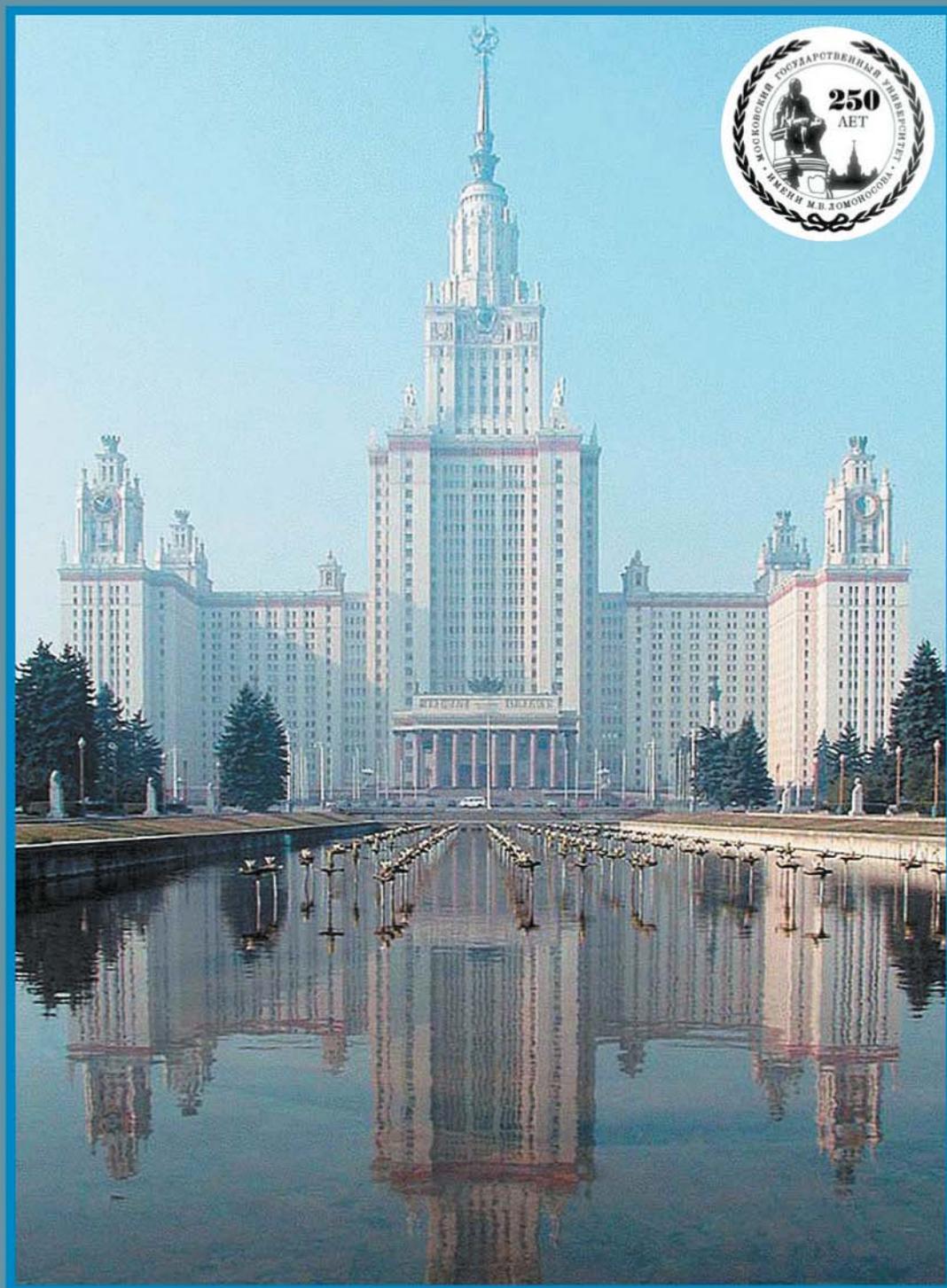


# ПРИРОДА

1 05



## Специальный выпуск

**К 250-ЛЕТИЮ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА  
им. М.В.ЛОМОНОСОВА**

**В НОМЕРЕ:**

**3 Садовничий В.А.**  
**Университету четверть тысячелетия**

**8 Волков А.А.**  
**Татьянин день, Татьянин храм**

**13 Берлянт А.М., Вилков А.Ю.**  
**Атлас нового типа,  
или МГУ на компакт-диске**

**21 Муронец В.И.**  
**Факультет биоинженерии  
и биоинформатики**

**26 Малахов В.В.**  
**Из истории зоологии  
беспозвоночных  
в Московском университете**

**35 Ярошевский А.А.**  
**Минералогия земной коры**  
*Способность химических элементов к минералообразованию можно оценить, подсчитав число известных их собственных минералов.*

**45 Богданов М.Б., Черепашук А.М.**  
**Взгляд на квазар  
сквозь гравитационную линзу**  
*Увидеть «центральную машину» квазара, генерирующую самое мощное излучение во Вселенной — релятивистский аккреционный диск — с помощью рукотворных телескопов невозможно. На помощь пришли телескопы, созданные самой Природой — космические гравитационные линзы.*

**53 Шполянская Н.А.**  
**Арктический шельф и вечная мерзлота**  
*Дно большей части арктических морей и их берега слагают вечнопольярные породы. При освоении шельфа важно знать, относятся ли они к реликтовым образованиям или возникают на наших глазах.*

**61 Бец Л.В.**  
**«Гормональный портрет» человека**  
*Содержание гормонов, в частности половых, дает, как оказалось, информацию об эндокринном статусе индивидуума, популяций и этносов, о гормональной активности организма в норме и патологии, в экстремальных условиях существования.*

**70 ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ  
2004 ГОДА**  
**Комар А.А., Тютин И.В.**  
**По физике — Д.Гросс, Д.Политцер,  
Ф.Вильчек (70)**

**Белянова Л.П.**  
**По химии — А.Цихановер,  
А.Хершко, И.Роуз (74)**

**Минор А.В.**  
**По физиологии и медицине —  
Р.Эксел и Л.Бак (76)**

**82 Новости науки**  
*Уникальный снимок молодой Вселенной (82). Частицы малой массы в гамма-лучах (82). У Солнца обнаружен «близнец» (82). Самая маленькая экзопланета. Вибе Д.З. (83). Кратер Гусева безводен (84). С Луны на Землю. Сурдин В.Г. (84). Сверхпроводимость гидридов металлов (85). Сердце в невесомости. Липина Т.В. (85). Решена обратная задача электрокардиографии. Розенштраух Л.В. (86). Необычный образ жизни австралийского сцинка (86). Система систем наблюдения Земли (87). Роль бабушек в эволюции человека. Петров П.Н. (87).  
**Коротко (60, 69)***

**88 Рецензии**  
**Гурвиц Б.Я.**  
**О временах  
и времени жизни**

**91 Новые книги**

**92 Встречи с забытым**  
**Сорокина М.Ю.**  
**Научные стратегии профессора  
А.П.Богданова**

**Богданов А.П.**  
**«Умирая лично почти нищим...» (95)**  
*Публикация Г.А.Савиной*

Special issue

250TH ANNIVERSARY OF M.V.LOMONOSOV MOSCOW STATE UNIVERSITY

CONTENTS:

**3 Sadovnichiy V.A.**  
**University Celebrates a Quarter of Millenium**

**8 Volkov A.A.**  
**Tatyana's Day, Tatyana's Temple**

**13 Berlyant A.M., Vilkov A.Yu.**  
**An Atlas of New Type, or MSU on Compact Disk**

**21 Muronetz V.I.**  
**Department of Bioengineering and Bioinformation Science**

**26 Malachov V.V.**  
**On History of Invertebrate Zoology in Moscow University**

**35 Yaroshevsky A.A.**  
**Mineralogy of the Earth Crust**

*Capability of chemical elements for mineral formation can be estimated by counting numbers of their proper minerals.*

**45 Bogdanov M.B., Cherepashchuk A.M.**  
**A Look at Quasar through Gravitational Lens**

*It is impossible to discern «central machinery» of quasar that is generating the most powerful radiation in the universe — a relativist accretion disk — by means of man-made telescopes. But it can be done using telescopes that were created by Nature itself — space gravitational lenses.*

**53 Shpolyanskaya N.A.**  
**Arctic Shelf and Permafrost**

*Seabed of the majority of arctic seas and their coasts are composed from permafrost rocks. For development of shelf it is important to know if they are relict or recent formations that are created just now.*

**61 Betz L.V.**

**«Hormone Portraiture» of a Humane**

*It turns out that levels of hormones, in particular of sex hormones, give information on endocrine status of individuals, populations and ethnic groups, on hormonal activity at normal and pathological conditions, and on patterns of adaptation to extreme environments.*

**70 NOBEL PRIZE WINNERS OF 2004**

**Komar A.A., Tyutin I.V.**

**In physics — D.Gross, D.Politzer, F.Wilczek (70)**

**Belyanova L.P.**

**In chemistry — A.Ciechanover, A.Hershko, I.Rose (74)**

**Minor A.V.**

**In physiology and medicine — R.Axel and L.Buck (76)**

**82 Science News**

An Unique Photograph of Early Universe (82). Small Mass Particles in Gamma-Rays (82). «Twin» of the Sun is Found (82). The Smallest Exoplanet. **Vibe D.Z.** (83). Gusev's Crater is Waterless (84). From the Moon to the Earth. **Surdin V.G.** (84). Superconductivity in Hydrides of Metals (85). Heart in Weightlessness. **Lipina T.V.** (85). Inverse Problem of Electrocardiography is Solved. **Rosenshtrauch L.V.** (86). Unusual Life Style of Australian Skink (86). System of Systems for Earth Monitoring (87). Role of Grandmothers in Human Evolution. **Petrov P.N.** (87).

*In Brief (60, 69)*

**Book Reviews**

**88 Gurvitz B.Ya.**  
**On Times and Time of Life**

**91 New Books**

**Encounters with Forgotten**

**92 Sorokina M.Yu.**  
**Scientific Strategies of Professor A.P.Bogdanov**

**Bogdanov A.P.**

**«Dying personally almost destitute...» (95)**

*Published by G.A.Savina*

# Университету четверть тысячелетия

Академик В.А.Садовничий

Ректор Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова

12 января (ст. ст.) 1755 г. любимая дочь Петра императрица Елизавета подписала указ об учреждении Московского университета. Она поддержала проект великого М.В.Ломоносова и выдающегося государственного деятеля И.И.Шувалова (было которому тогда всего 28 лет) об основании университета в Москве и гимназии при нем.

В проекте было сказано, что Москва выбрана для университета по «великости своего народонаселения, по своему положению в сердце государства Российского. В средоточии народной жизни, под сенью древней святыни Кремля, наука глубже могла пустить корни свои в Русскую жизнь».

Занятия начались весной 1755 г. в доме у Воскресенских ворот, где ранее находилась Главная аптека, а позже правительственные учреждения и, в частности, золотые запасы России. Освобождая здание для университета, императрица распорядилась выделить обоз для вывоза золотых монет.

Итак — Московский университет учрежден. И почти сразу он совершил, можно без преувеличения сказать, подвиг — было свергнуто иго латинского языка. В 1767 г. императрица Екатери-

на II приказала М.М.Хераскову, тогдашнему директору университета, преподавать по-русски. Этот указ был с восторгом принят университетскими профессорами, которые не отрицали в целом латынь как язык мировой науки, но стремились преподавать на родном языке.

В 1756 г. при Московском университете на Моховой улице были открыты типография и книжная лавка, а затем и библиотека.

Во время войны 1812 г. здания Московского университета сгорели, погибли библиотека, архив, музей и почти все научное оборудование. Восстановление университета шло форсированными темпами. 1 сентября 1813 г. профессора и студенты приступили к занятиям.

По инициативе и при содействии университета во второй половине XIX — начале XX в. возникли известные московские музеи: Политехнический, Исторический, Зоологический, Антропологии, Изящных искусств; были открыты Ботанический сад и Зоологический сад (теперь Московский зоопарк).

Академия художеств первоначально зародилась как одна из структур университета.

Около 60 вузов ведут свое начало непосредственно от Московского университета. Сейчас это — Московская медицинская



Виктор Антонович Садовничий.

академия, Московский геолого-разведочный институт, Московский физико-технический институт, Московский институт международных отношений, Ульяновский университет и многие другие.

С университетом связана деятельность выдающихся русских мыслителей и ученых. Только в Москве более 260 улиц, площадей, музеев, научных учреждений и учебных заведений были названы в честь ученых, профессоров и воспитанников Москов-



Слева от Иверских (в разное время — Воскресенских, Неглименных, Львиных, Куретных) ворот видно здание бывшей Главной аптеки (с башенкой), где началась жизнь Московского университета. Фрагмент гравюры по рисунку Ж.Деламбарта. Конец XVIII в.



Главное здание университета, возведенное на Моховой по проекту М.Ф.Казакова из красного кирпича и белого камня. Слева — строения усадьбы Пашковых, где позднее по проекту Е.Д.Тюрина будет построен новый (аудиторный) университетский корпус. Акварель конца XVIII в.

ского университета. Их дела — достояние отечественной истории, гордость нашего народа.

В тяжелые военные годы многие преподаватели и сотрудники сражались на фронтах, около двух тысяч из них не вернулись. Сотрудники МГУ своими научными достижениями внесли значительный вклад в дело обороны страны и развитие ее экономики. Более 3 тыс. научных разработок по стратегическим оборонным направлениям было выполнено в МГУ за военное время.

Восстановление и дальнейшее развитие страны было невозможно без нового подъема университетского образования. На Ленинских горах за четыре года возводится огромный комплекс новых университетских зданий. 1 сентября 1953 г. в них начались учебные занятия. Лаборатории и аудитории были оснащены новейшим по тому времени оборудованием. Это была благодарность страны за огромный вклад ученых в дело Победы, дальновидный шаг государства.

Среди ученых, составивших гордость науки XX в., — А.Сахаров, М.Келдыш, А.Колмогоров, И.Петровский, Н.Боголюбов, Н.Вавилов, П.Капица, И.Курчатов, Л.Ландау, И.Тамм, А.Несмеянов, Н.Семенов и многие другие студенты и преподаватели МГУ.

В июне 1992 г. университет получил статус автономного высшего учебного заведения.

МГУ — крупнейший классический университет Российской Федерации. Он готовит студентов по 29 направлениям и 57 специальностям, аспирантов и докторантов по 168 научным специальностям, которые охватывают практически весь спектр современного университетского образования. В настоящее время в МГУ обучается более 40 тыс. студентов, аспирантов, докторантов, а также специалистов в системе повышения квалификации.

МГУ — ведущий научный центр страны, в составе которо-



Пожар в новом здании университета. Справа видна полуротонда Татьянинской церкви. Неизвестный гравер. Первая половина XIX в.

го сформировались крупные научные школы, работали и работают нобелевские лауреаты, лауреаты Ленинской премии, Государственных премий СССР и России. Из 18 лауреатов Нобелевской премии, наших соотечественников, 11 — выпускники или профессора Московского университета.

В структуре МГУ — 29 факультетов, 15 научно-исследовательских институтов, 4 музея, более 350 кафедр, Научный парк, Ботанический сад, Научная библиотека, имеющая фонд в 9 млн томов, издательство, типография, культурный центр, школа-интернат.

МГУ возглавляет Учебно-методическое объединение классических университетов России, Российский союз ректоров, Евразийскую ассоциацию университетов.

Сейчас перед Россией стоит задача создания конкурентоспособной высокотехнологичной экономики. А для этого нужно большое число специалистов, вооруженных фундаментальными знаниями — мате-

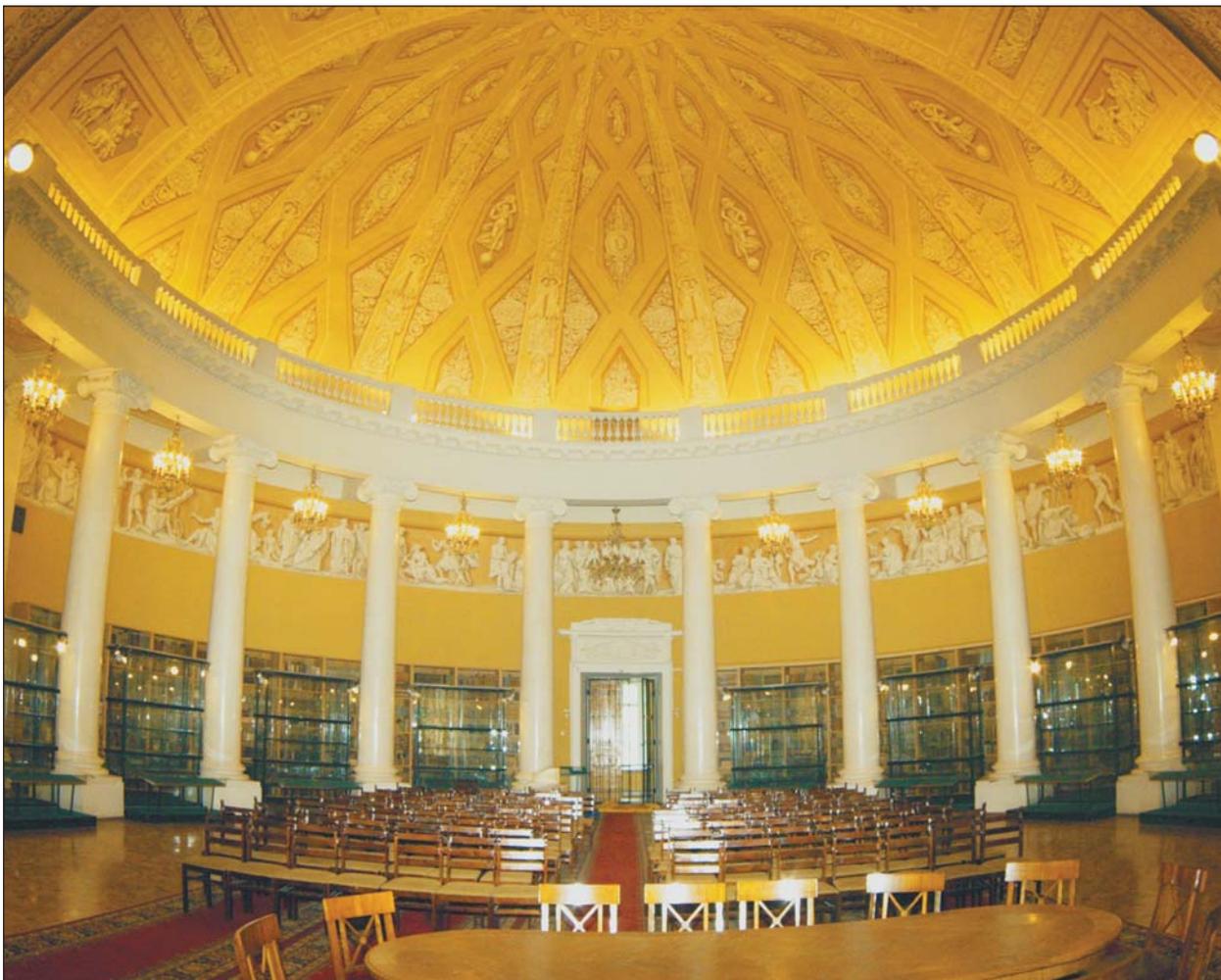
матикой, физикой, химией, биологией. Ведь недаром прагматичные Соединенные Штаты объявили национальным приоритетом повышение уровня математической и естественнонаучной подготовки как в общеобразовательной, так и высшей школе.

Отрадно, что такое понимание появляется и у российской молодежи. Сейчас конкурс на механико-математический, физический, химический, биологический и другие естественнонаучные факультеты достигает десяти человек на место.

Многое благодаря автономии Московский университет делает сам. Мы осуществили в 90-х годах целый ряд новых программ. Открыто 9 новых факультетов; за последние пять лет создано 47 кафедр и 22 научные лаборатории; введено более 200 новых учебных планов и учебных программ, начаты научные исследования по новым 30 междисциплинарным программам; создан высокопроизводительный вычислительный кластер, первый по мощности в образо-



Бывшее главное здание университета М.Ф.Казокова—Д.И.Жильярди (слева).  
Научная библиотека МГУ (справа). Современный вид.



Актовый зал в старом главном корпусе на Моховой.

вательных учреждениях России. И все это за счет заработанных преподавателями внебюджетных средств.

К слову сказать, Московский университет зарабатывает самостоятельно сумму, превышающую существующее бюджетное финансирование.

Я хочу специально подчеркнуть, что Московский университет — принципиальный сторонник сохранения бесплатного образования в России. Средства, которые мы зарабатываем на платных образовательных услугах, поступают в основном за счет второго и дополнительного образования, обучения иностранцев. Российские контрактные студенты составляют лишь 15% от общего числа студентов. Значительную часть своих внебюджетных средств университет зарабатывает прикладными научными исследованиями и разработками высоких технологий. В качестве примера могу привести создаваемый нами Институт новых углеродных материалов и технологий, который практически заложил основы новой отрасли промышленности. В нем уже сейчас работает около тысячи человек.

Другой пример — развитие оффшорного программирования. МГУ сотрудничает с крупнейшими зарубежными компаниями, разрабатывающими программное обеспечение.

Университет остается крупнейшим инновационным центром. Первый в стране Научный парк, трансформирующий научные достижения в высокие технологии, открылся в МГУ более 10 лет назад. Более двух тысяч ученых МГУ вовлечены там в инновационную деятельность.

Мы возрождаем старые университетские традиции. Ранее забытый день основания Московского университета — Татьянин день (25 января) стал сейчас общероссийским студенческим праздником. Восстановлен храм Святой Мученицы Татианы, ме-



Университет на Воробьевых горах.



Научный парк МГУ.

дицинский факультет, публичный лекторий. Возвращены и многие другие традиции.

Я глубоко убежден, что место России на будущей карте мира определяющим образом зависит от уровня ее образования и науки.

В конце 2001 г. Конгресс США подавляющим большинством голосов одобрил программу

«Ни один ребенок не забыт», выделив на широкомасштабную реформу образования 26,5 млрд долл. — на 4 млрд долл. больше, чем запрашивал Президент Буш.

Перед нами стоят те же вопросы. Мы убеждены, что вопросы стратегии развития Московского университета тесно связаны с развитием образования и науки в нашей стране. ■

---

# Татьянин день, Татьянин храм

А.А.Волков  
Москва

День рождения Московского университета — 12 января 1755 г. — пришелся на Татьянин день\*. Поэтому домовый университетский храм освящен во имя святой мученицы Татианы.

Университет обрел свою церковь почти одновременно с возведением первого постоянного учебного корпуса. В 1780-х годах по проекту гениального зодчего М.Казакова на Моховой началось строительство великолепного здания в стиле классицизма из кирпича и белого камня. К строительству Татьянинского храма, который образовал левый флигель университетского корпуса, был привлечен архитектор А.И.Клауди, он же и полностью ее расписывал.

Во время нашествия Наполеона Татьянинский храм сгорел вместе с основными зданиями университета.

Восстановлением главного университетского корпуса руководил знаменитый архитектор Д.И.Жиларди, а помогал ему молодой мастер Е.Д.Тюрин, будущий

строитель нового здания Татьянинской церкви.

В 1832 г. Николай I купил для университета усадьбу Пашковых на Моховой. Немедленно начались работы по строительству новых университетских корпусов под руководством архитектора Е.Д.Тюрина. В 1833—1836 гг. он перестроил главный учебный корпус (так называемое «новое здание» университета), левый флигель — в библиотеку, а театральный (правый) флигель — в университетскую церковь. Помимо внутренних перестроек, Тюрин заменил коринфскую колоннаду на стройную и более строгую дорическую и завершил широким аттиком изящную полуротонду, выходящую на Моховую улицу. Перед архитектором стояла сложная задача — создать единый архитектурный ансамбль, т.е. стилистически объединить свои постройки с главным корпусом Казакова—Жиларди. Справился он с ней превосходно. 12 (24) сентября 1837 г. митрополит Московский Филарет, позднее причисленный к лику святых, освятил домовую церковь университета в присутствии министра просвещения графа С.С.Уварова.

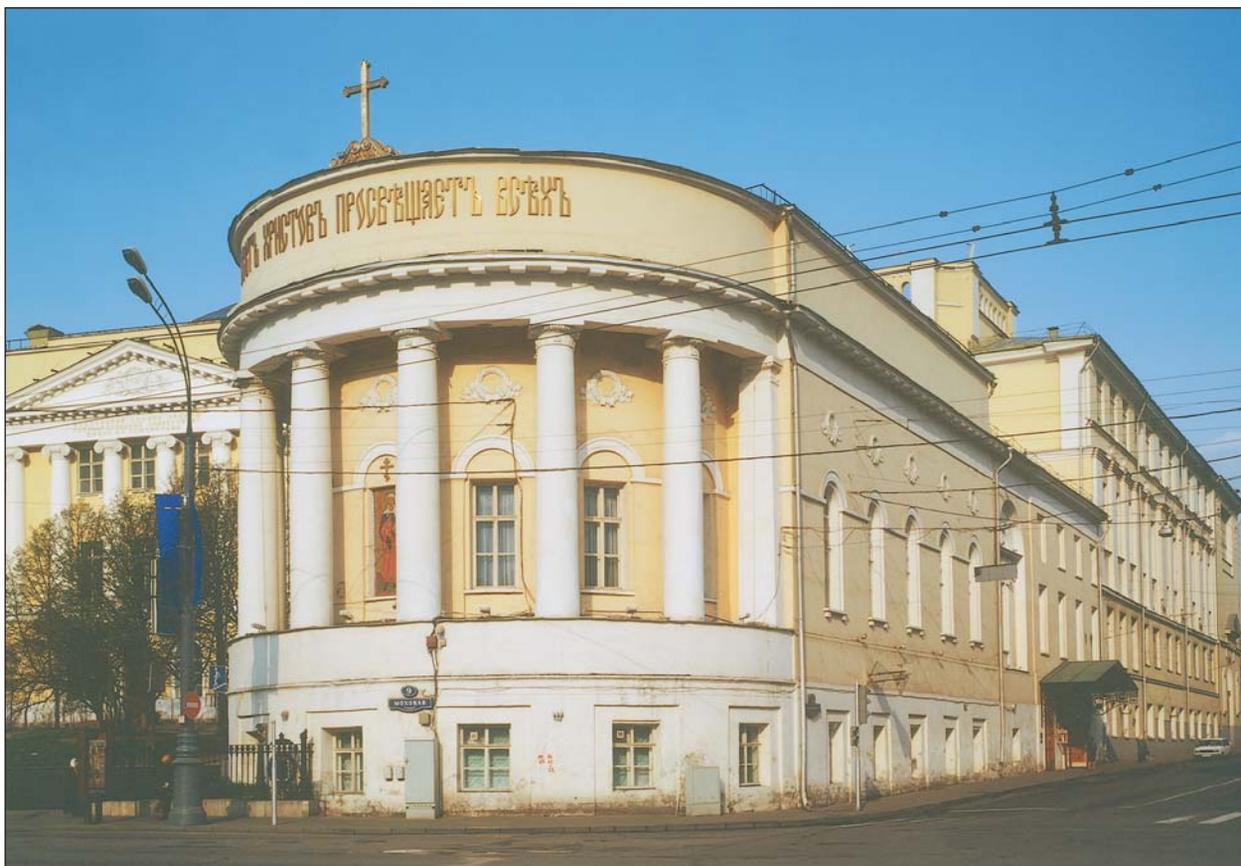
Интерьер новой церкви отличался таким же великолепием, как и убранство первого храма. Первоначально ее расписывал тот же А.И.Клауди. Невысокий трехъярусный иконостас завершался Распятием над Царскими вратами. По краям находились скульптурные изображения двух коленопреклоненных ангелов работы мастера И.П.Витали: справа от Распятия — Ангел Радости, слева — Ангел Скорби. Над Царскими вратами помещалась надпись «Приступите к Нему и просветитесь»; эти же слова были выбиты на «челе храма» — на фронте церкви.

Каждый год 12 января ст. ст. здесь торжественно служили молебен с акафистом святой мученице Татиане — небесной покровительнице Московского университета. После обедни все шло в актовый зал, где проходила официальная церемония, и потом уже начиналась студенческая вольница. Один из выпускников университета, литератор, выступавший под псевдонимом Дон-Аминадо, находясь в эмиграции, в 1928 г. написал стихотворные воспоминания о Татьянинном дне:

Потом приказ: «Будите спящих!  
Зажечь костры!» — И меж костров  
Ты видишь старых, настоящих,  
Твоих седых профессоров,  
Которых слушали вначале.  
Ты помнишь, как мы их качали,  
Как ватный вырвали рукав  
Из шубы доктора всех прав!

---

\* Обычно многовековые юбилеи в России отмечают, сопоставляя даты по новому стилю. Юбилей Московского университета отмечается в Татьянин день 12 января по старому стилю. В XIX в. — это 24 января, а в XX и XXI вв. — 25 января нового стиля. — *Примеч. ред.*



Татьянинская церковь сегодня. На фронте надпись: «Свет Христов просвещает всех».

Здесь и далее фото И.Ю.Палкина

Как хохотал старик Ключевский,  
Как влез на конный монумент  
Максим Максимыч Ковалевский —  
Уже толстяк, еще доцент.

Без домового храма не обходилось ни одно университетское торжество, ни одно событие в университетской жизни, будь то открытие лаборатории или новой учебной аудитории, научные чтения или посещения почетных гостей.

В Татьянин день 1877 г. духовенство университетской церкви осватило первый памятник М.В.Ломоносову работы С.И.Иванова, установленный перед аудиторным корпусом. Во время Великой Отечественной войны постамент памятника был поврежден осколками упавшей неподалеку фашистской фугасной бомбы. Тогда, в 1944 г., его поставили на парадную лестницу клуба



В Великий четверг.

МГУ, где он находится и по сей день. На его место установили сначала памятник работы скульптора С.Д.Меркурьева, изображавший молодого Ломоносова, а в 1957 г. — новый памятник (выполненный И.И.Козловским), который и стоит сейчас перед зданием факультета журналистики на Моховой.

В домовая церковь, как и в других православных храмах, проводили богослужения и совершали требы, только ее прихожанами были в основном преподаватели, студенты и служащие Московского университета. В Татьянинской церкви отпевали Н.В.Гоголя, Т.Н.Грановского, С.М.Соловьева, В.О.Ключевского, А.А.Фета.

Здесь венчали студентов и крестили детей преподавателей и служащих.

Так существовал храм святой Татианы до революции.

Одной из первых церквей, ликвидированных по инструкции Наркомпроса, была университетская. В мае 1919 г. П.А.Красиков, руководивший отделом культов при Наркомате юстиции, направил зам. наркома просвещения «красному профессору» М.Н.Покровскому запрос, почему не уничтожены «предметы и изречения, гипнотизирующие несознательные элементы и возмущающие сознательные». В ночь с 17 на 18 июля были удалены икона и надпись на фронте здания. Разрушение церкви снаружи продолжалось в течение трех ночей. 24 июля 1919 г. церковь разрушали уже изнутри. В алтарь были помещены предметы, признанные «имеющими историко-художественное значение», впоследствии переданные музейному отделу Наркомпроса.

В помещении церкви был устроен читальный зал. На фронте здания сделали новую надпись «Наука — Трудящимся», потом ее сняли. А в 1922 г., в пятую годовщину октябрьской революции, здесь был открыт клуб. Тогда-то из церкви увезли иконы вместе со всем имуществом

и сломали прекрасную коринфскую колоннаду иконостаса. Внутреннее пространство старинного здания также подверглось перестройке. Более четверти века здесь проводились комсомольские и партийные собрания, выступали Луначарский и Бухарин, а 4 ноября 1927 г. Маяковский прочитал только что законченную поэму «Хорошо».

В стенах клуба произошло много важных событий, связанных с университетской жизнью и историей. 27 ноября 1936 г. академик Н.Д.Зелинский, выступая здесь на сессии, посвященной 225-летию со дня рождения Ломоносова, предложил присвоить имя великого русского ученого Московскому университету. Его предложение было принято, и МГУ стал носить имя своего основателя. 17 марта 1948 г. именно здесь прошел митинг, посвященный строительству новых университетских зданий на Ленинских (ныне Воробьевых) горах.

13 декабря 1965 г. в стенах бывшего Татьянинского храма возникло Общество охраны памятников истории и культуры, в котором работали А.Ч.Козаржевский и М.Т.Белявский. Здесь же проходили и культурные вечера, на которых бывали Л.В.Собинов, В.И.Качалов. В фойе клуба в 50-х годах репетировал и играл Симфонический оркестр.

Наиболее значимое событие произошло 6 мая 1958 г., когда Александра Александровна Яблочкина торжественно разрешила ленту и открыла Студенческий театр. Первым руководителем Студенческого театра был молодой Ролан Быков. Спектакль по пьесе чешского писателя П.Когоута «Такая любовь», поставленный в те годы, стал событием в московской культурной жизни. В главной роли дебютировала студентка факультета журналистики Ия Савина. Здесь началась театральная карьера Аллы Демидовой. В 1960—1968 гг. руководителем Студен-

ческого театра стал впоследствии знаменитый кинорежиссер Сергей Юткевич.

Тогда, в хрущевскую «оттепель», этот театр действительно был отдушиной для творческой молодежи, и он подарил русской культуре немало выдающихся имен. Его популярность была так велика, что троллейбусная остановка на ул.Герцена называлась «Студенческий театр МГУ». О том, что осквернена церковь, тогда как-то не думали — не принято было, нельзя.

Позднее коммерческая лихорадка, волна пошлости не миновали Студенческий театр. Здесь прошла выставка дорогих породистых собак «Мастиф-93», входной билет на которую стоил сто долларов, что явно не было рассчитано на студентов. И вполне обоснованными представляются возникавшие опасения, что в уникальном историческом здании может незамет-

**Богослужение в праздничный день. На аналое — икона святой мученицы Татианы. Как повествуют «Жития святых», Татиана родилась в Древнем Риме от знатных родителей. Отец ее, трижды избиравшийся консулом, был тайным христианином и в этой вере воспитал свою дочь. Когда Татиана достигла совершеннолетия, она решила проводить жизнь свою в целомудрии и была поставлена диаконисой. Обязанности диаконисы состояли в посещении больных женщин и уходе за ними, в приготовлении женщин ко крещению. В то время, а дело происходило в 226 г., царствовал малолетний император Александр Север, и наместник, управлявший страной, начал гонения на христиан. Татиана была схвачена и подвергнута мучениям, после чего усечена мечом. Вместе с ней казнили и ее отца.**





Патриарх Алексий II обращается к собравшимся с напутствием. Все священнослужители на этом снимке — выпускники МГУ.

В пасхальную ночь.

но появиться элитный ночной клуб или что-нибудь в таком роде.

К счастью, этого не случилось. Идея возродить домовую церковь МГУ появилась внутри университета — она исходила не «сверху», но от преподавателей и студентов. После многих десятилетий атеистической пропаганды первый молебен с акафистом святой мученице Татиане прошел 25 января 1991 г. в помещении Студенческого театра на ул.Герцена. Его провел Патриарх Алексий II. Вероятно, это послужило дополнительным импульсом к действиям.

20 декабря 1993 г. Ученый совет МГУ принял решение «о восстановлении в прежнем виде архитектурного памятника на ул.Герцена, д.1, о воссоздании в этом здании православной домовой церкви Московского университета и размещении в других помещениях этого здания музейных экспозиций МГУ». Настоятелем Татянинской церкви был назначен священник Максим Козлов (до начала своей духовной карьеры окончивший классическое отделение филологического факультета МГУ).



27 апреля 1994 г. Патриарх Алексий II учредил здесь Патриаршее подворье.

Однако Студенческий театр отказывался покинуть «дом на Моховой». Противостояние продолжалось несколько месяцев.

24 января 1995 г. в домовом университетском храме состоялось первое Всенощное бдение, незабываемое для всех, кто на нем присутствовал. А на следующее утро, 25 января 1995 г.,

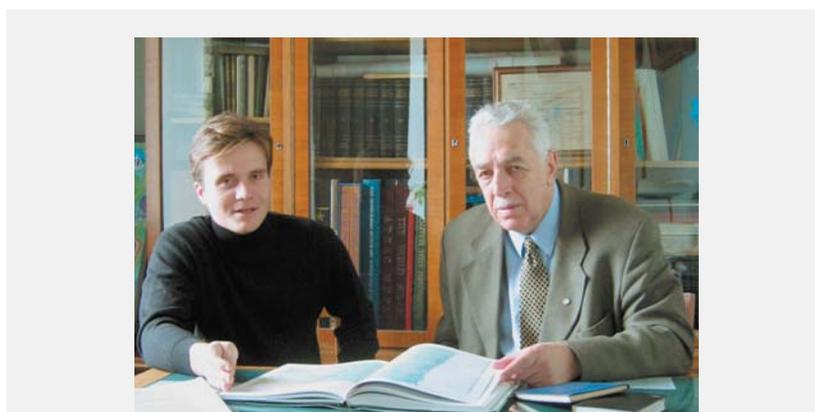
праздничный молебен — в присутствии ректора МГУ В.А.Садовниченко — совершил Патриарх Алексий II, который обратился к собравшимся с напутствием: *«Роль Московского государственного университета сегодня так же велика, как и в прежние годы. Сегодня закладывается будущее нашего Отечества, и от усилий каждого из нас зависит, какой станет Россия...»* ■

# Атлас нового типа, или МГУ на компакт-диске

А.М.Берлянт, А.Ю.Вилков

К 250-летию Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова и к 50-летию открытия комплекса МГУ на Воробьевых горах, который отпраздновали в 2003 г., был создан компакт-диск, представляющий собой атлас нового типа. На «обложке» этого небольшого диска — фрагмент карты начала XIX в. с изображением нынешнего университетского района столицы, приглашает желающих совершить путешествие по МГУ, пройти по его территории и заглянуть внутрь зданий [1]. Но прежде чем перелистать его страницы, вспомним атласы, привычные каждому.

Сосредотачивая в себе огромный, хорошо обработанный и систематизированный свод знаний об окружающем мире, они охватывают всю планету, материки и океаны, страны, крупные регионы, области, города и городские районы. Капитальные, часто многотомные фолианты с сотнями карт, космическими снимками и диаграммами, подробными указателями и справочными таблицами едва умещаются на столе. Рядом с ними скромно смотрятся тонкие школьные наборы карт, карманные атласы для туристов, рыболовов, автолюбителей. Но



*Александр Михайлович Берлянт (справа), доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой картографии и геоинформатики Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова, заслуженный деятель науки Российской Федерации. Область научных интересов — картография, геоинформатика, теория геоизображений.*

*Алексей Юрьевич Вилков, аспирант той же кафедры, специалист в области геоинформатики, лауреат премии им.К.А.Салищева (2003 г.).*

в любом случае — это не просто набор листов под общим переплетом, а целостная система взаимосвязанных и дополняющих друг друга карт, выполненных по единой программе. Выдающийся географ Н.Н.Баранский образно заметил, что атлас

относится к отдельной карте примерно так, как опера — к отдельной музыкальной пьесе.

Считают, что первый атлас был составлен античным математиком и картографом Клавдием Птолемеем во II в. Он включал карту ойкумены — всего из



Топографическая карта Воробьевых гор, 1818 г.

вестного грекам и римлянам мира — и 26 карт отдельных частей Европы, Африки, Ближнего Востока и Южной Азии. В эпоху Возрождения атлас Птолемея перевели на латинский язык и переиздали более 30 раз с дополнениями и уточнениями.

Но само название «атлас» (от имени легендарного мавританского царя Атласа — покровителя наук, философа и картографа) появилось много позже. Его ввел в научный оборот великий фламандец Герард Меркатор (1512—1594), которого еще при жизни называли королем картографов. Слово «атлас» впервые появилось на титуле его собрания карт мира и европейских стран. С тех пор название прочно закрепилось в науке, причем не только в картографии. Существуют, например, атласы растений, животных, облаков и анатомические атласы. В средневековой России атласы называли «розмерными» или «чертежными книгами». До наших дней сохранилась знаменитая «Чертежная книга Сибири» — первый российский атлас, составленный в 1701 г. С.У.Ремезовым — картографом, жившим и умершим в Тобольске.

## Атласное картографирование в МГУ

Создание атласов — одно из значительных направлений исследований в университете. И это не случайно. Такого рода работа, в которой участвуют не только географы, но и другие специалисты (геологи, биологи, почвоведы и др.), служит основой для реального взаимодействия и интеграции, организации совместных экспедиций, согласования научных позиций, формирования общих исследовательских подходов. Расцвет атласного картографирования в университете пришелся на 60—70-е годы XX в., когда эти работы возглавили выдающиеся картографы К.А.Салищев и И.П.Заруцкая [2].

Была создана целая серия региональных атласов: Иркутской обл. (1962), Кустанайской обл. (1963), Целинного края (1964), двухтомные атласы Тюменской обл. (1971, 1976) и Алтайского края (1978, 1980). Эти научно-справочные издания обобщили самые последние в то время достижения в области познания природы, населения, хозяйства.

В наши дни атласное картографирование получило новое дыхание в связи с обращением к экологической тематике. На географическом факультете МГУ создан первый в стране «Экологический атлас России», содержащий свыше 70 карт территории всей страны в масштабах 1:20 000 000 и 1:30 000 000 и карты отдельных регионов более крупных масштабов.

По существу, традиционные атласы — это геоинформационные системы (ГИС) докомпьютерной эпохи. Принципы сбора данных, их хранения, преобразования и картографического отображения, реализованные в атласах, сегодня воплощены в ГИС, а электронные версии атласов стали во многих странах сердцевинной национальных и региональных геоинформационных систем. В настоящее время картографическая служба России работает над созданием первого в стране 4-томного Национального атласа, который наряду с «бумажной» будет включать и ГИС-версию. В этой важной и престижной работе участвуют и университетские картографы.

## Картографирование университетских кампусов

МГУ — это не только признанный в России и мире крупный центр научной картографии; не так давно он, как и другие университетские кампусы, сам стал объектом атласного картографирования с использованием электронных технологий и возможностей Интернета. Действительно, университеты разных стран стремятся представить подробную информацию о своем учебном заведении в наиболее привлекательной, часто рекламной форме, поскольку такие сведения нужны абитуриентам, многочисленным гостям и экскурсантам. «Выдавать» ее лучше всего, используя новые компьютерные

технологии, в частности, виртуальное моделирование и мультимедиа. Практически каждый университет имеет в Интернете свой сайт, и около 85% из них содержат картографические материалы об университетских архитектурных комплексах (из них примерно три четверти — зарубежные).

Интернет-ресурсы отличаются разнообразием, их создатели стараются снабдить карты многими функциональными возможностями, применить современные визуальные эффекты. Широко представлены трехмерные изображения, анимационные последовательности, видео- и аудиоклипы, создаются виртуальные экскурсии. Такие сайты рассчитаны на пользователей, работающих в сетях с хорошей пропускной способностью (порядка 1 Мбит/с и больше), но зачастую разработки ориентированы и на читателей, располагающих ограниченными возможностями доступа к сети.

Карты университетских кампусов разнообразны по содержанию — это здания (иногда в трехмерном изображении), элементы инфраструктуры, спортивные сооружения, рекреационные зоны, коммуникации, транспорт, водные объекты и т.д. В ряде случаев вначале приводится схема всего города, где расположен университет, а при увеличении масштаба становятся видны планировка территории, отдельные здания и другие детали. Таковы сайты Варшавского, Вашингтонского, Гарвардского университетов. Карты, как правило, красочно оформлены, на них используют тени и пластические способы изображения, которые могут быть пассивными или активными; позволяют получать текстовые справки, приближаться к объектам, вызывать их фотографии в различных ракурсах и т.д.

Наиболее удачны по реализации сайты университетов Великобритании — Оксфордского и Эдинбургского. На них каждое университетское здание можно

«вызывать» в отдельном окне, получать разнообразные сведения, выполнять масштабирование всей карты или отдельных участков территории, перемещаться по ней, вызывая дополнительную информацию, запускать аудио- и видеоклипы и т.д. При большой функциональной насыщенности такие сайты приобретают черты геоинформационной системы.

Большими интерактивными возможностями обладает карта Массачусетского технологического института (США), сочетающая растровые и векторные данные. На этом сайте можно формировать перекликающиеся многоуровневые запросы, касающиеся разной тематики: например, таких технических сюжетов, как беспроводный доступ в Интернет, или чисто бытовых — размещение пунктов медицинского обслуживания, блоков питания и т.п.

Хороший образец применения мультимедийных технологий — сайт корейского университета г.Енсеи, на котором представлена карта, созданная в векторном формате с использованием перспективного рисунка. Это обеспечивает ряд функциональных возможностей работы с ней (масштабирование, обращение к базам данных и др.) и не требует при этом отдельного программного кода. Скорость передачи изображения заведомо выше, чем у растровых аналогов. Сайт позволяет вызывать более 100 фотографий изображенных на карте зданий, памятников, элементов инфраструктуры. Тот же принцип использован на сайте Массачусетского технологического института с той лишь разницей, что в качестве основы взята фотокарта, т.е. векторное картографическое изображение совмещено с аэрофотопланом, который получен по снимку, сделанному с высоты 5000 м собственной аэрогеодезической службой института.

Вообще же аэро- и космические снимки на сайтах приводят

нечасто, хотя известно, что ряд крупных университетов, например, Уханьский университет геодезии и картографии в Китае, располагает аэроснимками и фотопланом большой детальности, и территория на них хорошо узнаваема.

В последнее время на сайтах зарубежных университетов все чаще применяют виртуальные модели. Таковы, например, Университеты Линкольна в США и Великобритании, а также Вестминстерский университет. Изображения показывают внешний вид зданий и интерьеры, их можно поворачивать на 360°, приближаться или удаляться от них. Возможна даже виртуальная прогулка по территории кампуса и т.п. А разработчики сайта Университета Корнелл (США) пошли еще дальше. Помимо активных, неактивных карт и виртуальных экскурсий по территории кампуса и внутри зданий представлены еще и панорамные трехмерные изображения многих экспонатов музея, библиотеки, созданы детальные виртуальные туры по садам и паркам университета и т.д.

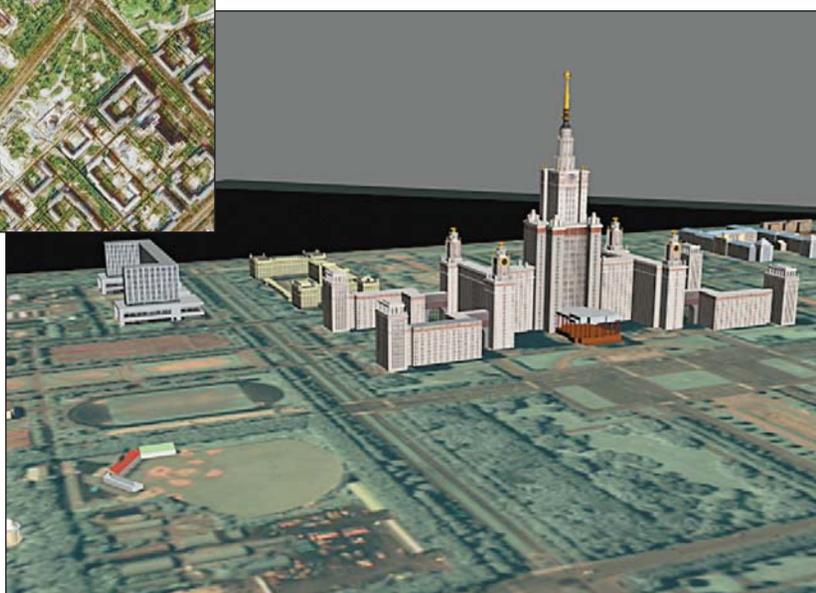
## Виртуальная прогулка по МГУ

Первая попытка проектирования электронного атласа Московского университета предпринята в 1996 г. [3, 4], когда была составлена достаточно разнообразная по тематике серия, включавшая более 15 тематических электронных карт в масштабе 1:10 000. В нее вошли: карта размещения зданий и сооружений на территории Воробьевых гор с указанием их функционального назначения, карты транспорта, наружных сетей водопровода и канализации, телекоммуникаций, учреждений обслуживания, серия карт ландшафтно-экологической характеристики территории. Были составлены также карты ботанического сада и метеостанции МГУ.



Космический снимок МГУ на Воробьевых горах и его окрестностей.

Макет МГУ.



В связи со знаменательными датами — уже упомянутым 50-летием с момента открытия университетского комплекса на Воробьевых горах и 250-летием основания Московского университета — эта серия была уточнена, обновлена и пополнена [5, 6].

Поскольку назначение атласа в основном научно-популярное, структура его достаточно проста. Во введении кроме Указов императрицы Елизаветы об основании университета и Президента В.В.Путина о праздновании 250-летия Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова приведены некоторые общие сведения и старые карты.

Основные разделы содержат картографическую информацию о природных условиях (рельефе, растительности, рекреации, солнечной освещенности территории, мощности насыпного грунта); застройке территории (сооружениях различного назначения и разного времени); дорожно-транспортной сети; коммуникациях; экологической обстановке (микроклимате, концентрации углеводородов в воздухе, выбросах авто-

транспорта, акустическом загрязнении, содержании свинца в почве, состоянии зеленых насаждений, кроме того сюда помещены сведения о ботаническом саде и метеостанции); памятниках, мемориалах и учреждениях культуры на территории. Особое место занимают планы этажей и экспозиций уникального университетского Музея землеведения.

Каждый раздел помимо карт включает фотографии (всево в атласе их около 200), пояснительные тексты, справочные сведения, всплывающие подсказки. Во вводном разделе атласа помещены два аэрофотоснимка (один сделан весной 1992 г., высота съемки 2800 м, фокусное расстояние камеры

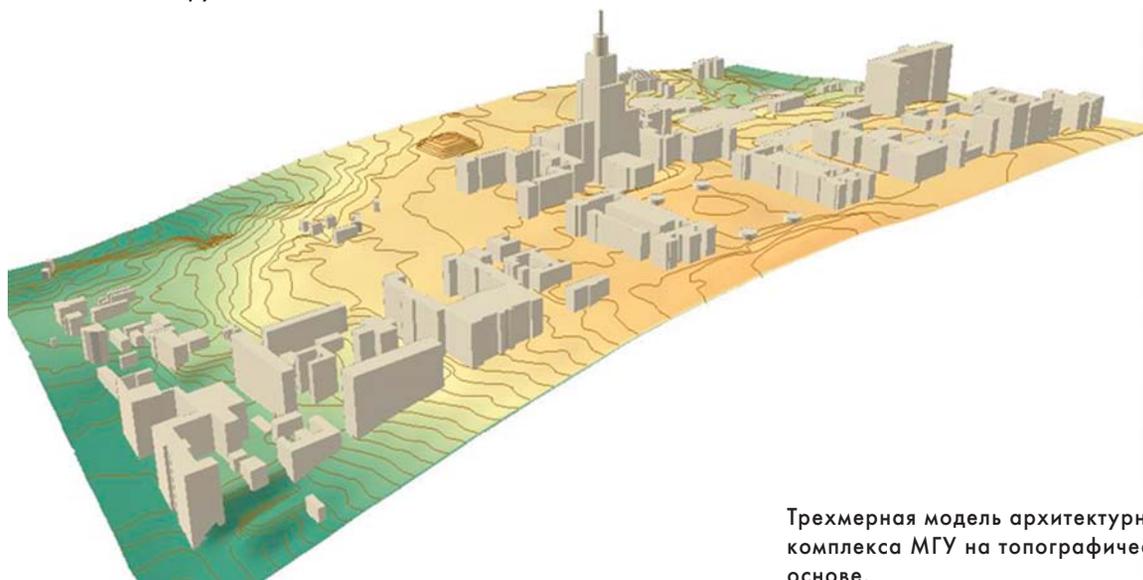
350 мм, второй — весной 1997 г., с высоты 4000 м) и два космических снимка (один — со спутника «Комета», камерой КВР-1000, время съемки 1998 г., высота 200 км, второй — со спутника «Terra», сенсором «Aster», высота съемки 700 км, время — весна 2001 г.), на которых представлены архитектурный комплекс МГУ и часть прилегающей территории (стадион «Лужники», цирк, здание метро «Университет» и др.).

Интерфейс атласа и его структура организованы так, что карты можно вызвать непосредственно из оглавления, из корневой страницы, либо из соответствующих разделов. В последнем случае возможен просмотр фотографий объектов

## ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ



Карта «Здания и сооружения».



Трехмерная модель архитектурного комплекса МГУ на топографической основе.

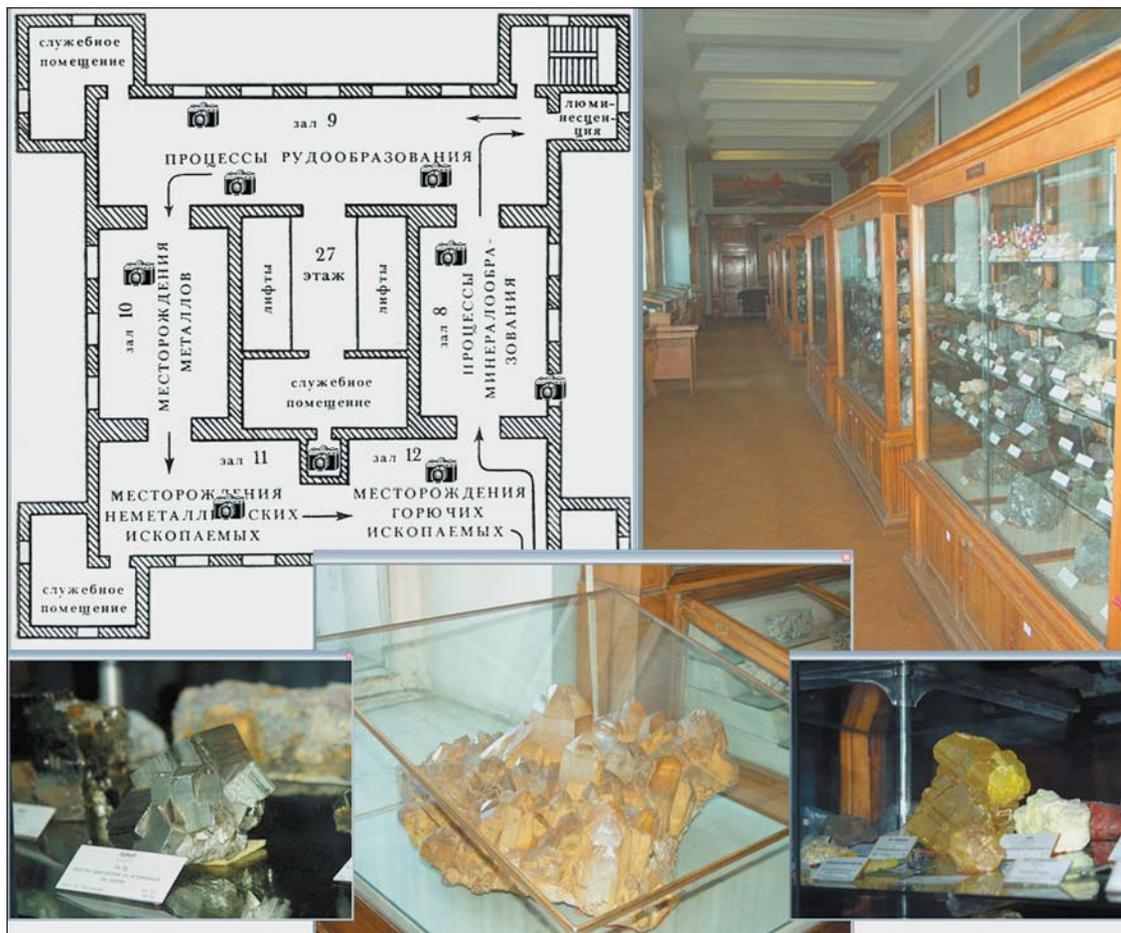
(зданий, спортивных сооружений, памятников и др.).

Тот же принцип использован и на планах этажей Музея землеведения. При нажатии на маленькие значки фотоаппарата, находящиеся в разных участках планов, появляются фотографии настенных экспозиций

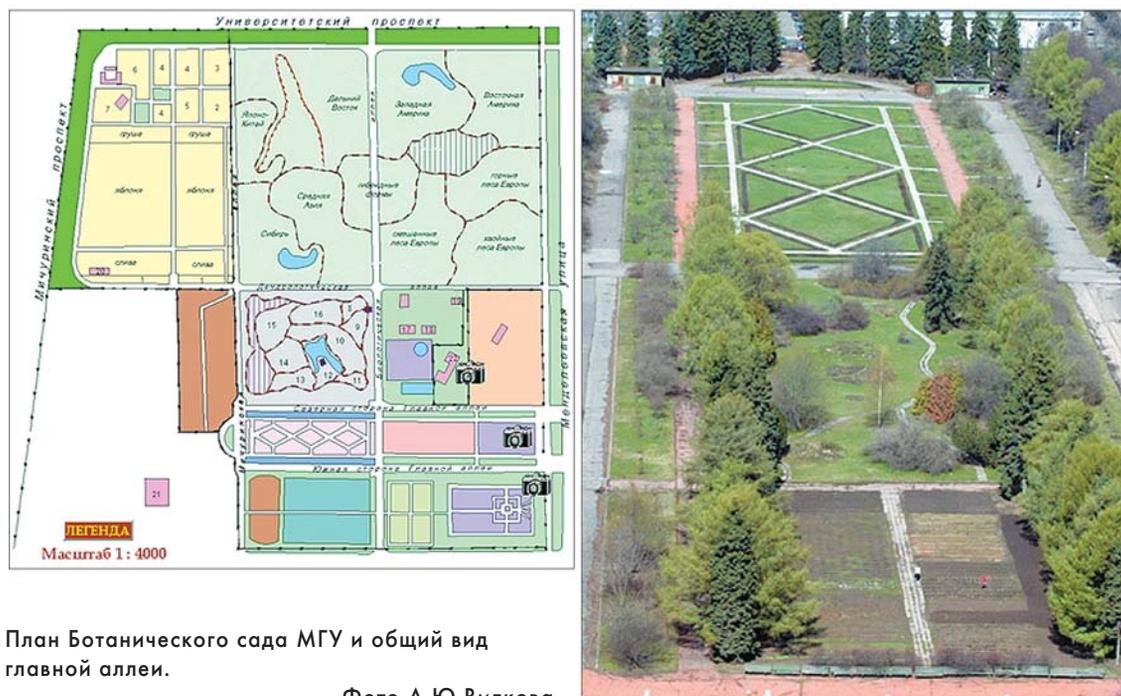
и экспонатов музея: цветных карт, минералов, чучел животных, глобуса и т.п.

Составление мультимедийного атласа Московского университета выполнено с использованием пакета программ ArcGIS 8.2. Это семейство программных продуктов, составля-

ющих полностью укомплектованную интегрированную ГИС, которая обеспечивает создание, объединение, структурирование и анализ пространственных данных [4]. ArcGIS 8.2. состоит из трех интегрированных корневых приложений. Для углубленного анализа данных к ним



Музей земледования. План 27-го этажа и фотографии экспозиции — фрагменты виртуальной экскурсии.



План Ботанического сада МГУ и общий вид главной аллеи.

Фото А.Ю.Вилкова

подключаются дополнительные модули: ArcGIS Spatial Analyst, ArcGIS 3D Analyst, ArcGIS Geostatistical Analyst и др.

Кроме пакета ArcGIS, для составления и оформления атласа потребовалось привлечь обширный комплекс других программных средств, которые обеспечили формирование структуры атласа и интерфейс (MultiMedia Builder 4.8), позволили создать графические элементы интерфейса (Adobe Photoshop 7.0 и Adobe ImageStyler 1), изготовить шрифты (FontMaster 1.0), записать и обработать звуковое сопровождение (Sound Forge 6.0), придать анимационное вращение надписям (Ulead Cool 3D 3.0) и др.

Вводный раздел атласа кроме уже упомянутых изображений включает топографическую карту территории Воробьевых гор 1818 г., современную карту зданий и сооружений, фотографии первого здания МГУ в Москве и здания на Моховой улице, три фотографии периода строительства комплекса МГУ на Воробьевых горах, две современные фотографии — одна с высоты птичьего полета, вторая — панорамная с видом на Москву с 13-го этажа главного здания МГУ, а в правой части экрана приведена краткая историческая справка о Московском университете. Здесь помещены старые карты и фотографии, запечатлевшие этапы строительства, митинг, посвященный открытию новых зданий и др. Все изображения можно посмотреть в увеличенном виде в отдельном окне.

Основная карта атласа — «Здания и сооружения». На ней цветом показаны функциональные типы зданий: учебные, жилые, научно-исследовательские корпуса, спортивные сооружения, объекты общепита и коммунальные объекты, университетское издательство, памятники, а также ботанический сад, парки и газоны, фонтаны и водоемы. Все объекты имеют подписи, а при наведении курсора



Макет строящегося здания новой библиотеки МГУ при вечернем освещении и панорама строительства (лето 2004 г.) на фотографии А.Ю.Вилкова.

появляются всплывающая текстовая и голосовая подсказки. Щелчок на объекте позволяет вызвать его фотографию, например, общий вид здания, памятника, аллеи, газона ботанического сада. Имеется возможность совершить виртуальные экскурсии по территории, осмотреть все памятники, здания, пройтись по аллеям.

Трехмерная модель зданий Московского университета размещена на топографической поверхности, которая тоже представлена в объемном виде с послойной гипсометрической окраской. Это дает единое наглядное представление об архитектурном комплексе; кроме того, модель можно использовать для решения задач планировки, расчета солнечной освещенности зданий и территории, оценки акустического загрязнения и т.п.

Самостоятельный интерес представляет раздел атласа, посвященный Музею землеведения, расположенному на 24—

32-м этажах главного здания МГУ. На титульном листе раздела приводятся краткая историческая справка о нем и схемы его этажей. Отсюда можно перейти к плану любого из них, ознакомиться с тематикой экспозиций, размещением служебных помещений, лифтов и лестниц. Каждый план сопровождается фотографиями фрагментов музейных выставок (стенды, карты, макеты и картины, коллекции минералов, чучела животных и т.п.). Фотографии можно вызвать на экран, щелкнув на миниатюрный значок фотоаппарата, помещенный на плане. Таким образом, удастся совершить небольшую виртуальную экскурсию по залам музея, остановиться возле наиболее интересных экспонатов.

\* \* \*

Повсеместное распространение Интернета и компьютерных технологий стимулирует развитие нового направления крупномасштабного картогра-



# Факультет биоинженерии и биоинформатики

В.И.Муронец,

*доктор биологических наук*

*Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова*

У всех нас подрастают дети, племянники, внуки и даже правнуки. Наступает время, когда нужно решать, где учиться дальше. Если подготовка хорошая, то в соответствии с предпочтениями и способностями наших детей лучше всего выбрать Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова. Эта старейшая высшая школа, включающая сегодня 29 факультетов, — несомненный лидер среди российских и зарубежных университетов. И хотя место в мировых рейтингах у МГУ периодически меняется — от 3-го до 112-го (ведь подсчет — дело тонкое и часто весьма конъюнктурное), — марка МГУ высоко котируется у нас в стране и за рубежом. Во многих американских и европейских научно-исследовательских лабораториях (и в университетах, и в коммерческих компаниях) легко встретить выпускников МГУ на всех постах — от лаборантов до топ-менеджеров. Следовательно, выпускник МГУ будет чувствовать себя хорошо даже вдали от России. Так что если способностей хватает, то нацеливаться надо на МГУ, тем более что теперь можно выбрать факультет практически по любой специальности.

За последнее десятилетие открытие новых факультетов в МГУ стало хорошей традицией. Ректор МГУ В.А.Садовничий почти каждый год сообщает о появлении нового факультета — как правило, небольшого, но необходимого для развития университета в целом. Сегодня в Московском университете учатся и интересующиеся медициной (возродился медицинский факультет, отделившийся от университета в 20-е годы) и искусством (факультет изящных искусств). Талантливые ребята могут получить образование в любой области естественных и гуманитарных наук.

Конечно, формирование нового факультета — дело очень хлопотное: нужно найти руководителей и преподавателей, аудиторные и лабораторные помещения, а также провести большую организационно-методическую работу по составлению программ и лицензированию деятельности. Наверное, проще было бы создать новые кафедры в составе уже имеющих огромных факультетов, тем более что размеры некоторых «древних» кафедр гораздо больше, чем размеры молодых факультетов.

Безусловно, проще, но лучше ли? Ведь именно для нового факультета легче составлять абсолютно новую программу обуче-

ния, отбирать нужный контингент студентов и формировать оптимальный коллектив преподавателей. В рамках сложившихся факультетов все это значительно сложнее. Кроме того появление новой, часто «модной» кафедры, да еще и возглавляемой известным ученым, — большая проблема для факультета: все лучшие студенты будут стремиться попасть именно на нее. Значит, политика создания новых небольших факультетов абсолютно оправдана — свежие побеги на мощном, хорошо укоренившемся дереве МГУ приносят пользу и традиционным факультетам, «омолаживая» их, и позволяют быстро развиваться вновь созданным. Такой эффект хорошо знаком любому садоводу — привитые в крону зрелого дерева веточки дают плоды через пару лет, а саженец начинает плодоносить к 10 годам.

## Уникальный факультет

Факультет биоинженерии и биоинформатики — один из самых молодых, ему всего три года. С его рождением появилась новая специальность и получена лицензия на обучение. Специальность называется «биоинженерия и биоинформатика». Еще ни в одном вузе страны нет такой специализации — она введе-

на в порядке эксперимента. Но через пять лет после выпуска первого набора биоинженеров и биоинформатиков появится возможность открывать подобные факультеты в других вузах или обучать такой специальности на уже имеющихся. Куррировать этот процесс будет отделение «Биоинженерии и биоинформатики», созданное на базе нашего факультета при учебно-методической комиссии по классическому университетскому образованию. Можно много спорить о том, насколько точно название специальности отражает ее суть, но важна именно суть. Она заключается в получении комплексов знаний в области современной биологии, которую многие называют наукой XXI в. Наши студенты обретут глубокие знания в области биологии, математики, химии и физики, а на их основе — в информатике, физико-химической биологии, биохимии, а также биоинформатике, биоинженерии и биотехнологии.

Если представления о биоинформатике более или менее устоялись, то в понятие биоинженерии вкладывается очень разный смысл. Некоторые считают ее конструированием приборов и оборудования для биотехнологических и биологических исследований. На самом деле биоинженерия — это конструирование биологических объектов разной сложности — от простейших белков или ферментов до целых организмов. На данном этапе развития науки решение таких задач вполне реально, но еще большие перспективы открываются в будущем. Именно тогда и перекроются два направления: *биоинформатика*, позволяющая анализировать биологические объекты и моделировать их с помощью компьютерных технологий; и *биоинженерия*, создающая новые биологические объекты. По существу, надо дать студентам знания, которые помогут им в поиске подходов и технологий, пока еще не только не разрабо-

танных, но даже не сформулированных. Прочное базовое и достаточно разностороннее образование в сочетании со способностью к творческому мышлению и навыками экспериментального мастерства позволит студентами работать в любой области современной биологии.

### Кто будет учить студентов?

Можно писать замечательные программы, строить новые аудиторные здания и закупать самое современное оборудование, но класс подготовки все равно определяют учителя. Наша основная учебная база — Научно-исследовательский институт физико-химической биологии им. А.Н.Белозерского Московского государственного университета. Более 300 научных сотрудников этого института трудятся в разных областях биологии на самом современном уровне, а также преподают на биологическом, химическом и физическом факультетах МГУ, а также в ряде зарубежных университетов. В институте работают три академика РАН, академики РАМН и члены-корреспонденты РАН, десятки профессоров и докторов наук. О жизнеспособности института свидетельствует и большое количество молодежи.

Наука в институте поддерживается отечественными грантами РФФИ, а также зарубежными (ИНТАС, СДРФ, Говард Хьюз, Людвиговский раковый центр, НАТО). В последние годы (за счет денег, выделенных МГУ для закупки нового оборудования) удалось обновить приборный парк и купить уникальное оборудование: конфокальный микроскоп (симбиоз лазера и флуоресцентного микроскопа), проточный цитометр, супервычислитель и многое другое. Сегодня техническая оснащенность института позволяет, как ни странно, проводить сложные уни-

кальные эксперименты для зарубежных коллег. Все это богатство, конечно же, использовалось и раньше для подготовки студентов и аспирантов многих факультетов МГУ, но сейчас основные усилия будут направлены для обучения биоинформатиков и биоинженеров. На двух первых курсах основам биоинформатики студентов обучают сотрудники факультета и института профессора А.А.Миронов, М.С.Гельфанд, кандидаты наук А.В.Алексеевский, С.А.Спирин, А.Б.Рахманинова, П.С.Новичков и др., а остальным предметам — преподаватели разных факультетов МГУ. Но уже с 6-го семестра ряд курсов начинают вести сотрудники нашего института, участие которых по мере углубления в специальные предметы будет увеличиваться. Важнейшая задача — научить студентов заниматься полноценной научной работой.

### Большой практикум

На биологическом факультете МГУ на каждой кафедре существует малый практикум для студентов других кафедр и Большой практикум — для студентов данной кафедры. Практикум этот важен чрезвычайно — недаром его даже пишут с заглавной буквы. Наш декан академик В.П.Скулачев и многие другие сотрудники института — выпускники кафедры биохимии биофака, которая всегда славилась своим Большим практикумом, организованным много лет назад академиком С.Е.Севериным. Особенность этого практикума — индивидуальное обучение каждого студента, выполнение им определенной, пусть небольшой, но научной работы и очень интенсивный режим: несколько месяцев ежедневного труда (1—1.5 месяца летней практики, 1 месяц осенних ежедневных занятий и еще несколько дней в неделю занятий в двух семестрах). Такое обучение ремеслу — прекрасная биохими-



Группа студентов первого курса факультета биоинформатики и биоинженерии. В первом ряду справа налево: декан факультета В.П.Скулачев, ректор МГУ В.А.Садовничий и П.В.Вржещ. 2002 г.

ческая школа, позволяющая дипломникам и аспирантам самостоятельно и эффективно работать в любой биохимической лаборатории, не отвлекаясь на обучение различным методикам. Был в этом практикуме один недостаток — отсутствие методик молекулярной биологии, работы с нуклеиновыми кислотами. Сейчас эти разделы вводятся наряду с новыми направлениями биохимии.

Цель Большого практикума на факультете биоинженерии и биоинформатики — привить студентам биохимическую культуру (на том уровне, который получают студенты-биохимики биофака), научить современным методам молекулярной биологии и генетической инженерии. Сделать это непросто (прежде всего из-за недостатка времени), но мы попытаемся решить поставленные задачи. По-

могут нам сотрудники Института физико-химической биологии, которые в течение многих лет вели Большие практикумы на кафедре биохимии, вирусологии, молекулярной биологии. А лабораторные помещения, оснащенные современным оборудованием, на новом факультете уже есть. Здоровая конкуренция между преподавателями, специализирующимися в разных областях современной биологии, уже сейчас приводит к более интенсивному обучению наших студентов по сравнению с традиционными факультетами.

## Тьюторы

Еще одна особенность факультета — прикрепление к каждому студенту своеобразного наставника, которого назвали заграничным словом «тьютор».

Сначала мы думали, что тьютор будет заботиться о студенте с первого курса и до защиты диплома, помогать ему в выборе тем для курсовых и дипломных работ. Однако потом пришли к более правильной концепции — тьютор это не нянька, а научный руководитель. За пять лет обучения каждый студент должен выполнить три курсовые (начиная со второго семестра) и одну дипломную работу. Научный руководитель курсовых и дипломной работы и будет таким персональным наставником. Можно каждый раз переходить от одного тьютора к другому (мы рекомендуем делать именно так, поскольку это расширяет кругозор студента). Однако если студент и тьютор сразу подошли друг другу, то удачную пару можно и не разбивать. Опыт показал, что около половины студентов ос-

тались выполнять вторую курсовую работу в той же лаборатории, где делали первую.

Мы решили, что курсовые работы должны быть разные — по биоинформатике и экспериментальные, а физико-химической биологии, а тьютора можно и не менять. Важно, что студент может самостоятельно выбрать и тему работы, и научного руководителя. Сотрудники и преподаватели (потенциальные тьюторы) выставляют темы работ на сайте факультета, в течение месяца студенты и наставники приглядываются друг к другу, а затем начинается годовая курсовая работа. Студенты защищают курсовые работы на специальной студенческой конференции, где делают устный доклад или представляют стенд с описанием своей работы. Такая штучная подготовка молодых ребят не просто преподавателями, а учеными, интенсивно и плодотворно работающими в различных областях современной биологии, позволяет очень рано вовлечь их в научную работу.

На факультете, кроме биологов, очень сильные группы сотрудников с исходным химическим и математическим образованием, причем каждая из этих групп пытается усилить обучение по своему любимому направлению. Ограничивает интенсивность обучения только сетка часов, но в свободное (пусть и очень небольшое время) студенты могут получить дополнительное образование на факультативных курсах, в лабораториях тьюторов или самостоятельно в двух больших компьютерных классах, подключенных к интернету и снабженных всеми необходимыми для работы программами.

## Кого будет готовить факультет?

В одном из первых интервью декан факультета В.П.Скулачев сформулировал нашу задачу как

подготовку нобелевских лауреатов в области биологии. Весьма смелое, на первый взгляд, заявление, на самом деле достаточно реальное. Очевидно, что многие важнейшие открытия нового века будут в области биологии и смежных дисциплин (медицины, биотехнологии, нанотехнологий и др.), в которых и будут работать выпускники факультета. Есть ли у них шанс сделать такие открытия? Безусловно, есть! Для этого надо отобрать наиболее одаренных ребят, привить им любовь к науке, дать хорошие знания и научить исследовательской работе. Все это — наша задача. Поиск одаренных ребят мы начали со школы, в которых наши сотрудники уже ведут биологические кружки и даже проводят на базе факультета практикум на самом современном уровне.

К сожалению, без ответа остается вопрос, смогут ли наши выпускники работать в России. Конечно, можно успокаивать себя мыслью, что открытия интернациональны, но хотелось бы, чтобы они принесли пользу не только всему человечеству, но и нашей стране. Такая надежда появилась. В последние годы, несмотря на сложное положение отечественной науки в целом, в отдельных направлениях ситуация улучшилась. Выделяются отечественные гранты, крепнет международное сотрудничество, растут отечественные биотехнологические компании и даже появляются свои меценаты.

В университете есть прекрасная программа для молодых ученых (именные стипендии — надбавки к зарплате для 100 молодых людей в размере около 6000 рублей в месяц), позволяющая им работать и преподавать. Многие молодые ученые остаются в России (хотя время от времени они отправляются на заработки за рубеж — такие поездки, несомненно, полезны). Их привлекает возможность более независимого научного исследования, особенно в тех об-

ластях, где не требуется дорогая экспериментальная база. Хотя ситуация с развитием фундаментальной науки в целом в России сейчас абсолютно непонятна, но современная биология, несомненно, будет поддерживаться и государством, и коммерческими структурами. Значит, выпускники нашего факультета найдут работу по специальности не только за рубежом, но и у себя дома. Некоторые из них пополнят преподавательский коллектив факультета, как это обычно бывает с первыми выпускниками.

Необычное сочетание двух специальностей (биоинформатики и биоинженерии) должно сделать наших выпускников очень востребованными. Традиционно сложилось, что биоинформатикой занимаются в основном математики, а у биологов, работающих в области физико-химической биологии, не слишком глубокая математическая подготовка. Надеемся, что наши выпускники будут свободно ориентироваться и в биологии, и в биоинформатике. Это позволит им работать во всех областях современной биологии на совершенно новом уровне.

## О биологическом образовании

Итак, кого же мы будем готовить: химиков с углубленными знаниями в математике и биоинформатике, математиков для работы в области биоинформатики или современных биологов, знающих кроме «родной» специальности математику, информатику и химию? Ответ был дан сразу: конечно, биологов. Прежде всего, это определялось личностью декана факультета — известного биохимика академика В.П.Скулачева, получившего традиционное образование на биофаке. По его мнению, студенты должны получить биологические знания в объеме физиолого-биохимического отделения биофака. По этой причине

на первых двух курсах изучаются те же предметы, что и на биофаке. Нашим студентам уже читают общие курсы ведущие профессора биологического факультета — член-корреспондент РАН В.В.Малахов, профессора Ю.С.Ченцов, А.Д.Виноградов, А.И.Нетрусов и др. Свои курсы ведут или будут вести известные отечественные ученые — академики Г.И.Абелев, И.Г.Атабеков, А.А.Богданов, В.П.Скулачев, А.С.Спирин, член-корреспонденты РАН В.И.Агол, Ю.М.Васильев, С.А.Недоспасов, работающие или тесно связанные с нашим институтом. Хотя в некоторых случаях есть специальные программы и по остальным предметам (математике, химии, физике и иностранному языку).

Помимо интенсивных занятий по биоинформатике, которых нет на других факультетах, мы ввели курс «Культура речи». Он очень важен для подготовки будущих ученых и преподавателей, особенно для студентов, увлеченных компьютерами, которым не хватает времени для чтения обычных книг. Да и пишет молодежь, обитающая в Интернете, на весьма специфическом языке. Хочется, чтобы наши выпускники получили истинно университетское образование. Несмотря на дополнительные предметы и некоторые особенности обучения, наши студенты получают, прежде всего, биологический, как принято говорить на Западе, «background». И это чрезвычайно важно для будущих специалистов — биоинженеров и биоинформатиков.

В современной биологии эффективно работают ученые, получившие исходно разное образование, — химики, физики, математики и, конечно же,

биологи. Базовое образование, безусловно, накладывает определенный отпечаток на стиль научных исследований, придает специфический характер методическим подходам, влияет на направление работы и интерпретацию результатов. Наблюдая за поведением и высказываниями специалистов в разных областях, можно сделать любопытный вывод: большинство математиков, химиков и физиков полагают, что для работы в области биохимии, молекулярной биологии, генетической инженерии и биоинформатики не нужно специальное биологическое образование, поскольку биология наука в основном описательная, вроде как бы и не наука. По их мнению, получить такие знания можно в ходе работы путем самообразования. Опыт успешной работы многих таких специалистов показывает, что это действительно возможно.

Однако два специалиста с разным исходным образованием, работающие над одной и той же проблемой, обычно идут в научном поиске разными путями и стремятся к разным целям, т.е., как правило, им интересны совершенно разные вещи, и это прекрасно. Но для того, чтобы появился такой плюрализм, должны быть в современной биологии и биоинформатике биологи со своим специфическим мировоззрением, привитым на ранних стадиях обучения. Именно этим мы и будем заниматься на новом факультете, убеждая коллег — химиков и математиков — в необходимости традиционного биологического образования.

Только на первый взгляд кажется, что сбор букетов поле-

вых цветов на летней практике или вырисовывание особенностей пищеварительной системы разных групп беспозвоночных не имеет прямого отношения к будущей специальности наших студентов. Но из такого обучения формируется мировоззрение ученого. Будущие биоинженеры должны не только понять живую природу, но и полюбить ее, чтобы вмешательство в отдельные живые организмы или биогеоценоз в целом были максимально продуманы и аккуратны. Такому воспитанию кроме общебиологических курсов способствуют две летние практики: одна на Звенигородской станции, а другая на Беломорской. Они позволяют студентам познакомиться с полевой биологией, почувствовать и ее сложность, и ее прелесть. Интересно, что даже изнеженные студенты, первоначально настроенные против практики (она проходит в спартанских условиях, особенно на Белом море), вспоминают ее с удовольствием и считают ее полезной. Мне кажется, что знакомство с разными типами ученых, «обитающими» в нашем институте и на биофаке, — от процветающих исследователей западного типа до немного чудаковатых отшельников — поможет студентам выбрать свой путь в науке.

Конечно, факультет наш находится еще в младенческом возрасте, но уже видно — идем мы по правильному пути. Студенты подобрались хорошие — умные, заинтересованные, активные. А наше дело — их любить и учить всему тому, что умеем сами. Будем надеяться, что все выпускники станут отличными специалистами, а некоторые — настоящими учеными. ■

# Из истории зоологии беспозвоночных в Московском университете

Член-корреспондент РАН В.В.Малахов

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

Чтобы шагнуть в ногу со временем, в Московском университете чуть ли не ежегодно появляются новые факультеты. Тем не менее, хранителями традиций русских научных и образовательных школ остаются старые факультеты и кафедры. Одна из них — кафедра зоологии беспозвоночных. Официально она создана в 1930 г., когда на базе физико-математического факультета возник биологический факультет, однако задолго до этого зоология беспозвоночных существовала в Московском университете в качестве отделов в Институте зоологии и в Зоологическом музее. Я пришел на кафедру в 1969 г., будучи студентом, затем стал преподавателем, а с 2000 г. — заведующим; застал Л.А.Зенкевича, Я.А.Бирштейна, К.А.Воскресенского, Н.А.Перцова, В.А.Свешникова, К.В.Беклемишева, М.С.Гилярова и других выдающихся зоологов. Поэтому об истории зоологии беспозвоночных и ярких личностях, работавших на кафедре в прежние годы, узнавал не только из книг, но и из рассказов старших коллег. Жесткие рамки журнальной публикации не позволяют упомянуть всех, кто дорог моему сердцу, но я обещаю сделать это в будущем.

## «Изучи во всех подробностях животных своей родины»

Впервые курс лекций по зоологии беспозвоночных в университете начал читать в 1842 г. Карл Францевич Рулье, — выдающийся ученый-энциклопедист, который независимо от Ч.Дарвина пришел к идее эволюционного развития органического мира. По мнению Рулье, хорошо знавшего, кроме всего прочего, геологию и минералогию, это было частью грандиозного процесса исторического развития от формирования Солнечной системы до появления человека. Послушать образные рассказы о происхождении Солнечной системы (согласно теории Канта и Лапласа), развитии Земли как небесного тела и обители жизни, последовательном появлении различных групп организмов собиралась вся Москва. В середине XIX в. высказывать идеи, противоречащие буквально истолкованному тексту Библии, было рискованно. Против лекций Рулье выступил митрополит Филарет; в обращении к священному Синоду он сообщил, что Рулье «смущает умы и поучает даже мешан и простых крестьян находить в книге Бытия мифологию» [1]. Рулье был вынужден дополнить уже опубликованный курс лек-

ций «Послесловием», где писал, что «научная гипотеза заслуживает уважения только в той степени, в которой представляется согласованной с непреложным свидетельством слова Божия».

Первейшей обязанностью зоолога Рулье считал исследование фауны России: «Не гонись за диковинками тропических стран: изучи во всех подробностях животных своей родины». Он пытался обосновать причинную зависимость эволюции живых форм от изменения среды их обитания: «животное существует под непрерывным участием внешних условий и изменяется с изменением последних». Вот почему Рулье можно считать одним из основоположников отечественной экологии и эволюционной палеонтологии.

Рулье скончался в возрасте 42 лет и похоронен на Введенском кладбище в Москве. На его могиле выбиты слова: «В природе — всеобщее непрерывное движение, и безусловная смерть невозможна».

Рулье выдвинул идею акклиматизации новых видов животных для хозяйственного использования. По поручению Рулье этой проблемой занимался его ближайший ученик Анатолий Петрович Богданов\*. Круг науч-

\* Подробнее об А.П.Богданове см. в этом же номере публикацию на с.92—96. — *Прим. ред.*

ных интересов члена-корреспондента Императорской Академии профессора А.П.Богданова был необычайно широк: помимо акклиматизации он занимался систематикой и географией животных, медицинской паразитологией и антропологией. Он был талантливым организатором и основал знаменитое Императорское общество любителей естествознания, антропологии и этнографии, Общество акклиматизации животных и растений, постоянно действующие этнографическую, политехническую и антропологическую выставки, на базе которых образованы Политехнический и Антропологический музеи. Богданов возглавлял университетский Зоологический музей, в структуру которого ввел специальный раздел беспозвоночных животных. Появление первого зоопарка в России, Московского зоопарка, — тоже заслуга Богданова. Он называл его «живым музеем под открытым небом». Одна из старейших биостанций России, гидробиологическая станция на оз. Глубоком (Подмосковье), создана также по инициативе Богданова одним из его ближайших учеников Н.Ю.Зографом. А вместе с А.О.Ковалевским Богданов, понимая важность развития морских исследований для российской науки, организовал Севастопольскую биологическую станцию (ныне — Институт биологии южных морей Национальной академии наук Украины).

Ученики Богданова — известные биологи, на десятилетия определившие основные направления зоологической науки и образования в нашей стране: академики РАН (Д.Н.Анучин, Л.С.Берг, С.А.Зернов, Н.М.Кулагин, Н.В.Насонов и В.М.Шимкевич) и профессора, возглавлявшие университетские кафедры Москвы, Санкт-Петербурга, Киева, Варшавы и других городов (Н.Ю.Зограф, Г.А.Кожевников, А.А.Коротнев, С.С.Четвериков и др.).

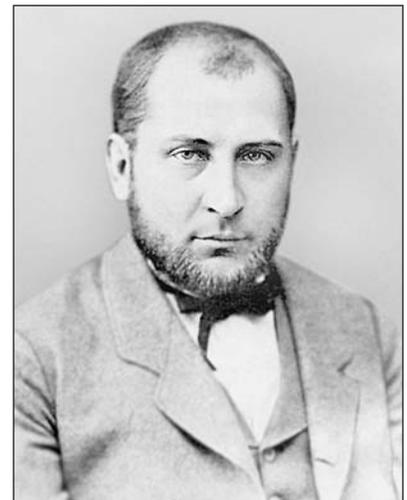
Преемником Богданова стал его ученик — Александр Андреевич Тихомиров — автор превос-

ходных исследований по развитию гидроидных полипов, ракообразных и насекомых. Изучая эмбриогенез тутового шелкопряда, Александр Андреевич обнаружил, что действие кислот, высокой температуры и электрических разрядов может побудить к развитию неоплодотворенные яйца. Исследования Тихомирова по искусственному партеногенезу шелкопряда стали предтечей блестящих работ академика Б.Л.Астаурова и его сотрудников, имевших огромное значение для генетики и практического шелководства.

Не менее известен Тихомиров как яростный борец с атеизмом, широко распространенным в университетской среде во второй половине XIX в. Он возмущенно выступал против К.А.Тимирязева, про которого говорил, что тот «за казенный счет изгоняет Бога из науки». Особенно Тихомиров ненавидел либералов и в крайне пренебрежительной форме отзывался даже о весьма умеренном либерале крупном зоологе М.А.Мензбуре [2]. Критика дарвинизма снискала Тихомирову большую популярность среди духовенства; священнослужители занимали первые ряды в аудитории, поэтому лекции он начинал с обращения «Ваши преосвященства, милостивые государи и милостивые государыни». Студенты и молодые ученые, мягко говоря, не разделяли антидарвинистских взглядов Тихомирова. Специализировавшийся по зоологии беспозвоночных у Тихомирова Б.Н.Бугаев (писатель-символист, известный под псевдонимом Андрей Белый) в воспоминаниях пишет: «Вид этого ломающегося профессора (может, от нервности) укреплял мысль о происхождении от макаки этих гримас, — обезьяньих и выродженческих». Стиль же его лекций — «аллегорическое барокко, гофрированные выкрутасы подробностей, философических отступлений, порой интересных; а в целом топилась главная мысль...» [3].



К.Ф.Рулъе (1814–1858) [11].



А.П.Богданов (1834–1896).

Фото из архива кафедры



А.А.Тихомиров (1850–1931).

Фото К.Г.Михайлова



Г.А.Кожевников (1866—1933).  
Фото из архива кафедры

Антидарвинистские и чернотенные взгляды Тихомирова весьма способствовали его карьере: он стал ректором Московского университета и попечителем Московского учебного округа. В его подчинении оказались все учебные заведения Москвы. Заведование Институтом зоологии и Зоологическим музеем он передал Г.А.Кожевникову с условием, что тот сохранит прежних сотрудников. Добросердечный Кожевников не только оставил сотрудников Тихомирова, но и заботился о нем после 1917 г., когда престарелый Тихомиров, как бывший царский сановник, лишился работы, пенсии и жил в нищете в Сергиевом Посаде.

Георгий Александрович Кожевников был энтомологом, первым в России начал исследования пещерной фауны, проявлений полиморфизма у общественных насекомых (в частности, обнаружил переходные формы между рабочей пчелой и маткой), был инициатором исследований биологии малярийных комаров и их роли в эпидемиологии малярии на территории Российской империи. Как и Рулье, он настаивал на необходимости изучения отечественной фауны, одним из

первых высказался за создание заповедников. В его кабинете висело латинское изречение «*Primo nosce patriam, postea viator eris*» («Сначала познай родину, а потом становись путешественником»). В 1908 г. Кожевников основал биологическую станцию на озере Косино (у одноименной ж/д станции в Подмоскowie), просуществовавшую до начала 40-х годов прошлого столетия.

Георгий Александрович слыл рассеянным чудаковатым профессором, с ним постоянно случались какие-то казусы: он проваливался в водопроводный люк, оступался на ступеньках и т. п., но всегда ему удавалось уцелеть. Чудом он остался жив и после страшной истории, о которой стоит рассказать подробнее. Кожевников поручил съездить в банк за выделенными для Зоологического музея деньгами молодому ассистенту кафедры Н.Н.Плавильщикову, который привез деньги на квартиру профессора и, когда тот пересчитывал их, вдруг достал из кармана револьвер и дважды выстрелил в его голову. На шум прибежала домработница, Плавильщиков выстрелил и в нее, после чего спокойно спустился на этаж ниже, зашел в лабораторию гистологии и завел какой-то ученый разговор. Собралась толпа, вызвали врачей и милицию, поднялся в квартиру и Плавильщиков, на которого тут же указала пришедшая в сознание домработница. Его арестовали и доставили в ЧК, но объяснить происшедшее он не мог, и его сочли невменяемым, поскольку он даже не пытался скрыться с места преступления. К тому же защитники Плавильщикова привели еще один аргумент, окончательно убедивший чекистов: «На свете существует миллион видов насекомых, и Плавильщиков знает все их латинские названия. разве может такой человек быть нормальным?». Еще много лет проработал он в Зоологическом музее МГУ, его перу принадле-

жит несколько научных и научно-популярных книг, в том числе знаменитый «Гомункулус» — увлекательное повествование о выдающихся натуралистах прошлого, книга, приведшая в науку не одно поколение читателей.

В 1929 г. старорежимный профессор Кожевников был отстранен от руководства Зоологическим музеем МГУ. Как специалист по медоносной пчеле он продолжал читать лекции на курсах пчеловодов. Однако в начале 30-х годов к пчеловодам появились политические претензии: пчелы не хотели жить в колхозах, и пасечники оставались одной из последних групп сельских единоличников. Кожевникова стали вызывать на ночные допросы в ГПУ. После одного из таких допросов он скоропостижно скончался от инсульта. Кожевников дружил с анатомом Б.К.Гиндце, которому завещал свой мозг для исследований. При вскрытии тела Кожевникова выяснилось, что кости его черепа имели необыкновенно большую толщину. Вот почему их не пробил пули из револьвера Плавильщикова.

## «Мы плыли на Персее по морям...»

С начала 20-х годов в научных исследованиях зоологов беспозвоночных стало набирать силу морское направление. В 1921 г. сотрудники Института зоологии МГУ создали Плавучий морской биологический институт, который возглавил профессор Иван Илларионович Месяцев. Под его руководством начались исследования фауны и флоры арктических морей России. Сначала они проводились на ледокольном пароходе «Малыгин», а потом на специально построенном научно-исследовательском деревянном судне «Персей», дошедшем до 81°с.ш., куда не проникали даже ледоколы. Эти экспедиции, в которых участвовали выдающиеся исследо-

ватели Мирового океана (В.Г.Богоров, В.А.Броцкая, Л.А.Зенкевич, Н.Н.Зубов, М.В.Кленова, С.В.Обручев, Т.С.Расс, А.А.Шорыгин, В.В.Шулейкин, В.А.Яшнов и др.), заложили основы отечественной океанологии.

В 1930 г. структура Московского университета была изменена: вместо Зоологического института возникло несколько зоологических кафедр, в том числе кафедра зоологии и сравнительной анатомии беспозвоночных. Первым ее заведующим стал Лев Александрович Зенкевич, который руководил кафедрой в течение 40 лет. В 1933 г. во время очередной морской экспедиции на «Персе» его арестовали по стандартному обвинению в антисоветской деятельности, пробыл он в заключении около полугода и был освобожден с трехлетним условным сроком. Студенты 30-х годов вспоминали, каким они увидели профессора после возвращения: он пришел на лекцию в лагерных опорках. Пережил Зенкевич не только сталинские репрессии, но и сессию ВАСХНИЛ 1948 г., и последовавший разгул лысенковщины, и волюнтаризм Н.С.Хрущева, застал оттепель 60-х и даже начало застоя.

Несмотря на все испытания, выпавшие на долю этого поколения российских интеллигентов, Зенкевич и его соратники (Г.Г.Абрикосов, Ф.А.Лаврехин, В.А.Броцкая, Я.А.Бирштейн и др.) заложили основы высшего биологического образования: до сих пор обучение ведется по составленным ими лекционным курсам и практикумам. Много внимания Лев Александрович уделял исследованию глубоководной фауны, проблемам морской биоценологии, биогеографии, акклиматизации морских организмов, разработал учение о биологической структуре океана и теорию эволюции морской фауны.

Классические труды Зенкевича («Фауна и биологическая продуктивность моря», «Моря СССР, их фауна и флора», «Биология



Слева направо: В.В.Алпатов (1898—1979), И.И.Месяцев (1885—1940) и Л.А.Зенкевич (1889—1970). Фотография середины 20-х годов.

Фото из архива кафедры



Первое российское научно-исследовательское судно «Персей».

Фото из архива кафедры

морей СССР» и др.) переведены на английский, польский и японский языки и широко известны во всем мире. Лев Александрович удостоен Сталинской (1951) и Ленинской (1965) премий, его заслуги оценены и за пределами отечества, о чем свидетельствуют многочисленные медали (в частности, он был награжден золотой медалью принца Альберта Монакского — высшей наградой Французского океанографического института), почетные звания и членства в иностранных академиях.

Зенкевич был одним из основателей Института океанологии АН СССР, в котором руководил отделом бентоса и возглавлял многочисленные экспедиции на научно-исследовательских судах «Персей», «Витязь», «Академик Курчатов».

Участвовали в них и сотрудники кафедры, где морская биология также стала основной научной тематикой. Помимо совместных с Институтом океанологии исследований, сотрудники кафедры вели и самостоятельные работы. Одно из важ-



Л.А.Зенкевич на лекции по зоологии беспозвоночных в середине 60-х годов.

Фото из архива кафедры

нейших направлений — акклиматизация беспозвоночных животных Азово-Черноморского бассейна в Каспийском море для увеличения кормовой базы осетровых рыб. По сути, это было продолжением идей Рулье и Богданова и в то же время одной из первых в мире попыток сознательной акклиматизации морских беспозвоночных. Особенно большое значение имели работы по вселению в 1936—1941 гг. в Каспийское море многощетинкового червя *Nereis diversicolor* и двустворчатого моллюска *Abra (Syn-desmia) ovata*. Руководил работами Зенкевич, а участвовали в них сотрудники кафедры (Г.М.Беляев, Я.А.Бирштейн, Н.Ю.Соколова) и их коллеги из Всесоюзного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (А.Ф.Карпевич и Е.Н.Бокова). Считалось, что обогащение фауны Каспия прошло успешно, поскольку не вызвало вредных или вообще каких-либо непредвиденных последствий для экосистемы. Однако в послевоенные годы началась ожесточенная дискуссия: некоторые биологи (известный ихтиолог Н.В.Лебедев, гидробиолог К.А.Воскресенский и др.) сочли, что переселение нереиса принесло не пользу, а вред,

и что не осетры едят нереисов, а нереисы поедают мальков осетра. Учитывая напряженную атмосферу в стране, в которой не прекращались поиски «врагов народа» и «вредителей», последствия этой дискуссии могли быть печальными для любой из сторон. К счастью, никто из участников этого спора серьезно не пострадал, и годы спустя они продолжали работать в одном коллективе, так же как в Каспийском море мирно жили нереисы и осетры. Тем не менее отголоски этой борьбы долгие годы звучали на кафедре, постепенно затухая по мере старения и ухода из жизни основных участников драмы. Литературным памятником этого противостояния стала повесть В.А.Каверина «Двойной портрет».

### Блеск и простота гения

В 1931 г. при кафедре создана Лаборатория экологии и полезных беспозвоночных, руководил ею выдающийся зоолог Владимир Владимирович Алпатов — ученик Кожевникова, энтузиаст экспериментального изучения биологии животных с применением математических методов (он читал курс по общей экологии и биометрии). В 1927—1929 гг. Алпатову удалось стать стипендиатом Рокфеллеровского фонда и пройти стажировку в университете Дж.Гопкинса в Балтиморе (США) в лаборатории Р.Перла, где Владимир Владимирович занимался анализом роста популяций при воздействии различных условий. Одним из объектов исследования в лаборатории Перла в то время уже стала знаменитая плодовая мушка-дрозофила. Алпатов постоянно ратовал за расширение обмена научной информацией с зарубежными коллегами, пропагандировал необходимость публикации работ отечественных ученых в международных журналах. Безусловно, это не могло остаться незамеченным, но ка-

ким-то чудом Алпатов избежал ареста, а в 1937 г. сумел добиться создания Биологического реферативного журнала, в 50-е годы участвовал в создании Всесоюзного института научно-технической информации (ВИНИТИ) и стал главным редактором реферативного журнала «Биология», куда привлек многих выдающихся генетиков, потерявших работу во времена лысенковщины.

Еще до поездки в США Алпатов свела судьба с Георгием Францевичем Гаузе. Когда они познакомились, Гаузе было всего 15 лет. Еще в школьные годы он начал вести научную работу, используя биометрические методы, и в 1927 г. в немецком научном журнале вышла первая его публикация, посвященная изменчивости у азиатской саранчи. Тем не менее, будучи сыном профессора и балерины (т.е. как «классово чуждый элемент»), он не мог рассчитывать на получение высшего образования, тем более в Московском университете. Алпатов помог и в этом.

Поступив в университет, Гаузе вместе с ассистентом кафедры зоологии беспозвоночных Ниной Павловной Смарагдовой начал исследования по физиологической экологии инфузорий, а затем перешел к экспериментальному изучению взаимодействия видов в модельных сообществах. Эти эксперименты позволили ему сформулировать ставший классическим принцип конкурентного исключения («правило Гаузе»), который был положен в основу учения об экологических нишах — одного из базисных положений современной экологии. Гаузе содержал вместе хищных инфузорий-дидиниумов и их жертв инфузорий-туфельек и показал, что в однородной среде хищник полностью истреблял жертв, а потом вымирал сам. Если же для жертвы было построено убежище (в виде оттянутого доньшка пробирки, в котором изящная туфелька могла спрятаться от бочонковидного дидиниума),



Г.Ф.Гаузе (1910—1986)

в середине 30-х годов.

Фото из архива кафедры

то в культуре возникали синусоидальные волны численности хищника и жертвы. Тем самым было получено экспериментальное обоснование математическим моделям поведения системы хищник-жертва, которые разработали математики В.Вольтерра и А.Лотка. Результаты этих работ легли в основу двух монографий, которые были опубликованы в США и Франции, но остались мало известными в Советском Союзе, поскольку так и не были изданы на русском языке [4, 5]. Поразительные по простоте и ясности работы Гаузе выполнил в необычайно молодом возрасте — 19—24 года, а в 26 лет стал доктором биологических наук — самым молодым в истории отечественной биологии. Это были блеск и простота подлинного гения.

Если бы Гаузе не сделал больше ничего, то и в этом случае его имя навсегда было бы вписано в историю мировой науки, но ведь впереди у него была еще целая жизнь. В последующие годы Гаузе (вместе с Смарагдовой) обратился к другой научной проблеме — асимметрии биологических молекул. После начала Великой Отечественной войны

Гаузе вместе со своей женой Марией Георгиевной Бражниковой создал первый советский антибиотик грамицидин, который немедленно был введен в практику военной хирургии. Открытие грамицидина имело огромное значение для всей мировой медицины. За открытие грамицидина Гаузе и Бражникова в 1946 г. были удостоены Сталинской премии. В 1944 г. Минздрав СССР передал секрет производства грамицидина Великобритании — союзнику по антигитлеровской коалиции. В лаборатории Д.Хочкинса тогда же появилась студентка-химик, которой было поручено изучение кристаллической структуры советского антибиотика. Этой студенткой была Маргарет Тэтчер — будущий премьер-министр Великобритании [6].

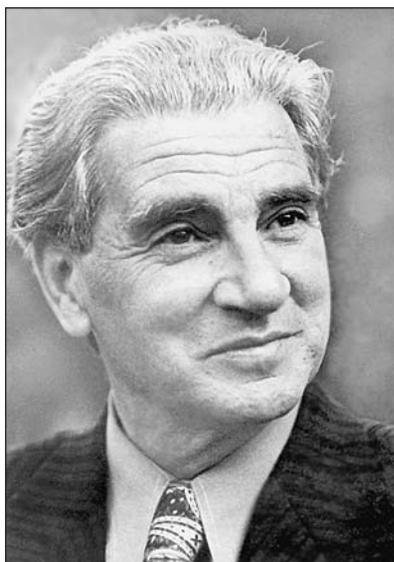
В послевоенные годы Гаузе работал в Институте по изысканию новых антибиотиков АМН СССР (с 1960 г. по 1986 г. был его директором), стал действительным членом Академии медицинских наук. К сожалению, связи Гаузе с кафедрой постепенно прекратились. Ныне многие сотрудники и студенты даже не подозревают о том, что знаменитое «правило Гаузе» было открыто в стенах кафедры, как и о том, что эколог Гаузе и микробиолог Гаузе — одно и то же лицо.

### Подвиг длиною в жизнь

Иначе сложилась судьба другого сотрудника кафедры Николая Андреевича Перцова, имя которого теперь носит Беломорская биостанция МГУ (ББС). Зенкевич хорошо понимал, что для успешного развития научной работы и биологического образования Московский университет должен иметь собственную морскую биологическую станцию. Средиземноморские биологические станции (в Неаполе и в Вилла-Франке, где традиционно сохранялись

так называемые «русские столы») с начала 30-х годов стали недоступны по политическим причинам, поэтому мечтой Зенкевича стало создание морской биостанции в пределах страны. В 1938 г. по его инициативе была организована студенческая экспедиция под руководством аспиранта К.А.Воскресенского, которая прошла на весельных лодках вдоль побережья Белого моря и выбрала место для будущей биостанции. Первым ее директором стал известный гидробиолог Л.Л.Россолимо, который руководил станцией до начала войны.

Настоящая история ББС началась в 1951 г., когда ее возглавил выпускник кафедры Николай Андреевич Перцов — один из наиболее ярких людей в истории кафедры, да и университета в целом [7, 8]. Зенкевич сумел распознать в нем не только незаурядного научного работника, но и блестящего организатора. Когда Перцов приехал на место, обозначенное как Беломорская биостанция МГУ, там не было ничего, кроме небольшого сарайчика-«кубрика» и палаток, которые устанавливали студенты на лето. В итоге на пустынном прежде берегу в Заполярье, среди тайги, возник целый научный городок, в котором одновременно могли жить и работать несколько сотен человек. Были построены лаборатории и жилые дома, проведены линии электропередач и телефон, был даже настоящий флот, состоящий из нескольких судов разного тоннажа. Была организована уникальная морская биологическая практика для студентов биологического, физического, геологического, географического и других факультетов МГУ. Одновременно сотрудники кафедры, аспиранты и студенты вели научную работу по фауне и экологии морских организмов. Под руководством К.В.Беклемишева организовано несколько рейсов научно-исследовательского судна биостанции, в которых проведена полная планк-



Н.А.Перцов (1924–1987) и флот Беломорской биологической станции МГУ.

Фото из архива кафедры

тонная и бентосная съемка Белого моря. Не будет преувеличением сказать, что на ББС выросло современное поколение профессоров, доцентов и молодых сотрудников многих кафедр Московского университета.

Не менее важным был тот дух бескорыстного совместного труда и творчества, который сумел создать на биостанции Перцов. Этот дух ярче всего выразился в беломорском стройотряде — неформальном (не имеющем ничего общего с официальным стройотрядовским движением) объединении энтузиастов, которые приезжали на ББС и бесплатно работали на стройке жилых домов и лабораторий, на пилораме, на маленьком бетонном заводе, вели через тайгу ЛЭП. Организатором беломорского стройотряда был сам Перцов, и именно он и вдохнул в него тот самый дух романтики, дружбы, энтузиазма, ради которого в стройотряд так стремилась молодежь. Собственно, Перцов всю свою жизнь и был тем самым бескорыстным стройотрядовцем.

Развитие биостанции отнюдь не было гладким. Постичь, что все это делается бескорыстно, для блага биостанции, а не для себя, — было выше понимания чиновников, которые постоянно преследовали и травми-

ли Перцова. В 1987 г. он скончался от сердечного приступа. Прах Николая Андреевича покоится там, где прошла его жизнь, — на берегу Белого моря, на территории биостанции.

### «Пока горит свеча...»

В 1978 г. на пост заведующего кафедрой был избран академик Меркурий Сергеевич Гиляров — потомственный интеллигент, человек высочайшей культуры и порядочности. Дед М.С.Гилярова — А.Н.Гиляров читал лекции по философии в Киевском университете. Ему посвящена глава «Здесь живет никто» в автобиографической повести К.Г.Паустовского «Беспокойная юность» [9]. Отец М.С.Гилярова — известный искусствовед С.А.Гиляров, хранитель Музея западного и восточного искусства в Киеве — разыскал где-то на киевских чердаках считавшееся исчезнувшим произведение Лукаса Кранаха — знаменитый диптих «Адам и Ева». Об этом замечательном открытии в 1929 г. была даже написана небольшая книга. Увы, Советское правительство считало возможным продать эту картину за рубеж, а сам С.А.Гиляров оказался в тюрьме. После войны отец М.С.Гилярова снова был аресто-

ван, и чтобы не испортить жизнь сыну, принял мученическую смерть — он сознательно уморил себя голодом в тюрьме еще до суда (в этом случае, сын мог указывать в анкетах, что отец просто умер). Можно только удивляться, как с такой наследственностью ему удалось сделать блестящую карьеру в советской науке (в частности, был академиком-секретарем Отделения общей биологии, председателем Национального комитета советских биологов и др.). Это был видный советский биолог, научный авторитет которого как основателя нового направления биологической науки — почвенной зоологии — признавался во всем мире [10].

И все же на университетской кафедре среди молодежи огромную роль играют не только научные заслуги, но и общая культура и нравственный облик ученого. Меркурий Сергеевич свободно говорил на нескольких европейских языках, блестяще знал историю и литературу, был тонким ценителем живописи. Лекции он читал, да и просто разговаривал, как правило, негромко, но тот, кто давал себе труд вслушаться в это тихое бормотанье, вдруг открывал для себя неведомые богатства образной и живой русской речи. На лекциях Гилярова многие

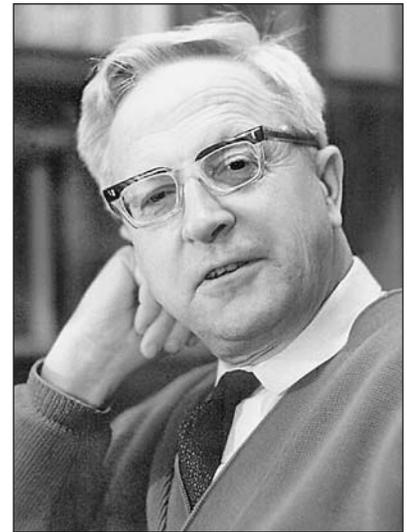
молодые люди впервые для себя слышали стихи полузапретных или полузабытых поэтов начала 20-го столетия (Гиппиус, Волошина, Бальмонта и др.). Судя по воспоминаниям К.Г.Паустовского, такая же манера была и у деда Меркурия Сергеевича — А.Н.Гилярова [9]. Слушателям иногда казалось, что на кафедре каким-то чудом оказался российский профессор из серебряного века русской культуры.

М.С.Гиляров ушел из жизни в марте 1985 г. Экономически трудное для всех время перестройки совпало с очень конфликтным периодом в жизни кафедры, связанным с выбором нового заведующего (им стал Петр Владимирович Матекин, который возглавлял кафедру до 2000 г.). Это время было сложным еще и потому, что ушли из жизни старейшие сотрудники — К.А.Воскресенский, Т.И.Попова, Н.Ю.Соколова. Тяжелейшие условия жизни начала 90-х годов ударили по молодежи. Неожиданно в расцвете сил скончались талантливые молодые зоологи — А.Матвеев, И.Богданов, К.Микрюков. Многие другие ушли из науки или уехали за рубеж, и сейчас вносят вклад в науку и образование других стран, которые не затратили на их подготовку ни одной копейки (точнее, ни одного цента).

В 90-е годы на кафедре преобладали сотрудники, которые родились в послевоенные годы, учились в конце 60-х — начале 70-х и начали работать, когда уже не было мощного лидера — Л.А.Зенкевича. Это создавало своеобразную обстановку, когда молодые люди могли сами выбирать, чем им заниматься. Для творческих натур это оказалось необычайно благотворным. В итоге появилось несколько оригинально мыслящих профессоров, каждый из которых сформировал свое научное направление. Мне хочется сказать несколько слов о них — моих коллегах, труд и талант которых определяет лицо кафедры в наши дни.

Один из них — Н.Н.Марфенин. Еще в студенческие годы он увлекся изучением биологии колониальных гидроидных полипов, затем, используя их в качестве модели, занялся проблемой интеграции колонии, считая, что ее механизмы действуют и в других системах, вплоть до человеческого общества. Несмотря на изначальный скептицизм коллег, он упорно продолжал разрабатывать эту смелую идею, и теперь на эту тему уже вышло несколько книг и защищено семь кандидатских диссертаций. Другое направление, которое развивает Марфенин, — межгодовые изменения биосферы; в течение нескольких лет он с учениками отслеживает изменения в природных сообществах, вычлняя антропогенную и естественную составляющие и пытается уловить вектор, в котором меняется климат и природа Земли.

А.В.Чесунов — зоолог классического склада, даже внешним обликом и манерами напоминающий профессоров XIX в. Еще в студенческие годы выбрал в качестве объекта исследований свободноживущих круглых червей — морских нематод. Он описал десятки их новых видов, родов и семейств и сделал удивительные открытия, мимо которых проходили поколения зоологов. Чесунов обнаружил круглых червей, паразитирующих в организме других нематод (свой в своих!). Более того, он нашел таких нематод (многоклеточных организмов!), которые паразитируют в цитоплазме одноклеточных фораминифер (в 2001 г. это открытие было удостоено Ломоносовской премии). В последние годы Чесунов увлекся изучением фауны организмов, обитающих на внутренней поверхности морских льдов. Оказалось, что этот биотоп (своего рода дно наоборот), занимающий в полярных широтах площади в несколько миллионов квадратных километров, заселен богатой фауной, в которой

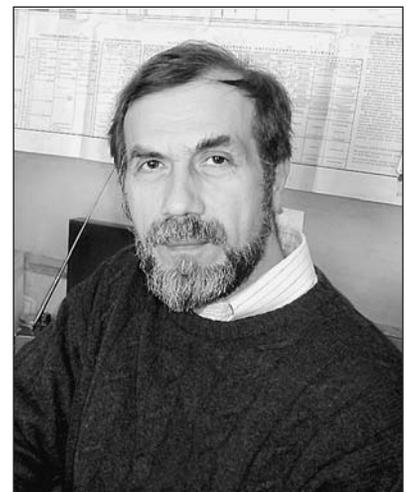


М.С.Гиляров (1912–1985).

Фото из семейного архива



Н.Н.Марфенин.



А.В.Чесунов.



А.Б.Цетлин.

главное место занимают всевозможные нематоды.

А.Б.Цетлин — скромный, мудрый и ироничный человек — еще студентом начал изучать систематику многощетинковых червей — полихет, потом увлекся их морфологией и анатомией и постепенно превратился в ведущего знатока этих животных, авторитет которого признается во всем мире. Однако главный

талант Цетлина, — удивительная тяга к новым методам исследования. Он внедрил и развил на кафедре водолазные методы исследования, которые буквально спасли морскую тематику кафедры в 90-е годы, когда организация дальних морских экспедиций стала невозможной. Цетлин обучил огромное число молодых зоологов новейшим методам электронной микроскопии, а сейчас внедряет новейшие иммунофлуоресцентные методы изучения анатомии беспозвоночных. Цетлин — прекрасный организатор и руководитель, причем он умеет руководить, совершенно не выпячивая свое лидерство, именно таким руководителям люди подчиняются особенно охотно.

За полтора века изучением беспозвоночных животных в Московском университете занимались исследователи нескольких поколений. Получили образование и продолжили жизнь в других научных учреждениях многие сотни специалистов, среди которых — цвет оте-

чественной биологической науки: академики, профессора, доктора и кандидаты наук. Кто-то оставался на кафедре, вырос, становился опытным преподавателем и исследователем. Время неумолимо. Закончили свой жизненный путь многие из тех, чьи имена упомянуты в этом кратком очерке. Их труд живет в их учениках, в созданных ими лекционных курсах, практикумах, научных трудах, кафедральных коллекциях.

Кафедра — это живой организм, а люди — частицы, из которых он состоит. По образному выражению профессора нашей кафедры В.Н.Беклемишева, «живой организм не обладает постоянством формы — форма его подобна пламени, образованному потоком быстро несущихся раскаленных частиц; частицы меняются, форма остается». Люди приходят и уходят, а кафедра живет, как живет пламя, свет которого — всего лишь свечение быстро пронесшихся сквозь него частиц. Пусть же это пламя горит вечно! ■

## Литература

1. Райков Б.Е. Предшественники Дарвина в России. М., 1951.
2. Кузин Б.С. Воспоминания, произведения, переписка. СПб., 1999.
3. Белый Андрей. На рубеже двух столетий. М., 1989.
4. Gause G.F. The struggle for the existence. Baltimore, 1934.
5. Gause G.F. Verifications experimentales de la theorie mathematique de la lutte pour la vie. Paris, 1935.
6. Галл Я.М. Г.Ф.Гаузе: эколог и эволюционист. СПб., 1997.
7. Шноль С.Э. Герои и злодеи российской науки. М., 1997.
8. Шноль С.Э. Николай Андреевич Перцов // Природа. 1983. №8. С.42—58.
9. Паустовский К.Г. Собрание сочинений. Т.1. М., 1967.
10. Гиляров А.М. О моем отце // Природа. 2002. №12. С.10—24.
11. Плавильщиков Н.Н. Гомункулус. М., 1971.

# Минералогия земной коры

А.А.Ярошевский

Способность химических элементов образовывать в природе собственные химические соединения — минералы — одна из их важнейших геохимических характеристик. Типы соединений, поля их стабильности при различных термодинамических параметрах геохимических систем наиболее ярко отражают разнообразие тех химических реакций, которые управляют состоянием, распределением и поведением химических элементов в геологических процессах. Самым «простым» выражением способности элементов к минералообразованию может служить число известных их собственных минералов (слово «простым» взято в кавычки, поскольку, как станет ясно ниже, на самом деле весьма сложно не только подсчитать число действительно описанных собственных соединений каждого элемента в природе, но и однозначно определить само это понятие — «минерал данного химического элемента»).

Число минеральных видов и разновидностей, достоверно установленных для каждого химического элемента, можно оценить на основании принятых в минералогии каталогов. Такой статистикой занимались



**Алексей Андреевич Ярошевский**, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геохимии геологического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Основные работы посвящены общим проблемам геохимии земной коры, геохимии и моделированию магматических процессов, космохимии, геохимии биосферы. Заслуженный деятель науки РФ. Член редколлегии журнала «Природа» с 1992 г., заместитель главного редактора с 1994 г.

**В конце прошлого года Алексею Андреевичу исполнилось 70 лет. Редакция поздравляет юбиляра и желает ему здоровья, творческих удач, благополучия и новых публикаций в нашем журнале.**

неоднократно [1—6]. Результаты подсчетов, выявивших очень наглядные закономерности, использовались при обсуждении проблемы ограниченности числа минеральных видов, форм нахождения химических элементов в природе, геохимических особенностей и поведения в процессах рудообразования и др. [7—10]. Но постоянный поток вновь открываемых минералов заставляет снова и снова возвращаться к этим проблемам.

Однако нередко высказываются сомнения в научной зна-

чимости подобных подсчетов [11]. Основанием для этого служит ряд эмпирических наблюдений. Во-первых, продолжающиеся открытия новых минералов, нередко совершенно неожиданных с точки зрения обычных геохимических представлений (например, сульфидов щелочных металлов, в том числе Cs, или сульфида Nb). Во-вторых, бросается в глаза прямая связь количества открываемых минералов с расширяющимися методическими возможностями (например, с появлением локальных методов исследова-

ний). В-третьих, определенно чувствуется расширение минеральных видов элементов, к которым по тем или иным причинам повышается интерес (за последнее время резко возросло число открытых минералов элементов группы платины). Такие наблюдения, казалось бы, действительно указывают на недостаточную представительность существующей минералогической информации.

Но подчеркнем два момента, которые вселяют определенный оптимизм. Несомненно существует ограниченность числа минеральных видов по сравнению с числом допустимых, с точки зрения химической комбинаторики, соединений. Совершенно очевидно, что в природе действуют факторы, неоднократно обсуждавшиеся в литературе [7, 8, 10, 12], ограничивающие минеральное разнообразие и определяющие конечное число устойчивых в геохимических обстановках соединений. Кроме того, важно, что установленные в разное время закономерности распределения числа открытых минералов по типам химических соединений и относительное количество минералов, характерное для химически близких элементов (но различающихся, например, способностью к изоморфному рассеянию), сохраняются и слабо зависят от полноты минералогической информации. Эти наблюдения, с моей точки зрения, свидетельствуют и о научной осмысленности минеральной статистики, и о достаточной представительности материала.

### Что такое минерал данного элемента

В основу приводимых ниже данных положена информация, включенная в канонические справочники и систематически публикуемые обзоры по новым минералам [13]. Однако при работе с таким материалом сразу

сталкиваешься с серьезными трудностями, и принципиальными, и «техническими».

К техническим относится проблема достоверности установления нового минерала. Современные тонкие и локальные методы исследования позволяют идентифицировать множество мельчайших фаз, часто с совершенно неожиданными сочетаниями химических элементов, представляющих несомненный геохимический интерес. Однако минералоги весьма разумно предъявляют определенные требования, выполнение которых необходимо для признания вновь описываемого природного соединения минералом. В своих подсчетах в качестве фактологической основы я использовал списки только утвержденных минералогическим сообществом видов и разновидностей, причем в подсчеты не включены минералы, описанные в текущей литературе в 2002—2004 гг., но не вошедшие в официальные каталоги [14].

Другая трудность — это конкретный способ отнесения того или иного соединения к минералу данного элемента. В качестве первого шага принят следующий принцип: в список минералов каждого элемента включены все минералы, в химической формуле которых он указан. Однако первое же знакомство с систематическим материалом показало, что он совершенно не упорядочен. С одной стороны (особенно в старых работах), в справочниках приводятся упрощенные формулы, в их написание не включаются элементы, которые могут содержаться в количестве нескольких процентов. С другой стороны, при современных возможностях рентгеноструктурного анализа, позволяющего фиксировать конкретную структурную позицию элементов, содержание которых не превышает процента, появилась тенденция в стандартную формулу минерала вводить чуть ли не весь список элементов, определенных

аналитиком. Возникает неопределенность, которая может полностью дискредитировать задачу составления каталогов минералов химических элементов. Ведь еще В.И.Вернадский в 1910 г., вводя представления о всеобщем рассеянии химических элементов, писал о том, что в каждой капле, каждой пылинке природного вещества находятся все химические элементы, проблема лишь в чувствительности наших аналитических методов [15]. Таким образом, эта «техническая» трудность перерастает в проблему принципиальную — что считать минералом данного элемента и какие использовать критерии при его выделении.

Еще один вопрос — как поступать с минералами переменного состава с широкими пределами изоморфной смесимости, тем более, что это самый распространенный случай? Специалисты поступают по-разному. Иногда выделяют разновидности или даже виды в пределах изоморфных серий на основании формальных критериев, используя двух- или трехчленное деление, причем границы задаются «по договоренности». Однако опыт работы с минералами переменного состава вызывает скептическое отношение к таким формальным способам [16]. Причина скепсиса заключается в том, что подобные границы в большинстве случаев никак не согласуются с реальными геохимическими закономерностями. Поясно примерами.

В минеральном виде оливинов в настоящее время обычно выделяют форстерит  $Mg_2[SiO_4]$ , оливин  $(Mg,Fe)_2[SiO_4]$  и фаялит  $Fe_2[SiO_4]$  (или даже форстерит и фаялит). Форстерит — минерал, типоморфный для магнезиальных скарнов и практически никогда не встречающийся в магматических породах. Для парагенезиса ультраосновных и основных магматических пород характерны оливины, состав которых варьирует от 90 до 60—50 мольных процентов форстери-

тового компонента. Более железистые разновидности редки, но появляются в некоторых, весьма специфических обстановках — в обогащенных железом производных габброидных комплексов или в сиенитах и некоторых гранитах. Своеобразие (но не случайное, а закономерное) условий появления таких железистых оливинов, с моей точки зрения, делает целесообразным выделять в качестве самостоятельной разновидности гортонолит  $(\text{Fe}, \text{Mg})_2[\text{SiO}_4]$ , т.е. в данном случае имеет смысл обратиться к четырехчленному делению.

Еще более наглядный пример — плагиоклазы. Границы между минералами этого ряда приняты по договоренности. Но введение разных названий при описании минералов в свое время было оправдано систематическими различиями обстановок их появления в магматических породах. Анортит\* — вообще редкий минерал — оказался типоморфным, например, в метеоритах и лунных базальтах; битовнит и, главным образом, лабрадор — типоморфные минералы основных магматических пород; андезин — средних; олигоклаз и альбит — кислых. Причем и среди кислых пород появление олигоклаза или альбита устойчиво коррелирует с петрохимическим типом гранитов. Таким образом, такое традиционное шестичленное деление данного минерального вида вполне разумно и с геохимической точки зрения.

Эти примеры показывают, что использование при разработке систематики минеральных видов дополнительной информации, например, типов минеральных ассоциаций (лучше парагенезисов), для которых данная разновидность характерна, позволяет перейти от формальной к естественной группировке. Такой подход делает саму номенклатуру минеральных видов и разновидностей более со-

держательной и более геохимически осмысленной.

Можно привести и отрицательные примеры. Бессмысленно, с такой точки зрения, подлинное нашествие новых минеральных разновидностей в группах амфиболов, эвдиалита, лабунцовита. Конечно, появление обогащенных K или Na, Mn или Zn и даже W (в эвдиалитах — для геохимика совершенно неожиданное) таких соединений геохимически очень интересно и важно, но важно и другое — эти разновидности встречаются в пределах одного объекта, даже одного парагенезиса, и скорее свидетельствуют о локальной химической неоднородности среды минералообразования, чем о ее систематическом характере, имеющим геохимический смысл.

Но нет реально никакой возможности пересмотреть огромный материал по химии минералов. Поэтому я применял двойную статистику [13]: проводил (а) подсчет всех утвержденных минеральных разновидностей (структурно-химических разновидностей) и (б) подсчет минеральных видов (структурно-химических типов минералов). Поясню примерами. В группе оливинов:

(а) три разновидности минералов Mg — форстерит  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ , оливин  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$ , гортонолит  $(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4$ ;

три разновидности минералов Fe — фаялит  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ , гортонолит  $(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4$ , оливин  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$ ;

четыре разновидности минералов Si и O — форстерит, оливин, гортонолит, фаялит.

(б) И для Mg, и для Fe, Si, O — один минеральный вид — оливин  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$ .

В группе плагиоклазов:

(а) пять разновидностей минералов Na — альбит  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ , олигоклаз  $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{Si}_2\text{O}_8$ , андезин  $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{Si}_2\text{O}_8$ , лабрадор  $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_2\text{O}_8$ , битовнит  $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ;

пять разновидностей минералов Ca — анортит  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ,

битовнит  $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_2\text{O}_8$ , лабрадор  $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_2\text{O}_8$ , андезин  $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{Si}_2\text{O}_8$ , олигоклаз  $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ;

шесть разновидностей минералов Al, Si и O — альбит, олигоклаз, андезин, лабрадор, битовнит, анортит.

(б) И для Na, и для Ca, Al, Si, O — один минеральный вид — плагиоклаз  $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_2\text{O}_8$ .

Другая проблема связана с минералами так называемых редких элементов, распространенность которых в земной коре находится на уровне  $10^{-2}$ – $10^{-4}\%$ . Классические примеры — рассеянные элементы рубидий и гафний. Появились, наконец, их собственные минералы — рубиклин и гафнон, в которых, соответственно,  $\text{Rb} > \text{K}$  и  $\text{Hf} > \text{Zr}$ . Но как относиться к некоторым амазонитам, мусковитам, биотитам, флогопитам, лепидолитам, в которых содержится до 3–5%  $\text{Rb}_2\text{O}$ , или цирконам — с 10–15%  $\text{HfO}_2$ ? Ведь такие концентрации Rb и Hf в сотни раз превышают их распространенность в гранитах; это типичные минералы-концентраторы данных элементов. С геохимической точки зрения представляется целесообразным считать их собственными минералами Rb и Hf, но чтобы не вызывать лишних споров, использовать термин «минерал-концентратор».

Или возьмем скандий. Распространенность его в земной коре и метеоритах около  $10^{-3}\%$ . Но в фассаите  $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Al}$ -пироксен) из тугоплавких включений углистых хондритов концентрации  $\text{Sc}_2\text{O}_3$  достигают 10–12%. В тысячи раз выше, чем его распространенность! Есть все основания причислять такой фассаит к минералам Sc.

Другой пример — цирконий. В пироксенах и амфиболах многих щелочных пород постоянно определяются десятки доли процента этого элемента, что само по себе геохимически важно. Но неожиданно в 1988 г. в щелочных риолитах вулкана Варрумбунгл в Австралии был описан щелочной пироксен (аналог

\* Формулы минералов приводятся ниже.

эгирина), в котором концентрация Zr достигала 12.3%, что, несомненно, дает основания выделить эту разновидность пироксенов как минерал Zr.

Ну а как быть в других ситуациях? Если 1—1.5% редких элементов Rb, Hf, Sc, Zr считать достаточным основанием выделения (и подсчета) соответствующих разновидностей, то нужно ли так же поступать в случае, например, содержания 1.5% MgO в мусковите? Наверное, нет, поскольку такая концентрация этого распространенного элемента не превышает его кларк в земной коре и такой мусковит не является концентратом Mg.

Вероятно, можно ввести количественный геохимически значимый критерий, позволяющий формализовать подобную операцию. Но переработка с этих позиций всей минералогической информации не под силу одному человеку.

Таким образом, ясно, что обсуждаемые далее результаты подсчетов требуют многочисленных оговорок. Это, скорее, рабочий материал, чем однозначные количественные характеристики элементов. Однако даже такой сложный материал обнаруживает целый ряд геохимически интересных и важных закономерностей, что, возможно, оправдывает его публикацию.

### Число минеральных видов химических элементов

Приводимые ниже цифры учитывают на конец 2003 г. 4083 минеральных вида (табл.1). Наиболее распространены в земной коре силикаты (1135 минеральных видов и разновидностей); второе место занимают сульфиды (и их аналоги) и сульфосоли (539). Далее следуют фосфаты и сульфаты (408 и 297), затем оксиды, арсенаты, карбонаты, гидроксиды и бораты (соответственно 272, 265,

206, 200 и 140). Все остальные химические группы минералов представлены несколькими десятками или даже единицами видов и в сумме составляют 621.

Число минералов, описанных на Луне и в метеоритах, более чем на порядок ниже. Списки минералов этих внеземных объектов отличаются крайней редкостью карбонатов и водосодержащих минералов, практическим отсутствием таких солей кислородных кислот, как бораты, арсенаты, ванадаты, нитраты, селенаты, теллулаты, иодаты, хроматы. При этом в них относительно повышено количество оксидов, самородных элементов и интерметаллических соединений.

Самые богатые по числу известных минералов в земной коре (табл.2) — кислород (3268 видов), водород (2244), кремний (1177), железо (1037) и кальций (1016).

Вторую группу элементов, число минералов которых попадает в интервал от 1000 до 300, составляют S (883), Al (832), Na (720), Mg (648), Cu (518), Mn (511), P (473), As (468), Pb (430), K (383) и C (346).

Группу от 300 до 100 видов образуют F (293), Cl (275), Ti (263), Zn (228), Sb (226), U (219), B (218), Y+TR (207), Bi (192), Ba (188), V (162), Ni (161), Ag (140), Te (136), Nb (131), Sr (106), Se (105).

От 100 до 30 минералов известно для Be (92), Sn (89), Hg (88), Cr (86), Zr (86), Li (85), Ta (77), N (76), Co (68), Pd (60), Pt (44), Tl (43), Mo (40), Th (40), W (31), Au (30).

Менее 30 минералов установлено для Ir (24), I (21), Ge (18), Rh (18), Br (15), Cd (15), Cs (15), Ru (13), In (11), Sc (10), Os (10), Rb (7), Ga (3), Re (3), Hf (2).

Какие же факторы определяют число минералов данного химического элемента? Уже давно обращалось внимание, что здесь прежде всего проявляется доступность элементов (т.е. их накопление) в минералообразующих системах. В первом прибли-

**Таблица 1**  
**Число минералов на 2003 г.**

Химическая группа	Число минералов
Самородные, сплавы, интерметаллиды	95
Сульфиды, селениды, теллуриды	285
Сульфосоли	254
Арсениды, антимониды, бисмутиды	70
Оксиды	272
Гидроксиды	200
Силикаты	1135
Бораты	140
Карбонаты	206
Сульфаты	297
Фосфаты	408
Арсениты, арсенаты	265
Ванадаты	86
Молибдаты	26
Вольфраматы	13
Хроматы	12
Нитраты	27
Селениты, селенаты	22
Теллуриды, теллулаты	53
Иодаты	11
Фториды	52
Хлориды	80
Бромиды	7
Иодиды	7
Карбиды	7
Нитриды	10
Фосфины	7
Силициды	5
Органические соединения	41
Общее число минералов	4083

жении мерой этой доступности может быть распространенность элементов. Современные данные показывают, что эта зависимость (хотя и с большим разбросом) действительно выполняется для выборки, представляющей все элементы, — коэффициент корреляции для 60 элементов (Y и все TR учитываются как один; для Ru, Rh, Os, Ir нет данных о распространенности в земной коре) составил 0.69.

Однако эта общая взаимосвязь имеет интересную внутреннюю структуру. Во-первых, отчетливо выделяется группа элементов с систематически повышенным количеством минералов. Эта группа геохимически за-

кономерна. Она представлена большинством халькофильных\* и сидерофильных элементов — Cu, Pb, Hg, As, Sb, Bi, Se, Te, Ag, Au, Pt, Pd. Характерна и принадлежность к этой группе U. Несомненно, главная причина повышенной способности элементов этой группы к минералообразованию — их структурная (кристаллохимическая) несовместимость с составляющими основную массу вещества земной коры минералами литофильных элементов. Уран в этой группе оказался из-за уникальной геометрии уранил-иона  $UO_2^{2+}$  — практически единственной стабильной формы шестивалентного урана в природе. Кроме того, увеличение числа минералов халькофильных и сидерофильных элементов, по сравнению с литофильными, обусловлено двойственной природой их химических свойств. Они дают многочисленные сульфиды, сульфосоли, арсениды в условиях доста-

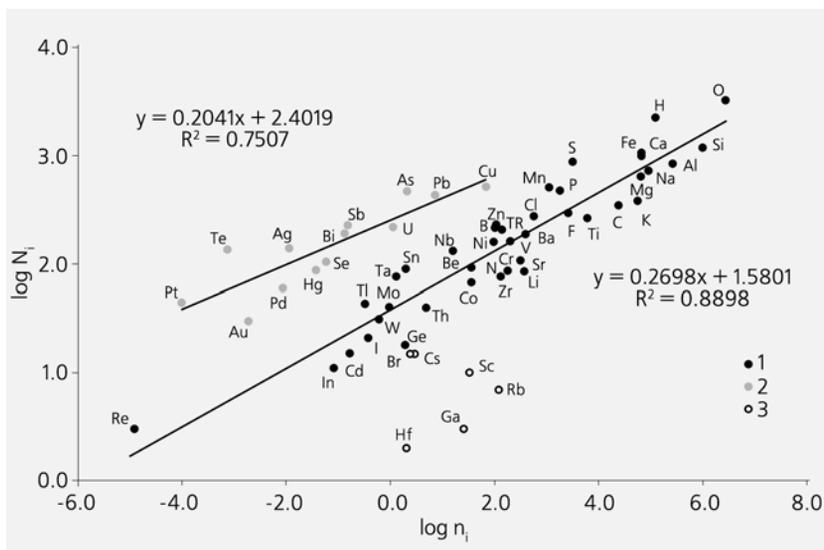
\* К халькофильным, согласно геохимической классификации Гольдшмидта, относятся элементы, которые в условиях равновесия кислородные соединения — сульфиды — металлическая фаза концентрируются в сульфидной форме, к сидерофильным — устойчивые в форме свободных металлов, а к литофильным — образующие окислы, силикаты, карбонаты и другие соединения с кислородом.

**Таблица 2**

**Число минеральных видов и структурно-химических разновидностей минералов химических элементов на 2003 г.**

Элемент	Число минеральных видов	Число структурно-химических разновидностей	Элемент	Число минеральных видов	Число структурно-химических разновидностей
1 H		2244	28 Ni	107	161
3 Li	44	85	44 Ru	9	13
11 Na	418	720	45 Rh	10	18
19 K	206	383	46 Pd	49	60
37 Rb	5	8	76 Os	6	10
55 Cs	12	16	77 Ir	13	24
4 Be	64	92	78 Pt	25	44
12 Mg	333	648	29 Cu	412	518
20 Ca	598	1016	47 Ag	101	140
38 Sr	71	106	79 Au	25	30
56 Ba	133	188	30 Zn	182	228
5 B	152	218	48 Cd	11	15
13 Al	415	832	80 Hg	70	88
21 Sc	8	10	31 Ga	3	3
39 Y+TR	129	207	49 In	10	11
90 Th	24	40	81 Tl	40	43
92 U	154	219	32 Ge	15	18
6 C	245	346	50 Sn	63	89
14 Si		1177	82 Pb	333	430
22 Ti	140	263	7 N	62	76
40 Zr	55	86	15 P	307	473
72 Hf	1	2	33 As	307	468
23 V	133	162	51 Sb	175	226
41 Nb	59	131	83 Bi	139	192
73 Ta	35	77	8 O		3268
24 Cr	61	86	16 S	554	883
42 Mo	35	40	34 Se	83	105
74 W	23	31	52 Te	108	136
25 Mn	344	511	9 F	201	293
75 Re	3	3	17 Cl	197	275
26 Fe	565	1037	35 Br	10	15
27 Co	43	68	53 I	16	21

Корреляция числа минералов ( $N_i$ ) химических элементов и их распространенности ( $n_i$ ) в верхней части континентальной земной коры. На графике показаны уравнения регрессии и значения коэффициентов корреляции для двух групп элементов. 1 — минералы основной группы, 2 — халькофильные, 3 — редкие.



точной активности сульфидной серы и пониженного потенциала кислорода, что характерно для эндогенных условий и восстановительных обстановок в биосфере. При этом в окислительной среде они способны образовывать многочисленные соли кислородных кислот.

Во-вторых, несомненно, выпадают из общей зависимости классические (по В.И.Вернадскому) рассеянные элементы — Rb, Ga, Hf, Sc, Cs и Br. И здесь причина кажется очевидной — изоморфное рассеяние в распространенных пороодообразующих минералах.

Интересно подчеркнуть, что считающиеся рассеянными халькофильные Ge, In, Tl, Cd, благодаря своей халькофильности образующие собственные соединения в обстановках с повышенным потенциалом сульфидной серы, попали в основную группу элементов. Напротив, обычно халькофильный Zn и сидерфильные Ni, Co отличаются пониженной представительностью минералов. И здесь причина ясна. Несмотря на свою халькофильность и сидерофильность, эти три элемента сохраняют возможность в значительной степени входить в виде примесей в минералы Fe и Mg.

Коэффициенты корреляции числа минералов и распространенности данного элемента в земной коре, рассчитанные отдельно для группы из 13 элементов с повышенным числом минералов и основной группы (41 элемент), оказались более значимыми — соответственно 0.86 и 0.94.

Эти соотношения с несомненностью демонстрируют тот факт, что именно распространенность химических элементов в земной коре определяет их способность к минералообразованию. Второй по важности оказывается кристаллохимическая несовместимость (или наоборот, совместимость) с основными (распространенными) минеральными компонентами земной коры.

## Некоторые закономерности

Интересен детальный анализ соотношений распространенности элементов в земной коре и числа их собственных минералов. Особенно показательным такое сравнение для пар элементов, по химическим или кристаллохимическим причинам связанных друг с другом в своей геохимической истории. Рассмотрим некоторые примеры.

Отношение атомных распространенностей в земной коре Na и K около 1.6, отношение же числа их минералов — 2.0. Для Ca и Mg эти величины — соответственно 1.0 и 1.6, Fe и Mg — 1.0 и 1.6.

Можно отметить повышенную способность к минералообразованию Zr относительно Ti (отношение атомных распространенностей 0.029, числа минералов 0.33), Th относительно редкоземельных элементов (0.035 и 0.20), Cl относительно F (0.22 и 1.0).

При сравнении установленных минералов для пар редких элементов видно, что более распространенный оказывается кристаллохимически более близким к выше расположенному в таблице Менделеева «хозяйину» и способен широко рассеиваться в виде изоморфной примеси. Например, Rb и Cs (отношение атомных распространенностей 43, числа минералов 0.50), Sr и Ba (0.79 и 0.56), Ga и In (310 и 0.27), Ge и Sn (0.98 и 0.19), Se и Te (81 и 0.74), Br и I (6.4 и 0.67)

Эти соотношения определенно свидетельствуют о проявлении кристаллохимических ограничений. Возможности изоморфного рассеяния Zr, Th, Cl, Cs, Ba, In, Sn, Te и I в пороодообразующих минералах земной коры существенно ниже, чем соответственно Ti, TR, F, Rb, Sr, Ga, Ge, Se и Br.

В качестве общей закономерности можно отметить повышенную способность к минералообразованию редких элементов по сравнению с их пространственными аналогами: Sr — Ca (0.0046 и 0.10), Ni — Fe (0.0014 и 0.15), Co — Fe (0.00054 и 0.061), Cd — Zn (0.0015 и 0.064), Sb — As (0.072 и 0.50), Se — S (0.000019 и 0.12). Интересно, что геохимически близкие редкие элементы Ni и Co ведут себя одинаково: отношение распространенностей Co и Ni равно 0.39, отношение числа минералов — 0.40. По-видимому, причины этой зависимости могут быть разными. Например, появление заметного числа собственных минералов Sr в пегматитах щелочных магм может отражать, с одной стороны, низкую активность Ca в данных магматических системах, а с другой — больший радиус  $Sr^{2+}$ , что позволяет ему входить в межслоевую позицию листовых силикатов, которая нестабильна для Ca. Снова причина — состав среды минералообразования и кристаллохимические свойства. Самостоятельные минералы сульфидов Ni, Co и Cd могут быть следствием связывания Fe и Zn в кислородные соединения при относительно низком потенциале сульфидной S (или относительно повышенном потенциале кислорода). Разделение Se и S, как давно подчеркивали геохимики, прежде всего обусловлено трудностью окисления Se и высвобождением его при окислении сульфидной серы.

Вообще, анализ приводимых статистических характеристик химических элементов выявляет много зависимостей и связей. Весьма интересна связь числа различных химических соединений элементов (сульфидов, их аналогов, солей кислородных кислот, силикатов и алюмосиликатов, окислов и гидроксидов) с общими их химическими особенностями (положением в таблице Менделеева или в Гольдшмидтовской классификации элементов) или статистика структурных типов соединений. Но рассмотреть эти вопро-



При искусственном освещении розовая окраска апатита из гранитных пегматитов Акжайляу обусловлена примесью Nd. Размер образца 9 см. Восточный Казахстан. Из коллекции Минералогического музея им.А.Е.Ферсмана РАН.



Ярко-зеленый апатит из Ловозера содержит 10% Sr и легких лантаноидов. Кристалл размером 2 см. Кольский п-ов.



Крайний натриевый член ряда плагиоклазов — альбит вместе с черным эгирином характерны для щелочных пегматитов. Размер кристаллов 2 см. Ловозеро, гора Аллуйв, Кольский п-ов.



Золотисто-коричневый циркон с горы Вавыбед из Ловозера содержит очень мало элементов-примесей. Размер образца 5 см. Кольский п-ов.

Фото Н.А.Пековой

сы подробно в одной статье невозможно. Можно только заключить, что само существование отмеченных (и других) закономерностей подтверждает правомерность использования в качестве обобщенной геохимической характеристики элементов число установленных для них минералов (хотя, конечно, оно непрерывно растет, и может по-

явиться много неожиданного). Большинство описанных закономерностей оказываются инвариантными по отношению к объему известной информации, т.е. они отражают природные взаимосвязи, а не представляют собой случайно оказавшийся в нашем распоряжении материал с неизвестной предствительностью.

Но есть другая сторона проблемы. При первом же знакомстве с минералогией обычно возникает вопрос — почему число химических соединений (минералов) в природе существенно меньше числа химически возможных соединений? На него неоднократно отвечали минералогии и геохимии [3, 7, 10, 12]. Назывались в качестве глав-

нейших причин закон действия масс, термодинамика обменных реакций, изоморфизм и другие факторы, определяющие условия равновесия природной системы, состав которой в целом ограничен независимой от процессов минералообразования распространенностью химических элементов. Вообще говоря, растущее разнообразие открываемых минеральных форм, появление, казалось бы совершенно необычных соединений (например, сульфидов щелочных металлов, включая Cs в земной обстановке или кислородных соединений Re в тугоплавких включенных метеоритов), по-видимому, делает правомочной и противоположную постановку вопроса — в чем причина существования в природе термодинамически несовместимых минеральных фаз или, еще шире, в чем причина столь большого числа природных химических соединений элементов?

Лежащие на поверхности ответы на этот вопрос достаточно тривиальны: широкий диапазон температур и давлений природных процессов минералообразования, особенности состава геохимических систем (важнейшие примеры — высокая распространенность воды и углекислоты на Земле в противоположность, например, практическому отсутствию их на Луне и родительских телах большинства хондритов и ахондритов), сосуществование в биосфере двух планетарного масштаба несовместимых геохимических обстановок — окислительной (аэробной), в условиях контакта с резервуаром свободного кислорода в атмосфере, и восстановительной (анаэробной), в условиях довлеющей роли органического вещества, — которые постоянно и закономерно связаны между собой в ходе биогеохимического круговорота химических элементов. Несомненный фактор, ведущий к существенному росту стабильных минералов, — геохимичес-

кая дифференциация элементов в геологических процессах. Ее результатом стало формирование, например, геохимических остаточных систем (как их назвал Гольдшмидт) в ходе магматической эволюции — гранитов, щелочных магматических пород, пегматитов, в которых многократно возрастает концентрация большинства редких элементов и появляются их минералы. Или образование соленых морских бассейнов, в рапе которых собираются все максимально подвижные в водных растворах химические элементы.

Это все достаточно просто, но можно привести некоторые примеры, показывающие неожиданные стороны этих явлений. Так, особую, с моей точки зрения, проблему составляет понимание условий, ведущих к возникновению необычных, даже уникальных минералов.

Хорошо известно низкое содержание в силикатах изоморфной примеси фосфора, что послужило основанием говорить о кристаллохимической индивидуальности тетраэдров Si и P в структурах минералов. Но находка в трех железокремнистых метеоритах (палласитах) оливина, содержащего до 4.5%  $P_2O_5$  в виде твердого раствора, заставила по-новому представить эту проблему. Особенность минеральной ассоциации палласитов — полное отсутствие минералов Ca, в том числе и апатита  $Ca_5[PO_4]_3(F,Cl,OH)$ , вместо которого появляются уникальные фосфаты Fe и Mg — фаррингтонит и саркопсид. Эта особенность позволяет сделать вывод о том, что низкое содержание фосфора практически во всех силикатах — следствие исключительной термодинамической стабильности апатита, который присутствует в составе почти всех природных минеральных ассоциаций. Позже фосфорсодержащий пироксен был описан в ассоциации с металлическим Fe в базальтах о.Диско. Причины те же — формирование локаль-

ной обстановки, практически лишенной Ca.

Другим примером может служить появление в щелочных риолитах и других щелочных магматических породах натриевых пироксенов, содержащих до 12%  $ZrO_2$ . В подавляющем большинстве магматических пород содержание Zr в пироксенах (и других силикатах), находящихся, как правило, в ассоциации с акцессорным цирконом  $Zr[SiO_4]$ , составляет не более нескольких сотых единиц процента. Несомненно, и в этом случае исключительная термодинамическая устойчивость циркона резко ограничивает возможность изоморфного вхождения циркония в силикаты. Но стабильность циркона (растворимость его в силикатном расплаве) весьма чувствительна к щелочности магматических систем. В условиях избытка щелочей в агапитовых породах циркон становится неустойчивым и замещается цирконосиликатами (например, эвдиалитом), растворимость которых в силикатных расплавах существенно выше. Очевидно, что нестабильность циркона в равновесии с такими щелочными расплавами и стала причиной вхождения значительных количеств Zr в пироксены и амфиболы.

Важное следствие низкой активности сульфидной S в некоторых геохимических обстановках (например, в щелочных магматических породах) и нестабильности сульфидов ряда халькофильных элементов — это их вынужденное изоморфное вхождение в порообразующие минералы.

Самый яркий пример — Zn. В большинстве магматических пород в качестве второстепенного минерала (в небольших количествах, конечно) встречается  $ZnS$  (сфалерит, вюртцит). Но в щелочных породах и их пегматитах описаны обогащенные Zn разновидности ильменита  $FeTiO_3$ , сложных титаноцирконосилкатов (например, минералов группы лабунцови-

та), бериллосиликата — гентгельвин. Интересно и появление в гидротермально измененных породах гринокита —  $CdS$ . Это соединение обычно находится в виде примеси в вюртците, но в условиях пониженной активности сульфидной  $S$ , когда его «хозяин»  $Zn$  переходит в шпинелевую фазу (типа  $ZnAl_2O_4$ ), сульфид более халькофильного, по сравнению с цинком,  $Cd$  появляется в качестве самостоятельного минерала (наблюдение Э.М.Спиридонова). По этой же причине (пониженной активности сульфидной  $S$ ) гринокит образуется как промежуточный минерал и в зоне окисления сфалеритсодержащих сульфидных руд.

Данные примеры показывают, что так называемая «изоморфная емкость» минералов по отношению к элементам-примесям представляет собой не только (а в ряде случаев и не столько) кристаллохимический параметр, а оказывается связанной с геохимической обстановкой минералообразования. Ширина областей распада (неустойчивости) твердых растворов зависит от типа минерального парагенезиса, а изменение парагенезиса становится одной из причин появления необычных по составу минеральных разновидностей. Скорее всего, именно эти особенности составов изоморфных серий в природе имел в виду В.В.Щербина [17], когда писал о зависимости границ изоморфной смесимости от генетических условий.

Подобные обстановки, связанные с изменением парагенезисов минералов, формируются лишь локально, там, где возможна глубокая и достаточно специфическая дифференциация вещества. Но роль локальных обстановок и локальных факторов в процессах минералообразования гораздо шире. Об этом свидетельствует все увеличивающееся число уникальных природных объектов, обилие и разнообразие минера-

лов в которых заставляет считать их минералогическими заповедниками [18]. Эти геологически сложные объекты, как правило, отличаются многостадийностью формирования. В них смена во времени минеральных ассоциаций отражает эволюцию таких факторов, как падение температуры, изменение кислотности или окислительного потенциала минералообразующей среды. Но при этом возникновение новых соединений отчетливо контролируется составом ранних (первичных) минеральных ассоциаций. Такое унаследование свидетельствует о незначительных масштабах пространственного перераспределения химических элементов и о формировании широкого спектра локальных обстановок. Примерами служат гранитные пегматиты с их разнообразной фосфатной и редкометальной минералогией. Или сложнейшая история и поразительное разнообразие минералов щелочных пегматитов Хибин (о чем неоднократно писал А.П.Хомяков). Или минералогически богатейшие месторождения Франклин в США или Тсумб в Африке, в которых встречаются необычные (силькаты цинка, марганца) и весьма редкие (германит, галлит) минералы. Или продукты метаморфизма специфических осадочных пород, локально обогащенных хромом, ванадием, цинком в Прибайкалье, в которых Л.З.Резницкий с соавторами описали такие уникальные минералы, как  $Cr-V$ -пироксен — наталиит,  $Zn$ -добреелит — калининит ( $ZnCr_2S_4$ ) и  $Cr-Sb$ -сульфшпинель — флоренсовит. Или, наконец, зоны окисления рудных месторождений вообще и урановых роллов, в частности. И многие-многие другие геологические объекты.

Яркой иллюстрацией проявления локальных факторов минералообразования могут служить и миниатюрные объекты, встречающиеся в некоторых углистых хондритах, — так назы-

ваемые тугоплавкие включения. Только в них отмечались, да и то в единичных случаях, совершенно необычные для метеоритного парагенезиса минералы: молибденит  $MoS_2$ , тунгстенит  $WS_2$ , лаурит  $RuS_2$  и эрликманит  $OsS_2$ . Причина их возникновения почти прозрачна. Они образуются в результате взаимодействия с газовой фазой с достаточно высокой активностью серы ранних высокотемпературных металлических конденсатов, обогащенных сидерофильными ( $W$ ,  $Mo$ , элементы группы  $Pt$ ) элементами, которые, однако, легче образуют сульфиды, чем захвативший их  $Fe-Ni$  сплав.

Локальная неоднородность, геохимическая гетерогенность данных объектов свидетельствует о незначительных пространственных масштабах перераспределения вещества в ходе их длительной геологической истории. Иными словами, именно локализация, ограниченность процессов массопереноса есть одна из основных причин, противодействующая достижению равновесия в протяженных в пространстве геологических системах и обуславливающая сосуществование термодинамически несовместимых минералов (т.е. является фактором, резко увеличивающим число наблюдаемых в природе минеральных видов химических элементов).

\* \* \*

Таким образом, стремление к равновесию и подчинение правилу фаз, существенно ограничивающие число устойчивых соединений, с одной стороны, и геохимическая гетерогенность геологических объектов, локальность геохимических обстановок, обусловленная масштабами транспорта вещества, т.е. динамикой процессов, с другой, — вот две группы конкурирующих факторов, конкретное соотношение которых в геологических системах ответственно за минералогическое разно-

образии природных объектов. Все эти факторы подчиняются своим закономерностям, что и предопределяет, в конце кон-

цов, ограниченность (а не бесконечное разнообразие, как думают некоторые минералоги) числа минералов в Природе. ■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 01-05-64600.**

## Литература

1. Пилитенко П.П. // Изв. Ассое. научно-исслед. институтов при физ.-мат. ф-те 1-го Моск. гос. ун-та. 1930. Т.3. №2-А. С.170—179.
2. Сафронов Н.И. Основы геохимических методов поисков рудных месторождений. Методическое пособие. Ч.1. Некоторые основные закономерности общей геохимии. Л., 1962.
3. Поваренных А.С. О распространенности химических элементов в земной коре и числе минеральных видов // Мин. сб. Льв. ун-та. 1966. Вып.2. №20. С.179—185.
4. Иванов В.В., Юшко-Захарова О.Е. // Докл. АН СССР. 1989. Т.308. №2. С.448—451.
5. Иванов В.В., Юшко-Захарова О.Е. // Докл. АН СССР. 1990. Т.310. №5. С.1213—1216.
6. Николаев С.М. Статистика современной минералогической информации // Тр.ОИГГиМ СО РАН. 2000. Вып.845.
7. Ферсман А.Е. Избр. труды. Т.1. М., 1952. С.846—849.
8. Сауков А.А. О причинах ограниченного числа минералов // Вопросы минералогии, геохимии и петрографии. М.; Л., 1946. С.209—218.
9. Квятковский Е.М. // Изв. вузов. Геол. и разв. 1984. №6. С.27—32.
10. Урусов В.С. Почему их только две тысячи? // Природа. 1983. №10. С.82—88.
11. Хомяков А.П. Почему их больше, чем две тысячи? // Природа. 1996. №5. С.62—74.
12. Урусов В.С. // Соросовский образовательный журнал. 1998. №4. С.50—56.
13. Ярошевский А.А. // ЗВМО. 2003. Ч.132. №1. С.3—16.
14. Кудряшова В.И., Смольянинова В.Н. // ЗВМО. 2003. Ч.132. №6. С.21—33.
15. Вернадский В.И. Избр. соч. Т.1. М., 1954. С.395—410.
16. Григорьев Д.П. // ЗВМО. 1992. Ч.121. №6. С.144—145.
17. Щербина В.В. // Геохимия. 1969. №11. С.1302—1305.
18. Пеков И.В. // Соросовский образовательный журнал. 2001. №5. С.65—74.

## Публикации А.А.Ярошевского в журнале «Природа»

1. О геохимической эволюции биосферы (1988. №2. С.59—67).
2. Правила Гольдшмидта (1989. №10. С.93—100).
3. Главное, сохранить научный потенциал (1992. №1. С.20—22).
4. Химический состав биосферы (1993. №7. С.33—40).
5. А.П.Виноградов и современная геохимия (1996. №6. С.107—113).
6. Загадочные тектиты (1998. №4. С.15—16, комментарий к статье Е.В.Дмитриева «Появление тектитов на Земле»).
7. Химический состав земной коры (1997. №6. С.58—66).
8. Вместо послесловия (1997. №8. С.9—10, комментарий к статье С.И.Жмура, А.Ю.Розанова, В.М.Горленко «Следы древнейшей жизни в космических телах Солнечной системы»).
9. Математическое моделирование физико-химической динамики магматических процессов (в соавторстве с Е.В.Коптевым-Дворниковым. 2000. №10. С.48—56).
10. От редакции (2004. №11. С.38, комментарий к статье Г.А.Валуй «Восточное побережье Приморья — провинция расслоенных гранитов»).

# Взгляд на квазар сквозь гравитационную линзу

М.Б.Богданов, А.М.Черепашук

В прошлом году исполнилось 40 лет со дня знаменательного события в астрофизике, когда впервые были идентифицированы линии в спектре квазара и установлено, что эти объекты находятся на космологических расстояниях, а следовательно, должны считаться наиболее мощными источниками излучения среди всех известных астрономам. Только к концу XX в. благодаря работам сотен исследователей, применивших весь арсенал методов наблюдательной астрофизики в диапазоне спектра от гамма-лучей до радиоволн, стало ясно, что квазары, как и многие другие внегалактические объекты (сейфертовские галактики, лацертиды и т.п.) представляют собой проявление активности ядер галактик [1]. При этом основной источник энергии активных ядер — дискковая аккреция вещества на сверхмассивные черные дыры, находящиеся в центрах галактик. Последнее утверждение базируется на большой совокупности многократно проверенных наблюдательных данных. Однако доказательства по существу являются косвенными — они суть результаты анализа распределения энергии в спектрах квазаров и изучения формы контуров эмиссионных линий. Непосредственно увидеть «центральную машину» квазара —



**Михаил Борисович Богданов**, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией астрономии и геофизики НИИ механики и физики Саратовского государственного университета им.Н.Г.Чернышевского. Занимается исследованием астрономических объектов с использованием методов повышения углового разрешения телескопов, гравитационных линз и микролинз, изучением звездных атмосфер и пылевых оболочек.



**Анатолий Михайлович Черепашук**, член-корреспондент Российской академии наук, директор Государственного астрономического института им.П.К.Штернберга при Московском государственном университете им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — исследование двойных звезд и рентгеновских источников в тесных двойных системах, гравитационных линз и микролинз, обратные задачи астрофизики. Неоднократно публиковался в «Природе», член редколлегии журнала.

релятивистский аккреционный диск — до недавнего времени никому не удавалось. Это неудивительно, если учесть, что из-за огромных расстояний характерный угловой размер такого диска оказывается меньше микросекунды дуги. А разрешающая способность Космического телескопа «Хаббл» ограничена значением  $0.1''$ , и даже при использовании методов сверх-

длиннобазной радиоинтерферометрии разрешение оказывается ненамного лучше миллисекунды дуги. Получить информацию о распределении яркости в аккреционном диске квазара удалось только в последние годы, используя в роли телескопов космические гравитационные линзы. Об этих интересных линзах, а также о возможности их применения для изучения активных ядер галактик и пойдет здесь речь.

© Богданов М.Б., Черепашук А.М., 2005

## Загадки квазизвездных объектов

Еще в конце 50-х годов радиоастрономы обнаружили несколько источников космического радиоизлучения, угловые размеры которых не удавалось измерить с помощью существовавшей в то время аппаратуры. Они получили название квазизвездных радиоисточников, или, сокращенно, *квазаров*. В 1963 г. астрофизик М.Шмидт (Нидерланды), исследуя оптический спектр одного из квазаров, занесенного в Третий Кембриджский каталог радиоисточников под номером 3С 273, установил, что наблюдаемые эмиссионные линии принадлежат хорошо известной серии водорода, но имеют большой сдвиг к красной границе спектра. Измеренная величина красного смещения  $z = (\lambda - \lambda_0)/\lambda_0$ , где  $\lambda$  — наблюдаемая, а  $\lambda_0$  — лабораторная длина волны спектральной линии, оказалась равной 0.158. Если это смещение связано с наблюдаемым расширением Вселенной, применение закона Хаббла позволяет оценить расстояние до объекта как  $d = cz/H$ , где  $c$  — скорость света, а  $H$  — постоянная Хаббла. Приняв современное значение  $H = 70$  [км/с Мпк], легко рассчитать, что расстояние до объекта 3С 273 равно приблизительно 700 млн парсек (Мпк). Однако квазар выглядел как не слишком слабая звездочка 13-й звездной величины, доступная для наблюдения даже в любительские телескопы. Иначе говоря, его светимость больше, чем у галактик, содержащих сотни миллиардов звезд!

К настоящему времени число обнаруженных *квазизвездных объектов* (QSO), не все из которых, правда, служат мощными источниками радиоизлучения, составляет многие тысячи. Так, в известном каталоге А.Хьюит и Дж.Бербиджа (1993) содержатся сведения о 7312 подобных объектах с измеренными крас-

ными смещениями. Светимости квазаров достигают значений  $L = 10^{46} - 10^{47}$  эрг/с, которые, будучи выраженными в привычных единицах светимости нашего Солнца ( $L_\odot = 4.0 \cdot 10^{33}$  эрг/с), составляют  $L = 10^{12} - 10^{13} L_\odot$ . Вместе с тем размеры излучающей области должны быть сравнительно невелики. Уже вскоре после измерения красного смещения объекта 3С 273 московские астрономы Ю.Н.Ефремов и А.С.Шаров проанализировали его изображения на ранее полученных фотопластинках и обнаружили изменение блеска с характерными временами вплоть до месяца. Это означало, что размер квазара не должен превышать одного светового месяца. Позднее быстрая переменность блеска была найдена и у многих других QSO, причем в некоторых случаях поток менялся заметным образом даже за несколько дней.

Концентрация высокой энергии излучения в малом объеме свидетельствует о большой массе объекта  $M$ . Если предположить, что квазар находится в стационарном состоянии и его притяжение уравнивает световое давление на полностью ионизованную плазму, то светимость не должна превышать так называемый *предел Эддингтона*  $L_E = 2 \cdot 10^4 (M/M_\odot) \cdot L_\odot$ , где  $M_\odot$  — масса Солнца ( $M_\odot = 2.0 \cdot 10^{33}$  г). Большое число наблюдаемых квазаров свидетельствует: время их существования достаточно велико, а следовательно, светимость не превышает предела Эддингтона. Поэтому массы наиболее мощных квазаров должны быть порядка  $10^9 M_\odot$ . С учетом малого объема излучающей области средняя плотность вещества оказывается весьма высокой. Однако в спектрах многих квазаров наблюдаются так называемые запыщенные линии, которые соответствуют квантовым переходам с малой вероятностью и могут возникать только при очень низкой плотности ионизованного газа (иначе энергия возбуждения успеет передаться

другим атомам в многочисленных столкновениях — реализуется безызлучательный переход). Но основная загадка была связана с механизмом выделения энергии в небольшом объеме, способным обеспечить гигантские светимости квазаров.

## Где взять энергию?

Известно, что максимальная эффективность выделения энергии имеет место в процессе *аннигиляции* вещества и антивещества; таким способом в энергию  $E = mc^2$  может быть превращена вся масса материи  $m$ . Однако подобные процессы протекают только в мире элементарных частиц и при аннигиляции отдельных атомов антивещества, создаваемых в физических лабораториях с помощью ускорителей. Для объяснения энергетики квазаров этот механизм неприемлем в силу двух причин. Во-первых, для нашей Вселенной свойственна *барионная асимметрия*, и какие-либо макроскопические скопления антивещества существовать просто не могут. Во-вторых, невозможно было бы осуществить полную аннигиляцию таких скоплений при взаимодействии с обычным веществом — давление излучения, возникшего на границе их соприкосновения, должно быстро разделить реагирующее компоненты. Тем не менее с аннигиляцией удобно сравнивать другие источники энергии, приняв ее эффективность за единицу.

Очевидно, что ни о каких привычных нам химических источниках энергии (горение нефтепродуктов, взрыв тротила и т.п.) для объяснения феномена QSO говорить не приходится. Эффективность этих источников оценивается величиной порядка  $10^{-9}$ . Более эффективна термоядерная реакция синтеза гелия из водорода, протекающая в недрах Солнца или при взрыве водородной бомбы. Но и для нее эта величина составляет всего 0.0067. Таким образом, просто

из энергетических соображений квазары не могут быть «сверхзвездами». Кроме того, обычные звезды начинают терять устойчивость при массах около  $100M_{\odot}$ , которым соответствуют светимости не более  $10^7L_{\odot}$ .

Новый и неожиданно эффективный механизм выделения энергии был предложен в начале 70-х годов прошлого века московскими астрофизиками Н.И.Шакурой и Р.А.Сюняевым для объяснения природы обнаруженного к тому времени интересного класса космических объектов — рентгеновских источников в двойных звездных системах. Этот механизм получил название *дисковой аккреции* вещества на массивный компактный объект. В случае двойной системы газ, перетекающий с нормальной звезды на ее компактный спутник (обычно белый карлик или нейтронную звезду, но в ряде систем, возможно, и черную дыру с массой в несколько масс Солнца), обладает большим моментом количества движения. В результате он должен образовывать вокруг компактного объекта *аккреционный диск*, лежащий в плоскости орбиты двойной звезды, скорость вращения которого возрастает по мере приближения к центру. Вязкость газа приводит к трению между его соседними слоями, сопровождающемуся интенсивным нагревом. В результате центральные районы диска могут нагреться до температуры более  $10^6\text{K}$ , обеспечивая высокую светимость и заметный поток излучения в рентгеновском диапазоне спектра.

Предположение о том, что подобный механизм может объяснить феномен QSO, впервые высказал английский астроном Д.Линден-Белл. Однако в этом случае аккреционный диск должен был создаваться вращающимся газом галактики, падающим на сверхмассивную черную дыру в ее центре. Как известно, существование черных дыр предсказывается общей теорией

относительности; описание свойств пространства—времени вблизи них требует применения этой теории. Механизм дисковой аккреции Шакуры и Сюняева был дополнен учетом соответствующих эффектов, выполненным И.Д.Новиковым и К.Торном. Рассчитываемая на этой основе модель получила название *стандартной модели релятивистского аккреционного диска*. В последующие годы механизм дисковой аккреции интенсивно исследовался многими учеными, указавшими на важность учета плазменных неустойчивостей, переноса энергии движущимся веществом диска (так называемой *адвекции*) и других эффектов. Однако стандартная модель по-прежнему сохраняет свое значение, позволяя качественно описать многие наблюдаемые явления.

Эффективность выделения энергии при аккреции вещества на черные дыры оказывается весьма высокой. Так, для черной дыры Шварцшильда (со сферически-симметричным гравитационным полем) она почти на порядок превышает выход энергии в ходе термоядерной реакции и достигает значения 0.057. Еще больше энергии удастся получить при аккреции на вращающуюся черную дыру Керра (чье гравитационное поле имеет вихревой характер). В случае максимального момента вращения теоретическая эффективность равна 0.42, что вполне сравнимо с аннигиляцией. Правда, излучение диска тормозит вращение черной дыры, и в результате эффективность уменьшается приблизительно на четверть от своего максимального значения. Таким образом, даже при сравнительно небольших количествах вещества, падающего на черную дыру, порядка одной массы Солнца за год, удается объяснить энергетика квазаров и их длительное существование.

Наличие релятивистских аккреционных дисков в активных ядрах галактик в настоящее время не вызывает сомнений. Дан-

ная гипотеза дает объяснение практически всем наблюдаемым свойствам этих объектов. Дополнительные подтверждения были получены недавно по наблюдениям космических обсерваторий, изучавших их рентгеновское излучение. Оно формируется в центральных районах аккреционных дисков, температура которых превышает  $10^6\text{K}$ ; здесь же наиболее заметно проявляют себя и релятивистские эффекты. Профили рентгеновских  $K_{\alpha}$ -линий излучения железа, наблюдаемых у ряда активных ядер галактик, однозначно свидетельствуют о том, что излучение генерируется в пространстве—времени черной дыры Керра.

Вид релятивистского аккреционного диска, в центральной области которого линейная скорость движения вещества приближается к скорости света, для внешнего удаленного наблюдателя достаточно своеобразен и существенно зависит от наклона плоскости диска к лучу зрения. При наблюдении в направлении, перпендикулярном к плоскости диска, распределение яркости имеет круговую симметрию. Оно, в общем, близко к виду обычного (ньютоновского) аккреционного диска. Однако яркость центрального района ослаблена из-за совместного влияния поперечного эффекта Доплера и гравитационного красного смещения. Если же плоскость диска наклоняется по отношению к лучу зрения, картина резко меняется. Вследствие релятивистского эффекта Доплера яркость участков диска, приближающихся к наблюдателю в ходе вращения, становится больше яркости удаляющихся участков, и симметрия распределения яркости нарушается. Особенно сложная картина должна наблюдаться вблизи центра, где проявляют себя эффекты искривления лучей.

Но чтобы мы могли полюбоваться этой картиной, как уже говорилось, разрешающая способность телескопа должна быть лучше микросекунды дуги. На-

помним, что, в соответствии с определением радиана, объект виден под углом в одну секунду дуги ( $1''$ ), когда расстояние до него превышает размер объекта в 206 265 раз. Если бы наш телескоп имел субмикросекундное разрешение, то можно было бы читать текст книги, находящейся на поверхности Луны! В настоящее время подобную разрешающую способность удается реализовать, используя созданные природой телескопы — космические гравитационные линзы.

### Гравитационные линзы в роли телескопов

О том, что притягивающие тела способны отклонять лучи света, догадывался уже И.Ньютон. Однако точно эта задача была решена на основе ньютоновской теории тяготения немецким ученым И.Г.Зольднером только в начале XIX в. Из его расчетов отклонение получилось очень малым и даже для луча света, проходящего вблизи края Солнца, составило лишь  $0.87''$ . При создании общей теории относительности А.Эйнштейн показал, что в действительности отклонение должно быть ровно в два раза больше —  $1.75''$ . Подтверждение этого факта путем наблюдения смещения изображений звезд во время полного солнечного затмения 1919 г., проведенного по инициативе А.Эддингтона, стало одним из решающих доводов в пользу справедливости новой теории.

Возможность формирования изображений источника излучения притягивающим телом — *гравитационной линзой* — была впервые обоснована российским физиком О.Д.Хвольсоном в 1924 г. Через 12 лет после публикации его работы эта же задача была рассмотрена и Эйнштейном. Оказалось, что точечная гравитационная линза со сферически-симметричным потенциалом в общем случае должна создавать два искажен-

ных изображения источника в виде вытянутых полумесяцев, расположенных по обе стороны от направления на линзу. В последующие годы эффект гравитационной фокусировки излучения привлекал к себе сравнительно мало внимания. Положение изменилось в 1979 г., когда выяснилось, что двойной квазар Q 0957+561 на самом деле представляет собой два изображения одного квазара, создаваемые гравитационной линзой. На сегодня обнаружено уже несколько десятков подобных объектов. Их стали интенсивно изучать, надеясь решить задачи космологии, получить информацию о строении галактик и квазаров [2]. Приятно отметить, что заметный вклад в развитие теории гравитационных линз внесли и наши соотечественники (А.В.Бялко, П.В.Блиох, А.А.Мианков, А.Ф.Захаров и др.).

Среди различных видов гравитационных линз особый интерес представляют прозрачные линзы. В их роли обычно выступают галактики, поглощением света в которых, в первом приближении, можно пренебречь. Распределение суммарного потенциала, создаваемого звездами галактики, способно в определенных случаях вызвать появление *каустик* в плоскости линзируемого источника. При этом гравитационная линза может создавать кратные изображения удаленного источника излучения, которыми часто оказываются квазары. Наличие каустик характерно и для обычных оптических линз, имеющих неоднородности показателя преломления. В качестве подобной линзы можно, например, использовать доннышко стеклянной банки с водой. Наведя такую линзу на Солнце, мы увидим на расположенном за ней экране систему каустик в виде изогнутых линий, к одной из сторон которых будет концентрироваться солнечное излучение. Области экрана, лежащие на противоположных сторонах этих линий, останутся темными.

Если посмотреть сквозь такую линзу на удаленный яркий источник света малых угловых размеров, то также можно увидеть его кратные изображения. Однако гравитационная линза принципиально отличается от стеклянной — у нее отсутствует хроматическая аберрация, так как лучи света с разными длинами волн отклоняются гравитационным полем одинаково.

Один из наиболее известных проявлений эффекта гравитационной линзы — объект QSO 2237+0305, обнаруженный группой американских астрофизиков во главе с Дж.Хухрой в 1985 г. Его часто называют Крестом Эйнштейна; на рис.1 приведено изображение этого объекта. Длина горизонтального отрезка, показанного на рисунке для характеристики его угловых размеров, соответствует одной угловой секунде. В данном случае четыре изображения далекого ( $z = 1.695$ ) квазара создаются гравитационным полем достаточно близкой ( $z = 0.0394$ ) галактики, видимой в центре рисунка. Центр этой галактики, наблюдатель и квазар располагаются почти на одной линии. Суммарный поток от всех четырех изображений существенно превышает исходный поток от квазара в нашу сторону и, таким

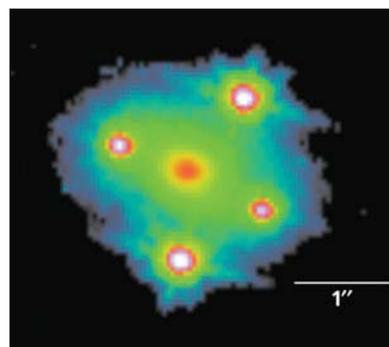


Рис.1. Изображение гравитационной линзы QSO 2237+0305 (Крест Эйнштейна), полученное группой CASTLES с помощью Космического телескопа «Хаббл» в видимой области спектра.

образом, гравитационная линза играет роль своеобразного телескопа, собирающего излучение источника. Лучи света, формирующие различные изображения квазара, распространяются по разным траекториям. В результате между ними может возникнуть временная задержка. Однако геометрия объекта QSO 2237+0305 такова, что величина этой задержки оказывается порядка суток. Поэтому собственная переменность блеска квазара должна приводить к практически синхронному изменению потока от всех его изображений.

Лучи света для разных изображений квазара проходят сквозь различные области галактики-линзы. При этом свет должен испытывать дополнительное отклонение за счет гравитационного взаимодействия со звездами галактики, расположение которых может рассматриваться как случайное. Подобное взаимодействие обычно характеризуют термином *гравитационное микролинзирование*. В результате гравитационного микролинзирования в плоскости квазара возникает случайное поле каустик. Пример подобного поля, построенного по результатам компьютерного моделирования, приведен на рис.2. В силу обратимости оптических

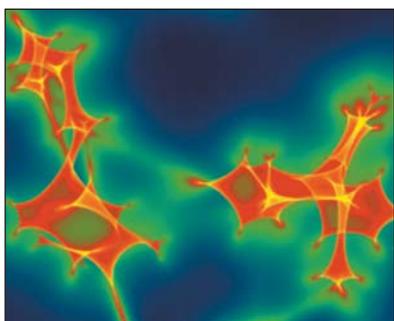


Рис.2. Картина случайного поля каустик, возникающих в плоскости квазара в результате гравитационного микролинзирования звездами галактики-линзы. Данные компьютерного моделирования И.Вамбганса.

систем такую картину можно было бы увидеть на экране, если расположить его на расстоянии квазара, перпендикулярно к лучу зрения, проходящему через центр галактики, и осветить галактику-линзу точечным источником из места расположения наблюдателя. Области максимальной концентрации излучения показаны на рисунке желтым цветом.

Гравитационная линза осуществляет гладкое отображение плоскости источника-квазара на плоскость наблюдателя. Каустики соответствуют *особенностям* этого гладкого отображения, которые, как известно из теории катастроф, бывают двух видов: *складки* и *сборки*. Стороны криволинейных многоугольников на рис.2 соответствуют особенностям типа складки, а вершины, за которыми в литературе по гравитационным линзам закрепилось название «*касп*», — сборкам. При пересечении точечным источником каустики коэффициент усиления потока, регистрируемого наблюдателем, формально стремится к бесконечности (в рамках обычно используемого приближения геометрической оптики). Однако для протяженного источника он всегда остается конечным. При относительном движении квазара, галактики-линзы и наблюдателя аккреционный диск будет пересекать случайное поле каустик. Это должно вызывать характерные изменения потока от изображения квазара, обычно называемые *высокоамплитудными явлениями*. Поскольку для каждого изображения существенно влияние своей области поля каустик, изменения потока от разных изображений должны быть некоррелированными.

Наблюдать подобные высокоамплитудные явления для QSO 2237+0305 наземной аппаратурой очень трудно. Дело в том, что турбулентность земной атмосферы вызывает размазывание изображения точечного источника при длительных

экспозициях. В результате образуется так называемый *турбулентный диск* с характерным размером около 1". Сравнение этой величины с угловыми размерами объекта показывает (см. рис.1), что в такой ситуации выделить вклад потока отдельного изображения квазара от излучения галактики чрезвычайно сложно. Для ее решения необходимо проводить наблюдения в местах с хорошим астроклиматом, используя высокочувствительные ПЗС-матрицы и методы компьютерной обработки изображений.

Изменения потоков от компонентов изображения QSO 2237+0305, связанные с микролинзированием, были впервые зарегистрированы М.Ирвином и др. в 1989 г. Впоследствии фотометрические наблюдения этого объекта проводились многими группами, в том числе и на Майданакской обсерватории Государственного астрономического института им.П.К.Штернберга (Б.П.Артамонов, М.В.Сажин, В.Н.Дудинов и др.). На рис.3 приведены кривые изменения блеска четырех компонентов А, В, С и D гравитационной линзы, полученные в видимой области спектра международной группой OGLE. По оси ординат отложены звездные величины компонентов, а по оси абсцисс — модифицированные юлианские даты (JD), которые соответствуют сплошному счету суток с некоторого момента, лежащего в глубокой древности. Кривые блеска для каждого компонента выделены разными цветами, а вертикальными отрезками показаны значения среднеквадратичных погрешностей. Как видно из рисунка, эффекты микролинзирования регистрируются вполне уверенно. Выделенная черным цветом кривая блеска расположенной по соседству звезды сравнения не показывает никаких значимых изменений.

Кривая изменения потока, регистрируемая в ходе высокоамплитудного явления, — результат сканирования изобра-

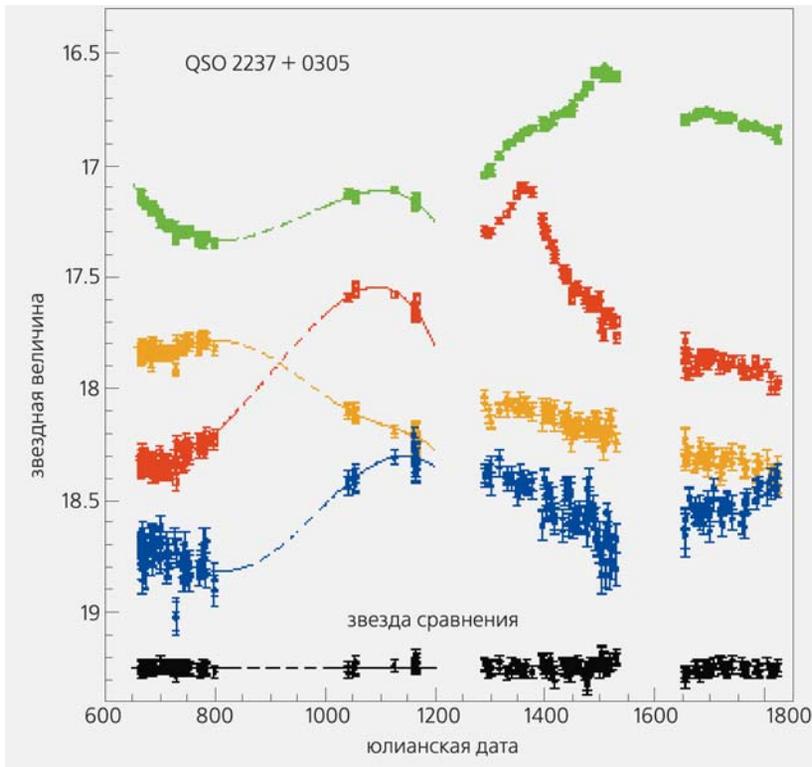


Рис.3. Кривые изменения потоков от компонентов изображения гравитационной линзы QSO 2237+0305, созданного микролинзированием. Получены в видимой области спектра международной группой OGLE. По оси абсцисс отложены модифицированные юлианские даты — числа уменьшены на 2 450 000. Звезда сравнения — звезда постоянного блеска, расположенная вблизи исследуемого объекта.

жения аккреционного диска квазара каустикой гравитационной линзы. Таким образом, она содержит в себе информацию о распределении яркости в этой «центральной машине» квазара.

### От видимой картинки — к распределению яркости

Как видно из рис.2, при пересечении случайного поля каустик наиболее вероятно встреча с каустикой типа складки. Проведенные оценки показывают, что ожидаемый угловой размер аккреционного диска квазара много меньше характерной длины каустики, и можно прибли-

женно считать ее прямой линией. В этих условиях изменение потока будет зависеть только от одномерной проекции распределения яркости на направлении локальной нормали к каустике. Такую проекцию, которая может быть получена при сканировании изображения диска бесконечно узкой щелью, ориентированной параллельно каустике, в астрономии часто называют *стрип-распределением яркости*.

Для того чтобы представить себе, каким должно быть стрип-распределение яркости  $B(x)$  в релятивистском аккреционном диске, мы провели его расчет для стандартной модели диска, расположенного в экваториальной плоскости черной дыры Керра с массой  $M = 10^8 M_\odot$ .

и моментом вращения 0.998 от максимального. Было принято, что светимость диска находится на пределе Эддингтона, вращение вещества происходит против часовой стрелки и совпадает с направлением вращения черной дыры, а плоскость диска наклонена под углом  $45^\circ$  к лучу зрения. Ось  $x$  совпадает с большой осью эллипса проекции диска на картинную плоскость. Полный поток излучения от диска, регистрируемый наблюдателем, принят равным единице. Полученное стрип-распределение яркости в видимой области спектра  $B(x)$  показано на рис.4. На этом рисунке расстояние от центра диска  $x$  измеряется в долях гравитационного радиуса черной дыры  $1/2r_g = GM/c^2$ , где  $G$  — гравитационная постоянная, а  $c$  — скорость света. Для самого центрального района  $|x| \leq 10r_g$  расчет не проводился (здесь существенны эффекты искривления лучей и гравитационной фокусировки, однако для видимой области спектра этот район вносит лишь очень малый вклад в кривую изменения потока, и его влиянием можно пренебречь). На рисунке хорошо заметно проявление эффекта Доплера — яркость левой ветви распределения, где вещество при вращении приближается к наблюдателю, оказывается заметно большей, чем правой.

Можно показать, что в общем случае наблюдаемая кривая изменения потока при высокоамплитудном явлении связана с функцией  $B(x)$  некоторым интегральным уравнением, и нахождение распределения яркости представляет собой так называемую *обратную задачу* для этого уравнения. Как правило, решение подобных задач труднее, чем прямых (известный пример — задача помещения выжатой зубной пасты обратно в тюбик). В данном случае она оказывается еще и *некорректно поставленной задачей* — сколь угодно малые изменения зарегистрированной

кривой потока способны привести к большим изменениям восстанавливаемого распределения яркости. Наиболее простой подход к решению таких задач заключается в подборе модели распределения яркости, наилучшим образом удовлетворяющей наблюдательным данным. В этом случае решение обратной задачи фактически заменяется на многократное решение прямой. Подобный подход был использован и при анализе высокоамплитудных явлений для QSO 2237+0305 в работе В.Н.Шалыпина [3]. Однако рассмотренные им симметричные модели распределения яркости нельзя признать адекватными для релятивистского аккреционного диска. Поэтому особый интерес представляло создание модельно-независимой методики восстановления распределения яркости.

Общая теория решения некорректно поставленных задач была разработана отечественными математиками (А.Н.Тихоновым, В.К.Ивановым, М.М.Лаврентьевым и др.). Важным моментом в этом случае является использование *априорной информации* о решении, причем для повышения его точности и устойчивости необходимо привлекать как можно больший объем такой информации, согласующейся с физикой задачи. Сотрудники Московского университета А.В.Гончарский и А.Г.Ягола предложили эффективные алгоритмы поиска решения некорректно поставленных задач на так называемых *компактных множествах функций* [4]. С использованием этих алгоритмов нами была разработана методика последовательного восстановления ветвей стрип-распределения яркости в аккреционном диске на множестве монотонно невозрастающих, выпуклых вниз неотрицательных функций [5]. Подобное ограничение множества возможных решений соответствует ожидаемому виду релятивистского аккреционного

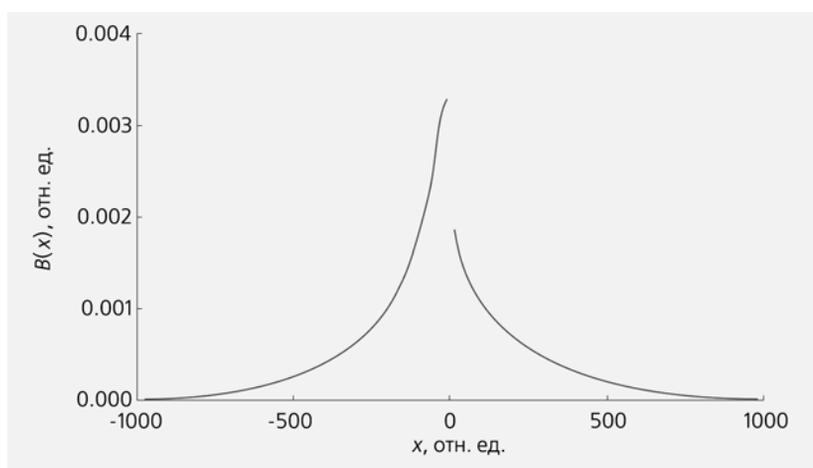


Рис.4. Одномерная проекция распределения яркости (стрип-распределение яркости), рассчитанная для стандартной модели релятивистского аккреционного диска, обращаемого в экваториальной плоскости черной дыры Керра. Расстояние измеряется от центра диска в единицах гравитационного радиуса.

диска и вместе с тем обеспечивает высокую устойчивость решения по отношению к случайному шуму.

Эта методика была использована для восстановления распределения яркости в аккреционном диске квазара из анализа высокоамплитудного явления, наблюдавшегося группой OGLE у компонента С гравитационной

линзы QSO 2237+0305 вблизи юлианских дат лета 1999 г. Зарегистрированные отсчеты потока показаны кружками на рис.5. На рис.6 приведены восстановленные ветви стрип-распределения яркости. Как видно из рисунка, форма распределения яркости качественно согласуется с ожидаемым видом релятивистского аккреционного диска.

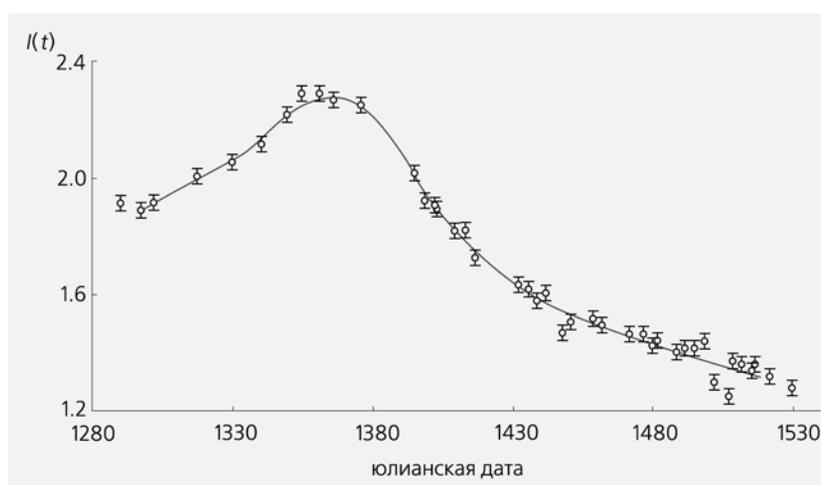


Рис.5. Наблюдаемое изменение потока при высокоамплитудном явлении у компонента С изображения гравитационной линзы QSO 2237+0305 (кружки). Величины потока приведены к потоку звезды сравнения. Сплошной линией показана кривая, соответствующая восстановленному распределению яркости. Юлианские даты уменьшены на 2450000.

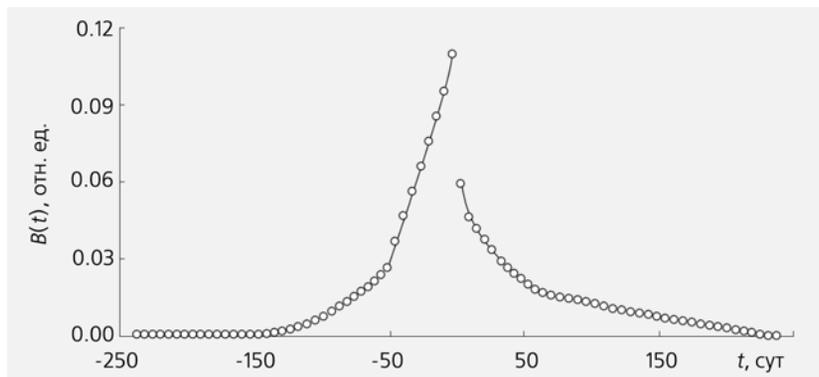


Рис. 6. Ветви стрип-распределения яркости в аккреционном диске линзируемого квазара, восстановленные из анализа наблюдений высокоамплитудного явления. По оси абсцисс отложено время (в сутках), отсчитанное от момента пересечения каустики центра диска.

Кривая изменения потока, соответствующая восстановленному распределению яркости, показана сплошной линией на рис. 5 и удовлетворяет наблюдательным данным в пределах оцененной погрешности.

Для оценки размеров аккреционного диска необходимо знать скорость его движения в направлении нормали к каустике  $V_{\perp}$ . В общем случае эта скорость есть результирующая сумма векторов проекций на картинную плоскость скоростей собственных движений наблюдателя, галактики-линзы и квазара. Она зависит также от расстояний до линзы и квазара, а большое красное смещение последнего ( $z = 1.695$ ) приводит к зависимости расстояния от параметров, определяющих строение Вселенной. Рассмотрение характерных значений дисперсии скоростей всех объектов, участвующих в данном высокоамплитудном явлении, с учетом возможного изменения

модели Вселенной от плоской (если плотность вещества Вселенной  $\rho$  равна критической  $\rho_c$ , т.е.  $\Omega_0 = \rho/\rho_c = 1$ ) до модели с преобладанием энергии вакуума, согласующейся с современными наблюдательными данными ( $\Omega_0 = 0.3$ ), приводит к весьма широким границам интервала возможных значений скорости сканирования каустики:  $765 \leq V_{\perp}$  (км/с)  $\leq 10\,548$  [6]. Если формально принять для  $V_{\perp}$  значение, равное середине этого интервала 5600 км/с, то характерному времени пересечения контура стрип-распределения яркости  $300^d$  (см. рис. 6) соответствует линейный размер  $1.5 \cdot 10^{16}$  см или 1000 а.е. Таким образом, размеры аккреционного диска квазара более чем на порядок превышают диаметр Солнечной системы.

Одновременно с группой OGLE наблюдение эффектов микролинзирования у компонентов гравитационной линзы QSO 2237+0305 проводила также

международная группа GLITP. Их результаты подтвердили факт высокоамплитудного явления у компонента А вблизи момента JD = 2 451 500 (конец осени 1999 г.), наличие которого можно заподозрить и на рис. 3. Анализ этих данных методом подбора модели ньютоновского аккреционного диска, обращаемого вокруг черной дыры Шварцшильда, позволил получить ограничения возможных значений ее массы:  $10^7 M_{\odot} < M < 6 \cdot 10^8 M_{\odot}$  [6]. Мы провели обработку объединенного ряда фотометрии групп OGLE и GLITP для компонента А с использованием нашей методики и получили ветви стрип-распределения яркости. Форма восстановленного распределения также качественно согласуется с возможным видом релятивистского аккреционного диска. Однако наблюдаемые искажения кривой высокоамплитудного явления могут говорить о том, что в данном случае сказывается кривизна каустики или близость каспа.

Таким образом, анализ наблюдений высокоамплитудных явлений в кратных изображениях квазаров, формируемых гравитационными линзами, позволяет исследовать распределение яркости в аккреционных дисках со сверхвысоким угловым разрешением. Продолжение программ наблюдений этих интересных явлений позволит получить важную информацию о природе активных ядер галактик. ■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 02-02-17524), программы «Астрономия» и Минобрнауки России.**

## Литература

1. Krolik J.H. Active galactic nuclei. Princeton, 1999.
2. Захаров А.Ф. Гравитационные линзы и микролинзы. М., 1997.
3. Шаляпин В.Н. // Письма в Астрон. журн. 2001. Т.27. №3. С.180—186.
4. Гончарский А.В., Черепашук А.М., Ягола А.Г. Некорректные задачи астрофизики. М., 1985.
5. Богданов М.Б., Черепашук А.М. // Астрон. журн. 2002. Т.79. №8. С.693—701.
6. Goicoechea L.J., Alcalde D., Mediavilla E., Munoz A. // Astron. and Astrophys. 2003. V.397. P.517—525.
7. Богданов М.Б., Черепашук А.М. // Астрон. журн. 2004. Т.81. №4. С.291—297.

# Арктический шельф и вечная мерзлота

Н.А.Шполянская

Современные планы освоения полезных ископаемых Российского арктического шельфа [1] требуют знания природных условий этого обширного пространства. Существенно осложняет любые работы в северных районах вечная мерзлота (криолитозона). Вечномерзлые, часто высокольдистые породы слагают дно большей части ледовитых морей и их берега.

Большинство исследователей считают, что криолитозона шельфа сформировалась на суше в холодную эпоху во время глубокой регрессии (отступления) моря, примерно 18–20 тыс. лет назад, а потом была им затоплена во время трансгрессии, закончившейся около 6 тыс. лет назад. Имеются расчеты постепенной деградации реликтовой шельфовой мерзлоты под отепляющим влиянием моря. В то же время существуют данные о современном образовании льдистых донных отложений, например в юго-восточной части Баренцева и юго-западной части Карского морей [2], а также в отложениях моря Лаптевых (недавние российско-германские исследования). И хотя подобные сведения единичны, они показывают, что криолитозона арктического



*Нелла Александровна Шполянская, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник кафедры криолитологии и гляциологии географического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — вечная мерзлота, пластовые подземные льды в морских отложениях. Участник многочисленных экспедиций в северные районы России.*

шельфа неоднородна. По-видимому, в ней следует выделять и реликтовую, и современную, вновь образующуюся часть.

Это важно по нескольким причинам. Во-первых, направленность развития шельфовой мерзлоты (деградация реликтовой или нарастание современной субмаринной) определяет геоэкологические условия на шельфовых пространствах, а тем самым и условия его освоения. Во-вторых, она влияет на развитие прибрежной части шельфа и береговой зоны, что тоже существенно для хозяйственной деятельности. В-третьих, признание возможности формирования вечной мерзлоты непосредственно на дне моря по-новому освещает геологи-

ческую историю развития арктического шельфа.

Для понимания природы шельфовой криолитозоны обратимся к проблеме происхождения мощных залежей подземных льдов, распространенных на древних морских равнинах (бывших шельфах) севера Евразии и обобщенно называемых пластовыми льдами. Именно они содержат в себе информацию об истории развития вечной мерзлоты на континенте и шельфе, о пространственном соотношении наземной и подземной оледенений на протяжении этой истории, о трансгрессиях и регрессиях арктического бассейна.

Пластовые льды наиболее часто встречаются в пределах низ-



Распространение плостовых льдов в Российской Арктике и Субарктике.

менных арктических равнин, где длительное время накапливались ледово-морские осадки (например, Ямало-Гыданская провинция, Чукотка). Менее распространены такие льды в предгорьях и горных долинах и вовсе не встречаются в районах денудации и выноса материала, например, на Кольском п-ове, а также в местах, где осадконакопление проходило в озерно-аллювиальном режиме — в пределах Яно-Инди-гирской и Кольской низменностей.

Вопрос о происхождении и механизме формирования плостовых льдов остается спорным. Одни исследователи видят в них захороненные остатки наземного ледника и считают их свидетельством существования в регионе древнего покровного оледенения, другие считают эти льды изначально внутригрунтовыми образованиями и тем самым признают, что в регионе древнего покровного оледенения не было.

Изучение большого числа разрезов с крупными ледяными залежами, условий их залегания и строения позволяет разделить их на несколько генетических типов [3].

### Эталонный разрез субмаринных льдов

Большую часть плостовых льдов в пределах морских равнин севера Евразии можно отнести к субмаринным. Впервые они выделены на севере Западной Сибири в сложно дислоцированных морских отложениях. Эти льды занимают обширные площади в пределах п-ов Ямал и Гыдан, низменных прибрежных участков Приуральской части Байдарцкой губы (структурное продолжение Ямала), а также в пределах Северо-Сибирской низменности, имевшей единую историю с севером Западной Сибири. Как правило, они залегают в морских плей-

стоценовых, сильно дислоцированных отложениях. Подобные льды были детально исследованы автором статьи в разрезе казанцевских отложений в западной части Гыдана в долине р.Тадибяхи [4].

В обрывах высотой 25—30 м, окаймляющих широкую долину реки, на протяжении десяти километров в разных излучинах реки и ее притоков обнажаются сложно деформированные, очень льдистые иловатые, глинистые и супесчано-глинистые отложения, содержащие плостовый лед одного типа мощностью 5—8 м и протяженностью до 150—200 м. В ледяной залежи ледяные слои толщиной от 10—15 см до 20—30, а нередко и 30—40 см, чередуются с тонкими грунтовыми прослоями толщиной менее 1 см. Слои образуют сложный рисунок — параллельные либо сложно переплетающиеся, иногда горизонтальные, иногда дугообразные или сложной конфигурации по-

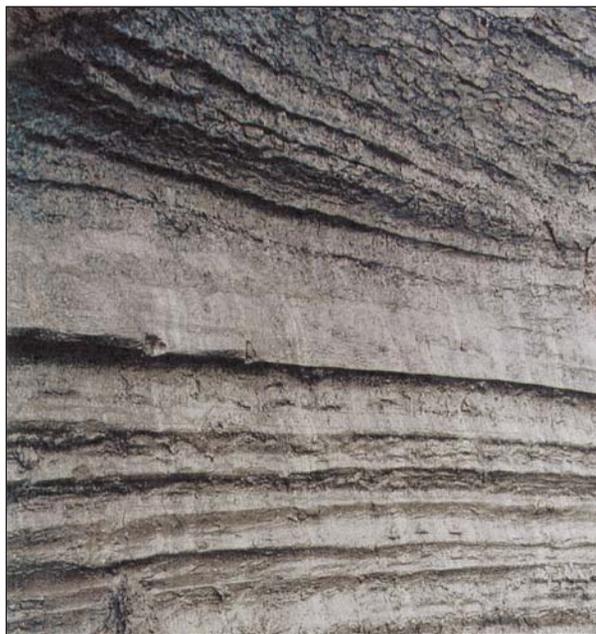


Сумаринная ледяная пластовая залежь в долине р.Тадибяхи (п-ов Гыдан). В разных ее частях заметны тонкопереслаивающиеся прослои льда и грунта сложной конфигурации.

Фото Н.А.Шполянкой

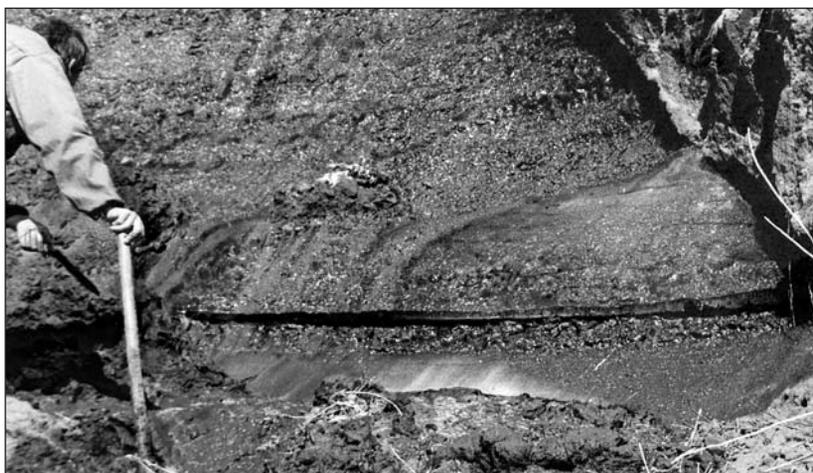
лосы, расположенные то вплотную друг к другу, то на расстоянии нескольких сантиметров. Слоистость залежи явно относится к седиментационному типу. Сами грунтовые прослои тоже не монолитны, а состоят из льда и грунта.

Такая толща с равномерным переслаиванием грунта и льда и высокой согласованностью слоев, наблюдаемой даже при очень сложной их конфигурации, могла сформироваться только в морских, субаквальных (субмаринных, учитывая морской генезис вмещающих пород), достаточно глубоководных условиях при одновременном промерзании накапливающихся донных осадков. Строе-ние ледяной залежи Тадибях-



Ледяная пластовая залежь прибрежно-морского происхождения в районе Селякин мыс (низовья Енисея). На обнажениях одной толщи видны крупные субгоризонтальные слои льда, разделенные грунтовыми прослоями.

Фото Н.А.Шполянкой,  
Е.В.Подольского





Залежь инъекционного льда близ пос.Таб-Саля в низовьях Енисея. Видны следы напора замерзающей воды: слои ленточных глин разорваны и сдвинуты по обе стороны вертикальных внедрений (штоков).

Фото Е.Г.Карпова



ского разреза можно считать эталоном для ледяных тел такого типа.

Подобные толщи с пластовыми льдами описаны во многих районах севера Западной Сибири: на Ямале — оз.Ней-То, пос.Харасовей, мыс Бурунный, пос.Марре-Сале, р.Юрибей и Мордыяха, на Гыдане — реки Юрибей, Гыда, Танама на приуральской и ямальской сторонах Байдарацкой губы [5].

Судя по условиям залегания и строения, к субмаринным льдам следует отнести пластовые льды и других районов. Так, к северо-западу от Полярного Урала, на юго-западном склоне горного кряжа Пай-Хой, в обрывах морских террас начала позднего плейстоцена встречены подобные льды мощностью до 10 м и более [6].

Во многих районах на Чукотке также вскрыты ледяные залежи крупных размеров (300 м и более в поперечнике), по строению очень похожие на западно-сибирские: на юго-восточном и восточном побережье Чукотского п-ова, северном побережье о.Аракамчечен, побережье Колючинской губы, мысе Ныг-ликан, в Мечигменском заливе, заливе Креста (его восточном, близ пос.Конергино, на р.Янрамовей, и западном побережьях), в приморских частях Нижне-Анадырской низменности [7, 8]. Все льды приурочены к ледниково-морским отложениям третьей и четвертой террас, а также встречаются на контактах ледниково-морских суглинков с морскими отложениями второй террасы. Подавляющее боль-

**Погребенный глетчерный лед в низовьях Енисея.**

Вверху — крупноблоковое строение залежи, образованное серией аркообразных грунтовых прослоев, близ пос.Ермаково («Ледяная гора»); внизу — крупноблоковое строение залежи близ пос.Иннокентьевское.

Фото Н.А.Шполянской, Е.Г.Карпова

шинство выходов подобных льдов имеет складчатое сложение и состоит из серий слоев, иногда согласно залегающих, иногда секущих друг друга. Во многих случаях льды напоминают по облику дислоцированные горные породы. Прослойки льда чередуются через 4–7 см со струйками минеральных примесей толщиной 2–3 мм. Такая криогенная текстура могла возникнуть так же, как в залежи на Тадибеахе — в морских условиях, при развитии подводного оползнеобразования и смятия промерзающих слабо литифицированных донных осадков.

Крупные подземные залежи льда, которые по их описанию можно считать субмаринными, упоминаются в работах 30-х годов XX в. в районе низовьев р.Хатанги, в бухте Кожевникова.

## На краю морского бассейна

Прибрежно-морские льды встречаются в тех же регионах, что и субмаринные, но приурочены к краевым частям древнего морского бассейна. Таков район Селякина мыса в низовьях Енисея близ пос. Усть-Порт [9]. Здесь в супесчано-песчаных прибрежно-морских отложениях позднелайстоценового (казанцевского) возраста вскрываются льды, по своему виду заметно отличающиеся от вышеописанных. Они представлены серией преимущественно горизонтально вытянутых пластов (от 15 до 60 см толщиной), разделенных между собой грунтовыми прослоями (15–20, иногда до 30 см). Контакты ледяных пластов всегда четкие, прямолинейные, согласованные с первичной слоистостью вмещающих пород. Сложные дислокации отсутствуют. Это свидетельствует об их формировании в едином осадкообразующем процессе.

Ледяные пласты возникли в результате замерзания надмерзлотного водоносного гори-

зонта, образующегося в основании сезонно-талого слоя (СТС) достаточно обводненных и грубодисперсных осадков. Накопление осадков происходило регулярно в периоды нагонного затопления береговой зоны, СТС вместе с водоносным горизонтом перемещался вверх, формировался новый ледяной пласт. Так снизу вверх нарастала ритмично слоистая ледяная толща. Наличие в этом же горизонте (на участках с более тонкодисперсными отложениями) небольших по размерам, но хорошо развитых полигонально-жильных льдов — дополнительное свидетельство того, что накопление и промерзание супесчано-песчаной ледистой толщи шло в прибрежно-морских условиях.

Разрез Селякина мыса можно считать эталоном для пластовых льдов прибрежно-морского типа. Похожие льды описаны и в других районах Российского севера — на Пай-Хое в районе Силова-Мусюр в позднелайстоценовых ледово-морских суглинках, на п-ове Югорском, в 40 км восточнее пос.Амдерма, в районе Байдарацкой губы, и на Ямальском и Приуральском ее побережьях, на Чукотке — в низовьях р.Анадырь в засоленных ледниково-морских отложениях, в западной части дельты Лены на о.Арга-Муора-Сисе в каргинских (28500±1900 лет) песках с галькой, переходящих вверх по разрезу в суглинки. Пластовые льды в морских отложениях, сходные по своему строению с прибрежно-морскими льдами, описаны в литературе в низовьях р.Хатанги, р.Попигай, в районе Нордвика, на восточном побережье Таймыра, в устье Енисея.

К сожалению, рамки журнальной статьи не дают возможности остановиться на двух других распространенных типах подземных пластовых льдов. Это так называемые инъекционные, возникающие на континентах при замерзании напорных вод, в основном в районах рас-

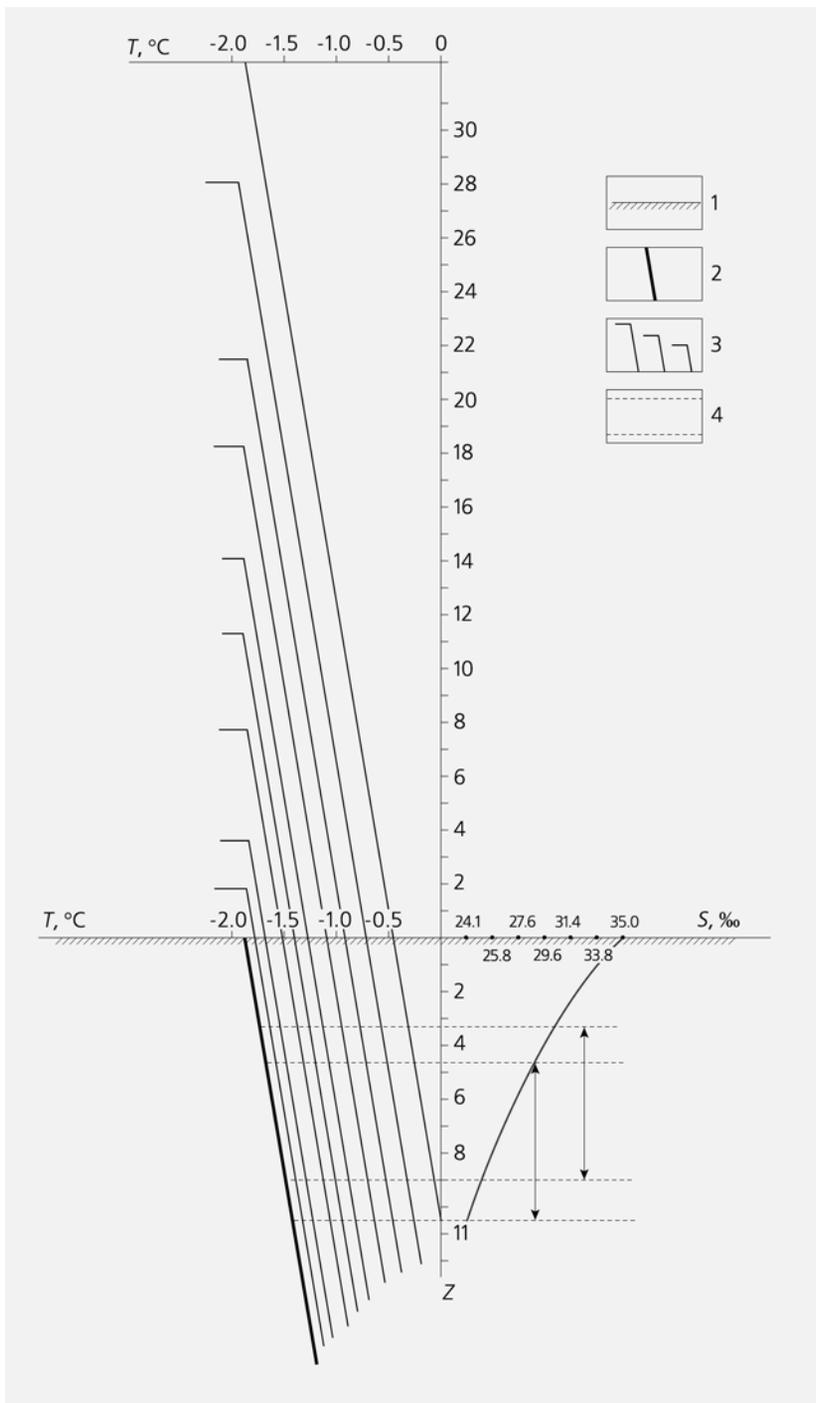
пространения обширных подозерных талых пород и местах разгрузки напорных подземных вод, а также погребенные (захороненные рыхлыми отложениями) остатки глетчеров, свидетелей древнего оледенения на суше. Даже по своему внешнему виду (читатель убедится в этом, глядя на приведенные фотографии) эти содержащие лед толщи, образовавшиеся в континентальных условиях, резко отличаются от субмаринных и прибрежно-морских. Последние встречаются только в морских (ледово-морских) и прибрежно-морских отложениях древних (плейстоценовых) морских равнин. В континентальных отложениях они отсутствуют. Это значит, что подобные льды формировались в пределах древних шельфов в периоды трансгрессивных фаз Арктического бассейна.

Из всего этого следует, что на современном шельфе тоже должно идти формирование субмаринной криолитозоны и крупных залежей льдов. Установить это в пределах всего арктического шельфа сейчас трудно из-за наличия реликтовой мерзлоты. Но как отличить одну от другой? Мы предлагаем возможный механизм формирования субмаринной мерзлоты, который одновременно может стать критерием для ее выделения.

## Возможный механизм формирования

До недавнего времени считалось, что донные осадки промерзают только на мелководьях, но никак ни на глубоких участках моря. Однако анализ распределения температуры и солености в донных отложениях показывает, что это возможно.

В арктических морях температура верхнего слоя донных отложений меняется в зависимости от глубины моря. Самая низкая отрицательная температура приурочена к береговой



Температура ( $T$ , °C) и соленость ( $S$ , ‰) донных осадков арктического шельфа.  $Z$ , м — глубина донных грунтов.

- 1 — поверхность дна моря;
- 2 — современная температура донных грунтов (вертикальный  $\nabla T = 0.04^\circ/\text{м}$ );
- 3 — изменение температуры донных грунтов по мере накопления осадков и смещения вверх поверхности дна моря;
- 4 — интервал глубин, где промерзают донные осадки, по мере их накопления интервал тоже смещается вверх.

линии. С увеличением глубины до 2 м она растет и достигает  $0^\circ\text{C}$  на границе максимальной толщины припайного льда, равной глубине моря. Глубже температура, продолжая повышаться, переходит в положительную и достигает наивысшего значения ( $2.8^\circ\text{C}$ ) в интервале глубин 2—3 м, где лед находится на плаву, что обусловлено значительным летним прогревом мелководья. С дальнейшим увеличением глубины температура снова начинает понижаться и на глубине 7—8 м вторично переходит через  $0^\circ\text{C}$  ( $-0.2^\circ\text{C}$ ). С 16—18 м донные грунты уже имеют устойчивую отрицательную температуру, которая понижается до глубины 30—35 м, где достигает  $-1.6$  —  $-1.8^\circ\text{C}$ . Отсюда до глубины 200 м наблюдается гомотермия — температура донных грунтов не меняется, полностью отсутствуют и ее годовые колебания. Еще глубже наблюдается плавное повышение температуры до  $-0.8^\circ\text{C}$  на глубине 500 м [10]. Таким образом, в арктических морях на достаточно большой глубине, примерно от 35 до 200 м, устанавливаются устойчивые отрицательные температуры.

Соленость (минерализация) поровых вод донных осадков тоже меняется по разрезу, уменьшаясь от поверхности дна в глубь толщи осадков. Снижение концентрации хлора с глубиной зафиксировано во многих местах: в Атлантическом океане — на склоне Южно-Американского континента, в северо-восточной части Атлантического океана — на значительном удалении от берега при глубине моря 3000 м (от 19.3‰ в поверхностном слое до 15.1‰ на глубине 4.3 м), в окраинных внутриконтинентальных морях — Черном (от 12.5‰ в поверхностном слое до 9.5 на глубине 4.5 м и до 4—6‰ на 8—10 м) и Балтийском, а также в Норвежском открытом море недалеко от берега. Из этих данных видно, что изменение солености донных

осадков с глубиной — явление общее, повсеместное [11].

Причина такого распределения солей пока не выявлена. Ряд исследователей считают, что уменьшение минерализации с глубиной отражает некий ранний геологический этап, характеризовавшийся распреснением морских вод из-за сброса в море пресных талых ледниковых вод. Однако с этим трудно согласиться. Во-первых, снижение солености наблюдается и в низких широтах в открытом океане, где ледниковые воды вряд ли могли оказать заметное влияние. Во-вторых, пресные воды всегда легче, чем соленые, и обычно образуют плавающие по поверхности линзы. Поэтому распреснение морских вод в эпоху дегляциации вряд ли коснулось придонных вод, а значит, не могло повлиять на минерализацию донных осадков. Даже в не слишком глубокой Обской губе пресные воды р.Оби подстилаются более тяжелыми солеными водами Карского моря [10]. В-третьих, диффузия, неизбежно возникшая бы при установлении градиента концентрации после дегляциации, как бы медленно она ни протекала, за геологические времена должна была бы выровнять соленость осадков. Устойчивый градиент минерализации должен поддерживаться каким-то постоянно действующим процессом.

Думается, что причину рассматриваемого распределения солености в донных осадках можно выявить, обратившись к законам термодинамики необратимых процессов. Дело в том, что исследуемая среда характеризуется одновременно и градиентом концентрации, и градиентом температуры, обусловленным внутриземным потоком тепла. В этом случае помимо обычной «прямой» диффузии возникает еще и «перекрестная» термодиффузия, поддерживающая перенос вещества под влиянием постоянного градиента температуры. В ре-

зультате в донных осадках возникает поток ионов солей, направленный противоположно градиенту температуры (эффект Соре). Этот процесс описывается [12] формулой

$$I = -D' \rho C(1 - C) \nabla T - \rho D \nabla C,$$

где  $I$  — поток концентрации;  $D'$  — коэффициент термодиффузии;  $\rho$  — плотность среды;  $C$  — концентрация раствора;  $T$  — температура;  $D$  — коэффициент диффузии.

Первый член правой части уравнения описывает процесс термодиффузии, т.е. поток солей, вызванный градиентом температуры и направленный противоположно ему — из нижних слоев грунта к его поверхности. Второй — противопоток прямой диффузии, возникающий из-за градиента концентрации и стремящийся уравновесить поток термодиффузии. Условие равновесия этих противоположно направленных потоков концентрации соли, определяемых обычной диффузией и термодиффузией, задается формулой

$$\nabla C = - \frac{D' C(1 - C)}{D} \nabla T.$$

Это значит, что поровая вода в донных осадках будет распресняться до тех пор, пока в них не создастся стационарный градиент солености, отвечающий приведенному уравнению.

Почему же уменьшение по разрезу солености поровых вод донных осадков при отрицательной температуре создает возможность промерзания донных осадков на некоторой глубине от дна моря?

Морская вода с соленостью 35‰ замерзает при  $-1.9^\circ\text{C}$ . Температура верхнего слоя донных грунтов, как видно из фактического материала, равна  $-1.8^\circ\text{C}$ . Поэтому донные осадки в своей верхней части до некоторой глубины не промерзают. Однако с глубиной соленость снижается, и в некотором интервале глубин (в нашем примере — от 4.5

до 10—11 м) столь заметно, что температура осадков оказывается достаточной для их промерзания.

По мере накопления осадков этот интервал глубин смещается вверх так же, как и поверхность дна. И в этом же направлении, снизу вверх (одновременно с накоплением осадка), растет мерзлая толща. Имеющиеся данные показывают, что обезвоживание происходит очень медленно. Благодаря этому слабо литифицированные донные грунты высокой влажности после промерзания превращаются в слоистую ледогрунтовую толщу.

По мере нарастания мерзлой толщи вверх температура нижнего промерзшего слоя повышается в соответствии с температурным градиентом. Поэтому рост толщи не беспределен и происходит до тех пор, пока температура подошвы нарастающей толщи не достигнет  $0^\circ\text{C}$ . В мерзлом состоянии может сохраняться толща осадков не более 40—50-метровой мощности, так как снизу она будет оттаивать за счет внутриземного потока.

И еще один вопрос. Выделяющееся при замерзании поровой воды тепло должно иметь отток в придонные слои воды. Тем не менее, их температура по наблюдениям не повышается, она на этих глубинах всегда одинакова и самая низкая. Дело в том, что в морской воде постоянно идет вертикальное плотностное перемешивание. Поскольку плотность морской воды увеличивается с повышением солености, а при близких значениях солености — с понижением температуры, придонная вода, нагреваясь из-за поступающего в нее тепла фазовых превращений, поднимается вверх, а на ее место к поверхности дна опускается более холодная (а потому более тяжелая) вода. В результате в воде достаточно быстро восстанавливается устойчивая плотностная и температурная стратификация.

\* \* \*

Итак, на современном арктическом шельфе идет, по-видимому, образование льдистой криолитозоны. Основной критерий для ее выделения: — равномерно слоистая по разрезу криогенная текстура, свойственная толще, промерзающей одновременно с накоплением. Реликтовые же отложения, сформировавшиеся на поверхности суши в субэаральных условиях, ныне должны иметь совершенно иное строение и дру-

гой характер распределения льда. Мощность вновь образующихся на шельфе мерзлых пород не должна превышать 50 м, в то время как у реликтовых мерзлых толщ может составлять сотни метров.

Проблема поиска морских подземных льдов важна, поскольку имеет не только теоретический, но и прикладной характер. На арктическом шельфе и берегах наших северных морей появляются новые буровые, трубопроводы, нефтяные платформы, безопасность работы ко-

торых зависит от того, на каком грунте они построены. Некоторые надежды на расширение исследований криолитозоны шельфа можно возлагать на предстоящий Международный Полярный год (2007—2008), во время которого внимание специалистов к проблемам мерзлоты безусловно возрастет. ■

**Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 02-05-64263.**

## Литература

1. Дмитриевский А.Н., Белонин Д.М. Перспективы освоения нефтегазовых ресурсов Российского шельфа // Природа. 2004. №9. С.3—10.
2. Мельников В.П., Федоров К.М., Вольф А.А., Спесивцев В.А. // Криосфера Земли. Т.II. 1998. №4. С.51—57.
3. Шполянская Н.А. // Вестник Моск. ун-та, география. 1991. №5. С.73—83.
4. Шполянская Н.А. // Криосфера Земли. 1999. Т.IV. №4. С.61—70.
5. Дубиков Г.И. Состав и криогенное строение мерзлых толщ Западной Сибири. М., 2002.
6. Оберман Н.Г. // Инженерная геология. №5. 1985. С.99—104.
7. Гасанов Ш.Ш. Криолитологический анализ. М., 1981.
8. Котов А.Н. Особенности залегания, состава и строения ледяных залежей пластового типа на северном побережье залива Онемен (Чукотка) // Мат-лы Второй конференции геокриологов России. М., 2001. С.218—225.
9. Тумель Н.В., Шполянская Н.А. Криолитогенез плейстоценовых отложений в низовьях Енисея (на примере Селякина мыса) // Проблемы криолитологии. 1983. Вып.11. С.116—136.
10. Жигарев Л.А. Океаническая криолитозона. М., 1997.
11. Шишкина О.В. Геохимия морских и океанических иловых вод. М., 1972.
12. Де-Гроот С.Р., Мазур П. Неравновесная термодинамика. М., 1964.

Всемирный союз охраны природы в настоящее время располагает базой данных по 24 тыс. видов растений и животных. Она составлена на основе информации, присланной 8 тыс. ученых из 181 страны. На сайте [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org) можно ознакомиться с Красной книгой Союза, здесь же содержится наиболее полный и достоверный перечень сведений о работах по сохранению видов. Terre Sauvage. 2004. №191. P.16 (Франция).

Американские исследователи изучили образцы тканей, взятых с 283 мумий, которые

очень хорошо сохранились в условиях сухого климата западного побережья Южной Америки. У 41% обследованных мумий была обнаружена трипаносома (*Trypanosoma cruzi*) — одноклеточный паразит, возбудитель болезни Чагаса. Эти данные позволяют считать, что доля населения, пораженного этой болезнью, и ее распределение по возрасту и полу достаточно близки к современным показателям. Исследователи полагают, что болезнь Чагаса уже существовала как минимум 9 тыс. лет назад.

Sciences et Avenir. 2004. №685. P.30 (Франция).

Печальный рекорд по числу исчезнувших видов флоры и фауны установлен в США штатом Гавайи. Согласно опубликованному в мае 2004 г. докладу Центра по биологическому разнообразию, из 108 видов, вымерших в стране за 1973—1994 гг., на этот штат приходится 49. В их число входят 15 видов брюхоногих моллюсков, 12 — растений, 14 — насекомых и восемь — птиц, в том числе большой певчий дрозд кауаи, некогда самый распространенный на архипелаге вид птиц.

Sciences et Avenir. 2004. №688. P.42 (Франция).

# «Гормональный портрет» человека

Л.В.Бец

Термин «гормон» (греч. *ὁρμῶν* — привожу в движение, побуждаю) присвоил в 1905 г. физиолог Э.Старлинг веществу, которое в нормальных условиях образуется в клетках одной части тела, переносится в какую-либо другую часть и действует там в очень малых концентрациях, регулируя рост или активность клеток. Правда, время возникновения самой эндокринологии, науки, изучающей гормоны, можно отнести к 1849 г., когда Бертольд, занимавшийся пересадкой семенников у птиц, предположил, что эти половые железы выделяют какое-то вещество, переносимое кровью и необходимое для развития вторичных половых признаков самца. Веществом оказался тестостерон, который был выделен в чистом виде и синтезирован в 1935 г.

По химическому строению гормоны удивительно разнообразны: ими могут быть аминокислоты и их производные, пурины, производные жирных кислот, короткие и длинные пептиды, стероиды и дитерпеновые соединения со сложной кольцевой структурой. Значит, «гормон» — не химическое понятие, так как не относится к какому-нибудь определенному классу химических соедине-



*Лариса Валериановна Беца, доктор биологических наук, профессор кафедры антропологии биологического факультета МГУ. Научные интересы связаны с гормональной антропологией.*

ний, скорее, это физиологический термин. По биохимической сути гормоны представляют собой сигнальные молекулы, химические посредники, которые переносят информацию, т.е. сигнал, к клетке-мишени. Неудивительно, что, будучи столь активными, гормоны контролируют все главные процессы организма (от переноса ионов через клеточную мембрану до транскрипции ДНК) и его развитие от зарождения до глубокой старости. Следовательно, гормоны обеспечивают химическую регуляцию и координацию в дополнение к той, которую осуществляет нервная система.

Среди множества существующих гормонов особое место занимают половые — андрогены

(мужские) и эстрогены (женские). Эти стероидные соединения синтезируются в организме из холестерина и влияют на обмен веществ, стимулируют синтез сложных соединений из более простых, обуславливают темпы развития человека, определяют его пол, биологический возраст и телосложение, связаны с общей реактивностью и резистентностью. Не исключено, что сдвиги в биологическом созревании современного человека связаны с изменениями в эндокринном статусе. Понятно поэтому, что во второй половине 20-го столетия зарубежные и отечественные антропологи, уже разносторонне изучавшие изменчивость биологического статуса, стали характеризовать его

© Беца Л.В., 2005

и в гормональном отношении. К началу 70-х годов на нашей кафедре оформилось новое направление — гормональная антропология. Цель ее — собрать информацию об изменчивости эндокринного статуса в течение жизни человека и определить границы вариаций, разработать методы изучения гормонального статуса в норме и патологии. Здесь пойдет речь только о половых гормонах.

## Индивидуальный статус

Причины заболеваний человека не лежат на поверхности, поскольку патологические процессы в организме возникают и развиваются в результате сложного взаимодействия биологических, экологических и социальных факторов. Именно в патологии особенно отчетливо проступает влияние половых гормонов, но чтобы выявить аномалии в их содержании, необходимо знать, какова же норма.

Что такое гормональный статус, какова его изменчивость на протяжении жизни человека, одинакова ли гормональная активность у разных людей и, наконец, отличаются ли уровнем гормонов человеческие популяции, этносы? На все эти вопросы предстояло найти ответ в исследованиях, начатых на нашей кафедре и касающихся половых гормонов.

Первый шаг — определение индивидуального гормонального уровня. Для этого мы проанализировали концентрации андрогенов и эстрогенов у каждого обследуемого из двух групп: московских девочек (средний возраст 8 лет) и студентов МГУ (средний возраст 22 года). В результате выяснилось, что любому индивидууму характерен собственный уровень вырабатываемых организмом гормонов и стабилизируется он довольно рано. Сохраняется и соотношение андрогенов и эстро-

генов: оно было абсолютно стабильным у 81.1% обследованных московских детей и, как показывают более поздние данные, у 77.8% молодых московских женщин. У мужчин от 21 года до 23 лет секреция половых гормонов также строго индивидуальна.

Известно, что принадлежность человека к конкретному типу развития определяется его эндокринной формулой. Теперь сюда можно включить и показатели уровня половых гормонов.

Судя по нашим результатам, ускоренному, среднему и замедленному вариантам развития соответствуют отличающиеся характеристики гормонального статуса. Так, у людей среднего типа развития эндокринная формула наиболее гармонична, т.е. близка среднему уровню гормональных показателей. В разных по численности, возрасту и полу группах преобладал этот средний вариант ( $A_2E_2$ ), тогда как крайние ( $A_1E_1$ ,  $A_3E_3$ ) и «дисгармоничные» ( $A_1E_3$ ,  $A_3E_1$ ) варианты были довольно редки (не более 11—13%). Следовательно, «генетический гомеостаз» поддерживает оптимум гормональной активности растущего организма и диапазон его изменчивости. Именно этим обеспечивается возможность необходимого сдвига при изменениях условий окружающей среды и жизненных обстоятельств. Исключительно высокая индивидуальность в секреции важнейших компонентов эндокринной формулы типична для длительного онтогенетического периода.

## В городе и в деревне

Гормоны, контролирующие все главные процессы организма, обуславливают и адаптацию к меняющимся условиям внешней среды. Мы попытались выяснить, устойчив или изменчив уровень половых стероидов у людей из сильно отлича-

ющихся по экологическим параметрам местностей. Для этого провели анализ гормонального статуса у девочек из Москвы и из Рязанской области. На фоне индивидуальности гормональных профилей выявились интересные различия: в московской группе был выше уровень секреции эстрогенов, а в рязанской — андрогенов. Поскольку выработка эстрогенов усиливается в период полового созревания, значит, у московских девочек оно наступает раньше. Еще одна примечательная черта московской группы — значительная гетерогенность гормонального статуса по андрогенам и эстрогенам. Видимо, это связано с большей реактивностью надпочечниковых гормонов на внешние факторы. (В надпочечниках андрогены и эстрогены синтезируются в небольших количествах, но вместе с другими веществами этого парного эндокринного органа участвуют в регуляции жизненно важных функций и в адаптации организма к неблагоприятным условиям.)

Таким образом, большая гетерогенность в распределении половых гормонов в московской группе и более раннее половое созревание отличают высоко урбанизированную московскую популяцию от сельской рязанской. Выявленная неоднородность в московской группе свидетельствует о расширении границ популяционной нормы как результате напряженной адаптации организма к городской среде. Надо отметить, что дифференциация гормонального статуса у детей одного и того же этноса в наиболее чувствительную к внешним условиям фазу развития, установленная, кстати, впервые, может пролить свет на гормональные основы и механизмы феномена акцелерации.

Примечательно, что средние уровни секреции половых стероидов в группах русских мужчин, живущих в разных крупных

Таблица 1

Содержание половых гормонов у молодых русских мужчин из разных городов

Город	n	Тестостерон, нг/мл		Эстрадиол, пг/мл	
		min–max	X	min–max	X
Москва	81	1.16–14.99	7.48	8.20–66.00	24.35
Ташкент	45	3.64–14.00	8.20	12.40–45.00	24.17
Владивосток	37	4.12–11.20	7.28	12.40–40.30	22.74
Аннаба (Алжир)	25	2.98–13.00	7.29	11.50–34.80	21.34

Примечание. Здесь и далее: n — количество обследованных; min–max — диапазон показателей от минимального до максимального; X — среднее значение.

городах, остаются устойчивыми (табл.1). А есть ли этнические различия?

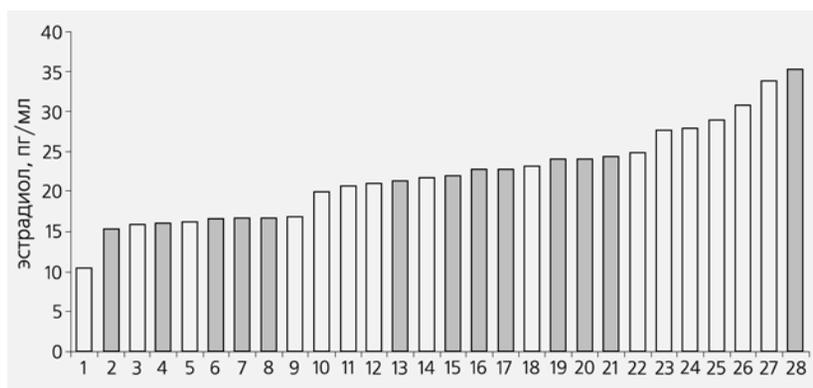
## Среда и этносы

Выяснив, что у представителей одного этноса — городских русских — среднее содержание половых стероидов сохраняет стабильность (видимо, из-за сходства высоко урбанизированной среды), мы заинтересовались их уровнями у населения разных этнических групп. К тому времени, как мы занялись анализом, в литературных источниках имелись сведения о концентрациях тестостерона (самого активного мужского гормона) и эстрадиола (самого активного женского гормона) у мужчин многих этно-территориальных групп мира. Объединив литературные и собственные данные и построив гистограммы, мы получили весьма интересную картину. Индивидуальные величины уровня секреции тестостерона у мужчин репродуктивного возраста в различных популяциях мира колеблются от 2.16 до 9.29 нг/мл. Для жителей умеренного пояса среднестатистические показатели концентраций гормона оказались весьма близкими независимо от этнической принадлежности изученных популяций. Возможно, такое сходство обусловлено некой нейтральностью среды. Отчетливые различия проявляются лишь в эт-

нических группах, проживающих на территориях, где условия окружающей среды стабильно экстремальны. Так, у коренных азербайджанцев из Карабахского нагорья (более 2000 м

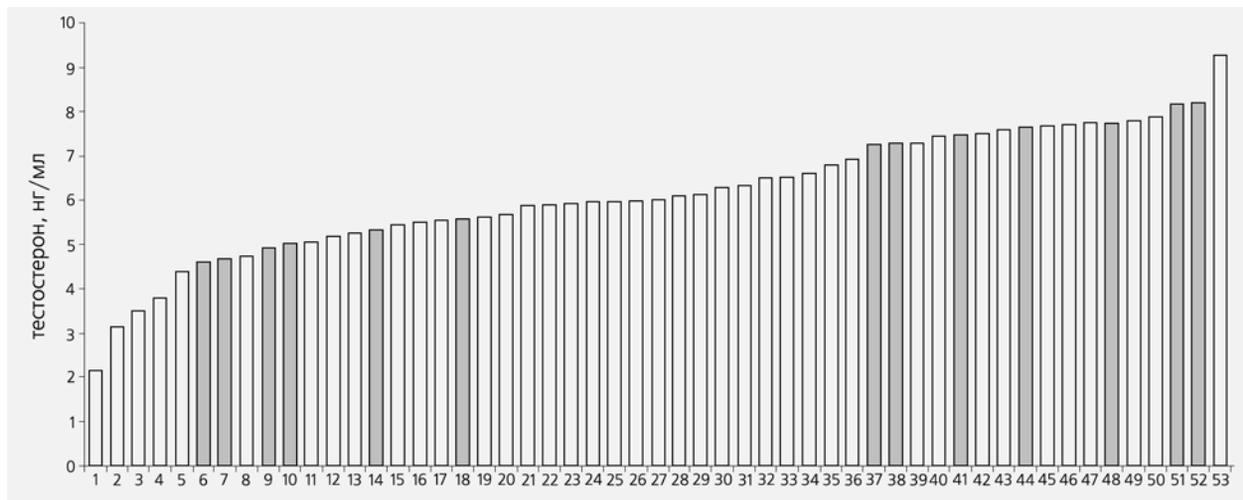
над уровнем моря) концентрация тестостерона была самой низкой ( $2.16 \pm 0.2$  нг/мл), несколько выше — у русских жителей того же нагорья, мигрировавших из центральных районов России более полутора веков назад ( $3.13 \pm 0.17$  нг/мл). Наибольшей андрогенная активность была у жителей Магадана — потомков пришлого населения во втором-третьем поколениях.

Уровень эстрогенов у мужчин из разных мировых популяций тоже подвержен изменениям. Так, величина секреции женского полового гормона эстрадиола колеблется от 10.47 до 33.89 пг/мл. Самая низкая его концентрация выявлена у северного народа (хантов), а наибо-



Уровни секреции эстрадиола у мужчин из разных этно-территориальных групп мира. 1 — Россия, северные ханты (Салюков, 1991); 2 — Памир, Пастхуф, таджики (Бец, 1986); 3 — Замбия, Лусака, азиатское население (Briggs et al., 1972); 4 — Памир, Хуф, таджики (Бец, 1986); 5 — Россия, эвены (Шварева, 1993); 6 — Памир, Джиргаталь, киргизы (Бец, 1986); 7 — Памир, Мургаб, киргизы (Бец, 1986); 8 — Памир, Мургаб, таджики (Бец, 1986); 9 — Германия, Мюнхен (Pirke et al., 1973); 10 — США, Калифорния (Kelch et al., 1972); 11 — Германия, Мюнхен (Bidlingmaer et al., 1973); 12 — Замбия, Лусака, европейское население (Briggs et al., 1972); 13 — Алжир, Аннаба, русские (Бец, 1976); 14 — Германия, Дюссельдорф (Kley et al., 1980); 15 — Алжир, Аннаба, арабы (Бец, 1976); 16 — Россия, Владивосток, русские (Бец, 1978); 17 — Узбекистан, Андижан, узбеки (Бец, 1977); 18 — Япония, Фукуока (Muta et al., 1981); 19 — Узбекистан, Ташкент, узбеки (Бец, 1978); 20 — Узбекистан, Ташкент, русские (Бец, 1978); 21 — Россия, Москва, русские (Бец, 1978); 22 — Франция, Париж (Guehot et al., 1988); 23 — Украина, Киев (Воронцова, 1984); 24 — США, Мериленд (Sherins et al., 1973); 25 — Замбия, Лусака, африканское население (Briggs et al., 1972); 26 — Россия, Магадан (Максимов и др., 1995); 27 — Россия, Магадан, коренные народности (Бартош и др., 1997); 28 — Россия, Новгородская обл., русские (Бец, Степанова, 2004).

Здесь и на следующих рисунках серым выделены собственные данные.

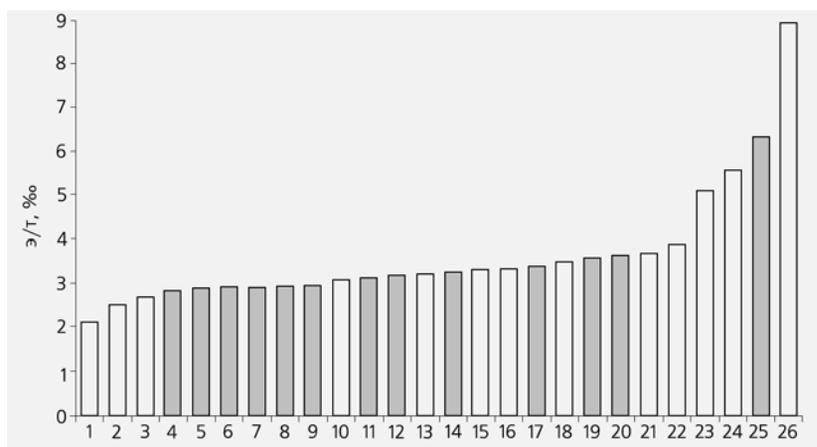


Концентрация тестостерона у мужчин из различных этно-территориальных групп мира. 1 — Азербайджан, азербайджанцы (Ена и др., 1988); 2 — Азербайджан, русские (Ена и др., 1988); 3 — Финляндия, Оулу (Huhtaniemi et al., 1982); 4 — Россия, Магадан, коренные народности (Бартош и др., 1997); 5 — Азербайджан, Баку (Ибрагимов и др., 1989); 6 — Памир, Мургаб, таджики (Бец, 1986); 7 — Памир, Мургаб, киргизы (Бец, 1986); 8 — Россия, чукчи (Полесский и др., 1980); 9 — Памир, Джиргаталь, киргизы (Бец, 1986); 10 — Памир, Хуф, таджики (Бец, 1986); 11 — Шотландия, Эдинбург (Fox et al., 1972); 12 — Замбия, Лусака, африканское население (Briggs et al., 1972); 13 — Россия, Архангельская обл., ненцы, коми (Суханов, 1991); 14 — Памир, Пастхуф, таджики (Бец, 1986); 15 — Германия, Мюнхен (Pirke et al., 1973); 16 — США, Мериленд (Sherins et al., 1973); 17 — США, Юта (West et al., 1973); 18 — Россия, Новгородская обл., русские (Бец, Степанова, 2004); 19 — США, Виргиния (De Lacerda, 1973); 20 — Канада, Онтарио (Clark et al., 1973); 21 — Германия, Дюссельдорф (Kley et al., 1980); 22 — Гавайи, Гонолулу (Furuuata et al., 1970); 23 — Япония, Фукуока (Muta et al., 1981); 24 — США, Мичиган (Ismail et al., 1972); 25 — США, Калифорния (Kelch et al., 1972); 26 — Япония, Хоккайдо, айны (Okamoto et al., 1971); 27 — Россия, Архангельская обл., русские (Суханов, 1991); 28 — Канада, Манитоба (Faiman et al., 1971); 29 — США, Луизиана (Takahashi et al., 1983); 30 — Япония, Хоккайдо, японцы (Okamoto et al., 1971); 31 — Бельгия, Гент (Vermeulen et al., 1972); 32 — Германия, Гамбург (Horst et al., 1977); 33 — Россия, эвены (Шварева, 1993); 34 — Болгария, София (Малеева, 1978); 35 — США, Миссури (Wiest et al., 1978); 36 — Нидерланды, Неймеген (Smals et al., 1976); 37 — Россия, Владивосток, русские (Бец, 1978); 38 — Алжир, Аннаба, русские (Бец, 1976); 39 — Казахстан, Кустанай (Горожанин, 1982); 40 — Белоруссия, Минск (Лившиц, 1977); 41 — Россия, Москва, русские (Бец, 1978); 42 — Замбия, Лусака, азиатское население (Briggs et al., 1972); 43 — Франция, Париж (Reinberg et al., 1975); 44 — Узбекистан, Андижан, узбеки (Бец, 1977); 45 — Франция, Париж (Guehot et al., 1988); 46 — США, Техас (Aiman et al., 1980); 47 — Швеция, Упсала (Carstensen et al., 1973); 48 — Алжир, Аннаба, арабы (Бец, 1976); 49 — Замбия, Лусака, европейское население (Briggs et al., 1972); 50 — Украина, Киев (Воронцова, 1984); 51 — Узбекистан, Ташкент, узбеки (Бец, 1978); 52 — Узбекистан, Ташкент, русские (Бец, 1978); 53 — Россия, Магадан, русские (Максимов и др., 1995).

лее высокая — у русских мужчин из Новгородской обл., магаданских студентов, приехавших в город из национальных поселков, и потомков пришлых русских. Вероятно, на формирование гормонального статуса у русских магаданцев оказали влияние как приспособительные перестройки в родительском организме, так и комплекс неблагоприятных факторов северной среды, действие которой пришлось на критические

периоды становления эндокринной системы. Есть еще одна примечательность гормональной характеристики изученных групп из Магадана: у коренных народностей очень низка концентрация тестостерона и высок уровень секреции эстрадиола, в то время как у русских повышено содержание обоих гормонов. Подобные изменения могут свидетельствовать о раннем нарушении гормонального баланса.

О новгородцах необходимо сказать отдельно. Мы обследовали более 100 практически здоровых человек возрастом от 18 до 55 лет, живущих в трех районах (Волотовском, Парфинском и Валдайском) и получили довольно необычные результаты. Величина секреции тестостерона колебалась от 1.99 до 10.85 нг/мл и, значит, была достоверно ниже, чем у русских из крупных городов, и выше по сравнению с содержанием это-



Эстрадиол/тестостероновый индекс у мужчин из различных этно-территориальных групп мира. 1 — Замбия, Лусака, азиатское население (Briggs et al., 1972); 2 — Россия, эвены (Шварева, 1993); 3 — Замбия, Лусака, европейское население (Briggs et al., 1972); 4 — Алжир, Аннаба, арабы (Бец, 1976); 5 — Памир, Пастхуф, таджики (Бец, 1986); 6 — Алжир, Аннаба, русские (Бец, 1976); 7 — Узбекистан, Ташкент, узбеки (Бец, 1978); 8 — Узбекистан, Ташкент, русские (Бец, 1978); 9 — Узбекистан, Андижан, узбеки (Бец, 1977); 10 — Германия, Мюнхен (Pirke et al., 1973); 11 — Россия, Владивосток, русские (Бец, 1978); 12 — Памир, Хуф, таджики (Бец, 1986); 13 — Франция, Париж (Guechot et al., 1988); 14 — Россия, Москва, русские (Бец, 1978); 15 — Россия, Магадан (Максимов и др., 1995); 16 — США, Калифорния (Kelch et al., 1972); 17 — Памир, Джиргатааль, киргизы (Бец, 1986); 18 — Украина, Киев (Воронцова, 1984); 19 — Памир, Мургаб, киргизы (Бец, 1986); 20 — Памир, Мургаб, таджики (Бец, 1986); 21 — Германия, Дюссельдорф (Kley et al., 1980); 22 — Япония, Фукуока (Muta et al., 1981); 23 — США, Мерилэнд (Sherins et al., 1973); 24 — Замбия, Лусака, африканское население (Briggs et al., 1972); 25 — Россия, Новгородская обл., русские (Бец, Степанова, 2004); 26 — Россия, Магадан, коренные народности (Бартош с соавт., 1997).

го гормона у русских староверов Азербайджана, проживающих в экстремальной среде обитания и в изоляции. Уровень секреции эстрадиола, как только что упоминалось, был очень высок и варьировался от 11.58 до 52.73 пг/мл. В настоящее время физиологическая роль эстрогенов в мужском организме изучена еще недостаточно. Поэтому для объяснения повышенной эстрогенизации новгородских мужчин требуются дополнительные исследования.

Соотношением эстрадиола и тестостерона, т.е. Э/Т индексом, также можно количественно оценить гормональную активность организма. В подавляющем большинстве случаев та-

кое соотношение оказалось стабильным. Как нам представляется, подобная стабильность — это результат биологического приспособления в сложной цепи взаимодействия человека со средой. В экстремальной среде обитания Э/Т индекс — более чувствительный показатель функционального состояния эндокринной системы, чем величины секреции каждого гормона.

В напряженно работающей эндокринной системе преобладают адренергические механизмы и в соответствии с этим меняется гормональный статус. Характер подобных сдвигов отражает реакцию организма на условия окружающей среды, определяет «плату за адаптацию»

и позволяет понять патогенетические механизмы возникновения и течения ряда неинфекционных заболеваний.

## «Экологический портрет» человека в высокогорье

Влияние среды обитания на гормональную активность организма, как вытекает из проведенного анализа, довольно существенно. Но ведь нельзя исключить и связь с этническими особенностями. С помощью двухфакторного дисперсионного анализа мы оценили долю экологического и этнического вклада в характер распределения половых гормонов. В результате выяснилось, что оба фактора отражаются на уровне секреции этих стероидов. Правда, влияние среды все же сказывается сильнее.

Коренные жители Памира являют собой пример высокого и стабильного уровня приспособленности к окружающей среде и потому как нельзя лучше подходят для наших исследований. Мы оценили содержание половых стероидов у киргизов и таджиков, живущих в горах на высотах 2000, 3000 и 3640 м над ур.м. (табл.2). Судя по анализам, в концентрации андрогенов у мужчин Памира нет достоверных различий — уровень тестостерона, например, относительно стабилен. Видимо, так проявляется адаптивная устойчивость в высокогорных условиях, таких как сниженное атмосферное давление (и его следствие — гипоксия), рельеф местности, резкие перепады суточных и сезонных температур, холод, сухость воздуха, интенсивность солнечной радиации, а также специфические социально-экономические и культурные факторы.

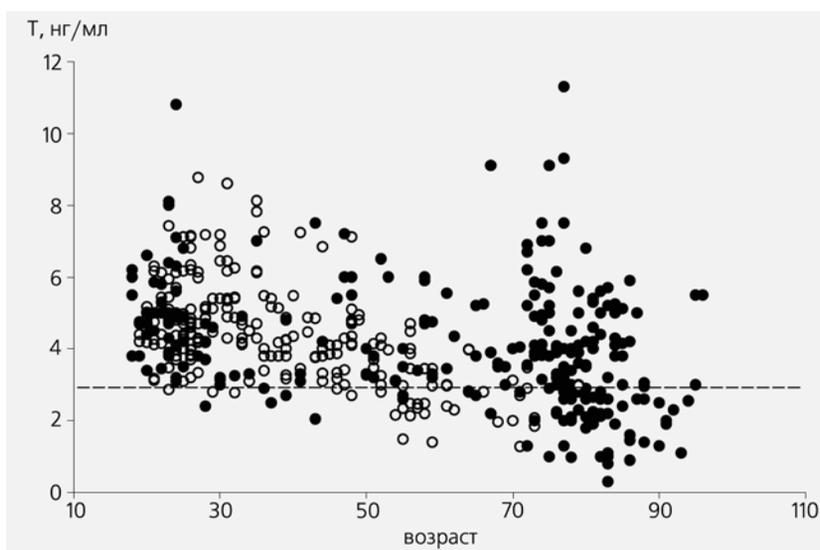
В концентрации эстрадиола заметна тенденция повышения у таджиков и понижения у киргизов с увеличением высоты места обитания. Э/Т индекс у киргизов и таджиков отличается,

Таблица 2

## Основные показатели количественной секреции половых гормонов у коренных жителей Памира

Место обследования	Этническая принадлежность	Тестостерон, нг/мл		Эстрадиол, пг/мл	
		min-max	X±S	min-max	X±S
Джиргаталь, 2000 м	киргизы	1.40–7.42	4.58±1.32	8.92–25.40	16.21±3.44
Пастхуф, 2000 м	киргизки	0.22–0.62	0.38±0.10	14.70–290.00	169.28±75.11
	таджики	1.97–8.77	4.34±1.38	8.70–20.80	14.58±2.95
Хуф, 3000 м	таджички	0.20–0.68	0.45±0.12	10.00–272.00	160.58±69.64
	таджики	1.28–8.60	4.36±1.50	9.80–26.70	15.14±3.66
Мургаб, 3640 м	таджички	0.20–0.73	0.34±0.12	10.00–240.00	95.29±60.36
	киргизы	1.49–8.12	4.25±1.25	7.90–24.70	15.41±4.09
Мургаб, 3640 м	киргизки	0.22–0.70	0.32±0.12	10.00–268.50	100.93±63.36
	таджики	2.34–7.25	4.60±1.31	9.50–20.40	16.76±3.64

Примечание. ±S – отклонение от средней величины.



Индивидуальная изменчивость уровня секреции тестостерона в мужских группах. Светлыми кружками отмечена концентрация гормона у коренных жителей Памира, темными — у мужчин других групп (Stearn E.L. et al. // Amer. J. Medic. 1974. V.57. №11. P.761–766). Пунктирная линия соответствует нижней границе нормы гормона для мужчин 45 лет.

а кроме того, зависит от условий окружающей среды.

В целом содержание андрогенов и эстрогенов у коренного населения Памира было значительно ниже по сравнению с нормами для жителей равнины и низкогорья.

В женских изученных группах статистически значимы и этнические отличия в концентрации эстрадиола и ее снижение с увеличением высоты местности. На больших высотах природные условия сказываются сильнее, чем этническая принадлежность.

Для женского организма, ответственного за сохранение и поддержание численности этносов, воздействия высокогорных условий особенно неблагоприятны (табл.3). Девочки на 3–3.5 года позже становятся половозрелыми, у женщин просле-

Таблица 3

## Показатели репродуктивного потенциала в женских группах Памира

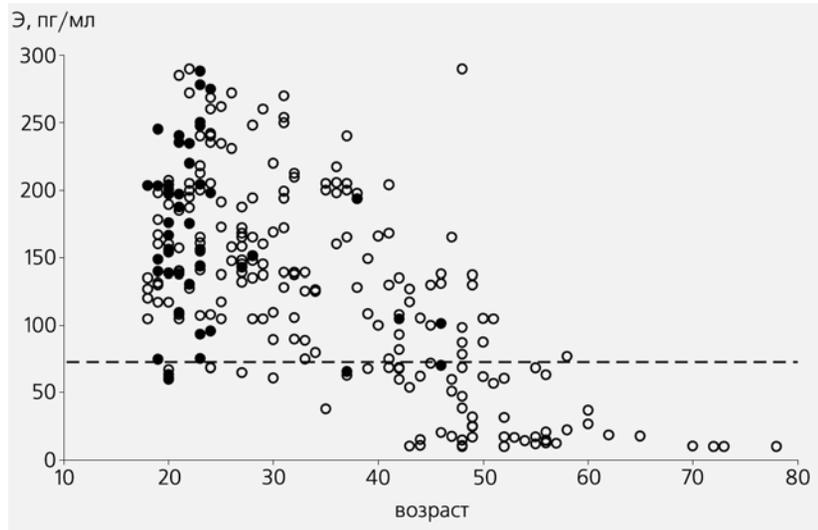
Место обследования	Возраст наступления половой зрелости	Возраст наступления менопаузы	Число живых детей	Число живых детей, % от числа беременностей	Число умерших детей	Число умерших детей, % от числа беременностей	Частота выкидышей, %	Показатель общей плодовитости
Пастхуф, 2000 м	16 лет	48 лет	6.65±0.53	81.90	2.00±0.36	12.38	5.71	7.62
Хуф, 3000 м	16 лет 11 мес	45 лет	6.66±0.54	69.50	2.36±0.28	18.13	12.36	8.39
Мургаб, 3640 м	16 лет 2 мес	45 лет 4 мес	3.88±0.33	54.44	2.90±0.37	32.66	12.89	5.85

живается тенденция к снижению возраста, в котором наступает менопауза. В высокогорье более часты, чем в низкогорных районах, бесплодие и выкидыши, причем показатель самопроизвольного прерывания беременности увеличивается с высотой проживания. Так, в среднегорье (2000 м) на 210 беременностей приходится 12 выкидышей, в высокогорье (3000 м) из 364 беременностей прерываются 45, столько же не удается выносить 349 жительницам пос. Мургаб (3640 м).

Известно, что половые стероиды играют важную роль в гормональном контроле старения. Однако характер возрастной изменчивости уровней этих стероидов до сих пор трактуется неоднозначно. Правда, уже установлено, что гормональная функция семенников снижается с возрастом не столь значительно, как предполагалось раньше. Если судить по количеству тестостерона у мужчин от 18 до 97 лет, то оно мало меняется вплоть до 70-летнего возраста. Позже уровень секреции отчетливо снижается, но только у 29% оказывается за пределами той нижней границы концентрации основного мужского гормона, которая характерна для 45-летних мужчин. У горцев Памира содержание тестостерона снижается в 1.5–2 раза к 50 годам, что указывает на ускоренные темпы старения организма.

Еще быстрее стареют женщины. Уже к 40 годам у большинства коренных жительниц секреция половых гормонов сокращается до подпороговых величин.

Итак, у коренных жителей Памира с возрастом проявляются сдвиги в продукции половых гормонов, создается необычное их соотношение: у мужчин уже к 50 годам синтез эстрогенов усиливается, а андрогенов — снижается. Это приводит к преждевременным возрастным изменениям в метаболизме, создает благоприятные условия для возникновения и развития



Индивидуальная изменчивость уровня секреции эстрадиола у москвичек (темные кружки) и коренных жительниц Памира. Пунктиром показана нижняя граница нормы гормона.

патологических процессов, способствует снижению продолжительности жизни.

Здесь уже упоминалось о связи половых гормонов с телосложением. Как же выглядят коренные горцы Памира? Среди них прослеживается тенденция преобладания грудного и мускульного типов телосложения, количество мужчин брюшного типа не превышает 4.61%. Хотя у аборигенов Памира общий уровень секреции половых гормонов понижен, с ним все же сочетается мускульный тип: чем сильнее андрогенизация организма, тем ярче черты этого типа.

Морфологическая изменчивость сказывается прежде всего на форме и размерах грудной клетки, длине нижних конечностей и ширине плеч. Все эти признаки у горцев увеличены. Вероятно, именно в них больше всего проявляется своеобразие горных условий. Аборигенное население Памира в процессе длительной адаптации к кислородной недостаточности приспособилось к экономному в энергетическом отношении газообмену: крупная грудная клетка обеспечивает более высокую жизненную емкость лег-

ких; из-за увеличения длинных костей скелета костный мозг несколько гипертрофирован, в результате чего кроветворение оказывается усиленным. Таков неповторимый «экологический портрет» аборигенного населения Памира. Свойственный ему комплекс наследственно закрепленных черт характеризует «высокогорный адаптивный тип», описанный Т.Н.Алексеевой.

## Норма и патология

Половые гормоны довольно существенно влияют на телосложение человека. У горцев Памира, как было сказано, преобладают грудной и мускульный типы. Отличаются ли другие этносы и жители равнин? Среди московских молодых мужчин есть все типы телосложения, но мускульного несколько больше (табл.4). Именно он характеризуется самым высоким уровнем секреции тестостерона, средним — эстрадиола и оптимальным их соотношением. Оказалось, что мускульный тип, связанный с повышенной андрогенизацией организма, свойствен и 20-лет-

Таблица 4

## Половые стероиды у молодых мужчин и типы их конституции

Тип телосложения	n, %	Тестостерон, нг/мл	Эстрадиол, пг/мл	Эстрадиол/ тестостерон, ‰
		X±S	X±S	X±S
Грудной	18	5.56±1.13	20.22±7.83	3.75±1.40
Мускульный	54	7.73±2.01	22.90±7.09	3.03±0.90
Брюшной	16	7.50±2.20	39.38±12.29	6.00±2.67
Мускульно- грудной	6	6.57±2.58	17.62±2.19	3.04±1.41
Мускульно- брюшной	6	6.50±2.38	33.49±8.13	5.31±0.92

ним московским юношам, и подросткам в период полового созревания.

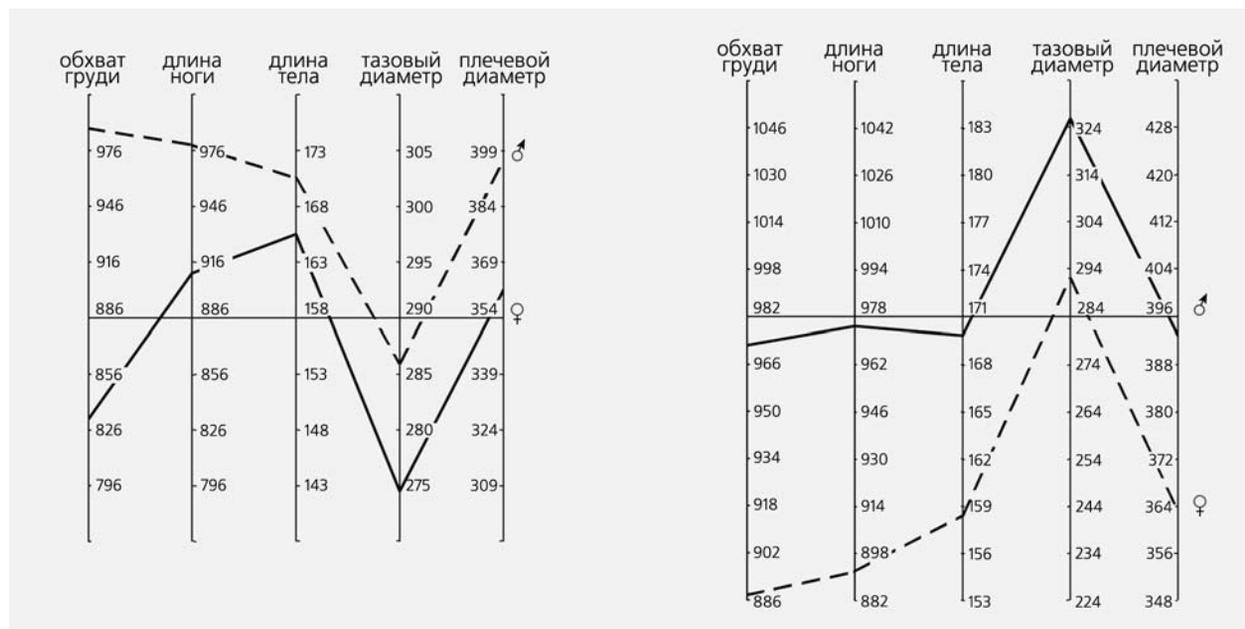
Среди новгородцев, которые отличаются от других обследованных групп русских соотношением половых стероидов, самым многочисленным был грудной тип телосложения — 31.4%. Мускульный же тип, преобладающий среди москвичей, у новгородцев составил всего 17.14%. Новгородцы примерно за 30 лет (мы проводили первую серию обследований в середине 70-х годов) стали более высокорослыми, у них удлини-

лись конечности, грудная клетка увеличилась в поперечном направлении. Все это — признаки долихоморфии пропорций (относительно короткое и узкое туловище и длинные конечности) и общей грацилизации скелета. С чем связаны такие перемены, еще предстоит выяснить.

Грудной тип ассоциируется с пониженным уровнем андрогенов в организме, умеренным количеством эстрогенов и незначительным увеличением Э/Т индекса. Для брюшного типа характерны самая высокая кон-

центрация эстрогенов и пониженная андрогенов. С эстрогенизацией организма (например, с выработкой эстрадиола) связаны образование жировых складок, развитие мускулатуры и передне-задний диаметр груди; от количества того же эстрадиола зависит диаметр нижней челюсти, высота верхней губы, а от концентрации тестостерона — высота носа. Все это относится к характеристике конституции человека. Оказывается, по ее изменчивости, точнее, по изменчивости антропометрических данных, можно судить о патологиях, например, о транссексуализме (кстати, и о сахарном диабете тоже). Суть этого аномального состояния личности — в несоответствии биологического и гражданского пола с его психическим ощущением человеком.

Морфологические изменения при транссексуализме затрагивают прежде всего признаки полового диморфизма: у женщин преобладают черты, свойственные мужчинам одного с ними возраста, у мужчин накаплива-



Некоторые антропометрические показатели при женском (слева) и мужском транссексуализме. Пунктирная кривая на первом графике соответствует морфограмме здоровых мужчин, сплошная линия — больных женщин; на втором графике приведена пунктирная морфограмма здоровых женщин и сплошная — больных мужчин. На оси абсцисс отложены среднеарифметические значения признаков для здоровых женщин (слева) и мужчин.

ются женские признаки (например, увеличиваются поперечные размеры таза, сужаются плечи). Вполне естественно, что существенный вклад в формирование фенотипа транссексуалов вносят половые гормоны (табл.5). Мы исследовали их изменчивость у лиц с женским (исходно женщина) и мужским (исходно мужчина) транссексуализмом и обнаружили совпадение гормональной характеристики не с биологической принадлежностью к полу, а с его психическим восприятием индивидуумом. Проще говоря, у мужчин преобладали эстрогены, у женщин — андрогены. Такие нарушения в содержании мужских и женских половых гормонов соответствуют сексуальной аутоидентификации обследованных лиц, т.е. инверсно измененному психическому полу.

Результаты исследований гормонального уровня при транссексуализме позволяют предположить, что патогенез этого состояния связан с нарушениями в раннем эмбриогенезе, еще во время формирования мозга.

Таблица 5

## Содержание половых гормонов у лиц с транссексуализмом

Гормон	Мужская группа		Женская группа	
	МТС	норма	ЖТС	норма
Тестостерон, нг/мл	9.90±1.71 (1.35–16.20) <i>n</i> = 10	7.56±2.35 (1.16–14.99) <i>n</i> = 188	6.29±0.96 (3.72–14.14) <i>n</i> = 14	0.47±0.11 (0.24–0.93) <i>n</i> = 50
Эстрадиол, пг/мл	61.83±6.80 (45.0–89.0) <i>n</i> = 10	23.15±8.31 (8.20–66.00) <i>n</i> = 188	157.84±30.02 (50.0–348.0) <i>n</i> = 14	фолликулярная фаза: 60–165 преовуляторный пик: 278–535 лютеинизирующая фаза: 139–272

*Примечание.* В первых строках приведены среднеарифметические величины и их отклонения, в скобках — индивидуальные (минимальные и максимальные); *n* — количество обследованных.

\* \* \*

Итак, адаптация человека к условиям среды обитания протекает при участии гормонов. И хотя здесь были рассмотрены только половые, их содержание и соотношения дают информацию о гормональном статусе индивидуума, популяций и этносов, о гормональной активности организма в норме и патологии, в экстремальных условиях существования. Вариан-

ты нормы отражают разные способы адаптации и могут служить основой для экологического мониторинга здоровья человека. ■

**Работа выполнена при поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект 01-06-00177а) и Российского фонда фундаментальных исследований (проект 98-060887).**

В Швейцарии с 1 января 2004 г. введен налог на бензин и дизельное топливо, в которых содержание серы превышает 10 мг/кг, т.е. составляет 0.001%. Этот налог должен способствовать уходу с топливного рынка марок автомобильного горючего, не очищенных от серы.

Европейским Союзом установлены следующие нормы содержания серы: 150 мг/кг для бензина и 350 мг/кг для дизельного топлива.

Terre Sauvage. 2004. №190. P.18 (Франция).

В Германии обнаружены две ископаемые птицы длиной 4 см,

по строению клюва и крыльев сходные с колибри. Это означает, что колибри, ныне распространенные лишь в Америке, 30 млн лет назад обитали в Европе.

Sciences et Avenir. 2004. №688. P.24 (Франция).

В отдельных районах бассейна Эйткена — гигантской низины поперечником около 2500 км, расположенной вокруг южного полюса Луны, встречаются углубления, уходящие на 13 км от поверхности. Возраст бассейна, вероятно, 4 млрд лет, а значит, этот древнейший геологический объект в Солнеч-

ной системе мог быть свидетелем ранних стадий формирования всей системы. В планах НАСА — запуск на Луну автоматических устройств с целью отбора и доставки на Землю образцов лунных пород, а также решение все еще спорной проблемы — в каком количестве и качестве на Луне имеется вода.

На такие операции потребуется примерно 700 млн долл. Запуск американских космических аппаратов, несущих луноходы к южному полюсу естественного спутника Земли, запланирован на 2010 г.

Science. 2004. V.303. №5658. P.612 (США).

Космос

# ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 2004 ГОДА

## По физике — Д.Гросс, Д.Политцер, Ф.Вильчек

**Н**обелевская премия по физике за 2004 г. была присуждена совместно американским физикам-теоретикам Д.Гроссу, Д.Политцеру и Ф.Вильчеку за открытие асимптотической свободы в теории сильных взаимодействий. Соответствующая работа, проводившаяся в рамках анализа возможностей описания свойств и взаимодействий элементарных частиц, была выполнена в 1973 г.

Дэвид Гросс (David J.Gross) родился в 1941 г. Докторскую степень по физике получил в 1966 г. в Калифорнийском университете (Беркли), сейчас является профессором Института теоретической физики этого университета в Санта-Барбаре.

Дэвид Политцер (H.David Politzer), 1949 г. рождения, получил докторскую степень по физике в 1974 г. в Гарвардском университете. В настоящее время — профессор Отделения физики Калифорнийского технологического института (Пасадена).

Фрэнк Вильчек (Frank Wilczek), родившийся в 1951 г., стал доктором по физике в 1974 г. в Принстонском университете, ныне профессор Отделения физики Массачусетского технологического института (Кембридж).

Элементарные частицы способны к взаимодействиям трех типов (дополнительно к гравитационному): слабому (связанному с распадами элементарных частиц типа бета-распада нейтрона), электромагнитному (связанному с наличием элект-

рического заряда у частиц) и сильному (связанному с существованием протонов и нейтронов, а также всех мезонов, и их взаимодействием друг с другом). К началу 70-х годов стало ясным, что среди элементарных частиц основными (фундаментальными) частицами являются лептоны (электроны, мюоны и их нейтрино) и кварки (из которых построены протоны, нейтроны и все мезоны). Важное значение имеют также векторные частицы (со спином 1, например, фотон), которые осуществляют (переносят) взаимодействие между элементарными частицами.

Исторически первым было теоретически описано электромагнитное взаимодействие (П.Дирак, 1927—1928 гг.). Современную форму эта теория приняла в конце 40-х — начале 50-х годов прошлого века (С.Томонага, Р.Фейнман, Ю.Швингер, Ф.Дайсон) под именем квантовой электродинамики. Переносчиком взаимодействия здесь служит векторная безмассовая частица — фотон. Слабое взаимодействие удалось описать существенно позже, в конце 60-х годов (С.Вайнберг, А.Салам, С.Глэшоу). И в этом случае ключевым стало представление о переносе взаимодействия векторными частицами — промежуточными бозонами. В данной ситуации таких частиц понадобится три: два заряженных промежуточных бозона и один нейтральный. Все они, как оказалось, имеют большую массу (порядка 100 масс протона). В рамки теории естественным образом вписалось

и электромагнитное взаимодействие (с нулевой массой фотона), поэтому ее часто называют теорией электрослабого взаимодействия.

Сильное же взаимодействие длительное время не поддавалось удовлетворительному количественному описанию. Первые надежды затеплились с введением представления (гипотезы) о кварках (1964), что позволило по-новому взглянуть на всю проблему сильного взаимодействия. Тем не менее прошло еще около десяти лет, прежде чем задача построения соответствующей теории была решена. И связано это с исследованиями, которые выполнили в 1973 г. лауреаты Нобелевской премии 2004 г. — не случайно в формулировке награждения фигурирует слово «открытие». Анализируя свойства сильного взаимодействия при больших импульсах в рамках квантовой теории поля на основе векторных полей нового типа, авторы обнаружили, что последовательное использование аппарата теории приводит к так называемой асимптотической свободе. Чтобы объяснить, что это за свойство и почему оно оказалось принципиальным, необходим небольшой экскурс в квантовую теорию поля.

Согласно современным представлениям, явления окружающего нас микромира описываются так называемой квантовой теорией поля. В квантовой теории поля каждому элементарному объекту (электрону, кварку, фотону или любой другой фундаментальной частице) сопос-

тавляется квантованное поле, зависящее от координат и времени; динамика квантованных полей задается лагранжианом — функцией, включающей поля всех взаимодействующих частиц. Лагранжиан описывает элементарные взаимодействия полей, интенсивность которых регулируется затравочными константами связи. Кроме того, в лагранжиан входят параметры, определяющие затравочные массы покоя элементарных объектов (иногда равные нулю, как в случае фотона). Чтобы вычислить любые величины, необходимо пользоваться теорией возмущений (параметрами малости выступают константы связи); в ее рамках были сформулированы правила, называемые правилами Фейнмана. Обычно вычисляются так называемые функции Грина, из которых можно построить любую физическую величину. Функции Грина (аналоги обычных корреляционных функций) зависят от 4-координат полей (корреляционная функция которых вычисляется) или, после преобразования Фурье, от соответствующих сопряженных 4-импульсов. Мы будем символически обозначать такие величины  $\Gamma_0(g_0, p)$ , где  $g_0$  символизирует набор всех затравочных параметров, а  $p$  — набор всех 4-импульсов.

Прямая попытка вычисления функций  $\Gamma_0(g_0, p)$  показывает, что они не существуют: выражения для функций Грина можно представить в виде интегралов по импульсам от некоторых функций, и эти интегралы расходятся при больших импульсах. Говорят, что затравочные функции Грина содержат расходимости. Для придания смысла функциям Грина нужно прежде всего ввести регуляризацию, например, считать, что интегрирование выполняется не по всем импульсам, а только по импульсам, меньшим некоторого большого импульса обрезания  $\Lambda$ . Функции Грина становятся конечными, но зависящими от импульса обрезания:  $\Gamma_0(g_0, p) \rightarrow \Gamma_0(g_0, p, \Lambda)$ . Вниматель-



Д. Гросс



Д. Политцер



Ф. Вильчек

ное изучение расходящихся частей функций  $\Gamma_0(g_0, p, \Lambda)$  показало, что расходимости имеют довольно регулярную структуру и могут быть сгруппированы компактным образом. А именно, при  $\Lambda \rightarrow \infty$  функции  $\Gamma_0(g_0, p, \Lambda)$  могут быть представлены как  $Z(g_0, \Lambda) \Gamma(g(g_0, \Lambda), p)$  с некоторыми функциями  $Z(g_0, \Lambda)$  и  $\Gamma(g, p)$ . Функции  $\Gamma(g, p)$  не зависят от  $\Lambda$  и поэтому конечны в пределе  $\Lambda \rightarrow \infty$  при фиксированных  $g$ . Функция  $\Gamma(g, p)$  играет роль физической (перенормированной) константы, которая изменилась за счет взаимодействия «голой» частицы с вакуумом (поляризации вакуума). Функция  $\Gamma(g, p)$  есть физическая (или, как говорят, перенормированная) функция Грина.

В классе теорий поля, к которым относятся теории, описывающие взаимодействие спиновых частиц (типа лептонов и кварков) с векторными частицами (типа фотона), функции Грина обладают важным свойством, называемым инвариантностью относительно преобразований группы перенормировок (или, короче, ренормгрупповой инвариантностью). Это свойство состоит в том, что изменение масштаба импульсов в функции Грина может быть скомпенсировано подходящим изменением констант связи и умножением функции Грина на некоторый множитель:

$$\Gamma(g, tp) = Z(g, t) \Gamma(g_{\text{eff}}(g, t), p).$$

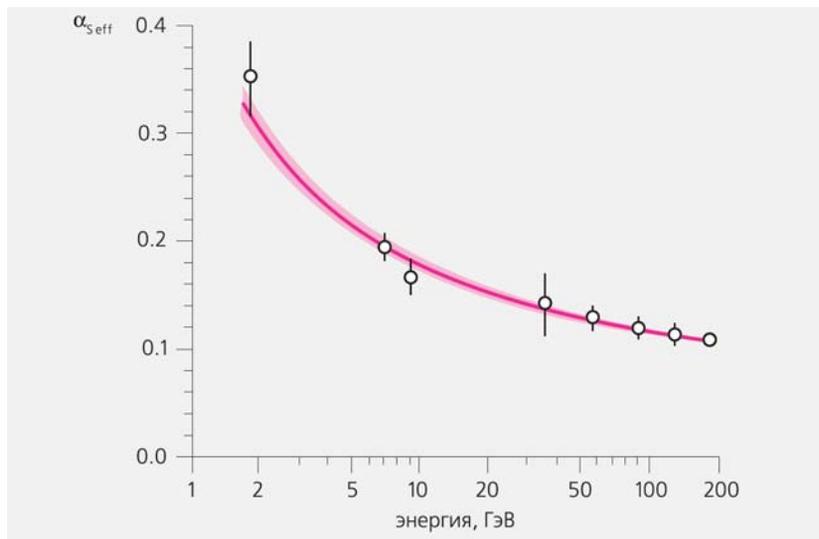
Здесь  $t$  — параметр, задающий масштаб растяжения импульсов,

а функции  $g_{\text{eff}}(g, t)$  называются эффективными константами связи. Наличие ренормгрупповой инвариантности позволяет в некоторых случаях выйти за рамки теории возмущений. Например, вычисление функций Грина при больших значениях импульсов ( $t \rightarrow \infty$ ) можно свести к вычислению функций Грина при малых импульсах, но с эффективной константой связи, учитывающей эффекты, которые не охватывает теория возмущений. Технические причины возникновения ренормгрупповой инвариантности аналогичны причинам, по которым расходимости (зависимость  $\Gamma_0(g_0, p, \Lambda)$  от  $\Lambda$  при больших  $\Lambda$ ) группируются в функции  $Z(g_0, \Lambda)$  и  $\Gamma(g_0, \Lambda)$ .

Первой моделью квантовой теории поля, которая была подробно изучена и использовалась для проведения конкретных расчетов физических эффектов, была квантовая электродинамика. Она описывает взаимодействие фотонов с электронами и позитронами. Вычисление эффективной константы связи, управляющей (согласно ренормгруппе) поведением функций Грина при больших импульсах ( $p^2 > m^2 c^2$ ), дает следующий результат:

$$\alpha_{\text{eff}}(p^2) = \frac{\alpha}{1 - \frac{\alpha}{3\pi} \ln\left(\frac{-p^2}{m^2 c^2}\right)}, \quad (1)$$

где  $\alpha = e^2/4\pi\hbar c$ ,  $e$  и  $m$  — заряд и масса электрона,  $c$  — скорость света,  $\hbar$  — постоянная Планка. Полученный результат породил в свое время некоторую тревогу.



**Зависимость эффективной константы связи сильного взаимодействия от энергии: кривая — результаты теоретического расчета в рамках квантовой хромодинамики, точки — экспериментальные данные.**

Эффективная константа связи *растет* с ростом импульса (энергии). Более того, при очень большом пространственно-подобном ( $p^2 < 0$ ) импульсе  $p^2 = -m^2 c^2 \exp(3\pi/\alpha)$  выражение для эффективной константы связи имеет полюс (эффективная константа связи обращается в бесконечность), что с точки зрения квантовой теории поля означает появление частицы с мнимой массой (тахiona) и отрицательных вероятностей. Такое внутреннее противоречие может быть устранено только при нулевом значении физической константы связи. Эти результаты были получены в середине пятидесятых годов Е.Фрадкиным, Л.Ландау, И.Померанчуком и получили название проблемы нульзаряда или московского нуля. В 50–60-е годы трудности нульзаряда рассматривались многими теоретиками как указание на несостоятельность концепции локальной квантовой теории поля для описания взаимодействий элементарных частиц.

Квантовая электродинамика в те годы была единственной теорией, которая обладала свойством калибровочной инвари-

антности. Данное качество подразумевает, что при определенных преобразованиях полей лагранжиан не меняется; подобная группа преобразований отвечает так называемой абелевой группе  $U(1)$ . Впоследствии стали рассматривать квантовые теории поля, соответствующие более сложным калибровочным преобразованиям. Как будет видно из дальнейшего, указанное поведение  $\alpha_{\text{eff}}(p^2)$  специфично только для калибровочных теорий поля с однопараметрическими группами симметрии типа  $U(1)$ , каковой является квантовая электродинамика. Для теорий поля с более сложными (неабелевыми) калибровочными группами ситуация окажется иной.

С точки зрения физики, электромагнитное взаимодействие электронов — лишь одно из взаимодействий, в которых участвуют электроны, и рассматривать следствия из электродинамических расчетов изолированно (во всем диапазоне кинетических переменных) неправомерно. Но вполне допустимо в ограниченной области энергий, сейчас доступной для экс-

перимента. Измерения на линейном коллайдере ЦЕРН (LEP) действительно показали рост  $\alpha_{\text{eff}}(p^2)$  от величины  $1/137$  до  $1/128$  при увеличении энергии от 100 МэВ до 100 ГэВ.

Мы уже упоминали о том, что в конце 60-х годов была построена успешная модель слабого взаимодействия (фактически электрослабого). Важно подчеркнуть, что эта теория была первым примером практического обращения к квантовой теории поля с использованием векторных полей более общего типа, чем фотонное — полей Янга–Миллса, характеризующихся, в частности, наличием самодействия в лагранжиане. Структура такого лагранжиана определяется требованием его калибровочной инвариантности относительно преобразований, отвечающих неабелевой группе симметрии — в данном случае  $SU(2) \otimes U(1)$ .

В отличие от электромагнитных и слабых взаимодействий ситуация с квантовополевым описанием сильных взаимодействий очень долго оставалась крайне неудовлетворительной. Некоторое время в теории сильных взаимодействий в качестве элементарных объектов выбирались барионы (нуклоны, гипероны и т.п.) и мезоны (например,  $\pi$ -,  $\rho$ -мезоны), рассматривавшиеся в качестве переносчиков сильного взаимодействия. Константа связи сильного взаимодействия при этом должна была быть очень большой:  $\alpha_s = g^2/4\pi\hbar c \sim 10-15$  ( $g$  — константа сильного взаимодействия), что не позволяло проводить расчеты по теории возмущений. Количественное согласие расчетов и экспериментов практически отсутствовало. Гипотеза кварков 1964 г. позволила по-новому задуматься о природе сильного взаимодействия, связывая его со свойствами кварков. Кое-что подсказывал эксперимент. Например, эксперименты по поиску кварков в свободном состоянии дали отрицательный результат. Это могло

указывать на то, что на больших расстояниях (превышающих размер адрона  $\sim 10^{-13}$  см) взаимодействие между кварками становится очень сильным, не позволяя кваркам расходиться на большие расстояния и находиться в свободном состоянии (данное явление называется конфайнментом). Другие исследования, в частности по глубоководному рассеянию электронов на протонах, указывали на то, что кварки внутри протона ведут себя как слабо взаимодействующие точечные объекты. Итак, модель квантовой теории поля с элементарными кварками и неизвестным пока механизмом сильного взаимодействия должна была обладать следующими чертами: в области малых энергий (на больших расстояниях) взаимодействие кварков должно было быть сильным; при больших энергиях (на малых расстояниях) взаимодействие кварков должно было быть слабым. Такой характер взаимодействия при больших энергиях получил название асимптотической свободы, в противоположность конфайнменту, что по-английски означает ограничение, тюремное заключение.

Различные идеи о природе взаимодействия кварков в конце концов вылились в представления о наличии у них «цвета» или «цветового» заряда и соответствующей симметрии лагранжиана, связанной с преобразованиями цвета. Эта симметрия порождает специфические переносчики взаимодействия — безмассовые векторные частицы, несущие цвет и названные глюонами. Их число равно восьми в соответствии с типом симметрии  $SU(3)_{\text{col}}$ . Эта группа симметрии неабелева, и лагранжиан включает все особенности самодействия янг-миллсовских полей.

Выбор лагранжиана свел задачу к чисто технической: расчету поведения эффективной константы при больших импульсах. Необходимые вычисления были выполнены независи-

мо Д.Гроссом и Ф.Вильчеком, а также Д.Политцером и опубликованы в одном выпуске журнала «Physical Review Letters». Если записать выражение для эффективной константы связи векторных бозонов (глюонов) со спинорами (кварками) в виде

$$\alpha_{s, \text{eff}} = \frac{\alpha_s}{1 + b \frac{\alpha_s}{4\pi} \ln\left(\frac{-p^2}{\mu^2}\right)} \quad (2)$$

тогда

$$b = \frac{11}{3}N - \frac{2}{3}n,$$

где  $\mu$  — точка нормировки, а само выражение приведено для случая калибровочной группы  $SU(N)$ , причем спиноры (кварки) образуют  $n$  фундаментальных представлений группы. Слагаемое  $11N/3$  в выражении для  $b$  отсутствует в электродинамике, см. формулу (1). Оно появилось из-за наличия самодействия неабелевых векторных бозонов (глюонов). Это физическое обстоятельство радикально меняет картину. Если элементарных спиноров не слишком много, знак  $b$  положителен, и тогда реализуется асимптотическая свобода: эффективный заряд *убывает* (стремится к нулю) с ростом энергии. При этом в эффективной константе связи не возникает нефизических полюсов.

В конкретном случае калибровочной группы  $SU(3)$   $N = 3$ , а при трех типах кварковых семейств (по два кварка в каждом семействе)  $n = 6$ . Это означает, что  $b = 7$  и условие асимптотической свободы в теории сильного взаимодействия заведомо выполняется. Как следствие, при больших импульсах (энергиях) кварков становится возможным при расчете физических величин применять теорию возмущений (константы  $\alpha_{s, \text{eff}}$  достаточно малы). Новая теория получила название квантовой хромодинамики. Эксперимент блестяще подтвердил предсказанную зависимость  $\alpha_{s, \text{eff}}$  от  $p^2/\mu^2$  (или энергии, см. рисунок).

Заметим, что выражение для  $\alpha_{s, \text{eff}}$  в неабелевой калибровочной теории с безмассовыми векторными бозонами справедливо и в области низких энергий. В этой области оно предсказывает сильный рост эффективного заряда, т.е. усиление взаимодействия между кварками на больших расстояниях. Физически данный результат можно объяснить следующим образом. Из-за наличия самодействия у неабелевых векторных полей, их взаимного притяжения, неабелево поле между двумя частицами будет стремиться принять форму струны между ними. На больших расстояниях, когда струна сильно растянута, взаимодействие усиливается. На малых расстояниях струна растягивается слабо, и взаимодействие ослабляется.

В настоящее время электромагнитные, слабые и сильные взаимодействия описываются в рамках так называемой стандартной модели, основанной на янг-миллсовской калибровочной теории с калибровочной группой  $SU(3) \otimes SU(2) \otimes U(1)$ , включающей, кроме калибровочных полей, также поля лептонов, кварков и хиггсовских скаляров. Четыре калибровочных бозона группы  $SU(2) \otimes U(1)$ , три из которых приобретают массу с помощью механизма Хиггса, отвечают за электрослабое взаимодействие. Стандартная модель является самосогласованной перенормируемой теорией поля и хорошо согласуется со всеми имеющимися экспериментальными данными до энергий порядка 100 ГэВ. Подчеркнем еще раз, что появление самосогласованной модели сильных взаимодействий стало возможным только после обнаружения асимптотической свободы в калибровочных теориях. ■

© Комар А.А., Тютин И.В.,  
доктора физико-математических наук  
Физический институт им.П.Н.Лебедева РАН  
Москва

## По химии — А.Цихановер, А.Хершко, И.Роуз

**Н**обелевская премия по химии за 2004 г. присуждена двум израильским биохимикам — А.Цихановеру и А.Хершко — и одному американскому — И.Роузу — «за открытие опосредующей роли убиквитина в деградации белков».

Аарон Цихановер (Aaron Ciechanover) родился в 1947 г. в Хайфе. В 34 года получил докторскую степень по медицине в Израильском технологическом институте (Хайфа). Сейчас Цихановер — профессор отдела биохимии и директор Института медицинских исследований при Израильском технологическом институте.

Аврам Хершко (Avram Hershko) родился в 1937 г. в Карцаге, Венгрия. В 32 года стал доктором медицины в медицинской школе «Хадасса» Иерусалимского университета. В настоящее время Хершко — почетный профессор того же института, где директорствует Цихановер.

Ирвин Роуз (Irwin Rose) родился в Нью-Йорке в 1926 г., докторскую степень защитил в 1952 г. в Университете Чикаго. Специалист в области физиологии и биофизики, работает в Медицинском колледже Университета Калифорнии в Ирвине.

Еще не так давно жизнь трактовалась как способ существования белковых тел. И в самом деле такими телами, вернее, молекулами, насыщена любая клетка живого организма. Это и ферменты, ускоряющие химические реакции; и гормоны, исполняющие роль сигнальных молекул; и сложные соединения, обеспечивающие иммунную защиту организма; и регуляторы многих внутриклеточных процессов. Наконец, сама форма клетки и ее структура поддерживаются именно белками. Почему-то повелось, что исследователей интересовало в первую

очередь, как осуществляется и контролируется синтез белков в клетке, а их распаду не уделялось должного внимания. В противоположность этому, нобелевские лауреаты 2004 г. изучали как раз распад (расщепление, деградацию), причем не всякий — гидролиз протеазами с образованием в конечном счете аминокислот был известен. Будущих лауреатов привлекла утилизация белков, которая требует энергии. Первым начал исследование в этом направлении Хершко. В 1971 г. он стажировался в лаборатории Г.Томкинса, где изучал деградацию фермента тирозинаминотрансферазы в культивируемых клетках гепатомы. По результатам исследования предположили, что источником энергии на ранней стадии деградации фермента служит нуклеотид аденозинтрифосфат (АТФ).

В 1978 г. израильские биохимики работали с лизатом ретикулоцитов (содержимым этих клеток, полученным после их разрушения ферментами), в котором изучали зависимый от энергии протеолиз. Чтобы избавиться от гемоглобина, который загрязнял лизат и мешал анализу, они пропустили образец че-

рез колонку с целлюлозой и совершенно неожиданно для себя обнаружили, что в результате хроматографии образуются две фракции. По отдельности они не проявляли протеолитической активности, но как только их объединяли, протеолиз, зависящий от АТФ, восстанавливался. В следующем году биохимики определили, что активным компонентом первой фракции был термостабильный полипептид с молекулярной массой около 9000 Да.

Не меньшие сюрпризы преподнесла и вторая фракция образца, которая исследовалась уже сообща — Хершко, Цихановером и Роузом. Израильским биохимикам предоставлялся, как у нас принято называть, творческий отпуск, и они отправились в Филадельфию, чтобы продолжить работу над энергетически зависимым протеолизом вместе с американским коллегой в его лаборатории при Онкологическом центре.

Так вот, вторая фракция в условиях эксперимента в свою очередь делилась на две части: одна содержала очень крупный белковый комплекс, стабилизированный АТФ, другая — ферменты E1, E2, E3. Для расщепле-

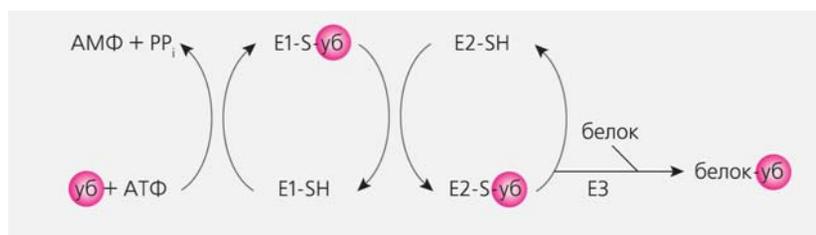
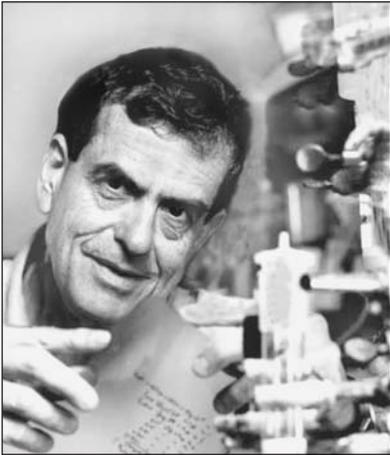
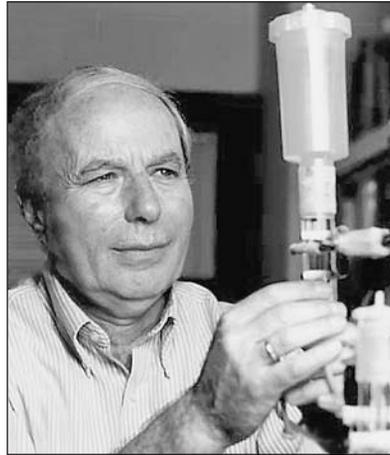


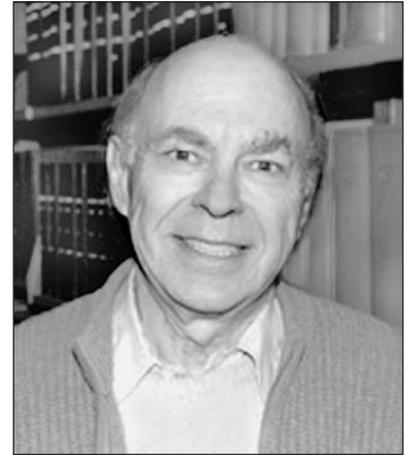
Схема последовательных ферментативных реакций, в ходе которых ярлык-убиквитин «пришивается» к белку-мишени. Только в начальной стадии — для активации убиквитина — необходима энергия АТФ. Активированный убиквитин связывается через сульфгидрильную группу (SH) с ферментом E1, затем таким же образом — с ферментом E2. Фермент E3 катализирует перенос «ярлыка» с E2 на белковую молекулу. Последняя стадия повторяется несколько раз, и в результате белок оказывается связанным с цепочкой из нескольких молекул убиквитина.



А.Цихановер



А.Хершко

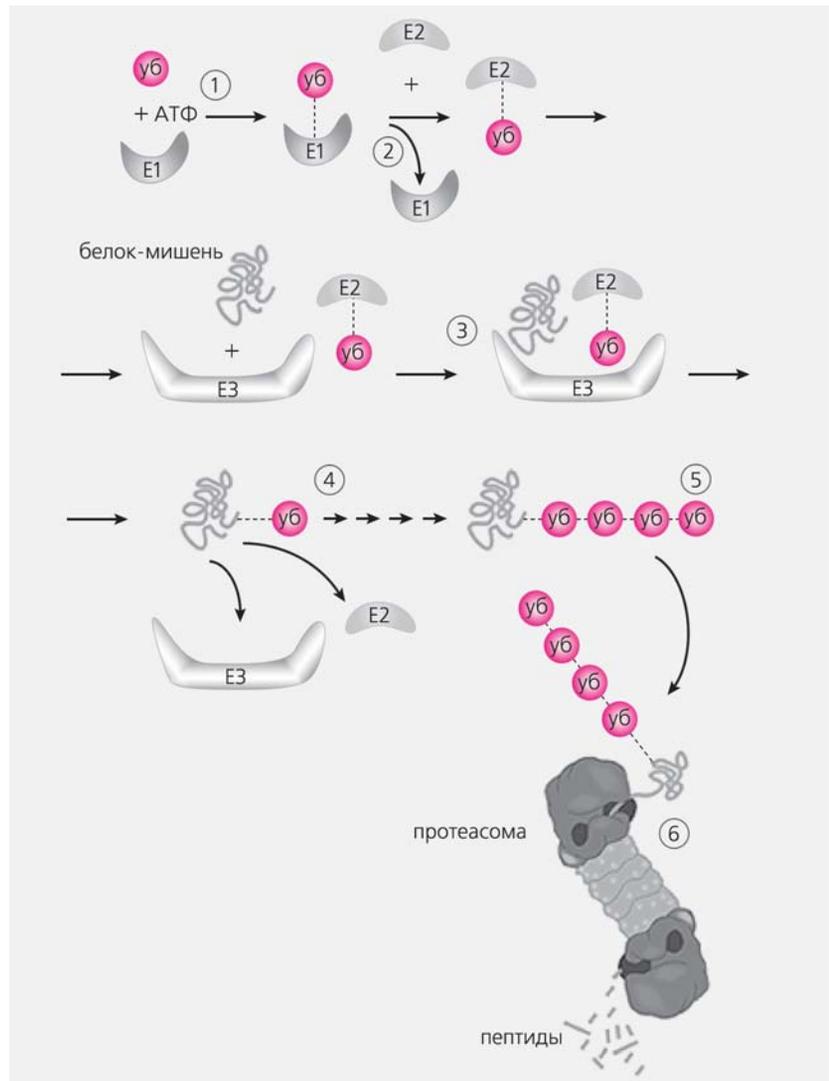


И.Роуз

ния белка-субстрата требовались все три фракции.

Совместный путь к Нобелевской премии длился (если судить по публикациям) всего три года — с 1979-го по 1981-й. За это время удалось установить, что термостабильный полипептид из первой фракции может ковалентно соединиться со многими белками, которые содержатся в лизате ретикулоцитов; что с одним и тем же белком связывается не одна молекула полипептида, а несколько (и это было совершенной неожиданностью для ученых), причем взаимодействие происходит через ε-аминогруппы лизинов, имеющих в полипептиде.

Далее наступил черед изучения фракции, содержащей ферменты E1–E3, т.е. ферментную систему, которая обеспечивает «пришивание» термостабильного полипептида к белку-субстрату. Этот полипептид уже был обнаружен (разными исследователями) в клетках всевозможных эукариотических организмов, и в 1980 г. К.Уилкинсон присвоил веществу название убиквитин (лат. *ubique* — везде, всюду). А если он столь вездесущ, значит, предположили будущие нобелевские лауреаты, протеолиз, который требует энергии АТФ и убиквитина, чрезвычайно важен для любой клетки.



Общая схема протеасомной деградации белков.

Высказав гипотезу о деградации белков как цепи последовательных реакций, биохимики выделили и охарактеризовали ферменты E1—E3, определили место и способ действия каждого из них в этой цепи. Из тщательнейших биохимических работ выяснилось, что энергия АТФ нужна только для активации убиквитина. Активированный, он ковалентно связывается с ферментом E1 через его сульфгидрильную группу (SH), отсюда передается на фермент E2 и далее на белок-субстрат. Эту последнюю стадию катализирует фермент E3 и повторяет реакцию раз за разом, пока не образуется цепочка из нескольких молекул убиквитина. Белок с таким своеобразным ярлыком будет опознан протеасомой — специально предназначенной для протеолиза частицей — и расщеплен ею на пептиды разной длины.

Протеасома представляет собой сложный белковый комплекс, вероятно, именно она была выделена Хершко, Цихановером и Роузом из второй фракции лизата ретикулоцитов. Почти 10 лет после этого многие исследователи безуспешно пытались выделить протеасому, хотя, как теперь известно, в клетке человека содержится до

30 тыс. этих частиц. На самом деле частицу с протеолитической активностью открывали много раз и давали разные названия, даже в статьях Хершко 90-х годов она значилась как циклосома. Теперь эту протеолитическую машину именуют чаще всего протеасомой. Известно о ней очень многое, существует и «портрет», полученный компьютерной томографией. В «Природе» (2003. №7. С.36—45) довольно подробно рассказывалось о подготовке белков к расщеплению протеасомой, о ее устройстве и участии в разных клеточных процессах, о патологиях у человека, так или иначе связанных с протеасомой — с ее работой или бездействием. Поэтому нет нужды повторять все еще раз.

Сейчас полностью подтверждено предположение Хершко, Цихановера и Роуза, высказанное ими более 20 лет назад, о важнейшей роли для клетки протеолиза, зависящего от энергии и убиквитина. Дефекты в любом звене системы, обеспечивающей контроль за распадом внутриклеточных белков, обычно приводят к драматическим последствиям, вызывают многие болезни человека. Интерес к изучению этой системы не угас, в ней далеко не все расши-

фровано. Сейчас уделяется большое внимание генетической стороне системы, т.е. идентификации генов, в которых закодированы структуры всех белковых молекул протеасомы. Кроме того, во многих лабораториях мира исследователи обратились к медицинскому аспекту — пытаются создать лекарства против болезней, связанных с протеасомной деградацией белков. И уже есть успехи: проходит, например, клинические испытания один из ингибиторов протеасомы, который в экспериментах проявил активность против множественной миеломы. Так давняя работа лауреатов Нобелевской премии по расшифровке подготовительных стадий протеолиза привела к получению фармакологического препарата.

Нобелевский комитет счел необходимым присудить Хершко, Цихановеру и Роузу премию по химии, а не по физиологии и медицине. Неужели биохимики возвели до химических высот? Или наука о молекулярной жизни в организме мало чем отличается от поведения молекул в колбе? ■

© **Белянова Л.П.**,

кандидат химических наук  
Москва

## По физиологии и медицине — Р.Эксел и Л.Бак

4 октября 2004 г. Нобелевский комитет по физиологии и медицине в Каролинском институте (Стокгольм) объявил о присуждении премии двум американским исследователям Р.Экселу и Л.Бак «за открытие обонятельных рецепторных белков и организации обонятельной системы».

Ричард Эксел (Richard Axel) родился в 1946 г. в Нью-Йорке. В 1967 г. окончил Колумбийский университет, докторскую степень получил в 1970 г. в Университете Джона Хопкинса (Балтимор), а звание профессора — в 1978 г. в Колумбийском университете (Нью-Йорк), где и работает до настоящего времени.

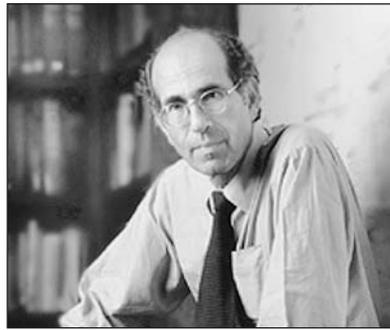
Линда Бак (Linda V.Buck) родилась в Сиэтле в 1947 г. Окончила Вашингтонский университет в своем родном городе в 1975 г. по специальности физиолог, микробиолог. Докторскую диссертацию защитила в 1980 г. в Техасском университете (Даллас). С 1984 по 1991 г. работала в Колумбийском уни-

верситете (Нью-Йорк), затем была ассистентом профессора (с 2001 г. профессором) отделения нейробиологии Гарвардской медицинской школы (Бостон). С 2003 г. — профессор отделения физиологии и биофизики Вашингтонского университета в Сиэтле.

Чтобы понять причины столь высокой оценки работы двух американских ученых, полезно кратко ознакомиться с ретроспективной исследований в этой области.

С древнейших времен людей интересовало, как устроены и как работают органы чувств человека и животных. Еще почти 2 тыс. лет назад, в середине I в. до н.э., древнеримский философ и поэт Тит Лукреций Кар, ученик Эпикура, составил энциклопедию естественнонаучных представлений своего времени. Сочинение Лукреция «О природе вещей», написанное в поэтической форме (что прославило автора вдвойне), состоит из шести книг, одна из которых (книга IV) почти полностью посвящена механизмам работы органов чувств. Примерно 80% объема книги отведены зрению и слуху, и всего 20% химическим чувствам — вкусу и обонянию. Любопытно, что и в наше время, т.е. спустя 2 тыс. лет, примерно такое же распределение материала продолжает сохраняться в научных обзорах и монографиях, посвященных органам чувств. Вероятно, такое соотношение значимости отдельных органов чувств в жизни человека, и, соответственно, приоритетов в экспериментальных исследованиях разных видов рецепции. Если бы книги про органы чувств писали не люди, а представители животного мира, то в центре внимания в подавляющем большинстве случаев, скорее всего, оказалось бы обоняние.

В XX в. наметился заметный контраст между успехами в изучении зрительной системы, где активно использовался непрерывно расширяющийся арсенал



Р.Эксел

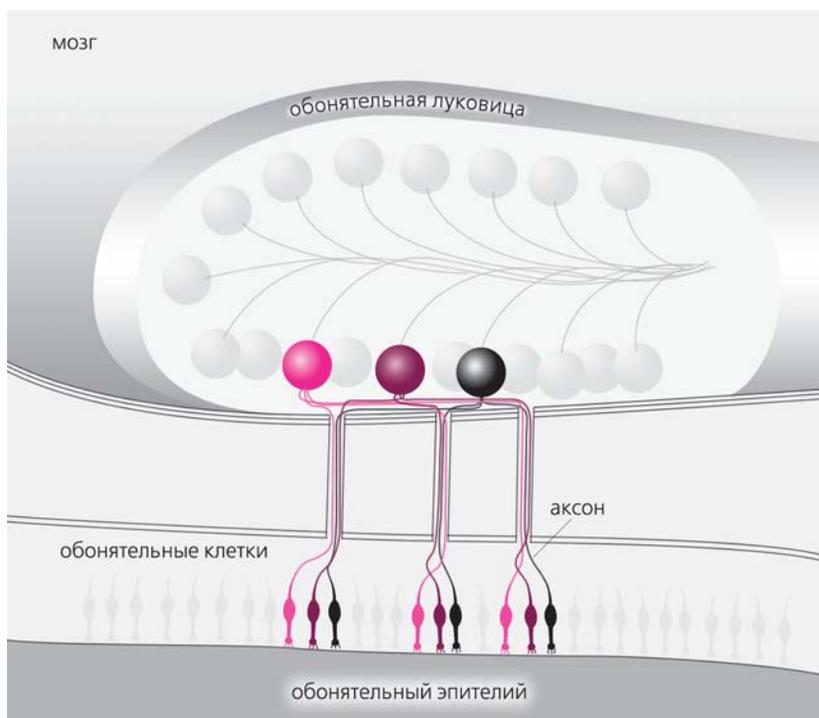
современных методик, и более медленным прогрессом в исследованиях обонятельной рецепции, которые проводились усилиями сравнительно малочисленной группы энтузиастов в разных странах. Успехи активной работы по изучению зрения были дважды (1967 и 1981) отмечены Нобелевскими премиями. После этих наград, полученных коллегами по сенсорному цеху, работы по изучению обоняния оживились. Число лабораторий, вовлеченных в исследование обонятельной рецепции, число публикаций и объем знаний в этой области стали быстро возрастать. Уже в начале 70-х годов были отброшены некогда популярные полуфантастические гипотезы, приписывающие обонятельным клеткам уникальные механизмы рецепции, вроде усиления на основе сегнетоэлектрических свойств или излучения электромагнитных волн. Большинство исследователей по аналогии с другими, лучше изученными реакциями клеток на химические сигналы (например, рецепцией гормонов или синаптических нейромедиаторов) предполагало, что в мембране обонятельных клеток присутствуют специальные белки-рецепторы, а их взаимодействие с молекулами пахучих веществ приводит к изменению электрического потенциала клеточной мембраны. Такое преобразование первичного сенсорного сигнала в стандартный ответ рецепторных



Л.Бак

клеток (сдвиг трансмембранного потенциала) назвали трансдукцией.

К концу XX в. особенности морфологии и физиологии обонятельной системы были изучены достаточно хорошо, как у животных, так и у человека. В составе обонятельной системы различают периферический отдел, проводящие пути и обонятельные центры мозга. У позвоночных животных периферический отдел представлен обонятельным эпителием, располагающимся в полости носа; у человека — в верхних отделах средней носовой раковины, верхней носовой раковине и верхней части перегородки носа. Непосредственно с молекулами пахучих веществ взаимодействуют биполярные обонятельные рецепторные клетки (их также называют обонятельными рецепторными нейронами, поскольку они во многом похожи на настоящие нервные клетки). От вершины обонятельной клетки отходит периферический отросток (дендрит), отличающийся, однако, от дендритов нервных клеток. У обонятельной клетки он заканчивается вздутием (булавой), которое несет пучок длинных тонких ресничек, напоминающих жгутики простейших. Булавы и реснички погружены в слой слизи, покрывающий обонятельную выстилку. Как и у большинства нервных клеток, у обонятельной рецепторной клетки имеется также длин-



**Функциональная схема обонятельной системы. Снизу вверх.** На поверхности обонятельного эпителия молекулы пахучего вещества взаимодействуют с миллионами обонятельных рецепторных клеток. Каждая клетка несет на ресничках молекулы какого-то одного из тысячи возможных рецепторных белков, который определяет характер ее чувствительности к разным запахам. Длинные отростки рецепторных клеток (аксоны) подходят к мозговому центру обоняния — обонятельной луковице. На ее поверхности аксоны перераспределяются так, чтобы сигналы от клеток с одинаковыми рецепторными белками собирались в одном клубочке. Нейронные сети обонятельной луковицы анализируют пространственную картину распределения возбужденных клубочков и передают информацию о запахе в отделы мозга, управляющие пищевым, половым, социальным и другими типами поведения животного. (По: R.Axel, 1995.)

ный тонкий центральный отросток, аксон, по которому возбужденная клетка посылает в обонятельный центр мозга (обонятельную луковицу) серию нервных импульсов. На поверхности обонятельной луковицы расположены особые синаптические структуры, обонятельные клубочки, в каждом из которых происходит передача сигналов от десятков тысяч аксонов рецепторных клеток к дендритам нескольких десятков митральных (и некоторых других) нейронов обонятельной луковицы. Обонятельная система беспозвоночных пост-

роена по сходному принципу: там тоже аксоны большого числа обонятельных рецепторных клеток объединяются в клубочки в обонятельных центрах.

Особенность обонятельных рецепторных клеток — ограниченная продолжительность их жизни. У позвоночных они постоянно отмирают и заменяются новыми, которые дифференцируются в результате митотического деления базальных (стволовых) клеток обонятельного эпителия. Таким образом, связи периферического отдела обонятельной системы с мозгом — динамические: старые си-

наптические контакты постоянно разрушаются, а подрастающие аксоны рецепторных клеток образуют новые. В ходе такого непрерывного «обновления» восприятие и узнавание запахов не нарушается.

Несмотря на накопленный большой экспериментальный материал, механизм обонятельной рецепции на молекулярном уровне, так же как и принципы кодирования обонятельной информации в нервной системе, позволяющие воспринимать и узнавать огромное количество запахов, оставались во многом загадкой для ученых. Из электрофизиологических опытов было известно, что обонятельные клетки высоко чувствительны к одним пахучим веществам и малочувствительны к другим, причем разные клетки обладают разными «спектрами чувствительности». Представлялось очевидным, что мозг не мог бы определить качество обонятельного стимула, воспринимаемого рецепторными клетками, если бы сигналы от рецепторных клеток всех типов равномерно смешивались и усреднялись в клубочках. Уже в 1957 г. У.Легро-Кларк предложил гипотезу, согласно которой связь обонятельных рецепторных клеток с обонятельной луковицей мозга должна быть упорядочена так, чтобы клетки с одинаковыми «спектрами чувствительности» (т.е. несущие одинаковые рецепторные белки) посылали свои аксоны в один и тот же клубочек обонятельной луковицы [1].

Если отдельный обонятельный клубочек рассматривать как функциональную единицу, то каждому обонятельному стимулу соответствует особая картина (пространственный паттерн) из сильно или слабо возбужденных клубочков. Такое кодирование обеспечивает возможность различения и узнавания огромного числа запахов. У млекопитающих с хорошо развитым обонянием в луковице имеется порядка 1000 клу-

бочков. Даже если у клубочка есть только два состояния (возбужден и не возбужден), общее число различных картин, включая нулевую (отсутствие запаха), составит  $2^{1000}$ , или примерно  $10^{300}$ , т.е. будет невообразимо огромным. Гипотеза Легро-Кларка получила косвенное подтверждение в опытах французских физиологов П.Маклеода и Ж.Левето. Им удалось с помощью специальных микроэлектродов зарегистрировать слабый электрический ток, который создает возбужденный обонятельный клубочек. Используя эту методику, они впервые описали специфические пространственные картины в слое обонятельных клубочков в ответ на стимуляцию разными запахами [2].

Позднее пространственные картины в луковиче, которыми кодируются запахи в обонятельной системе, удалось наблюдать в нескольких лабораториях при изучении метаболической активности клубочков и клеток луковичи с использованием меченой дезоксирибозы [3, 4]. С тех пор предложенная Легро-Кларком гипотеза стала общепринятой, хотя, строго говоря, ее справедливость была доказана только в 90-е годы прошлого века.

В 70–80-х годах в значительной степени выяснились основные этапы обонятельной трансдукции. Исследования, проведенные в лаборатории М.А.Островского в Институте химической физики РАН в Москве и затем в лабораториях Д.Лансета (Израиль), Г.Шеперда (США) и ряда других, установили, что в результате взаимодействия обонятельной клетки с пахучим веществом в клетке появляется особое сигнальное вещество («вторичный мессенджер»). Его молекулы связываются с ионными каналами в клеточной мембране, увеличивая их проницаемость для катионов. Это приводит к деполяризации клеточной мембраны и появлению или усилению импульсной активности в аксоне

клетки. Было также показано, что гипотетический обонятельный рецепторный белок действует через так называемый ГТФ-связывающий белок (такие белки, также называемые G-белками, образуют особую группу белков, которые участвуют в качестве посредников во многих процессах клеточной рецепции). В обонятельных клетках позвоночных в качестве вторичного мессенджера обычно работает циклический аденозин-3'-5'-монофосфат (АМФ). Это хорошо известное вещество выполняет роль вторичного мессенджера во многих процессах клеточной рецепции, в частности, в рецепции гормонов. В обонятельных клетках описаны и другие мессенджеры, в том числе ионы  $Ca^{2+}$ , которые тоже регулируют проницаемость ионных каналов.

Фактически в цепочке обонятельной трансдукции были надежно идентифицированы все звенья, кроме начального — обонятельных рецепторных белков, несмотря на особое внимание, которое им уделялось. В многочисленных попытках обнаружить их среди мембранных белков обонятельного эпителия особое внимание уделялось способности связывать пахучие вещества с достаточно низкой величиной константы диссоциации ( $K_d$ ) — ключевой признак рецепторного белка. Значительная часть биохимических и электрофизиологических работ была посвящена поиску связывающих аминокислоты рецепторных белков рыб. В лаборатории Е.Е.Фесенко (в Институте биофизики клетки РАН, 1980, 1983, 1989 гг.) из обонятельной ткани ската и карпа выделили белок с центрами связывания, имеющими очень высокое сродство к соответствующим L-аминокислотам ( $K_d = 10^{-10}$  М). Эти рецепторные белки ассоциированы с ГТФ-связывающим белком. В этой же лаборатории из поверхностного слоя обонятельной выстилки крысы получили мембранный

белок gr88 (молекулярная масса 88 кДа), связывающий пахучие вещества (камфору, деканаль), а в мембране ассоциированный с ГТФ-связывающим белком. Моноклональные антитела к gr88 подавляли связывание пахучих веществ и вызываемый ими суммарный электрический ответ обонятельной выстилки. Еще один кандидат в обонятельные рецепторные белки — гликопротеид gr95, выделенный в лаборатории Д.Лансета из обонятельных ресничек нескольких видов животных. Он также удовлетворял большей части биохимических критериев, определяющих рецепторную функцию мембранных белков. Все эти белки были получены в небольших количествах, что затрудняло более глубокий анализ их свойств, а их рецепторная функция не была доказана достаточно убедительно для научного сообщества.

На фоне этих успехов проблема остающихся неуловимыми обонятельных рецепторных белков, особенно при сравнении с детально изученным зрительным белком родопсином, стала настоящим вызовом для «обонятельного» научного сообщества и, вероятно, для молекулярной биологии в целом. Ответом на него оказалась работа, выполненная в лаборатории профессора Колумбийского университета Р.Эксела (США), результаты которой были опубликованы в 1991 г. [5]. Авторы искали решение задачи обходным путем, поставив целью описать свойства рецепторных белков на языке кодирующих их генов.

Известно, что клетки синтезируют необходимые для них белки на основе генетической информации, записанной в ДНК. В соответствии с этой информацией в ходе транскрипции строится матричная РНК (мРНК), которая используется в качестве шаблона при соединении аминокислот в белковую молекулу. Методы молекулярной биологии позволяют обратить

этот процесс, так что, выделив из клеток мРНК, с помощью обратной транскрипции удается клонировать соответствующие гены. Но в каждой клетке имеется множество белков и молекул мРНК. Чтобы сократить перебор, авторы использовали три ожидаемых свойства обонятельных рецепторных белков:

число типов обонятельных белков очень велико, и, соответственно, семейство обонятельных генов должно быть достаточно многочисленным;

участие G-белка в возбуждении обонятельных клеток означает, что искомые белки принадлежат к известной группе белковых рецепторов, сопряженных с G-белками. Все такие белки имеют характерные детали молекулярного строения (например, семь петель полипептидной цепи, которые пересекают клеточную мембрану). Соответственно, гены, кодирующие эти белки, имеют характерные участки, по которым их можно опознать;

экспрессия обонятельных рецепторных белков должна быть ограничена обонятельным эпителием.

В своей первой публикации авторы сообщили об открытии нового семейства генов у крысы, содержащего не менее (скорее всего, более) 100 членов, которые (как осторожно указано в заголовке) «возможно, кодируют обонятельные рецепторы».

Работа получила широкий резонанс (ее называли примером «триумфа молекулярной биологии»). Она как бы открыла створки шлюза — вслед за ней в течение короткого промежутка времени из разных лабораторий последовали десятки публикаций, описывающих свойства обонятельных генов у разных видов животных и у человека, локализация их в хромосомах и т.д. В ряде работ сообщались уточненные оценки репертуара обонятельных генов для крысы и мыши: примерно 500—1000 (против первоначальной оценки 100—200).

У человека это семейство насчитывает более 500 генов, однако большая их часть (до 3/4 от общего числа) не функционирует. Это так называемые псевдогены, потерявшие способность управлять синтезом полипептидов. У исследованных животных такие псевдогены не обнаружены. Утрата человеком большей части обонятельных генов и, соответственно, рецепторных белков может быть связана с тем, что эволюция *Homo sapiens* шла в направлении ослабления роли обоняния по сравнению со зрением и слухом. Если в популяции людей отдельные индивидуумы имеют разные псевдогены, это должно сказаться на их обонятельных ощущениях, что, возможно, объясняет удивительный разброс между людьми в оценках интенсивности и качества предьявляемых запахов.

Вслед за работой Бак и Эксела семейства обонятельных генов были описаны для собаки, свиньи, опоссума, курицы, лягушки, протей и нескольких видов рыб (у них всего около 100 генов). Помимо обонятельного эпителия, обонятельные гены были также обнаружены в семенниках млекопитающих (что, вероятно, связано с рецепцией сперматозоидов, отыскивающих яйцеклетку по химическим сигналам). Был исследован вомероназальный орган млекопитающих, в котором обнаружено два независимых семейства обонятельных генов, оба — отличные от генов основного обонятельного эпителия [6]. Среди насекомых семейство обонятельных генов исследовано у классического объекта генетиков — дрозофилы [7, 8].

Таким образом, возникло новое направление исследований, родоначальники которого, Ричард Эксел и Линда Бак, удостоены высшей научной награды. Эта оценка фактически означает что-то вроде волшебного превращения обонятельной системы из Золушки в равноправную принцессу среди других сенсорных систем.

Казалось бы, клонирование обонятельных генов и расшифровка их структуры фактически решали задачу получения обонятельных рецепторных белков и исследования их свойств. В лабораториях для этих целей используют хорошо разработанные методы генной инженерии для экспрессии нужных генов в удобной для манипуляций посторонней клетке-хозяине и «выращивания» в ней интересующего белка. Однако печатных сообщений о таких работах с обонятельными рецепторными белками появилось на удивление мало. В них отмечались неожиданные проблемы, с которыми столкнулись экспериментаторы и которые полностью преодолеть не удалось. В основном, они сводились к тому, что при экспрессии обонятельных генов не было никаких признаков появления соответствующих рецепторных белков в клеточной мембране. Если учесть, что в современной практике научных публикаций сообщать о неудачных опытах обычно не принято, можно предположить, что фактически таких неудачных попыток было гораздо больше. Таким образом, проблема обонятельных рецепторных белков опять повисла в воздухе.

Тем временем в лаборатории Р.Эксела и независимо в новой лаборатории, возглавляемой Линдой Бак, был получен еще один сенсационный результат. Используя изощренную технику манипуляций с генами, экспериментаторам удалось связать экспрессию трех обонятельных генов в обонятельных клетках эпителия с тремя разными цветными маркерами. Это позволило проследить организацию контактов аксонов обонятельных рецепторных клеток с клубочками обонятельной луковицы. Полученные картины однозначно свидетельствовали о том, что терминалы аксонов рецепторных клеток, в которых имеются одинаковые обонятельные гены, собираются в одном и том же клубочке [9].

В этот же период появилось весьма наглядное подтверждение гипотезы о пространственном кодировании запахов в клубочковом слое обонятельной луковицы. Несколько лабораториями в США и Германии были успешно применены оптические методы с использованием флуоресцентных красителей, позволяющих придавать специальную окраску возбужденным клубочкам. Были описаны специфические пространственные паттерны в слое обонятельных клубочков, вызываемые обонятельными стимулами, у млекопитающих [10], рыб [11] и насекомых [12]. Особенно эффектно выглядели опыты, проведенные в лаборатории К. Менцеля в Берлинском университете [13]. В эксперименте использовали пчел, у которых число клубочков невелико и каждый из них имеет определенное положение в надглоточном ганглии пчелы, одинаковое у всех особей, так что клубочки легко «узнаются в лицо». Пчелу обдували воздухом с добавлением разных пахучих веществ. Глядя только на картину расположения возбужденных клубочков, экспериментатор мог сразу же определить, какой имен-

но запах использовался для стимуляции.

Но как же быть со столь упорно ускользавшими обонятельными рецепторными белками? Ситуация в некоторых отношениях еще более усложнилась. После доказательства пространственного кодирования запахов в клубочках выяснилось, что правильная ориентация растущих аксонов вообще невозможна без участия обонятельных генов, которые экспрессируются не только в теле обонятельной клетки, но и в ее аксоне. Сразу же было отмечено, что эти наблюдения имеют прямое отношение к фундаментальным проблемам онтогенеза, в ходе которого направленные перемещения клеток и рост нервных волокон управляются адресными химическими сигналами окружающих тканей.

В таком контексте уместен вопрос: что же такое обонятельные гены и рецепторные белки — специфические детали механизма обоняния или представители другого, пока не изученного, обширного семейства генов и молекулярных рецепторов, обеспечивающих управляемые адресным кодом процессы? В этой связи У. Дрейер из Кали-

форнийского технологического института отмечает, что локализация так называемых обонятельных генов в действительности отнюдь не ограничена обонятельными клетками, поскольку при изучении существующих генетических баз данных оказалось, что гены из этого семейства фактически обнаруживались в большом числе различных органов и тканей, не имеющих отношения к обонятельной системе.

В связи со всем этим возникают новые вопросы, в частности, можно ли приписывать одному и тому же обонятельному рецепторному белку обе функции — и рецепцию попадающих извне низкомолекулярных пахучих веществ, и рецепцию химических сигналов, которые служат индивидуальными опознавательными метками тканей и клеток, и которые, очевидно, имеют совсем иную химическую природу, чем обычные обонятельные стимулы? Или неуловимые обонятельные рецепторные белки снова ускользают из рук? ■

© Минор А.В.,

кандидат биологических наук  
Институт проблем экологии  
и эволюции им. А.Н. Северцова РАН

## Литература

1. *Le Gros Clark W.E.* // Proc. Roy. Soc. 1957. V.146B. P.299—318.
2. *Levetau J., MacLeod P.* // J. Physiol. 1969. V.61. P.5—16.
3. *Lancet D. et al.* // PNAS. 1982. V.79. P.670—674.
4. *Benson T.E. et al.* // Brain Res. 1985. V.339. P.67—78.
5. *Buck L., Axel R.* // Cell. 1991. V.65. P.175—187.
6. *Mombaerts P.* // Science. 2001. V.286. P.707.
7. *Gao Q., Chess A.* // Genomics. 1999. V.60. P.31—39.
8. *Clyne P. et al.* // Neuron. 1999. V.22. P.327—338.
9. *Mombaerts P. et al.* // Cell. 1996. V.87. P.675—686.
10. *Rubin B.D., Katz L.C.* // Neuron. 1999. V.23. P.499—511.
11. *Friedrich R.W., Korsching S.I.* // Neuron. 1997. V.18. P.737—752.
12. *Korsching S.I.* // Cell. 2001. V.58. P.520—530.
13. *Jorges J., Kuettner J., Galizia A., Menzel C.* // Nature. 1997. V.387. P.85—88.

# Новости науки

## Космология

### Уникальный снимок молодой Вселенной

В марте 2004 г. научной общественности был представлен сделанный космическим телескопом «Хаббл» уникальный снимок неба: он охватывает небольшой участок в южном полушарии, где находится около 10 тыс. объектов, среди которых есть и весьма «юные» по астрономическим меркам — их возраст не достигает и 1 млрд лет. Снимок сделан с выдержкой около 300 ч и отличается высочайшей четкостью изображения по сравнению со снимком 1995 г., выполненным с выдержкой 10 сут тем же телескопом, но с менее совершенным оборудованием. Новая камера была установлена на «Хаббле» попутно с техническим обслуживанием всех его приборов и механизмов во время последнего посещения этой космической обсерватории шаттлом.

Научная ценность снимка состоит в том, что, помимо четкости и большого охвата, он запечатлел в близком инфракрасном диапазоне излучение от весьма удаленных галактик, к тому же «растянутое» процессом расширения Вселенной. Хотя на снимке заснят участок неба, по площади равный лишь 1/67 доле видимой поверхности Луны в полнолуние, на нем отчетливо различимы сотни объектов, светящихся в инфракрасной полосе спектра. В результате стало возможным изучать «строительные блоки», из которых вскоре после Большого взрыва начали формироваться существующие ныне галактики.

Группа астрономов во главе с С.Мальотрой (S.Malhotra; Институт Космического телескопа в Бал-

тиморе, штат Мэриленд) использовала специальное приспособление к камере этого телескопа, которое позволяет определять красное смещение излучения объектов и тем самым — расстояния, отделяющие их от Земли.

Оказалось, что некоторые из галактик светились уже тогда, когда возраст Вселенной не превышал 800 млн — 1 млрд лет. Интересно, что астроном К.Глейзбрук (K.Glazebrook), работая на 8-метровом телескопе Джемини Южный (обсерватория Серро-Пачон в Чили) с применением инфракрасного спектрографа, указывал на сходный возраст этих объектов, но тогда его утверждения были встречены скептически.

Смонтированный на борту «Хаббла» криогенно охлаждаемый спектрограф принес информацию о процессе рождения звезд в протогалактиках, начавшемся, вероятно, спустя всего около 500 млн лет после Большого взрыва. Обработкой этих данных заняты сотрудники Университета штата Калифорния во главе с астрофизиком Г.Иллингвортом (G.Illingworth).  
Science. 2004. V.303. №5664. P.1596 (США).

## Астрофизика

### Частицы малой массы в гамма-лучах

Среди астрофизиков общепринято мнение: около четверти Вселенной состоит из материи с весьма экзотическими свойствами. Кандидатами на роль этого вещества наиболее часто называют весьма массивные слабо взаимодействующие частицы, например те, что предполагаются теорией суперсимметрии, вытекающей из Стандартной модели атомной физики.

В марте 2004 г. англо-французская группа исследователей сообщила о полученном ими косвенном свидетельстве существования частиц совсем иного рода. Они имеют массу, не менее чем в 1 тыс. раз уступающую упомянутым выше суперсимметричным частицам, и в то же время несут всю «полноту ответственности» за присутствие темной материи. Физик-теоретик С.Бём (S.Voehm; Оксфордский университет, Великобритания) указывает, что эти частицы должны сталкиваться со своими античастицами, порождая электроны и позитроны. Те в свою очередь вступают в реакцию, и возникает гамма-излучение с энергией около 551 кэВ.

Аппаратура искусственного спутника «INTEGRAL» уже зарегистрировала такое распределение гамма-излучения, которое следует ожидать от источников в Млечном Пути, если диск Галактики окружен гало, состоящим из легких частиц темной материи.

Гипотеза принята не всеми учеными. Так, физик Дж.Эллис (J.Ellis; ЦЕРН, Женева) подчеркивает, что такие легкие частицы должны были бы возникать в ходе вполне «земных» экспериментов на ускорителях, однако этого не наблюдалось.

Science. 2004. V.303. №5665. P.1746 (США).

## Астрономия

### У Солнца обнаружен «близнец»

На конференции Американского астрономического общества (Атланта, январь 2004 г.) сотрудники Виллановского университета (штат Пенсильвания) сообщили о своем открытии: оказалось, что

слабо светящаяся Восемнадцатая звезда в созвездии Скорпиона — «двойник» нашего Солнца.

Это небесное тело расположено сравнительно недалеко от нас: «всего» примерно в 47 св. годах. Его можно, хотя и с трудом, разглядеть даже невооруженным глазом, но из-за тусклости свечения о Восемнадцатой Скорпиона до сих пор было известно немного. Теперь установлено, что масса, температура, химический состав и период обращения этой звезды вокруг собственной оси совпадают с соответствующими характеристиками нашего дневного светила. Судя по ультрафиолетовому и рентгеновскому излучению Восемнадцатой Скорпиона, уровень ее активности (появление и исчезновение пятен) тоже весьма сходен с солнечным. Есть ли около этой звезды свои планеты, пока неясно.

Science. 2004. V.303. №5657. P.461 (США).

## Астрономия

### Самая маленькая экзопланета

С момента, когда у звезды 51 Пегаса в 1995 г. была открыта первая внесолнечная планета, удалось обнаружить более 120 гигантских планет у других звезд<sup>1</sup>. Сделано это преимущественно методом лучевых скоростей. Он основан на измерении доплеровского смещения линий в спектре звезды, которое отражает ее движение под воздействием гравитационного притяжения невидимой экзопланеты, вращающейся вокруг этой звезды. Оценка вариаций лучевой скорости по смещению спектральных линий позволяет вычислить параметры орбиты планеты, в частности период и расстояние от звезды, а также минимальную массу.

Для продолжающегося поиска экзопланет требуются все более и более точные инструменты. Ли-

дирует в этом отношении Европейская южная обсерватория (ESO) — во многом благодаря спектрографу HARPS (High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher — Высокоточный искатель планет по лучевым скоростям), который установлен на 3,6-метровом телескопе ESO. Этот уникальный прибор позволяет измерять лучевые скорости звезд с точностью 1 м/с.

Чтобы выполнить на 3,6-метровом телескопе самый амбициозный на сегодняшний день систематический поиск экзопланет, группе под руководством М.Майора<sup>2</sup> (Женевская обсерватория, Швейцария) выделено на пять лет по 100 наблюдательных ночей в год. Для этой цели астрономы многократно измеряют лучевые скорости сотен звезд, у которых могут быть планетные системы.

Тем удивительнее, что планета у солнцеподобной звезды  $\mu$  Жертвенника, которая тоже входила в программу обзора, была открыта случайно. Точность спектрографа HARPS так высока, что позволяет следить не только (и даже не столько) за движением звезды как целого, но и за движениями газа в ее атмосфере. Н.Сантош (N.Santos; Центр астрономии и астрофизики при Лиссабонском университете, Португалия) намеревался использовать результаты наблюдений  $\mu$  Жертвенника, проведенных в июне 2004 г., чтобы изучить внутреннее строение звезды методами астросейсмологии. Астрономы рассчитывают, что такая информация позволит понять происхождения необычно высокого содержания тяжелых элементов, наблюдаемых в атмосфере  $\mu$  Жертвенника и большинства других звезд с планетами. К удивлению исследователей, в ходе анализа новых измерений обнаружилось поперх акустических осцилляций регулярное колебание лучевой скорости с периодом в 9,5 дня.

С этого момента звезда постоянно отслеживалась по тщательно проработанной методике наблюдений, которая позволяет умень-

шить «астросейсмический шум». Новые данные подтвердили амплитуду и периодичность изменений лучевой скорости. После тщательной проверки осталось лишь одно убедительное объяснение периодичности сигнала: вокруг  $\mu$  Жертвенника вращается планета с периодом 9,5 дней.

Из амплитуды лучевой скорости астрономы вывели нижнее ограничение на массу планеты — всего 14 масс Земли! Это почти масса Урана, самого скромного гиганта Солнечной системы. Поскольку велика вероятность, что реальная масса сильно отличается от выведенного из наблюдений нижнего предела, приходится признать: новый спутник  $\mu$  Жертвенника пока что самая маленькая из известных экзопланет у звезд солнечного типа. Его масса близка к предельно допустимой массе каменной планеты и существенно уступает массам большинства планет-гигантов. Этот факт налагает жесткие ограничения на механизм образования планеты  $\mu$  Жертвенника.

По современным представлениям о ходе образования планет, ядро будущей планеты формируется из твердых планетезималей. Когда масса ядра достигает определенного критического значения, на него начинает с очень высокой скоростью аккрецировать газ, и масса планеты быстро возрастает. В данном случае до фазы аккреции газа дело вряд ли дошло, иначе планета стала бы намного массивнее. Кроме того, низкая масса указывает на то, что планета, скорее всего, образовалась именно там, где она сейчас находится. Согласно современным моделям, масса планеты быстро возрастает при ее миграции из внешних областей протопланетного диска к его центру, поэтому данный объект вряд ли мигрировал на большое расстояние, оставшись маломассивным. Вероятнее всего, спутник  $\mu$  Жертвенника представляет собой планету с каменным ядром, которое окружено незначительной (порядка 0,1 общей массы) газовой оболочкой. Иными словами, в отличие от дру-

<sup>1</sup> См.: Сурдин В.Г. Каталог экзопланет // Природа. 2000. №7. С.20—21; Вилбе Д.З. Каталог экзопланет пополняется // Там же. №11. С.84—85; Экзопланета со странностями // Природа. 2003. №7. С.77—78.

<sup>2</sup> Mayor M. // Astronomy and Astrophysics. 2004. V.426. PL19.

гих известных экзопланет, он скорее может быть отнесен к планетам земного типа, нежели к планетам-гигантам.

К слову сказать, такая «супер-Земля» — не единственный обитатель планетной системы звезды  $\mu$  Жертвенника. Ранее там уже была обнаружена планета размером с Юпитер и периодом в 650 дней. Имеются также указания на существование еще одного, значительно более далекого компаньона.

© **Вибе Д.З.**,

кандидат физико-математических наук  
Москва

## Планетология

### Кратер Гусева безводен

По общему мнению специалистов, данные космических аппаратов, находившихся на околомарсианской орбите, указывали, что в глубине кратера Гусева некогда находилось большое озеро. Однако трехмесячные исследования самоходного аппарата «Spirit» никаких следов присутствия влаги в прошлом не показали. Между тем при выборе района посадки именно эта крупная впадина считалась наиболее вероятным кандидатом (из 185) на присутствие воды. К тому же к кратеру Гусева подходит протянувшийся на 900 км «канал» долины Ма'адим Валлис, по которому, как полагали, миллионы лет назад поступала вода. Но и ее следов не было обнаружено.

Впрочем, если такой сток и существовал когда-то, принесенные осадки уже давно были бы перекрыты на дне озера грязевыми породами или вулканическим пеплом от расположенного поблизости древнего вулкана Аполлинарис Патера.

На дне впадины марсоход обнаружил крупные блоки темной вулканической лавы и тонкие слои желто-коричневой пыли. Даже достигнув кромки близлежащего кратера Боннвиль (диаметр 200 м), ничего, кроме лавовых блоков и пыли, марсоход не обнаружил. Такая пыль покрывает чуть ли не все изученные участки по-

верхности планеты. Все это привело планетологов к серьезному разочарованию.

Что же касается марсохода «Opportunity», высадившегося на равнине Меридиани Планум, то и там многие из предположений специалистов не оправдались. Хотя следы соленоватых вод здесь и зафиксированы, они не подтверждают гипотезу, будто в этом регионе некогда плескалось целое море.

После посещения кратеров Гусева и Боннвиль марсоход «Spirit» направился в район холмов Колумбия — 100-метровых возвышенностей к востоку от Боннвиля. Там, по представлениям ученых, геологические и топографические черты местности должны резко отличаться от уже изученных им ранее. Science. 2004. V.304. №5668. P.197 (США).

## Метеоритика

### С Луны на Землю

В 1795 г. в Бремене знаменитый немецкий астроном Генрих Вильгельм Ольберс (1758—1840), читая лекцию о падении метеорита в Сиене, впервые высказал идею о лунном происхождении метеоритов. Расчеты П.С.Лапласа дали этой идее обоснование с точки зрения небесной механики, и она приобрела популярность. Некоторое время считалось, что камни выбрасываются с Луны в результате мощных вулканических извержений. В 1797 г. известный физик и астроном Г.К.Лихтенберг иронизировал, что Луна — неприятный сосед, так как она швыряется в нас камнями. Однако дальнейшие исследования показали, что метеориты приходят из далекого космоса, в основном из пояса астероидов, и никак не связаны с Луной. Идея была практически забыта на многие годы, и лишь иногда рассматривалась в качестве теоретического упражнения<sup>1</sup>.

В 1969—1976 гг. экспедиции «Apollo» и зонды «Луна» доставили на Землю образцы лунного грунта. Изучив их, астрономы узнали осо-

бенности лунного вещества и принялись искать похожие камни... на Земле. Первый метеорит лунного происхождения (ALHA 81005) был найден в Антарктиде в 1981 г., а к 2003 г. в мировых коллекциях насчитывалось уже более 50 лунных метеоритов общей массой 8,5 кг. Кроме Антарктиды, их находят в Сахаре и на Аравийском п-ове. Однородная светлая поверхность почвы в этих местах позволяет легко обнаруживать темные метеориты, а сухой климат способствует их длительной сохранности. Особо урожайной на метеориты считается провинция Дофар на территории Омана: там к 2003 г. на площади около 10 тыс. км<sup>2</sup> было обнаружено более 300 метеоритов весом от нескольких граммов до 270 кг и общим весом более 530 кг. Из 51 лунного метеорита, имевшегося в коллекциях в 2003 г., 29 были найдены в Омане, 15 — в Антарктиде, 6 — в Сахаре и 1 — в Австралии. Самый старый из них прилетел на Землю около 500 тыс. лет назад.

Статистику лунных метеоритов изучили недавно М.А.Назаров и его коллеги из Института геохимии и аналитической химии им.В.И.Вернадского РАН<sup>2</sup>. Оказалось, что среди всех выпадающих на поверхность Земли каменных метеоритов с массами от 10 г до 1 кг примерно 2—3% прилетает с Луны. Всего на Землю падает несколько сотен лунных метеоритов в год. Хотя статистика пока не очень надежная, все же можно оценить, что за год в атмосферу Земли попадает порядка 100 кг лунного вещества. Примерно половина его не достигает поверхности Земли, так что на поверхность планеты (включая океаны) выпадает около 50 кг лунных метеоритов в год.

Исследование радиационной истории лунных метеоритов показало, что по пути с Луны на Землю они проводят в открытом космосе в среднем около 100 тыс. лет, хотя путешествие некоторых из них

<sup>2</sup> Назаров М.А., Бадюков Д.Д., Лоренц К.А., Демидова С.И. // Астрон. вестник. 2004. Т.38. №1. С.53—62.

могло продолжаться и несколько миллионов лет. Для «старта» с Луны необходима скорость 2.4 км/с. Вероятно, выбросы лунного вещества связаны с падением на поверхность нашего спутника мелких астероидов поперечником от 10 до 300 м, приводящих к образованию кратеров диаметром от 1 до 10 км. Расчеты показывают, что таким образом Луну покидает не намного больше вещества, чем его попадает на Землю. Не исключено даже, что Земля собирает практически все вещество, потерянное Луной. Так что наша планета — неплохой космический пылесос.

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

## Физика

### Сверхпроводимость гидридов металлов

Американский специалист по физике твердого тела Н.У.Ашкрофт (N.W.Ashcroft; Корнеллский университет, США), детально проанализировав формулу Макмиллана для критической температуры ( $T_c$ ) сверхпроводников с фоновым механизмом спаривания, пришел к выводу о возможности высокотемпературной сверхпроводимости в гидридах металлов (соединениях типа  $MH_n$ , где М — металл IV группы)<sup>1</sup>.

Напомним, что в последние годы был открыт целый ряд новых сверхпроводников, в состав которых входят легкие химические элементы<sup>2</sup>. При этом критические температуры  $T_c$  оказались хотя и не рекордными, но для простых и бинарных соединений весьма высокими (правда, при высоком давлении): например, у  $MgB_2$   $T_c = 40$  К, а у лития  $T_c = 15$  К. Возможно, именно эти открытия, а также

<sup>1</sup> Ashcroft N.W. // Phys. Rev. Lett. 2004. V.92. P.187002.

<sup>2</sup> Подробнее см.: Причина аномальной сверхпроводимости  $MgB_2$  // Природа. 2003. №3. С.76—77; Сверхпроводимость лития // Там же. 2003. № 6. С.84; Сверхпроводящий  $MgB_2$ -провод получен в Курчатовском институте // Природа. 2003. №8. С.84.

старые теоретические работы по сверхпроводимости металлического водорода и побудили Ашкрофта провести данное исследование.

Давления, которые требуются для перевода гидридов металлов в металлическое (и, как полагает ученый, сверхпроводящее) состояние, вполне достижимы на современном техническом уровне, причем они гораздо ниже, чем необходимо для металлизации водорода. Таким образом, определен еще один класс материалов, перспективных для изготовления сверхпроводников.

[http://perst.isssp.kiae.ru/inform/perst/4\\_10/index.htm](http://perst.isssp.kiae.ru/inform/perst/4_10/index.htm)

## Космическая биология

### Сердце в невесомости

Какие изменения происходят в клетках организма млекопитающих в условиях невесомости? Этот вопрос — один из центральных в космической биологии и медицине, однако ответ на него все еще неясен. Для соответствующих исследований разработаны модели, имитирующие на Земле некоторые эффекты невесомости. Наиболее известна и широко используется в научных экспериментах на мелких млекопитающих так называемая модель вывешивания животных в антиортостатическом положении (таз выше головы). Это вызывает в организме характерные для невесомости изменения гемодинамики, при этом значительно меняются условия работы сердечно-сосудистой системы.

Как известно, основная масса мышечных клеток сердца (кардиомиоцитов) специализирована на выполнении его основной функции — сокращения. Однако у сердца есть и вторая функция — секреция пептидов, обладающих натрийуретическим, диуретическим и вазоактивным действием, т.е. участие в регуляции водно-солевого баланса организма. Секреторная функция особенно выражена в кардиомиоцитах правого предсердия. Л.С.Погодина с коллегами (Московский государствен-

ный университет им.М.В.Ломоносова)<sup>1</sup> впервые изучали изменения кардиомиоцитов правого предсердия крыс после длительных сроков их антиортостатического вывешивания (14 и 30 сут эксперимента), а также, что особенно интересно, в период после его окончания и при повторе.

Оказалось, что после двухнедельного срока усиливается сократительная активность кардиомиоцитов и интенсифицируется выведение из них секрета. Но в некоторых клетках отмечены признаки истощения функций. При увеличении длительности опыта до 30 сут структура большинства кардиомиоцитов приближалась к норме. Возрастала секреторобразующая способность клеток и сохранялось усиленное выведение секрета. Важно отметить, что последующее пребывание крыс в течение 30 сут в нормальном положении не приводило к полной структурно-функциональной нормализации кардиомиоцитов и сопровождалось накоплением в них секрета. Из этого следует, что восстановление клеток предсердия после имитации эффектов невесомости протекает медленнее, чем развиваются изменения во время моделирования невесомости. Эти данные полезны при разработке временных графиков космических полетов.

При повторном 14-суточном вывешивании крыс (после первого 30-суточного и последующего 30-суточного перерыва) изменения гормонпродуцирующего аппарата предсердных клеток менее выражены по сравнению с первым воздействием такой же продолжительности.

Эти исследования дополняют серию проведенных ранее работ, установивших, что клетки сердца крыс, как и некоторых других органов (мозга, гипофиза, щитовидной железы), способны в определенной степени «запоминать» изменение силы тяжести на период около 30 сут, что облегчает их последующую адаптацию к повтор-

<sup>1</sup> Погодина Л.С., Шорникова М.В., Ченцов Ю.С. // Известия РАН. Серия биол. 2004. №1. С.8—20.

ному изменению силы тяжести. Безусловно, для практического использования полученных результатов необходимы полетные эксперименты и анализ изменений после пребывания в невесомости во время космического полета.

© **Липина Т.В.**,

кандидат биологических наук  
Москва

## Медицина

### Решена обратная задача электрокардиографии

Роль электрокардиографии (ЭКГ) — одного из инструментов диагностики многих аномалий электрической активности сердца — в современной кардиологии общеизвестна. Однако ЭКГ, будучи непрямым методом регистрации, во многих случаях не дает необходимой информации. Например, этих сведений явно недостаточно, чтобы судить об активности в суправентрикулярных отделах сердца (правом и левом предсердиях, ушках предсердий и пр.) в условиях клинической патологии. В частности, до сих пор остается малоизученной картина самой распространенной аритмии — мерцания-трепетания предсердий. Но, по-видимому, в клиническом анализе электрической активности сердца в ближайшее время могут быть достигнуты значительные успехи благодаря новому методу, недавно предложенному учеными из Кливлендского университета (штат Огайо, США)<sup>1</sup>.

Этот метод, названный ECGI (ElectroCardioGraphic Imaging), позволяет неинвазивно проводить прямой анализ электрической активности сердца. При ECGI на торс пациента помещается жилетка, в которую вмонтировано 224 электрода, регистрирующих соответствующее число электрограмм. Пациенту делают компьютерную томограмму торса, что позволяет получить точную пространственную картину торса и сердца, а также расположения отводящих элект-

<sup>1</sup> *Ramanatban C., Gbanem RN., Jia P., Ryu K., Rudy Y.* // Nature Medicine. 2004. 14 March. P.1—7.

родов на торсе относительно сердца. Описав эти данные с помощью математического алгоритма, авторы продемонстрировали возможности ECGI для анализа процессов возбуждения (деполяризации) и восстановления исходного электрического состояния (реполяризации) предсердий и желудочков в нормальном сердце, в сердце с нарушением проведения возбуждения (блок правой и левой ножки пучка Гиса) и т.д. Наиболее наглядно преимущества ECGI видны при выявлении мерцания-трепетания предсердий. Дело в том, что при традиционной ЭКГ активность предсердий регистрируется на электрокардиограмме в виде зубца Р, который отражает лишь деполяризацию предсердий, а процессы реполяризации скрыты в желудочковом комплексе и обозначены зубцами Q, R, S, T. Более того, зубец Р растянут во времени, что связано с анатомическими особенностями ориентации предсердий по отношению к проекциям стандартных отведений ЭКГ, с малыми размерами предсердий и другими причинами. Именно поэтому с помощью обычной ЭКГ до сих пор не удавалось точно реконструировать траектории волны возбуждения при различных предсердных аритмиях. При ECGI эта траектория прослеживается почти на всей поверхности обоих предсердий, что позволяет наблюдать хронотопографию возбуждения во время мерцания-трепетания предсердий.

Это лишь одна иллюстрация принципиально новых возможностей метода ECGI для клинического изучения электрофизиологии сердца человека. Главное же в том, что авторам метода удалось решить так называемую обратную задачу электрокардиографии: трансформировать дистанционно зарегистрированные сигналы электрического поля сердца в электрические потенциалы на его поверхности и в результате построить карту активации — траекторию распространения возбуждения по предсердиям в норме и при различных типах патологии сердечного ритма.

В 2002 г. в Голландии торжественно отмечали 100-летие создания В.Эйнтховеном электрокардиографии<sup>2</sup>, которая к настоящему времени стала незаменимым инструментом в кардиологии. Начало второго столетия существования электрокардиографии ознаменовалось созданием на ее базе метода ECGI, что принципиально меняет современные возможности анализа электрических процессов в сердце человека и тем самым создает предпосылки для существенного улучшения диагностики и контроля за лечением заболева-

© Академик

**Розенштраух Л.В.**

Москва

## Зоология. Этология

### Необычный образ жизни австралийского сцинка

У австралийского сцинка *Egernia stokesii* необычная форма социальных отношений. Вообще говоря, большинство ящериц — выраженные индивидуалисты; они не поддерживают устойчивых брачных, семейных или иных форм группового взаимодействия. А у этого сцинка неполовозрелые братья и сестры остаются жить постоянной коммуной, которая может существовать до пяти лет и насчитывать до 17 членов. Особи в такой семейной группе используют одно убежище и коллективно греются на солнце. Последнее особенно важно, поскольку у холоднокровных ящериц регулярные и длительные солнечные ванны — необходимый элемент образа жизни. Однако в такие периоды ящерицы наиболее уязвимы для хищников, поскольку лежат неподвижно и на открытых местах.

Логично предположить, что групповые солнечные ванны оказываются для эгерний более безопасными: ведь известно, что хищнику труднее подкрасться незамеченным к стае, чем к одиночке. В целом, стайные животные лучше

<sup>2</sup> *Розен М.Р.* // Кардиология. 2002. Т.42. №12. С.70—78.

защищены от внезапных нападений, чем ведущие одиночный образ жизни.

Гипотезу о таком преимуществе группового образа жизни эгерний проверяли Э.Лэнхам и М.Булл (E.Lanham, M.Bull; Флиндерский университет, Австралия). В течение нескольких лет они содержали потомков 20 беременных самок эгерний, пойманных в природе. В ходе экспериментов исследователи наблюдали за поведением ящериц как в семейных группах, так и отделенных от собратьев. Тонкие нюансы (например, греется ли сцинк с открытыми или закрытыми глазами) регистрировали путем видеонаблюдения.

Исследователям удалось подтвердить предположение о том, что находящиеся в группе эгернии раньше реагируют на потенциальную опасность, чем одиночные особи. Кроме того, ящерицы, греющиеся на солнце компаниями, больше времени проводят с закрытыми глазами, очевидно, чувствуя себя более уверенно. Таким образом, социальные взаимодействия повышают шансы выживания эгерний.

Journal of Zoology, London. 2004. V.263. №1. P.95–99 (Великобритания).

## Организация науки

### Система систем наблюдения Земли

Представители 47 государств, отвечающие за организацию и проведение метеорологических, океанологических, климатологических и экологических работ в своих странах, приняли на Втором саммите руководителей наблюдений за состоянием нашей планеты (Токио, апрель 2004 г.) 10-летний план взаимного обмена данными, что позволит обнаружить существующие в них пробелы и создать условия для их ликвидации. Этот план станет частью более широкой программы GEOSS (Global Earth Observation System of Systems — Система систем глобального наблюдения Земли).

Такое объединение потребует преодолеть ряд серьезных техни-

ческих и политических барьеров, в частности выработать единые форматы для собираемых наблюдательных данных. Отмечается, что в ряде случаев государство может отказаться от обмена некоторыми видами информации (например, Япония не станет раскрывать ихтиологические и океанологические данные, которые помогли бы китайским и корейским рыболовам увеличить добычу в водах, омывающих эти страны; не исключено вето на информацию, которая будет сочтена государством важной для своей безопасности и т.п.).

Выполнение плана будет связано с немалыми расходами, которые, вероятно, затруднительны для развивающихся стран; глава Национального управления по изучению океана и атмосферы США К.Лаутенбахер (C.Lautenbacher) констатировал, что ныне существующая система GLOSS (Global Sea-Level Observation — Глобальное наблюдение за уровнем моря) страдает из-за пробелов во многих национальных сетях. По мнению японского министра образования, индустриальные страны должны им в этом помочь.

Идея создать подобную систему систем была предложена США еще на предыдущем совещании (Вашингтон, 2003 г.). Теперь соответствующие организации всех 47 государств должны представить свои конкретные предложения.

Science. 2004. V.304. №5671. P.661 (США).

### Антропология. Демография

#### Роль бабушек в эволюции человека

Может ли естественный отбор действовать на признаки, проявляющиеся лишь в пострепродуктивный период, когда организм уже неспособен к размножению? Ответ утвердительный: может, если такие признаки наследуются и увеличивают жизнеспособность или репродуктивный успех потомков пожилого организма. Эта гипотеза была высказана много лет назад. Она позволяет объяс-

нить, почему, например, женщины преклонного возраста, когда они уже не могут иметь детей, живут в среднем дольше, чем мужчины, у которых репродуктивная способность может сохраняться до глубокой старости. Тем не менее до недавнего времени данная гипотеза не была проверена.

Группа исследователей из Финляндии, Великобритании и Канады впервые получила экспериментальное подтверждение этих умозрительных построений<sup>1</sup>. Используя полные демографические данные о населении одного района Финляндии и одного района Канады в XVIII и XIX вв., они доказали, что у бабушек, проживших более долгую жизнь, в среднем было достоверно больше внуков, чем у бабушек, умерших молодыми. Следовательно, в человеческих популяциях идет отбор, поддерживающий долголетие бабушек, так как признаки бабушек-долгожителей достаются большему числу потомков, чем признаки бабушек, умирающих рано. Очевидно, причина этого в том, что бабушки помогают матерям и отцам заботиться о детях, поэтому в семьях, где жива бабушка, родители могут позволить себе завести больше детей, а детская смертность в среднем ниже, чем в семьях, где родители вынуждены растить детей без помощи бабушки.

По-видимому, именно такой отбор привел к возникновению у людей столь редкой особенности — долго жить в пострепродуктивный период. Человеческие дети становятся самостоятельными намного позже, чем детеныши наших ближайших родственников — шимпанзе, поэтому забота бабушки для детей человека важнее, чем для маленьких обезьян. Вероятно, на том этапе человеческой эволюции, когда развитие детей стало достаточно долгим, естественный отбор начал работать в пользу бабушек-долгожителей.

© Петров П.Н.,

кандидат биологических наук  
Москва

<sup>1</sup> Labdenperä M. // Nature. 2004. V.428. P.178–181.

# О временах и времени жизни

Б.Я.Гурвиц,

доктор биологических наук  
Институт биохимии им.А.Н.Баха РАН  
Москва

По-видимому, есть какая-то закономерность, что человек, профессионально работающий в биологии, тяготеет к профессиональному занятию литературой. Точнее, к писательству. Сколько их, известных поэтов, прозаиков, эссеистов, — биологи, вышедшие из Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова за последние полвека! Автор прекрасных рассказов о животных Игорь Акимускин, кинодраматург Эдгар Дубровский, поэт Дмитрий Сухарев, создатель повестей о Беломорье Вадим Федоров и еще немало тех, кто успешно сочетает работу в науке с профессиональной литературой. Да и Букеровский лауреат Людмила Улицкая тоже получила диплом биолога в те же 1960-е годы. Кто-то пошутил, что гены биолога соединены спиральной связью с генами филолога, и, экспрессируясь по мере познания мира природы — как ее внешнего облика, так и внутреннего устройства, — они рождают потребность излить свое видение и свои эмоции на бумагу.

Вот книга профессионально-го биолога, физиолога и биохимика, О.А.Гомазкова, который еще в пору студенчества был замечен как незаурядная художе-

ственная натура. Эпоха пятидесятых на биофаке МГУ, отмечавшего тогда свое 200-летие, была полна кипения и инициатив в научной и общественной жизни, наполненной студенческими спектаклями, агитпоходами, концертами на целине и больших стройках.

Олег Александрович — профессор, доктор биологических наук, один из ведущих специалистов в исследовании физиологически активных пептидов, автор восьми научных монографий. Первая его научная публикация появилась в журнале «Природа» в 1958 г. [1]. «Вторая натура» продолжала жить все эти годы, и с перерывом в несколько лет он написал сначала небольшую книжку «Доминанта» (1994) — сборник рассказов и очерков о людях науки, с которыми сводила работа (И.Д.Папанине, В.Н.Черниговском, В.А.Неговском), а также прекрасные портреты-эссе о И.М.Сеченове и А.А.Ухтомском. Уже тогда обращало на себя внимание его умение, будучи в научной поездке, увидеть новые, необычные срезы окружающего мира («Листки из японского блокнота», «Притча о национальном гено-типе»).

В 1996 г. вышла биографическая книга Гомазкова «Прогулки в детство», обозначенная как «повесть вне жанра». Это был



**О.А.Гомазков.** ПОРТРЕТЫ РАЗНЫХ ВРЕМЕН. ОЧЕРКИ. ЭССЕ. ПОВЕСТЬ / В автор. ред.

М.: ИКАР, 2004. 172 с.



казалось важным напомнить о непрерывности нашей жизни — исторической и жизни каждого из нас. Но я — биолог-физиолог по образованию — хорошо усвоил два правила. Первое — то, что в основе социального мироустройства лежит все-таки биологическая, если хотите, генетическая природа живого, самого человека. И потому (второе) — все не начинается “заново”, после разрушенного до основания, а все продолжается ЗАНОВО». И дальше — как организующий алгоритм всей книги, как тембр фонового звучания — слышится главный инструмент этого закона. «Наверное, мы здесь потому, чтобы научиться любить» — эти слова кинорежиссера А.Тарковского вынесены эпиграфом ко всему изложению.

И как иллюстрация этой темы — рассказ о жизни и смерти поэта Евгения Боратынского, основанный на новом, удивительном для неспециалиста-литературоведа, прочтении исторических документов. Физиолог Гомазков предлагает свою трактовку трагической судьбы поэта, не востребованного эпохой, не сумевшего «вытащить» себя из обыденности благополучия.

В этом контексте особенно интересно читается очерк «Беседы с братом», где в разговоре о современной науке и о современной жизни собеседники пытаются очертить контуры будущего мира [2]. Темы, в нем изложенные, касаются как жизни научного сообщества («Гранты и гранды»), так и сообщества человеческого вообще. И снова,

как рецепт спасения, автор рисует необычный литературный образ: «Мы выходим на улицу, в полночную весеннюю темень. У подъезда Корпуса стоят одинокие “жигуленки”: кто-то еще “пашет” со своими сцинциллаторами и центрифугами. Рядом, за оградой тихо просыпается после зимы университетский ботсад. Вдоль дороги и дальше по проспекту к главному зданию лежат огромные серебристые цистерны. Как всегда, физикам не хватает места <...>. Цистерны похожи на пузатые космические дирижабли, словно приготовленные для бегства с Земли <...>. Я хочу сказать об этом Скулачеву, но что-то мешает озвучить мрачную шутку. — Я очень домашний, я очень люблю место, где я живу», — сказал Скулачев.

В заключение нельзя не отметить высокую эстетичность книги. Это, несомненно, документальное изложение, основанное на действительных, строго выверенных фактах. И в то же время оно оформлено в хорошем литературном стиле, в форме ассоциаций и даже стихотворных строчек. Манера изложения — спокойная, лиричная, однако автор умеет выстроить интригу повествования, держит читателя в постоянном интересе к новой информации и размышлениям.

В книге немало забавных сцен и портретов коллег, встреченных на симпозиуме или в лаборатории («День рождения сына»). Большое число персонажей из «разных времен», однако органично встроенных в общую канву содержания. Здесь же во-

очию представлены улицы, дома, музеи, скульптуры, обычаи, приметы Амстердама и Парижа, где, судя по описанию, автор побывал совсем недолго, но так много сумел рассмотреть, сплести в единое полотно современности.

Читателю кажется, что истории и переживания автора, столь близкие и понятные, становятся событиями его собственной жизни, образами его многих воспоминаний. Все повторяется в этом мире. Непостижимым образом в книге удается передать вибрации изображения не реальности, а отношения к ней, не глаз, а взгляда, не жесты, а чувства, впечатления, настроения; не слова, а мысли. И приоткрывается тайна искусства: мы рассматриваем картину, но и она смотрит на нас; мы изучаем статую, но и она пытается заговорить с нами; мы играем на виолончели, и инструмент «стонет» под нашими пальцами. Иначе — звук, полотно и камень мертвы!

В наше бешеное время, безуспешно стремящееся склеить разрыв времен двух тысячелетий, соединить ненависть и гордыню с милосердием, красотой и любовью, эта замечательная книга призывает придержать бег, сделать остановку внутри себя, в спокойствии души. И подумать о том, что в сущности литература, искусство и наука рождаются в попытке вырваться за пределы предуготовленного порядка и ритма жизни, выявить ее неразгаданный смысл, изменить общий информационный фон времени. ■

## Литература

1. Гомазков О.А. Еще раз о свечении морских одноклеточных организмов // Природа. 1958. №6. С.127—128.
2. Скулачев В.П., Гомазков О.А. Энергетика науки // Природа. 1995. №10. С.62—77.

## Микробиология

Труды Института микробиологии им.С.Н.Виноградского. Вып. XII: Юбилейный сборник к 70-летию института. Отв. ред. В.Ф.Гальченко. М.: Наука, 2004. 423 с.

Истекший год был богат на интересные книги, выпущенные издательством «Наука». Юбилейный сборник «Труды Института микробиологии» — тому пример. Этот академический институт — один из старейших, и издает подобные Труды с 1951 г. В последнем, 12-м, сборнике освещены основные направления фундаментальных и прикладных исследований, проводимых в институте и касающихся общей микробиологии. Диапазон работ очень широк: от криптожизни на Марсе и спутниках Юпитера, разнообразия микроорганизмов, населяющих ледниковую толщу Антарктиды, до молекулярной биологии бактериофагов. Обсуждаются также микробное население метановых сипов, глубоководных гидротерм, нефтяных месторождений; физиология, биохимия и экология уникальных микроорганизмов и многое другое.

Конечно, юбилейный выпуск будет полезен и интересен микробиологам — и сотрудникам научных учреждений, и аспирантам, и студентам.

Уже, наверное, набило оскомину упоминание о неполадках в русском языке. К сожалению, в сборнике немало огрехов, связанных со склонением существительных и прилагательных, а ведь в выходных данных значатся корректоры.

## Этнография

Г.Г.Ершова. МАЙЯ: ТАЙНЫ ДРЕВНЕГО ПИСЬМА. М.: Алетея, 2004. 296 с. (Из сер. «Vita memoriae».)

Вышла новая книга Галины Ершовой, доктора историчес-

ких наук, автора нескольких монографий, посвященных истории древних американских цивилизаций. Это своеобразное учебное пособие, в котором интересно и доступно рассказывается о древней письменности индейцев майя, что позволит даже неподготовленному читателю овладеть основами удивительного искусства чтения текстов древних индейцев.

Многочисленные иллюстрации позволят совершить увлекательное путешествие по книге, а данный в приложении список иероглифов, составленный дешифровщиком письма майя Ю.В.Кнорозовым, представит несомненный интерес для научных сотрудников, занимающихся проблемами индеанистики и истории древней Америки.

## История науки

ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ И КУЛЬТУРА ВОЗРОЖДЕНИЯ. Отв. ред. Л.М.Брагина. М.: Наука, 2004. 274 с. (Из сер. «Культура Возрождения».)

Дарования Леонардо да Винчи позволили ему проявить себя на удивление многогранно: он был художником, архитектором, ученым. Его научные интересы не имели границ: математика и физика (механика, оптика, гидравлика), астрономия, геодезия и картография, ботаника, физиология и анатомия. Он изложил основные принципы конструирования цепных передач, технологических средств шлифования оптических стекол, различных летательных аппаратов, всевозможных машин и транспортных устройств, станков для обработки материалов. Научные прозрения и технические идеи Леонардо не были востребованы эпохой, однако спустя 250—300 лет инженерная практика подтвердила правоту и гениальность его разработок.

550-летие со дня рождения Леонардо да Винчи было отмечено проведением Междуна-

родной научной конференции «Творческое наследие Леонардо да Винчи». Статьи написаны по материалам докладов, с которыми участники конференции выступили в Политехническом музее. В них освещаются разные грани творчества Леонардо — художника, инженера, писателя, мыслителя, а также влияние его идей на культуру эпохи Возрождения Италии, Германии, Франции, Чехии.

## История науки

Л.И.Лотова, А.К.Тимонин, Г.Г.Куликова и др. КАФЕДРЕ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ 200 ЛЕТ: Учебно-методическое пособие. Отв. ред. А.К.Тимонин. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2004.152 с.

Книга написана в связи с 250-летним юбилеем Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова и посвящена кафедре ботаники, которая моложе самого университета на 50 лет. В ней рассказано об истории становления кафедры, ее заведующих, научных достижениях и трудностях, возникавших в ходе реорганизации университета, в частности биологического факультета, и их преодолении. Большое внимание уделено современным научным направлениям, существующим в ботанике.

Издание иллюстрировано оригинальными фотографиями и предназначено для всех желающих познакомиться с кафедрой морфологии и систематики высших растений — прямой наследницей кафедры ботаники, организованной в 1804 г. Это учебное пособие, рассчитанное на ботаников, историков и широкий круг читателей, интересующихся развитием науки в России. Создатели книги надеются, что она привлечет выпускников кафедры, которые, вероятно, с теплым чувством вспомнят студенческие годы, проведенные в Alma Mater.

# Научные стратегии профессора А.П.Богданова

М.Ю.Сорокина,

*кандидат исторических наук*

*Архив РАН*

*Москва*

Во всех российских университетских городах есть особые исторические места, в которых навеки, в мраморе и бронзе, а чаще в скромных надгробиях, запечатлена история культуры, науки и образования прошлого. В Санкт-Петербурге это прежде всего знаменитые Литераторские мостки Волкова кладбища и некрополь Александро-Невской Лавры. В Москве на территории православного Новодевичьего монастыря есть старинный участок, который можно назвать «профессорским уголком» — здесь обрели свой вечный покой многие профессора Московского университета: известный правовед Николай Львович Дювернуа (1836—1906), математик и декан физико-математического факультета Николай Васильевич Бугаев (1837—1903), писатель и почетный член Петербургской АН Михаил Петрович Загоскин (1789—1852), академик, филолог, искусствовед и историк Федор Иванович Буслаев (1818—1897), философ Лев Михайлович Лопатин (1855—1920), академик-историк Михаил Петрович Погодин (1800—1875), этнограф Николай Николаевич Харузин (1865—1900) и другие.

Здесь же похоронен известный русский антрополог и зоолог, профессор и директор Зоологического музея Московского университета, член-корреспондент Императорской Академии наук Анатолий Петрович Богданов, написать о котором «обрел покой» невозможно даже сегодня, настолько это противоречит всему облику и деятельной натуре этого человека. Нацеленность на создание «нового» составляла стержень его работы. Зоолог по образованию, ученик знаменитого К.Ф.Рулье (1814—1858), один из первых сторонников дарвинизма в России, Богданов внес особый вклад в отечественную науку. Его страстной и неутомимой деятельности Россия обязана превращением кафедры зоологии Московского университета



А.П.Богданов (1834—1896).

в первоклассный центр учебной и научной работы мирового уровня и значения; созданием Императорского общества любителей естествознания, антропологии и этнографии при Московском университете (ИОЛЕАЭ); становлением и разви-

\* Основоположником научной антропологии в России справедливо считается К.Бэр, однако именно Богданов способствовал институционализации дисциплины.

тием антропологии как научной дисциплины\*. Богданов — один из первых в стране историков естествознания, чьи университетские лекции по истории зоологии, научная биография К.Ф.Рулье, альбом биографий русских зоологов положили начало этой отрасли знания в России.

Пожалуй, самые важные достижения Богданова связаны с его попытками реформирования замкнутого в себе организационного устройства отечественной науки в духе самых передовых американских и европейских научно-организационных тенденций того времени, отражавших все возрастающую потребность общества в интенсивных коммуникациях с научным сообществом. Анатолий Петрович, чутко уловил этот зов времени и даже те из современников, которые скептически оценивали его собственно ученую продукцию, были единодушны в высокой оценке его огромного вклада в расширение институционального ландшафта российской науки — создание и продвижение новых лабораторий, обществ, журналов, выставок, экспедиций. По удачному выражению известного историка науки Б.Е.Райкова, Богданов «импульсировал» работу многих научных предприятий, которые без его поддержки ослабевали или вовсе прекращали свою деятельность [1].

Сегодня мы бы назвали Богданова выдающимся научным администратором или даже научным предпринимателем, имея в виду, конечно, не утилитарную материальную доходность его научных предприятий, а их научную системность и размах. Одним из первых русских ученых он сумел понять, оценить и использовать те преимущества, которые приносило (или могло принести) науке развитие новых экономических, капиталистических отношений в России после проведения масштабных либеральных реформ Александра II в начале 1860-х годов. Появление новых русских предпринимателей означало, по Богданову, расширение финансовой базы научных исследований и соответственно их возможностей. Он своевременно понял, что новый русский капитал не мог не стремиться к экономической и территориальной экспансии, что вполне совпадало с интересами отечественной науки. Поддержав это движение интеллектуальными ресурсами, Богданов заручился расположением как многих могущественных государственных деятелей, так и российских купцов и промышленников, и практически все свои научные предприятия организовывал и развивал без поддержки государства, сугубо на частные средства.

Одним из самых выдающихся достижений Богданова как научного администратора стало учреждение в 1863 г. ИОЛЕАЭ, программно нацеленного на самое широкое научное освоение природных ресурсов России и их популяризацию среди населения. В этом смысле оно стало прямой предтечей и будущей знаменитой академической Комиссии по изучению производительных сил

России (КЕПС) и советского общества по распространению научных знаний («Знание»). Организация ИОЛЕАЭ была в некотором смысле вызовом консерватизму московского научного сообщества, замкнутого на сугубо внутринаучные проблемы. Так, существовавшее в то время Московское общество испытателей природы (МОИП), служившее своего рода коммуникатором между русской и европейской наукой, не устраивало Богданова своим закрытым корпоративным характером и отсутствием интереса к проблемам популяризации научного знания и отечественных ученых в их собственной стране.

ИОЛЕАЭ создавалось энергией и усилиями Богданова, сумевшего привлечь к его деятельности как известных и заслуженных профессоров Московского университета (его почетным членом был выдающийся естествоиспытатель Карл фон Бэр, профессор-геолог Г.Е.Щуровский и др.), так и амбициозную, талантливую научную молодежь (А.П.Федченко, В.Ф.Ошанин, Н.К.Зенгер, Д.Н.Анучин и др.), ставшую основной опорой всех его начинаний. Общество, насчитывавшее более 140 членов, активно привлекало для финансирования своих научных изысканий крупный московский бизнес, который в рамках благотворительных акций обеспечивал реализацию планов ученых. В свою очередь при планировании научных экспедиций они учитывали интересы спонсоров, многие из которых стремились к продвижению и развитию своего бизнеса на новых российских землях.

Особенно интенсивно и продуктивно для обеих сторон этот взаимообмен происходил после присоединения к Российской империи колоссальных центральноазиатских пространств\*, венчавшего важный этап так называемой «большой игры» в Азии — соперничества двух величайших империй — Российской и Британской. В течение 1860—1895 гг. вся территория Средней Азии (включая Памир) была присоединена к России, и интерес русских ученых ко вновь завоеванным территориям значительно вырос. Важнейшую роль в военном и географическом изучении Средней Азии сыграло Императорское Русское географическое общество, однако не в меньшей степени со Средней Азией было связано и ИОЛЕАЭ, с момента своего возникновения планировавшее организовать экспедицию в Туркестанский край.

В 1867 г. в Москве была организована Всероссийская этнографическая выставка, посещение которой туркестанским генерал-губернатором Константином Петровичем фон Кауфманом (1818—1882) обеспечило энергичную поддержку инициатив Общества колониальными властями. В 1868 г. при непосредственном содействии Ка-

\* В 1867 г. было образовано Туркестанское генерал-губернаторство в составе Семиреченской (до 1882 г.) и Сырдарьинской области.



В кабинете.

уфмана была снаряжена Туркестанская экспедиция; ее руководителем стал Алексей Павлович Федченко (1844—1871), сын сибирского золотопромышленника, выпускник Московского университета и участник Богдановского кружка естествоиспытателей. Программа этой экспедиции, внесшей уникальный вклад в изучение природного комплекса новых земель, вырабатывалась в тесном сотрудничестве с колониальными властями и в известном смысле по их заказу. В мае 1869 г. Кауфман был избран неперменным членом, а в 1871 г. — почетным председателем Туркестанского отдела ИОЛЕАЭ [2].

Создание ИОЛЕАЭ, продвижение его многочисленных экспедиций и активная публикация их

результатов\* были одной из ключевых составных частей обширной программы Богданова по интеграции научного знания во все сферы жизни российского общества. Он нигде ее не сформулировал, однако весь ход событий показывает, что работа Богданова в этом направлении была четкой и продуманной научной стратегией. Вслед за экспедициями в различные неизведанные районы России, собравшими не только бесценный естественнонаучный материал, но и важнейшие данные о жизни и быте населяющих их народов, в 1872 г. по инициативе и под непосредственным руководством Богданова была проведена знаменитая Московская политехническая выставка — первая общенациональная экспозиция достижений науки, промышленности и сельского хозяйства России международного значения [3]. Она презентовала накопленные научные материалы и совершенно по-новому открыла Россию не только для многочисленных иностранных гостей, но прежде всего для самих россиян.

Можно было бы многое написать и о других начинаниях Богданова, но для этого потребуется формат монографии\*\*, — столь масштабной, насыщенной и результативной была подвижническая научно-организационная деятельность этого человека. В то же время исследовательской работой он занимался мало и серьезных научных трудов не оставил, а потому в анналах истории нашей науки Богданову отведено скромное место. Несмотря на свой административный дар и связи, Анатолий Петрович был прежде всего человеком науки и никаких капиталов не сколотил. О печальной судьбе человека науки в России, к какой бы ее категории он ни принадлежал, ярко свидетельствует «Духовное завещание» Богданова, публикуемое ниже. ■

\* Издание «Известий» ИОЛЕАЭ также было грандиозным издательским проектом Богданова.

\*\* Огромный архивный фонд А.П.Богданова (№446) хранится в Архиве РАН и заслуживает самого тщательного изучения и публикации.

## Литература

1. Райков Б.Е. Русские биологи-эволюционисты до Дарвина: Материалы к истории эволюционной идеи в России. Т.4. М.; Л., 1959. С.325.
2. Центральный исторический архив Москвы (далее ЦИАМ). Ф.455 (ОЛЕАЭ). Оп.1. Д.12. Л.298.
3. ЦИАМ. Ф.227 (Политехнический музей). Оп.1. Д.21, 30; Оп.2. Д.1, 8, 21, 32, 78, 81; Оп.3. Д.1; РГВИА. Ф.400.

## «Умирая лично почти нищим...»

23 февраля 1896 г.

Во имя Отца и Сына и Святого Духа. Памятуя о своем смертном часе и находясь в здравом уме и твердой памяти, я, нижеподписавшийся, заслуженный профессор, Тайный Советник Анатолий Петрович Богданов, делаю нижеследующие распоряжения:

1) все мои капиталы состоят из четырех билетов выигранных займов 1-го и 2-го по сту рублей каждый, нарицательной цены, заложенных в Московском Купеческом Банке. Кроме этого, ничего у меня не найдется после смерти, ибо все получаемые мною средства состояли в пенсии и аренде и университетском жаловании. Все получаемое мною проживалось и частью шло на покупку книг, а частью на уплату долгов, хотя и небольших, до четырех тысяч пятисот рублей, но тяжелых для меня, нажитых благодаря издержкам, вызванным как моею многолетней общественной деятельностью, особенно по конгрессам тысяча восемьсот девяносто второго года\*, так и моей постоянной неумелостью сводить концы с концами, результатом барского воспитания и обстановкою в молодости. Прошу моих детей не сердиться на меня и не винить меня за такое печальное наследство, оставляемое мною им;

2) средством для уплаты оставшихся после меня долгов может служить моя библиотека. Она собиралась в течение многих лет и стоила мне довольно дорого. Зная, как умяляются цены книг, особенно научных, через несколько лет по появлении, видев бедственную судьбу многих профессорских библиотек по смерти их обладателей, я страховал всегда свою библиотеку только в шесть тысяч рублей. Думаю, что благодаря почти полному сериам некоторых научных журналов за библиотеку можно будет выручить, хотя и без труда, шесть тысяч рублей. Эта вырученная сумма и должна пойти на уплату моих долгов;

3) ко дню подписания моего духовного завещания мои долги состоят по вексям: одному лицу — девятьсот девяносто рублей, другому семьсот семьдесят рублей, по расписке третьему — пятьсот рублей и наросших мелких долгов ему же двести рублей. Кроме того: книжным магазинам Ланга и Готье по текущим счетам, так как уплатою я всегда опаздывал за забранные книги несколько более, чем за год. Так как, пока я жив, то цифры долга могут меняться, то я считаю достаточным указать только состояние моих долгов по день подписания сего завещания, ибо не знаю, сколько

Бог даст жизни и что случится далее. Но, окончив свою общественную деятельность, я дам себе слово более не должать, а по возможности даже уплачивать свои долги;

4) во избежание недоразумений после моей смерти, я отделил все принадлежащее мне, а особенно свои книги, в те две комнаты, которые я занимал при жизни. В этих же комнатах находятся все мои вещи. Моя семья вся состоит из совершеннолетних и имела в своих комнатах лично им принадлежащие книги и предметы, очевидно, ни под коим видом не могущие быть отнесенными к моей собственности;

5) остальная движимость моя состоит из двух письменных столов, одного стола перед диванчиком, диванчика, четырех мягких стульев и сколько же кресел, качающегося кресла и железной кровати. Все это старое и уже изношенное. Особенность моего характера состояла в том, что я очень был скуп на покупку платья и белья, а потому от меня останется немного и то старого и необходимого;

6) серебряных, золотых и иных ценных вещей после меня не останется, кроме орденов и жетонов. После моей смерти некоторые иностранные по статуту должны быть возвращены, а другие составляют мою собственность. Я бы просил жену и детей после моей смерти сделать образ Угодников Божиих Анатолия и Алексея, троцкого письма, в форме запрестольного образа и обделать рамою, в которой украшениями были бы мои звезды, кресты и жетоны. Все это честно заработано мною в течение жизни и я желал бы посвятить это Богу. Такой образ я желал бы, чтобы семья моя передала в нашу приходскую церковь Спаса на Песках на Арбате и помещена в алтаре, а не в открытых для публики местах, дабы избежать упрека в желании рекламы после смерти. Я хочу только, чтобы дорогие мне украшения, заслуженные многими годами труда, пошли как жертва моя церкви и Богу, а не разбрелись по лавкам и чужим людям. Если принимаются церковью и возлагаются на ризы и иконы фермуары, браслеты и серьги с драгоценными камнями, то вряд ли будет что-либо несоответствующее величию храма жертва на украшение его алтаря знаками Царской милости и официальные проявления благодарности за общественные труды умершего;

7) если по ликвидации долгов моих что-либо останется, то все оставшееся должно быть разделено на три равных части и поступить трем моим детям: сыновьям Владимиру и Еллию Анатольевичам и дочери Ольге Анатольевне;

\* Международный конгресс по доисторической антропологии, организованный в Москве при активном участии А.П.Богданова.

Встрети с задатком

8) душеприказчиком прошу быть старшего моего сына Владимира Анатольевича Богданова, которому вполне верю, расположение которого как к себе, так и к семье, знаю. Помочь сыну Владимиру в различных ходатайствах о семье и в окончательной ликвидации моих дел убедительно прошу профессора Петровско-Разумовского Института Николая Михайловича Кулагина, Присяжного Поверенного Шилова, казначея Общества акклиматизации Федора Семеновича Мочалкина и казначея Университета Петра Александровича Недешева. По ликвидации библиотеки сердечно прошу помочь сыну Александра Александровича Ланга и владельца магазина Готье—Тастевена как лиц, знающих мою библиотеку, много лет имевших со мною личные сношения, всегда дружеские;

9) похоронить меня прошу в дубовом гробу или в металлическом, в нашей приходской церкви, непременно на парных только дорогах, без балдахина и без всякой театральной пышности и бьющей на эффект обстановки. Прошу хоронить не Тайного Советника или общественного деятеля, а просто раба Божия Анатолия. На могиле убедительно прошу не говорить никаких речей и особых заседаний не делать, ибо все это выходит театрально и не искренно. Я всю жизнь старался жить праведно, просто и желал бы также и уйти с этого света;

10) просил бы те учреждения и те лица, которым я служил всею душою и всем сердцем во всю жизнь, дать семье моей средства лечь мне в моги-

ле в Новодевичьем монастыре, около моей благодетельницы княгини Глафиры Николаевны Кейкуатовой\* и дорогого моего сына Ора\*\*, а затем оказать возможное содействие облегчению будущности и покоя жене моей Елене Васильевне и дочери Ольге\*\*\*. По истине говорю, что много тысяч из полученных мною в наследство было употреблено мною на те учреждения, в основании которых я принимал участие, а потому умирая лично почти нищим, не краснея, могу просить о могиле и нравственной помощи семье;

11) все мои духовные завещания, как нотариальные, так и домашние, прежде мною до сего составленные, сим уничтожаю и прошу считать недействительными.

Аминь.

[А.П.Богданов]

Архив РАН. Ф.446. Оп.1. Д.155.

Л.2—3об. Копия с копии

© Публикация Г.А.Савиной

\* По одной из версий, воронежская помещица Г.Н.Кейкуатова — «бабушка» А.П.Богданова, воспитавшая, давшая образование и всю жизнь поддерживавшая его материально, — на самом деле была его матерью.

\*\* Младший сын Богданова — Ор (р.1875 г.) — умер в детстве. Средний сын Еллий (1872—1931) — биолог, один из основоположников отечественной зоотехники. Старший сын Владимир принял сан и стал священником.

\*\*\* Писательница О.А.Богданова (1869—1942) долгие годы хранила архив отца, который после ее смерти поступил в Архив АН СССР в Москве.

# ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь  
**Е.А.КУДРЯШОВА**

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

Литературный редактор  
**С.В.ЧУДОВ**

Художественный редактор  
**Т.К.ТАКТАШОВА**

Заведующая редакцией  
**И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА**

Младший редактор  
**Г.С.ДОРОХОВА**

Перевод:  
**С.В.ЧУДОВ**

Набор:  
**Е.Е.ЖУКОВА**

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

Графика, верстка:  
**Д.А.БРАГИН**

Свидетельство о регистрации  
№1202 от 13.12.90

Учредитель:  
Российская академия наук,  
президиум  
Адрес издателя: 117997,  
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119991,  
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26  
Тел.: 238-24-56, 238-25-77  
Факс: (095) 238-26-33  
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 17.12.2004  
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 8979  
Набрано и сверстано в редакции

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