магматической камеры и признаки разлома старой океанической коры. Важно, что весь этот комплекс относится к офиолитам — типичным проявлениям магматизма геосинклинальной стадии развития складчатой области. Здесь

хорошо различима океаническая кора, «взгроможденная» при столкновении ее участков на сушу, — об этом, по мнению авторов, отчетливо говорит вся местная стратиграфия. Результаты радиоуглеродного датирования пород данного комплекса показали, что его возраст близок к 2.7 млрд лет. Таким образом, эти события происходили на 0.5 млрд или даже более лет раньше, чем считалось возможным, и начало плитовой тектоники «переносится» глубоко в архейскую эру. Если открытие подтвердится, исследователи получат надежное «окно» в эпоху, когда планета была еще молодой и геологические процессы совершались с огромной энергией.

Петролог Р.Дымек (R.Думек; Университет им.Дж.Вашингтона, Сент-Луис) обратил внимание на то, что в случае подтверждения этого открытия придется признать, что менее чем через 2 млрд лет после своего образования Земля выделяла тепловую энергию на поверхность таким же образом, как и сегодня. До сих пор многие специалисты утверждают, что в архейскую эру высокая температура недр находила иные выходы, например выделялась через мантийные плюмы (колонны тепломассопотоков, подобных тем, что ныне питают вулканы Гавайских о-вов).

Гипотеза Каски и Цзяня привлекает внимание и палеобиологов: в архейскую эру в осадочных породах океанического дна могла развиваться примитивная жизнь, используя необходимые для этого химические вещества.

Science. 2000. V.290. №5500. P.2241 (США).

Геология

Древний гигантский оползень

В конце мелового периода, около 70—60 млн лет назад, Земля столкнулась с крупным астероидом или кометой. Выделившаяся при этом энергия, по-видимому, близка к той, что может вызвать землетрясение магнитудой 12—13 по шкале Рихтера (но такого подземного

толчка на памяти людей, к счастью, не случилось). Установлено, что в Мексиканском заливе, на южной окраине которого произошло падение небесного тела, поднялась гигантская волна цунами, забросившая далеко в глубь суши каменные глыбы величиной с дом.

Американский геолог Р.Д.Норрис (R.D.Norris; Вудсхоллский океанографический институт, штат Массачусетс) с коллегами обнаружили, что тогдашнее падение привело к множеству огромных оползней на значительной части восточных районов Северной Америки — ее континентальных окраинах и атлантических морских склонах. Следы этого грандиозного события сохранились в отложениях некогда бурных потоков, вскрытых теперь при изучении двух колонок грунта, которые были подняты при бурении между Бермудскими о-вами и банкой Гранд на окраине материка. В обоих случаях отложения по времени относятся к границе мелового и третичного периодов.

Geology. 2000. V.28. №12. P.1119 (США).

Биоокеанология

Атлантико-тихоокеанский «коктейль» на гидротермах Индийского океана

Хорошо известны глубоководные гидротермальные поля и ассоциированная с ними уникальная фауна на срединно-океанических хребтах и в районах некоторых островных дуг. Но до сих пор их находили только в Тихом и Атлантическом океанах, причем состав доминирующих на гидротермах групп животных различался в разных частях света — для восточной части Тихого океана характерны огромные червеобразные вестиментиферы *Riftia*, а для западной — крупные брюхоногие моллюски *Alviniconcha* и *Ifremeria*, в Атлантическом океане преобладают креветки *Rimicaris*. Правда, некоторые гидротермальные животные в массе встречаются везде, например двусторонки — калиптогены и батимодиолусы.

О существовании гидротермальных полей в Индийском океане капливались лишь косвенные свидетельства. И вот в августе 2000 г. в самом центре Индийского океана (25°19' ю.ш., 70°02' в.д.), в 22 км к северу от тройственной точки Родригеса — схождения трех срединно-океанических хребтов, японская экспедиция на борту научно-исследовательского судна «Kairei» обнаружила первое гидротермальное поле. Оно было исследовано с помощью управляемого необитаемого подводного аппарата «Kaiko», снабженного множеством датчиков и телекамерами. За четыре погружения на небольшом вулканическом возвышении Хакухо Нолл (Hakuho Knoll) были открыты семь активных гидротермальных источников, включая черные курильщики высотой более 10 м. Температура бьющей из них воды достигала 360°C. Новое гидротермальное поле получило название Кайрей — в честь экспедиционного судна.

Но самым удивительным оказалось животное население поля. Вершины вертикальных столбов черных курильщиков были облеплены плотными роями креветок *Rimicaris* — массового вида на гидротермах Атлантики. А чуть ниже на них гроздьями висели крупные моллюски *Alviniconcha* — совсем как в западной части Тихого океана. Кроме того, присутствовали крупные белые актинии и многие другие специфические гидротермальные животные, тоже представлявшие причудливую тихоокеанско-атлантическую смесь. При первом взгляде на фотографию, опубликованную японскими исследователями, кажется, что она составлена из кусочков, снятых в разных местах земного шара. Как становится очевидным, между гидротермальными сообществами Индийского океана и Пацифики, Индийского океана и Атлантики наличествуют существенные связи.

Значение новой находки для биогеографии, а также для понимания эволюции гидротермальных сообществ Мирового океана трудно переоценить.

InterRidge News. 2001. V.10. №1. P.21–22. (Япония)

Палеонтология

Индейка — родственница динозавра?

На симпозиуме «Эволюция от динозавров к птицам» (апрель 2000 г., Форт-Лодердейл, штат Флорида) об успешной операции по извлечению ДНК из остатков динозавра сообщила группа биологов, возглавляемая У.Гарсткой (W.Garstka; Университет штата Алабама, Хантсвилл). В работе принимали участие и специалисты из Российской академии наук, которые имеют опыт в обращении с ДНК ископаемых животных, сохранившихся в условиях сибирской вечной мерзлоты.

Объектом исследования были остатки трицератопса (*Triceratops*) — динозавра, населявшего 65 млн лет назад территорию нынешнего штата Северная Дакота. Кости этого животного (в частности, два позвонка и обломок ребра) оказались слабо минерализованными. Это позволило выделить и изучить фрагменты митохондриальной ДНК (мтДНК), состоящие примерно из 130 пар нуклеотидных оснований.

Когда данные сопоставили с образцами мтДНК 28 современных животных, в том числе представителей 13 видов пернатых, то, ко всеобщему изумлению, оказалось, что древние мтДНК полностью идентичны мтДНК дикой индейки! Близость с другими птицами достигала 94,5%, а вот с мтДНК, например, черепахи, ничего общего не обнаружено.

Сами участники исследования предположили, что сходство с птицами удастся найти разве что у одного из теропод (хищных динозавров, передвигавшихся на двух ногах), но трицератопс, напоминавший носорога, в роли родственника оказался и для них полной неожиданностью.

До сих пор среди ученых господствовало мнение, согласно которому ДНК не может сохраняться свыше 100 тыс. лет. Теперь оно сильно поколеблено. Если результаты Гарстки с коллегами подтвердятся, можно будет окончательно считать доказанным происхождение птиц от динозавров.

Science. 2000. V.288. №5464. P.238 (США).

Организация науки. Социология

Роль женщин в науке мусульманских стран

Как известно, в конце первого — начале второго тысячелетия исламский мир дал человечеству величайших ученых: аль-Хорезми, одного из создателей алгебры; Ибн аль-Хайсама, оказавшего большое влияние на развитие оптики; Ибн Сину (Авиценну), автора «Канона врачебной науки». Сейчас же вклад мусульманских государств в развитие науки и техники незначителен. К примеру, количество статей специалистов из этих стран в научных журналах составляет лишь около 0.1% публикаций ученых из Европы и США. Впрочем, современные тенденции дают мусульманскому миру надежду на верстать упущенное. Так, в Египте из 18 университетов пять открыто за последние четыре года.

И все же существенный недостаток системы образования исламских стран — незначительное число женщин, обучающихся точным наукам. В основном это связано со стереотипом разделения роли полов, а отнюдь не с религией. Учение Пророка гласит: «Приобретение знаний — святая обязанность каждого правоверного от колыбели до могилы. Стремление к знаниям и науке обязательно для каждого мусульманина и мусульманки».

Школьное образование в большинстве исламских стран начинается с шести-семи лет. До 15 лет девочки и мальчики учатся вместе, а затем два-три года — раздельно. Старшеклассники сами выбирают обязательные для себя предметы, причем девочки обычно предпочитают гуманитарные.

Однако медицине и здравоохранению в Ливанском университете, химии в университетах Сирии девушки обучаются даже больше, чем юношей. Процент женщин среди обучающихся точным наукам колеблется от 8% в африканской стране Джибути до 70% в Объединенных Арабских Эмиратах. Дискриминации здесь нет, ведь и в Европе женщины составляют на факультетах естественных наук 40%, математиче-

ских — 28%, инженерных — 20%. И все же положительные сдвиги есть: в Ливанском университете, например, удельный вес девушек среди будущих инженеров возрос с 16% в 1993 г. до 20% в 1997-м, в Сирии — с 14.4% в 1980 г. до 30.5% в настоящее время.

По данным за 1996 г., в Египте среди преподавателей фармакологии и стоматологии женщины составляют более 40%, точных наук — около 25%, а технических — всего 10%. Но ведь и в США женский преподавательский состав медицинских факультетов достигает 50%, в то время как биологических — 23.8%, а инженерных — лишь 6.1%.

Есть надежда, что усилению роли женщин в науке будет способствовать назначение представительниц слабого пола на важные государственные посты. Это подтверждает деятельность доктора химических наук В.Гуда, долгое время возглавлявшей Министерство научных исследований Египта; есть подобные примеры и в Нигерии, Иордании и Кувейте. В поддержку подобных тенденций высказался недавно генеральный секретарь ООН К.Аннан: «Докажем же, что общество, которое оказывает женщинам всемерную поддержку, непременно добьется успеха».

Science. 2000. V.290. №5489. P.55 (США); Expert Working Group on Women and Science. European Commission. Luxembourg, 1999.

Социология. Демография

Величайшая из переписей

В Китае 2000-й год прошел под знаком всеобщей переписи населения. Для наиболее многолюдной страны мира и для всего человечества ее итоги представляют особый интерес.

Это уже пятая перепись со дня провозглашения КНР в 1949 г. Масштаб ее не может не впечатлять (в течение одного месяца около 6 млн счетчиков постучались в двери 350 млн жилищ). За месяц до ее начала на улицах городов появились плакаты и лозунги: «Правдивые ответы на все вопросы переписчика — долг каж-

дого гражданина!» Подчеркивается, что без точных данных о численности семьи, ее жилищных условиях, уровне образования и других параметрах невозможно решать социальные проблемы.

По мнению многих западных демографов, четыре предыдущие переписи были по международным стандартам неплохими. Подсчетам помогала строгая система «регистрации» (т.е. прописка), существующая в государстве, где подвижность населения была тогда довольно низкой, но сегодня положение изменилось. Перепись 2000 г. должна представить значительно более полную демографическую и социальную картину, тем более что впервые довольно большой (10%) случайной выборке респондентов были предложены дополнительные вопросы относительно их перемещения, домашних и санитарных условий, работы, образования, прибавления в семье и т.п. Например: «Количество мужчин и женщин, зарегистрированных в данном домовладении официально и фактически»; «Имеется ли туалет — с канализацией или без и только для данной семьи или также для соседей»; «Причины переезда отсутствующих членов семьи»; «Количество рождений живых детей — мальчиков и девочек»... Намерения специалистов включить в перечень вопросы относительно доходов и владения имуществом были после пробных попыток отвергнуты, так как респонденты слишком часто уклонялись от ответов.

Известно, что после ослабления в 80-х годах экономического и социального контроля за населением около 60 млн китайцев покинули деревни и переселились в города или поселки в поисках работы и лучших условий жизни. Точные данные об этом отсутствуют, власти же стараются препятствовать излишней урбанизации. И теперь, опасаясь наказания за наем нелегальных мигрантов или за сдачу им жилья, респонденты могли представить ложную информацию. Правительство заверяло, что полученные сведения останутся конфиденциальными и не

приведут к высылке нелегальных мигрантов. В какой степени население этому поверило — остается неясным, но известны случаи, когда вместе с переписчиками по домам ходили полицейские, которые обычно выявляют незаконно проживающих и принимают против них суровые меры.

Еще одна проблема возникает в связи с официальной политикой «в одной семье — один ребенок». В деревнях распространена практика сокрытия вторых и дальнейших родов, а так как в китайской традиции предпочтительно рождение мальчиков, то появление на свет девочек часто стимулирует новые зачатия. Отмечались даже случаи убийства новорожденных девочек. Западные специалисты полагают, что во время предыдущих переписей примерно 5% детей в возрасте около шести лет остались неучтенными. В стране распространилась практика пренатального определения пола ребенка, и если должна родиться девочка, следствием нередко становился аборт. В 1995 г. соотношение мальчиков и девочек в возрасте до четырех лет оказалось равным 118 к 100, что приводит к нарушению нормальной демографической ситуации. Уже наблюдается рост числа неженатых мужчин.

Трудности возникли и с определением уровня смертности. В актах гражданского состояния смерть в отдельных местностях часто не регистрируют, так как крестьяне боятся наказания за то, что вместо предписываемой законом кремации прибегают к традиционному захоронению покойника. Владелец же предприятия опасается обнаружения факта найма незарегистрированного мигранта. А у некоторых национальностей разговор о покойнике вообще табуирован.

Несмотря на все эти сложности, перепись 2000 г., несомненно, даст более четкую картину демографического положения в этой огромной стране. Полные ее результаты будут опубликованы в 2002 г.

Science. 2000. V.290. №5495. P.1288 (США).

Как Карл Бэр стал географом

А.К.СЫТИН,

кандидат биологических наук
 Ботанический институт им.В.Л.Комарова РАН
 Санкт-Петербург

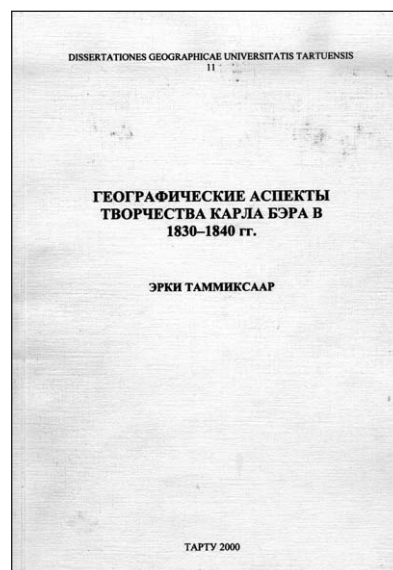
Работа эстонского историка науки Эрки Таммиксаара чрезвычайно поучительна. Становление Карла Бэра как географа — такова тема диссертации, защищенной 30-летним ученым в сентябре 2000 г. на соискание ученой степени доктора философии. Вместо привычного на правах рукописи, и, увы, нередко небрежного, исследователь представляет небольшую завершённую монографию.

Сочинение Таммиксаара открывает второй десяток в серии географических диссертаций, изданных Тартуским университетом начиная с 1991 г. Судя по заголовкам этих работ, лишь одна из них была написана на эстонском языке, тогда как на английском — восемь, на русском — две, в том числе и рецензируемый труд. Надо отметить знание иностранных языков и хороший стиль автора. Именной указатель, библиография (94 источника на русском и 147 на иностранных языках), иллюстрации, приложения (в том числе и автобиография), резюме на английском и эстонском языках — весь справочный аппарат книги свидетельствует о добротной издательской практике, подтверждающей репутацию Тартуского универси-

тета как одного из культурных гнезд Европы.

Просветительское взаимовлияние Дерпта—Юрьева—Тарту и России всегда было плодотворным, новая работа о Бэре продолжает эту традицию. Освещение малоизученного периода творчества выдающегося ученого, мужание молодого историка науки, обновление славнейшего университета Эстонии и, что самое важное, введение в науку новых рукописных материалов Бэра, с которыми Таммиксаар кропотливо работал в архивах Эстонии, Германии и Санкт-Петербурга, — таковы первые отрадные впечатления от книги.

Чтение ее не разочаровывает. Проницательный биограф нашел новые факты и осветил уже известные, приводя убедительные аргументы в подтверждение избранной темы. Так, результаты Бэра о происхождении яйца млекопитающих (его доклад на съезде немецких естествоиспытателей и врачей в Берлине в 1828 г.), казалось бы, открывали перед ним блестящие перспективы экспериментальных исследований в области эмбриологии. Однако романтическая и противоречивая натура Бэра увлекла его в арктические тундры. Следуя неодолимому зову пространства, вслед за Д.Мессершмидтом, И.Гмелиным,



Эрки Таммиксаар. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТВОРЧЕСТВА КАРЛА БЭРА В 1830—1840 ГГ.

Dissertationes geographicae universitatis Tartuensis. №11. Тарту, 2000. 125 с.

© А.К.Сытин



Карл Бэр. 1840 г.

П.Палласом, К.Ледебуром, он стал выдающимся исследователем природы России.

Таммиксаар отмечает одно обстоятельство, на которое не обратили внимание его предшественники. Во время съезда в Берлине Бэр познакомился с А.Гумбольдтом, К.Риттером (руководителем секции географии), геологом К.Бухом, поэтом и естествоиспытателем А.Шамиссо, зоологом Ф.Брандтом (будущим директором Зоологического музея Петербургской Академии наук), геологом Ф. Гофманом, автором учебника по физической географии и зоологом Ж.Агассисом, вскоре

ставшим одним из основоположников ледниковой теории.

Благодаря редкой интуиции Бэр оказался у истоков нового синтеза естествознания — комплексного метода познания природы. Именно он направил исследования А.Ф.Миддендорфа на изучение вечной мерзлоты Восточной Сибири. И тот факт, что этот наблюдательнейший натуралист не обнаружил следов покровного оледенения, сходных с теми, что были известны в Европе, имело грандиозные последствия. Отсутствие их указывало на особый тип подземного оледенения в Восточной Сибири как

следствие ультраконтинентального климата этой территории. Таким образом, Бэр заложил основы мерзлотоведения — важного направления в изучении эволюции экосистем Северного полушария.

Таммиксаар обращает внимание на свидетельство одного из современников Бэра, Г.П.Гельмерсена, полагавшего, что гипотеза о переносе валунов морскими льдами утвердилась в русской науке благодаря влиянию К.Максимовича (С.58). Заметим, что истоки представления о перемещениях каменных глыб плавучими льдами, очевидно, восходят еще к наблюдениям, сделанным И.И.Лепехиным во время академических экспедиций 1768—1774 гг.: «Таковыми пришельцами снабждает большую часть весенний лед, который вмерзшие в него камни, иногда и великой тяжести, с природного унося места по отдаленным раскидывает берегам» [1]. Удивительно долго живет эта гипотеза! Ее упорно отстаивал еще киевский геолог-антигляционист И.Г.Пидопличко вплоть до 50-х годов XX в., что в равной мере может служить примером как преемственности идей в поколениях русских ученых, так и консервативности известных заблуждений.

Духовное влияние шеллингианства сказывалось и в натурфилософских взглядах Бэра. Последний сомневался в учении Дарвина, потому что видел в его основе попытку рассматривать мир как взаимодействие несвязанных между собой причин, тогда как сам Бэр склонялся к телеологии. Романтический склад личности Бэра сквозит даже в его научной корреспонденции. Благодаря переводчику и комментатору его эпистолярного наследия Т.А.Лукиной мы знаем, что Бэр сочетал в себе простодушие и язвительность, чувствительность и иронию, педантизм и склонность к таинственному. Редкая работоспособность чередовалась у него с периодами рассеянности и болез-

ненной рефлексии. В чем причина четырехлетнего перерыва в отношениях Бэра с Петербургом? Почему, успешно выполнив возложенное на него Академией в 1830 г. поручение о розысках в Германии научного наследия Палласа, благодаря которым завершилось издание знаменитой «Zoographia Rosso-Aziatica», Бэр погрузился в меланхолию и прервал членство в Петербургской академии наук? Что послужило причиной кризиса и какие обстоятельства лишили Бэра душевного равновесия? Искать ли объяснение в особенностях нервного темперамента ученого, или оно лежит в области этики и морали? Непостижимая глубина сознания Бэра отторгает попытки познать ее каким-либо психологическим путем. Может быть, Таммиксаар со временем найдет ответы на им же поставленные вопросы в еще неопубликованной переписке Бэра...

Как ботанику мне особенно интересен раздел, посвященный

фитогеографии и вкладу в ее развитие Бэра. О его ботанических исследованиях в анналах нашей науки сведений почти нет. Между тем из работы Таммиксаара становится ясно, что любовь к растениям во многом определила тот поворот к полевым исследованиям, который сформировал Бэра как географа. Оказывается, знаменитый автор «Flora Rossica», немецкий ботаник К.Ледебур стал ему учителем и другом. Бэр был не только коллектором растений, но и владельцем большого гербария, где, помимо его личных сборов, хранились образцы экзотических растений, которыми он обменивался с многочисленными корреспондентами. Список цветковых растений, собранных Бэром на Новой Земле, был опубликован в 1871 г. Р.Э.Траутфеттером и насчитывал 105 видов. Для сравнения укажем, что в последней сводке флоры архипелага [2] приводится уже 233 таксона (виды и подвиды).

С сожалением отметим и то, что имя Бэра как первого исследователя флоры Арктического архипелага не упоминается в числе предшественников. Очевидно, это упущение стало возможным не только по небрежности авторов-географов, но и по недосмотру ботаников-историографов, не числивших Бэра по своему ведомству. Этот пробел восстанавливает книга Таммиксаара. Однако подобный же упрек в забывчивости можно предъявить и ему самому. В библиографии отсутствует ссылка на публикацию П.Г.Светлова и Т.А.Лукиной, подтвердивших справедливость характеристики, которую Бэру дал В.И.Вернадский: «В Петербурге николаевского времени жил великий естествоиспытатель и мудрец» [3].

В заключение отметим, что увлеченность творчеством Карла Бэра помогает не только осветить прошлое географии, но и дать импульс ее развитию в будущем. ■

Литература

1. Лепехин И.И. Дневные записки путешествия доктора и Академии наук адъюнкта Ивана Лепехина по разным провинциям Российского государства. СПб., 1814.
2. Вехов Н.В., Кулиев А.Н. Обзор флоры архипелага Новая Земля. М., 1996.
3. Светлов П.Г., Лукина Т.А. Академик Карл Бэр // Природа. 1974. №1. С.65.

Физика. Гидродинамика

Ф.Дж.Сэффмэн. ДИНАМИКА ВИХРЕЙ. Пер.Ф.В.Должанского. М.: Научный мир, 2000. 376 с.

В связи с многочисленными физическими, технологическими и математическими проблемами вихревое движение жидкости вновь стало предметом более пристального внимания ученых в последнее десятилетие XX в. По образному выражению Д.Кюхеманна, вихри — это «мышцы и жилы гидродинамики». Огромное количество исследований порождено проблемами устойчивости и контроля течений, аэродинамикой треугольного крыла, задачами создания летательных аппаратов с большой подъемной силой, опасностью, свя-

занной со струйными следами.

Книга профессора Сэффмэна была написана на основе курса лекций, читанных им на протяжении 20 лет в Калифорнийском технологическом институте. Из ранних монографий наиболее близка ей по тематике книга Г.Вилля «Теория вихрей», переведенная с французского в 1936 г.

В отечественной литературе раздел, который называют вихрединамикой, до сих пор не был отражен на должном уровне. Перевод книги Сэффмэна закрывает эту нишу. В монографии рассмотрены как общие проблемы, так и конкретные, имеющие прикладной интерес. Последние касаются гидродинамики несжимаемой жидкости, динамики атмосферы и океана, а также вопро-

сов устойчивости и турбулентности.

Картография

А.М.Берлянт, Л.А.Ушакова. КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ АНИМАЦИИ. М.: Научный мир, 2000. 108 с.

На современном этапе тематического картографирования существует тенденция создавать синтетическое представление об объекте и, где возможно, отображать природу, население, хозяйство и их взаимодействие в динамике. Развитие события во времени, изображение скорости протекания процессов, а также изучение динамики геосистем по картам и аэрокосмическим снимкам стало составной частью географической картографии.

В книге представлена методика создания новых видов картографических произведений — компьютерных анимаций и способов их географического анализа. Моделирование и визуализация анимационных последовательностей выполнены по сериям цифровых моделей. Дана классификация динамических геоизображений по их размерности, способам визуализации, особенностям графического воспроизведения, скорости демонстрации и другим параметрам. Исследованы возможности картометрической обработки анимаций и создания производных динамических изображений. Приведены примеры их использования для изучения ледников, распределения снежного покрова, измерения температурных полей в океане. Отмечена роль анимаций в развитии виртуального картографирования.

Геология. Петрография

В.П.Куклев, И.В.Пичугин, А.В.Подмарков и др. АТЛАС ПЕРМСКИХ УГЛЕЙ ПЕЧОРСКОГО БАСЕЙНА. М.: Научный мир, 2000. 232 с.

Территория Печорского угольного бассейна примыкает к Полярному Уралу и ограничивается на севере побережьем Баренцева и Карского морей. В этих границах максимальные длина и ширина составляют 400 и 300 км, общая площадь 95 тыс. км². На территории бассейна выделены 32 месторождения угля.

Несмотря на принятую единую схему, атласы углей различных бассейнов по объему и содержанию несколько отличаются друг от друга, так как построены на различном первичном материале. Атлас Печорского бассейна соответствует общей схеме: дает геологическую характеристику, сводки по вещественно-петрографическому составу, качеству и классификации углей и фотоальбом их микрокомпонентов и типов. В нем обобщены все геологические материалы по бассейну как наиболее реальному источнику энергии и сырья для предприятий Севера европейской части страны и Урала.

Палеогеография

О.Н.Соломина. ГОРНОЕ ОЛЕДЕНЕНИЕ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ В ГОЛОЦЕНЕ. М.: Научный мир, 2000. 272 с.

Книга посвящена реконструкции динамики ледников и климата высокогорий на территории бывшего СССР в голоцене. В основе работы лежат полевые исследования автора, проводившиеся на Кавказе, Полярном Урале, Тянь-Шане, Алтае и Камчатке (1980—1990), а также обширные данные, опубликованные главным образом отечественными исследователями.

Основное внимание уделено последнему тысячелетию и его наиболее значительному в климатическом отношении событию — «малому ледниковому периоду». Он рассматривается здесь как одна из стадий голоцена. Автор пытается восстановить детали изменения климата и ледников за последнее тысячелетие: датировать основные этапы наступления, определить масштабы и выявить их климатические причины.

История науки

Ф.Р.Штильмарк. ОТ СТАРЫХ КЕДРОВ К БЕССМЕРТИЮ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА. Науч. ред. В.В.Дежкин. М.: МНЭПУ, 2001. 268 с. (Жизнь замечательных ученых)

Выдающийся российский ученый, автор ряда больших монографий и нескольких сотен научных и научно-популярных статей по различным отраслям экологии, Николай Федорович Реймерс (1931—1993) прожил необычайно яркую и богатую событиями жизнь. Его коллега, известный ученый и публицист, доктор биологических наук Ф.Р.Штильмарк называет себя скорее составителем книги, нежели ее автором, поскольку значительная часть текста принадлежит перу самого Реймерса, она взята из его эпистолярного наследия.

На основе документальных материалов (дневников, писем, неопубликованных статей) Штильмарк

проследил жизненный путь Реймерса, рассказал о его научных работах. В книге изложена не просто биография ученого, но, что важнее, отражена та трудная атмосфера, в которой развивалась биологическая наука в те годы. Впервые публикуется полный список трудов Реймерса.

Цель книги — показать творческий рост Николая Федоровича от безвестного коллектора и «сборщика фактов» до крупного ученого, одного из лидеров глобальной биоэкологии, к мнению которого не могли не прислушиваться. Реймерс не снискал высоких званий и больших чинов, он был не «генералом от науки», а настоящим ученым, истовым тружеником. Его работы не забыты и служат подлинным памятником науке.

История науки

Э.И.Григолюк. С.П.ТИМОШЕНКО: ЖИЗНЬ И СУДЬБА. СПб.: ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова, 2000. 274 с.

Степан Прокофьевич Тимошенко (1878—1972) — крупнейший ученый XX в. в области механики деформированных тел. Он оставил свой след в теории стержней, пластин и оболочек, в расчете гражданских сооружений (зданий, мостов). Результаты его исследований применялись в расчетах конструкций двигателей, корпусов самолетов, автомобилей, кораблей, ракет. Тимошенко поднял инженерное образование на новый уровень не только в России, но и в Америке, где в эмиграции он провел вторую половину жизни. Во всем мире известны его книги по сопротивлению материалов и теории упругости, статике сооружений и расчету арок, по технической динамике и теории колебаний. (Подробнее см.: Природа. 2000. №4.)

Книга издана в авторской редакции. Первая часть посвящена биографии ученого, трудному пути становления общепризнанного лидера в своей области. Приведена библиография его трудов. Во второй части собраны материалы, касающиеся научных исследований Тимошенко и его предшественников.

Университет и сад

Из истории культурного пространства XVIII в.

И.П.Кулакова

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

Во дворе старого здания Московского университета на Моховой вы и сейчас найдете сад, сохранившийся как воспоминание о XVIII в. Главный университетский ботанический сад тогда располагался в Мещанской слободе (он и сейчас существует в недрах квартала на проспекте Мира). В 50-е годы XX в. на Воробьевых горах, вблизи нового здания МГУ, был разбит новый Ботанический сад, а вокруг гуманитарных факультетов — лесопарк.

Разумеется, сад всегда служил в университетах необходимой естественнонаучной базой. Но помимо этого, с XVIII в. (т.е. с самого начала зарождения университетского образования в России) сады становятся местом для философствования и созерцания. Все садово-парковое творчество того времени пронизано стремлением сделать природу средой образцового человеческого поведения, а результат паркового искусства — «пейзажной проповедью». Итак, две линии — естественнонаучная и воспитательная — переплетаются в истории университетских садов, мы же рассмотрим только начальный ее этап, вторую половину XVIII в.

В новый комплекс владений университета на Моховой во-

шли сад и оранжереи князя Барятинского: они были получены в дар вместе с домом и другими постройками в 1785 г. (располагались позади церкви св.Георгия на Красной горке и до Леонтьевского переулка). Там был создан питомник растений для медицинского факультета, который и положил начало университетскому саду [1]. Собственный Ботанический сад долго оставался мечтой, пока же студенты собирали гербарии в подмосковных лесах. Для изучения натуральной истории сад был просто необходим. В 1769 г. В.Адогуров писал куратору М.Хераскову: «Все охотнее пожелают видеть растения в Ботаническом или Медическом огороде живые, как они растут, в их натуральном виде, нежели их смотреть в травнике» [2].

Еще в 1775 г. университетскими профессорами была составлена и подана в Сенат записка «О недостатках и нуждах Московского университета». В ней речь шла о том, что из-за ветхости дома у Воскресенских ворот и тесноты помещений на Моховой университет лишен нормальных условий для работы. Поэтому необходимо «ответи для Университета другое способное место, на котором бы расположить и совсем вновь построить для одного дом». Наилуч-

шим выходом было бы «построить дом вне города Москвы, однако по близости оно, например на Воробьевых горах, близ с.Голенищева, или отдать под одной старой Лафертовской дом». При этом подразумевалось, что загородная обстановка не только даст возможность обустроить жилье и учебные помещения — появятся условия для естественнонаучных наблюдений, но позволит расширить опытную базу университета (этого требовали новейшие европейские стандарты). Приведем аргументацию профессоров (она носит сугубо «приземленный» характер, касаясь только практической пользы): «Учащиеся же в свободное от учения время будут иметь место для прогуливания и забав на чистом воздухе, ко увеселению и ободрению своему, что и здоровью их не мало способствует, но сего однако теснота места внутри города отнюдь не дозволяет. Можно также будет с немалою пользою завести ботанический сад, который для студентов, врачебной науке обучающихся, необходимо потребен <...>, для учащихся математике <...>, открытия места подадут способ производить в геодезии и инженерном искусстве практические действия. На свободном месте удобно построить астрономи-

© И.П.Кулакова



Здание Московского университета на Моховой.

ческую обсерваторию, особый лазарет для тяжких и прилипчивых болезней; при реке могут построены быть потребные бани, бумажная мельница. Всех сих выгод невозможно иметь внутри города, по причине утеснения и ограничения во всем, помешательство, происходящее от обыкновенного в городе стуку и шуму, також отдаленное от университета жительство, много отнимает времени как у учащихся, так и у учащихся, а науки чрез то претерпевают невозвратимый вред» [2].

Заведение настоящего Ботанического сада (подобного, например, саду Геттингенского университета) требовало особых условий, простора (как для астрономических наблюдений были необходимы простор и «темнота»). В центре же такого города, как Москва, даже в конце XVIII в. было слишком светло: недаром местом, предназначенным для обсерватории, стала его окраина, Пресня.

В 1786 г. новый куратор И.И.Шувалов, вернувшийся после многолетнего пребывания за границей, в очередном (и вновь неосуществленном) проекте университетского

«штата», представленном императрице, настаивал: «По неудобству места, где ныне Университет находится, надлежит оный сад основать вне города». «На заведение» Ботанического сада было предусмотрено «в один раз 400 рублей» и по 100 руб. ежегодно для содержания инспектора «из профессоров», садовника, двух его помощников и двух работников. Однако Екатерина не вняла, и к началу XIX в. университет имел относительно небольшие сады для прогулок своих воспитанников: позади главного дома во внутренней части квартала на Моховой и — на Тверской улице.

Наконец проблема с садом начала решаться. В апреле 1805 г. министр просвещения докладывал Александру I: «Московский университет, имея необходимую надобность в устройении для себя Ботанического сада, нашел к сему удобным таковой сад прежде бывшей в Москве Хирургической Академии, который со всеми его строениями оценен в 11 000 рублей». По словам министра, университет не имел средств для уплаты необходимой суммы. Поэтому, «дабы оный без про-

должения времени мог пользоваться сим столько нужным заведением», государь выделил средства для уплаты «из капитала, на учебную часть определенного». Так университет приобрел у московского отделения Медико-хирургической академии аптекарский огород на Мещанской улице — с целью заведения там большого Ботанического сада и обсерватории (которая, правда, так и не была создана).

Сад-огород Хирургической академии был основан при Генеральном военном госпитале, на северной окраине Москвы (за Сухаревой башней) еще при Петре I, в 1706 г. Он предназначался для снабжения армейских аптек и госпиталей сырьем, поэтому звался «аптекарским». Однако уже с самого начала туда привозили «диковинки» — редкие древесные и кустарниковые растения. Старый пруд и деревья, посаженные, по преданию, еще Петром, сохраняются в саду и поныне. К концу XVIII в. на шести гектарах «огорода» размещались грядки с растениями, цветочные лужайки, деревья и кустарники, альпийская горка, пруд и оранжерея [3].

Огромную помощь в создании сада оказал профессор Московского университета Г.Ф.Гофман. Но нельзя забывать и о том, какую роль в «пробивании» места для сада (как и в других преобразованиях университета в начале XIX в.) сыграл М.Н.Муравьев, общественный деятель и писатель. Он был тесно связан с университетом: учился в университетской гимназии, стал студентом, всю жизнь затем продолжая свое самообразование. С 1800 г. начинается карьерный взлет Муравьева. Он — секретарь при особе государя по принятию прошений на высочайшее имя, а после — товарищ министра народного просвещения. Когда была ликвидирована должность куратора, он стал первым попечителем Московского университета, активно участвовал в разработ-



Ботанический сад Геттингенского университета.

ке проекта его Устава [4]. Муравьев обеспечивал университет кадрами (иностранными и отечественными), со знанием дела открывал новые подразделения, кафедры, хлопотал об обсерватории и Ботаническом саде.

Вот как описан сад в «Периодическом сочинении об успехах российского просвещения» за 1805 г.: «Сад занимает земли около осьми квадратных десятин. При нем находятся две оранжереи с нововыстроенною каменною залою для чтения лекций, теплица и дом для профессора и садовника. Растений в последние три года воспитывалось в оном 2500; редчайшие из них приобретены покупкою, из Горенского сада. Таким образом, сей сад своими растениями составляет важное пособие как для ботанических лекций при университете, так и вообще для любителей ботаники; а густые его аллеи и цветники служат приятным местом для прогулки московским жителям» [5].

Видно, что культурная роль сада для Москвы закладывалась в проекте сознательно и получила свое воплощение в будущем [6].

На сохранившемся плане сада в Мещанской слободе можно видеть, что в его регулярную планировку были включены и элементы пейзажного парка. Эта деталь очень важна. Она означает, что преследовалась цель не только изучения природы, но и создания гармоничного места для времяпрепровождения. На плане университетского квартала на Моховой начала XIX в. во дворе, между главным корпусом и анатомическим театром, можно видеть овальный сад с изогнутыми дорожками (определенная «пейзажность» здесь присутствовала). Но вот что писал о садах XIX в. Д.С.Лихачев: «Высокая семиотичность садов Средневековья, Ренессанса и Барокко затем падает в садах Романтизма, заменяясь их интенсивной эмо-

циональностью. С середины XIX в. сады начинают восприниматься как архитектурные сооружения, способные возбуждать по преимуществу архитектурные же впечатления. Поэтому садовое искусство, ограниченное пределами возраста деревьев и кустов, постепенно теряет свои связи с эстетическими формациями прошлого в руках реставраторов и практикующих садоводов» [7].

Сад быстро рос. Если в 30-х годах XVIII в. в саду Хирургической академии было всего 200 видов дикорастущих и культивируемых растений, то в 1808 г. — уже 3528. Для пополнения коллекции в целях «умножения аптекарских плантов и собирания особых трав, яко важнейших натуралов в медицине, также для обучения молодых лекарей и аптекарей ботанике» предпринимались поездки в Поволжье, Малороссию, бассейн р.Дон и др.

Говоря о пополнении сада, нельзя не упомянуть и графа

А.К.Разумовского, который в 1807—1810 гг. был попечителем Московского университета, крупнейшим меценатом своего времени. Однако университет не стал для Разумовского (как, например, для Шувалова или Муравьева) тем «детищем», на развитие которого были направлены все усилия. Но, имея личные пристрастия, Разумовский сосредоточился именно на науках естественных, помогая Обществу испытателей природы. Как его президент (позднее как министр народного просвещения) он на собственные сред-

ства снаряжал экспедиции, доставал кредиты, поощряя топографические и геодезические исследования, в частности, в Московской губернии. В своем имении Горенки под Москвой Алексей Кириллович устроил собственный уникальный сад, имевший 40 оранжерей, где насчитывалось более 12 тыс. видов растений. Из этого фонда пополнялся и университетский Ботанический сад.

В 1812 г. богатейшие оранжереи и здания сгорели, сохранились лишь забор и несколько построек. Сразу же после осво-

ждения Москвы и университет, и сад начали восстанавливаться. В 1824 г. была приобретена большая коллекция растений из ботанического сада Разумовского. То, что саду придавалось большое значение, несомненно. «О ботанических садах в российской империи» — так называлась речь профессора Гофмана, прочитанная в 1823 г. на торжественном собрании университета.

Однако отстроенный заново университет стал другим, и новые его сады — тема особого рассказа. ■

Литература

1. *Белявский М.Т.* Из жизни старых университетских зданий // Природа. 1980. №5. С.8.
2. Документы и материалы по истории Московского университета второй половины XVIII века: В 3 т. М., 1962. Т.3. С.244, 250.
3. *Вергунов А.П., Горохов В.А.* Русские сады и парки. М., 1988. С.63.
4. *Кулакова И.П.* «Растение, кокеруза называемое...» // Природа. 2000. №3. С.94.
5. *Соколов М.П.* Ботанические сады: основы их устройства и планировки. М.; Л., 1959. С.25.
6. *Кулакова И.П.* Сад у Кремлевской стены // Природа. 1998. №7. С.124.
7. *Лихачев Д.С.* Продление жизни мемориальных садов и парков: Статьи и очерки. Л., 1985. С.107.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Ю.К.ДЖИКАЕВ

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

Литературный редактор
М.Я.ФИЛЬШТЕЙН

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
П.А.ХОМЯКОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Л.М.ФЕДОРОВА

Графика, верстка:
Д.А.БРАГИН

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредители:
Президиум РАН,
Издательско-производственное и
книготорговое объединение
«Наука»

Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Марононский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-26-33

Подписано в печать 01.08.2001
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 2351

Набрано и сверстано в редакции

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

Налоговая льгота — общероссийский
классификатор продукции ОК-005-
93, том 2; 952000 — журналы