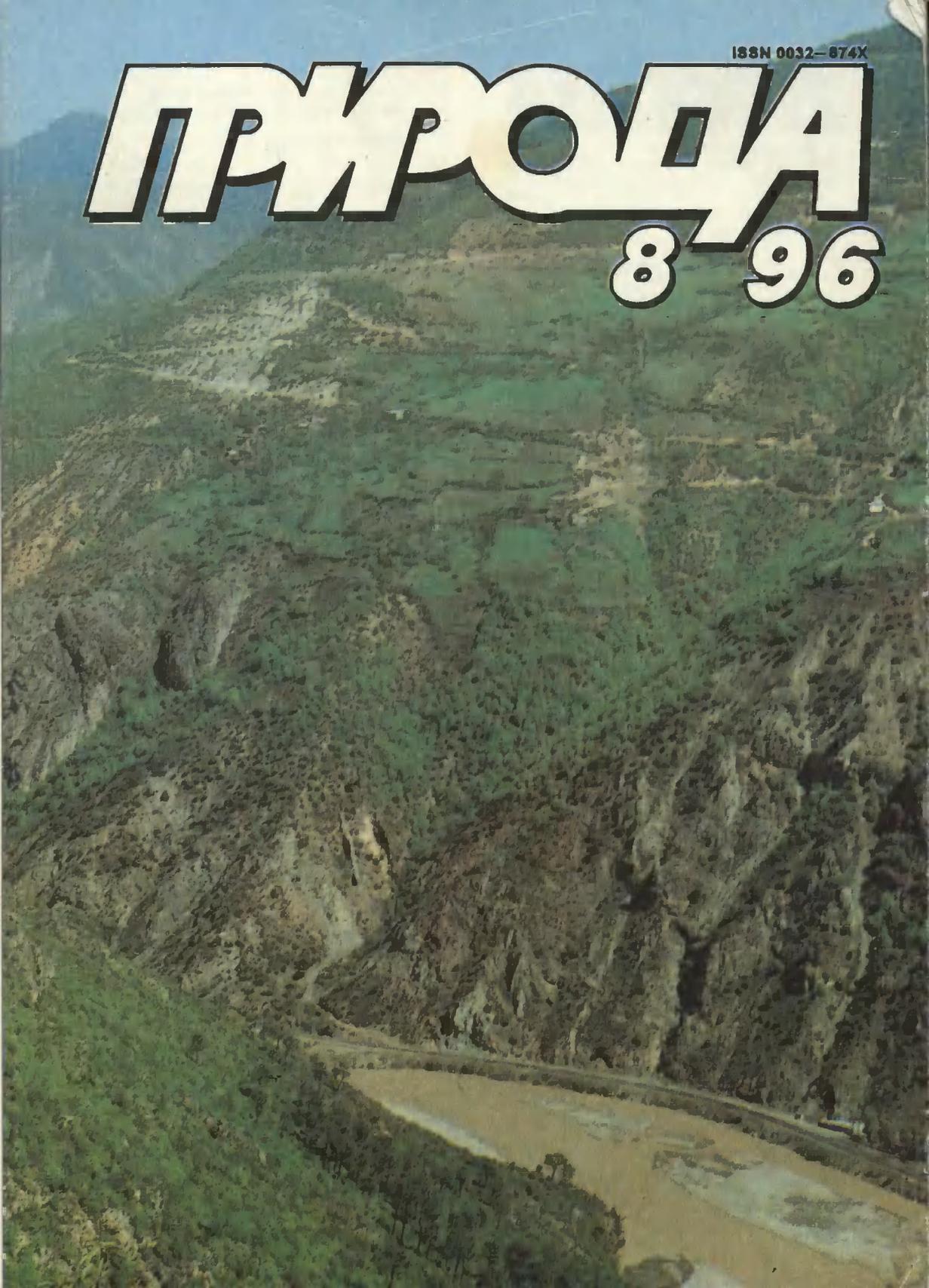


ISSN 0032-874X

ПРИРОДА

8 96



Главный редактор академик А.Ф.АНДРЕЕВ

Первый заместитель главного редактора А.В.БЯЛКО

Заместители главного редактора:

А.А.ГУРШТЕЙН (история естествознания),

А.А.КОМАР (физика),

А.К.СКВОРЦОВ (биология),

А.А.ЯРОШЕВСКИЙ (науки о Земле)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

И.Н.АРУТЮНЯН (редактор отдела физико-математических наук), О.О.АСТАХОВА (редактор отдела биологии и медицины), кандидат химических наук Л.П.БЕЛЯНОВА (редактор отдела экологии и химии), член-корреспондент РАН Н.А.БОГДАНОВ (геология), член-корреспондент РАН В.Б.БРАГИНСКИЙ (физика), член-корреспондент РАН А.Л.БЫЗОВ (физиология), доктор географических наук А.А.ВЕЛИЧКО (палеогеография), академик АМН А.И.ВОРОБЬЕВ (медицина), доктор биологических наук Н.Н.ВОРОНЦОВ (охрана природы), академик М.Е.ВИНОГРАДОВ (биоокеанология), член-корреспондент РАН С.С.ГЕРШТЕЙН (физика), доктор географических наук Н.Ф.ГЛАЗОВСКИЙ (география), академик Г.С.ГОЛИЦЫН (физика атмосферы), академик Г.В.ДОБРОВОЛЬСКИЙ (почвоведение), академик В.А.ЖАРИКОВ (геология), член-корреспондент РАН Г.А.ЗАВАРЗИН (микробиология, экология), М.Ю.ЗУБРЕВА (редактор отдела географии и океанологии), академик В.Т.ИВАНОВ (биоорганическая химия), академик В.А.КАБАНОВ (общая и техническая химия), Г.В.КОРОТКЕВИЧ (редактор отдела научной информации), академик Н.П.ЛАВЕРОВ (геология), доктор биологических наук Б.М.МЕДНИКОВ (биология), Н.Д.МОРОЗОВА (научная информация), доктор геолого-минералогических наук Л.Л.ПЕРЧУК (геология), доктор технических наук Д.А.ПОСПЕЛОВ (информатика), член-корреспондент РАН В.А.СИДОРЕНКО (энергетика), академик В.Е.СОКОЛОВ (зоология), академик В.С.СТЕПИН (философия естествознания), академик В.Н.СТРАХОВ (геофизика), Н.В.УЛЬЯНОВА (редактор отдела геологии, геофизики и геохимии), Н.В.УСПЕНСКАЯ (редактор отдела философии, истории естествознания и публицистики), академик Л.Д.ФАДДЕЕВ (математика), доктор биологических наук М.А.ФЕДОНКИН (палеонтология), доктор биологических наук С.Э.ШНОЛЬ (биология, биофизика), О.И.ШУТОВА (редактор отдела экологии и химии), доктор физико-математических наук А.М.ЧЕРЕПАШУК (астрономия, астрофизика).

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Долина р. Чорох. См. в номере: **Хохряков А. П., Мазуренко М. Т.** *Средиземноморская флора в бассейне Чороха.*

Фото А. П. Хохрякова

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Частично смонтированный криостат в испытательном зале лаборатории ЦЕРНа. См. в номере: **Кекелидзе В. Д.** *Поиск прямого нарушения CP-инвариантности.*

Фото ЦЕРНа



Издательство «Наука» РАН

© Российская академия наук
журнал «Природа» 1996

В НОМЕРЕ

3 Батурин Г.Н. ФОСФОРИТЫ НА ПОДВОДНЫХ ГОРАХ

Фосфориты — основное сырье для производства минеральных удобрений — ~~давно~~ обнаружены на всех континентах ~~и~~ в прибрежных зонах океана. А в ~~середине~~ нашего века их нашли и на подводных горах.

14 Кекелидзе В.Д. ПОИСК ПРЯМОГО НАРУШЕНИЯ СР-ИНВАРИАНТНОСТИ Эксперимент NA48 в ЦЕРНе с участием физиков из Дубны

Ученые многих стран организуют в ЦЕРНе эксперимент международного масштаба по исследованию нарушения законов симметрии в микромире. Физикам из Дубны, несмотря на все трудности, удалось ~~найти~~ способ адекватного участия в его подготовке и проведении.

ЛЕКТОРИЙ

25 Баранов В.С. САМАЯ СОВРЕМЕННАЯ ТЕРАПИЯ — ГЕННАЯ

Сегодня работы по генной терапии уже перешагнули порог исследовательской лаборатории. Однако успехи первых клинических испытаний не только стимулируют поиски новых технологий, но и ставят перед обществом новые жизненно важные проблемы.

34 Хохряков А.П., Мазуренко В.Т. СРЕДИЗЕМНОМОРСКАЯ ФЛОРА В БАССЕЙНЕ ЧОРОХА

Благодаря наличию своего собственного эндемичного рода чорохская средиземноморская флора столь своеобразна, что вполне заслуживает выделения занятой ею территории в самостоятельную флористическую провинцию.

48 Захаров И.А. ЖЕНЩИНА-ГРИБ — ЧУДО ПРИ- РОДЫ ИЛИ ПАМЯТНИК ДРЕВНИХ БЕЛОВАНИЙ?

50 Смирнов А.Д., Ильичев В.Д., Бирюков В.Я.

ЭЛЕКТРОННОЕ «ПУГАЛО»

Потери урожаев от птиц могут быть значительно снижены применением технических репеллентов — новых приборов, разработанных отечественными биоакустиками.

ВЕСТИ ИЗ ЭКСПЕДИЦИЙ

60 Верещака А.Л. КРЕВЕТКИ, КОТОРЫЕ ОБЖЕГ- ШИСЬ НА МОЛОКЕ, НЕ ДЮТ НА ВОДУ

62 Нарбутт К.И. РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ СПЕКТРОСКО- ПИИ

Рассматривается история развития в нашей стране рентгеновской спектроскопии — физико-химического метода, используемого как для элементного анализа вещества, так и для изучения электронного строения молекул и твердого тела.

РАКУРСЫ

78 Халатников И.М. ОТКРЫТЫМ ТЕКСТОМ Мои заграничные вояжи (Продолжение)

БИОГРАФИЯ СОВРЕМЕННОКА

90 Лем С. МОЙ РОМАН С «ФУТУРОЛО- ГИЕЙ»

97 НОВОСТИ НАУКИ (56)

КОРОТКО (13, 49, 125)

РЕЦЕНЗИЯ

123 Багоцкий С.В. НЕОЖИДАННАЯ ЗООЛОГИЯ

РЕЗОНАНС

126 Миркин Б.М. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИЛЛЮЗИОН

CONTENTS

3 Baturin G.N. PHOSPHORITES ON SEAMOUNTS

The main raw material in the production of mineral fertilizers, phosphorites have long been discovered on all continents and in nearshore oceanic zones. In the mid-20th century, they were also found on seamounts.

14 Kekelidze V.D. IN SEARCH OF DIRECT VIOLATION OF CP-INVARIANCE NA48 experiment at CERN involv- ing physicists from Dubna

Scientists from many countries are organizing a collaborative experiment aimed at studying the violation of symmetry laws in the microworld. Despite many difficulties, physicists from Dubna have found a way to make a substantial contribution to the experiment.

LECTURES

25 Baranov V.S. GROUND-BREAKING GENE THER- APY

Gene therapy is no longer confined to the research laboratory. Yet the success of the first clinical tests does not only stimulate the search for new technologies, but also presents society with new urgent problems.

34 Khokhryakov A.P. and Mazurenko M.T. MEDITERRANEAN FLORA IN THE CHOROKH RIVER BASIN

Because it has its own endemic genus, the Chorokh Mediterranean flora is so diverse that the territory it occupies deserves to be distinguished as an original floral province.

48 Zakharov I.A. THE MUSHROOM WOMAN: A MIRACLE OF NATURE OR AN ANCIENT RELIGIOUS ARTIFACT?

50 Smirnov A.D., Il'ichev V.D., and Biryukov V.Ya. ELECTRONIC SCARECROW

Crop losses from birds can be significantly reduced by using technological repellents – new apparatus designed by Russian specialists in bioacoustics.

NEWS FROM EXPEDITIONS

60 Vereshchaka A.L. NAIVE SHRIMPS: ONCE BITTEN BUT NONE THE WISER

62 Narbutt K.I. X-RAY SPECTROSCOPY IN RUSSIA

X-ray spectroscopy is a physicochemical technique used for elemental analysis of material and in investigations of the electronic structure of molecules and solids. The author examines how this method developed in our country.

VIEWS

78 Khaletnikov I.M. STRAIGHT TALK My foreign journeys (Continued)

BIOGRAPHY OF OUR CONTEMPORARY

90 Lem S. MY LOVE AFFAIR WITH FUTUROLO- GY

97 SCIENCE NEWS (56) IN BRIEF (13, 49, 125)

BOOK REVIEWS

123 Bagotsky S.V. UNEXPECTED ZOOLOGY

RESPONSE

126 Mirkin B.M. ECOLOGICAL RAVINGS

Фосфориты на подводных горах

Г. Н. Батурин



1946—1996



Глеб Николаевич Батурин, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Института океанологии им. П.П.Ширшова РАН. Область научных интересов — геохимия и минеральные ресурсы океана. Автор многих научных и популярных работ. Неоднократно публиковался в «Природе».

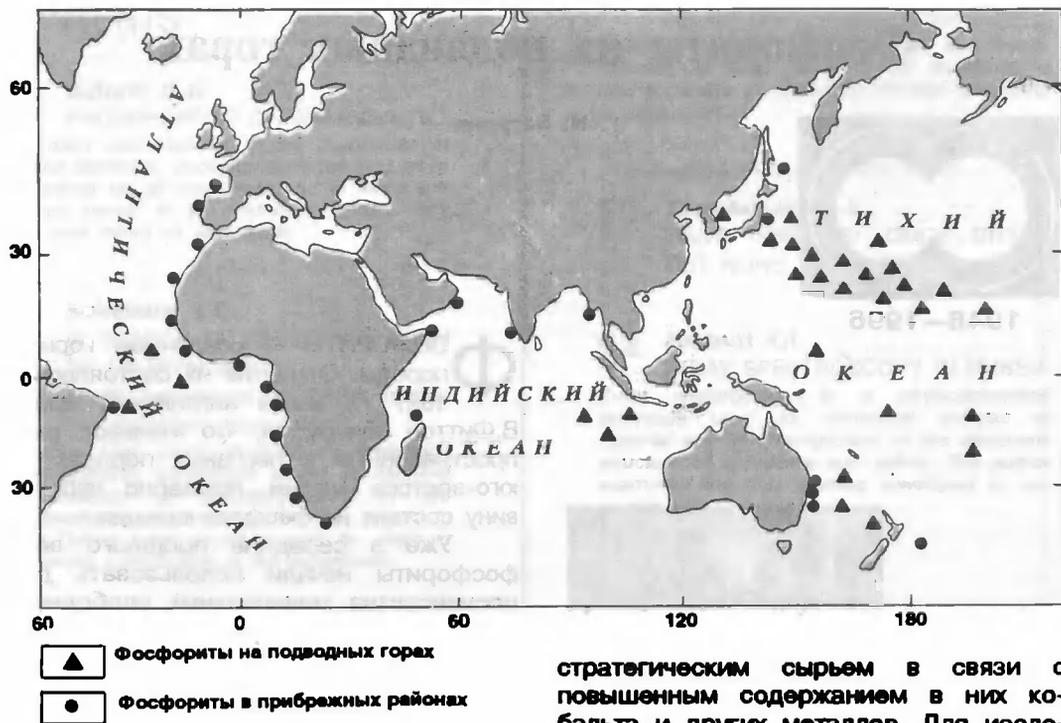
ФОСФОРИТЫ — осадочные горные породы. Открытие их состоялось в 1827 г., когда английский химик В.Фиттон обнаружил, что желваки, распространенные в песчаных породах на юго-востоке Англии, примерно наполовину состоят из фосфата кальция.

Уже в середине прошлого века фосфориты начали использовать для производства минеральных удобрений, и интерес к этому виду сырья привел к открытию крупных месторождений на всех континентах — в древних морских отложениях различного геологического возраста. В настоящее время фосфатная индустрия потребляет примерно 160 млн. т фосфоритов в год, производя главным образом фосфорные и комбинированные удобрения и фосфорную кислоту.

В 1873—1876 гг. фосфоритовые желваки, сходные по строению и составу с найденными ранее на континентах, были обнаружены в прибрежных районах на дне океана. Позднее число этих находок значительно возросло и было установлено, что наряду с древними на шельфах океана имеются также современные фосфориты, формирующиеся в определенных условиях¹. В связи с этим, а также на основе полученных ранее многочисленных геологических данных возникла концепция, заключающаяся в том, что большая часть фосфоритовых месторождений сформировалась вблизи континентальных массивов, в мелководной среде, под воздействием активного движения обогащенных фосфором вод, вызываю-

© Батурин Г.Н. Фосфориты на подводных горах.

¹ Батурин Г.Н. Фосфориты океана // Природа. 1989. № 5. С.76—85.



Распространение фосфоритов в океане.

щих бурное развитие планктона, который извлекал растворенный фосфор и переносил его на дно в форме органического детрита.

Но в конце 50-х годов обнаружили фосфориты на подводных горах, сформировавшиеся, по-видимому, в иных условиях — на относительно больших глубинах, вдали от континентов, в пелагических зонах океана, где биологическая продуктивность планктона многократно ниже, чем у берегов.

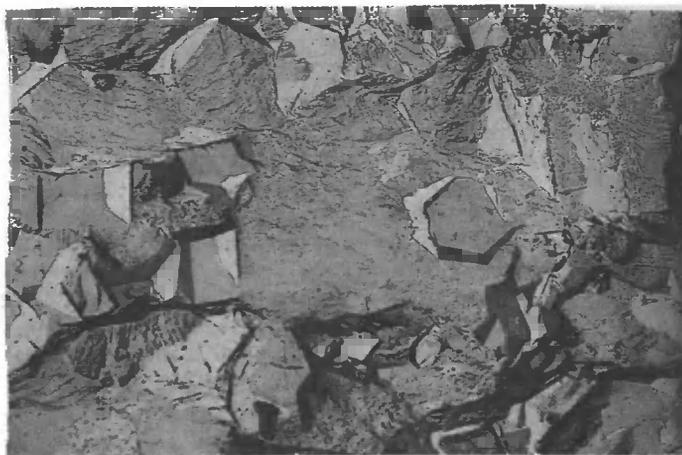
ФОСФАТИЗАЦИЯ ПОДВОДНЫХ ГОР

Фосфориты на подводных горах вызвали значительный интерес, но для сбора представительного материала, необходимого для исследования этого явления, потребовалось немало лет. При этом положительную роль сыграло то, что фосфориты нередко покрыты нарощими на них железомарганцевыми корками. Последние считаются

стратегическим сырьем в связи с повышенным содержанием в них кобальта и других металлов. Для исследования корок снаряжались специальные морские геологические экспедиции, в которых поднимали на борт вместе с корками и фосфориты.

Оказалось, что фосфатизация на подводных горах — широко распространенное явление, особенно, в Тихом океане, где число подводных гор превышает 10 000. Фосфориты и в той или иной степени фосфатизированные породы найдены на горах северной, центральной и южной части Тихого океана. Аналогичные находки известны в Индийском и Атлантическом океанах.

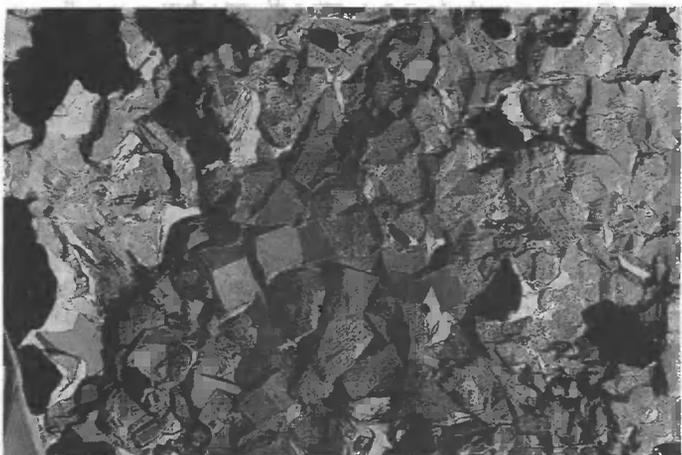
Проявления фосфатизации на подводных горах значительно более разнообразны, чем в шельфовых зонах. Наиболее часто встречаются фосфатизированные известняки различных типов, сложенные коралло-водорослевым материалом, раковинками фораминифер и остатками нанопланктона, главным образом кокколитофорид. Нередко фосфатизации подвергаются и вулканические породы — базальты и туфобрекчии, в которых поры и трещины бывают заполнены карбонатно-фосфатным или чисто фосфатным веществ-



Среди фосфоритов подводных гор часто встречаются остатки кокколитофорид разного возраста.

Электронно-микроскопические фотографии фосфоритов с подводных гор: сверху — формирование кристаллов апатита в гелевидной массе (увел. 18 тыс.); внизу — полнокристаллический фосфат (увел. 13 тыс.).

Здесь и далее фотографии из коллекции автора



вом. Иногда прожилки фосфата встречаются и в покрывающих фосфориты железомарганцевых корках.

Степень кристаллизации фосфата различна. Наряду с полнокристаллическими структурами наблюдаются и участки гелеобразного вещества, в котором могут развиваться хорошо ограниченные гексагональные кристаллы главного минерала фосфоритов — апатита, формула которого представляется в упрощенном виде как

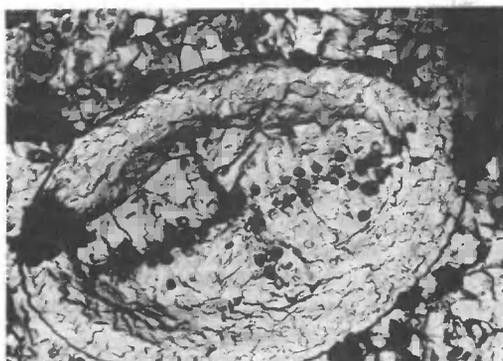
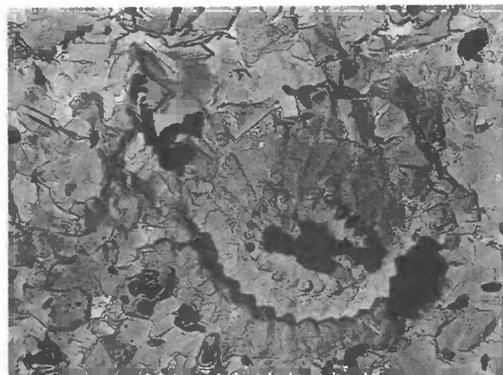
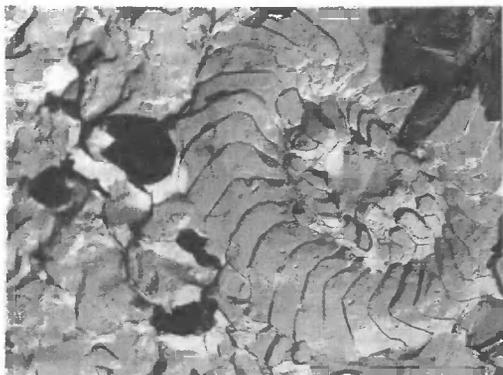


Главный минерал-спутник апатита в относительно «чистых» фосфоритах подводных гор — биогенный карбонат кальция, представляющий собой остатки бентосных организмов либо фито-

зоопланктона. В то же время такие традиционные для обычных фосфоритов спутники, как кварц, полевые шпаты, глауконит и пирит, здесь практически отсутствуют или встречаются крайне редко в виде отдельных зерен.

Максимальное содержание фосфора в фосфоритах подводных гор составляет около 14%. Характерные черты их химического состава — крайне низкое содержание органического вещества (0.1—0.2%) и урана (менее 0.001%) и повышенное содержание редкоземельных элементов (до 0.1%).

Геологический возраст фосфоритов. О нем можно говорить главным образом на основании палеонтологических определений органических остатков, среди которых встречаются как



Древние (меловые) кокколиты (сверху вниз): *Watzlaweria barnesae* (возр. 15 тыс.); *Watzlaweria martelae* (возр. 15 тыс.); *Gartnerago zipperi* (возр. 12 тыс.).

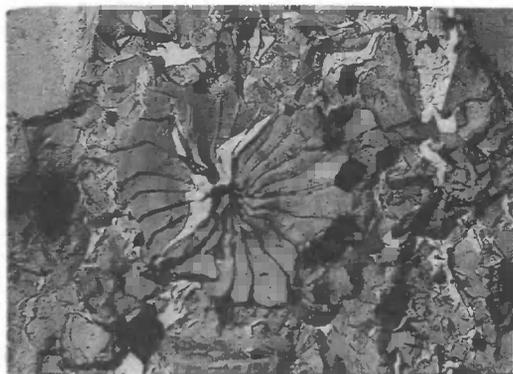
мелководные (кораллы, известковые водоросли), так и относительно глубоководные формы — фораминиферы и особенно кокколиты. Серия таких определений, выполненных при исследовании подводных гор центральной части Тихого океана, показала, что возраст

фосфоритов может колебаться в крайне широких пределах, от позднемелового (примерно 80—100 млн. лет назад) до позднемиоценового или даже четвертичного (несколько млн. лет назад).

Судя по палеонтологическим данным, в центральной и северо-западной тропической частях Тихого океана на подводных горах имели место несколько основных и ряд второстепенных этапов фосфатонакопления. На горах Мид Пацифик они наиболее активно проявились в позднем мелу и палеоцене, в меньшей степени в начале, середине и конце среднего эоцена — начале позднего эоцена. В других районах того же сектора Тихого океана, к западу и юго-западу от Гавайских о-вов, возраст фосфоритов был определен также и по изотопному составу содержащегося в них стронция. Здесь основные пики фосфатизации пришлись на интервал 39—34 млн. лет назад (поздний эоцен — ранний олигоцен), 26.4 млн. лет (поздний олигоцен) и 22.5 млн. лет (ранний миоцен), при наличии второстепенных эпизодов — 71 млн. лет (поздний мел), 31 млн. лет (ранний олигоцен) и 15 млн. лет назад (средний миоцен). Наиболее молодые фосфориты плиоцен-позднечетвертичного возраста найдены на банке Милуоки, расположенной у южного окончания цепи Императорских подводных гор (32°17' с.ш., 172°49' в.д.).

Глубина образования фосфоритов. Столь широкий возрастной диапазон фосфоритов, а также находки в них остатков как мелководных, так и относительно глубоководных организмов ставят вопрос о том, где же происходило их формирование, если современная глубина их залегания достигает 2—3, а иногда и более километров.

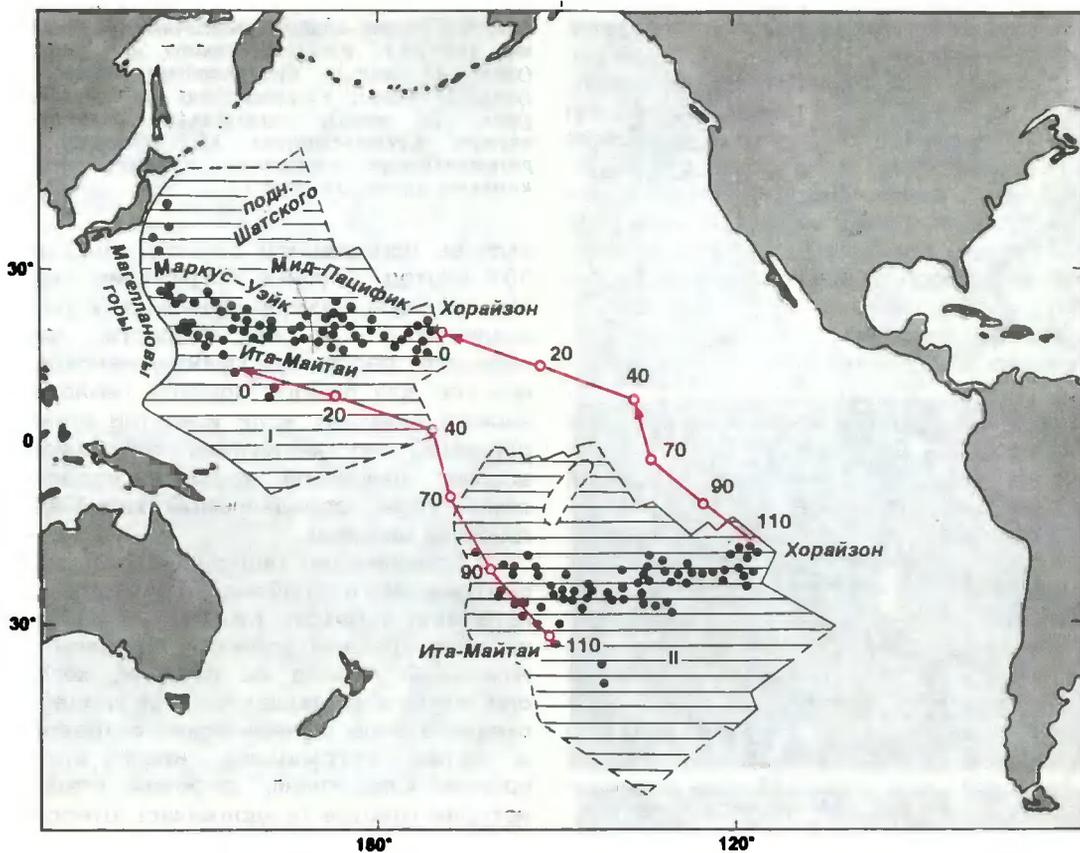
Для ответа на этот вопрос воспользуемся достижениями теории плитной тектоники. Тихоокеанская плита, на которой расположены изучавшиеся нами подводные горы Центральной Пацифики, движется в северо-западном направлении со средней скоростью порядка 4 см/год, начиная с мелового времени, что сопровожда-



Малодые (неоген-позднечетвертичные) коккалиты (сверху вниз): *Discoaster cf. bowyeri* (увел. 35 тыс.); *Cyclococcolithus leptoporus* (увел. 17 тыс.); *Cyclococcolithus cf. leptoporus* (увел. 16 тыс.); кристаллы апатита внутри *Cyclococcolithus cf. pelagicus* и розетковидные стяжения в фосфатном цементе (увел. 36 тыс.).

ется ее погружением со скоростью до 10^{-3} см/год. Глубина погружения океанской коры пропорциональна корню квадратному из ее возраста, что позволяет рассчитать глубину нахождения гор для любого момента геологического времени, если известен определяемый по магнитным аномалиям возраст океанской коры и возраст самой горы, определяемый калий-аргоновым методом.

Большинство подводных гор рассматриваемого района относится к категории гайотов, т.е. гор, вершины которых срезаны волновой эрозией в начальный период их истории, когда они сначала возвышались над уровнем океана в виде вулканических островов, а затем погрузились ниже этого уровня. Следующая, рифовая стадия истории гайотов продолжалась относительно недолго, менее 10 млн. лет, после чего погружение уже не компенсировалось накоплением рифовых карбонатных осадков. В связи с этим расчет глубин погружения следует выполнять с учетом продолжительности рифовой стадии. Итак, к концу мелового периода гайоты центральной части Тихого океана погрузились примерно на 100—500 м ниже уровня океана, в палеоцене на 500—900, эоцене на 900—1300, миоцене на 1200—1600, к настоящему времени на 1500—2000 м. В большинстве случаев последние цифры близки к реальным глубинам, на которых обнаружены подводные горы, но имеющиеся отклонения в сторону как занижения, так и завышения свидетельствуют, что вертикальные движения океанской коры более сложны, чем это постулируется теорией. Тем не менее даже ориентировочные данные о динамике вертикальной компоненты движения подводных гор дают представление о глубине:



Движение центрального блока Тихоокеанской плиты в течение последних 110 млн. лет. Кружками обозначены подводные горы, римскими цифрами — расположение плиты в позднем мелу, 110 млн. лет назад (II) и в настоящее время (I); цветные линии показывают траекторию движения, цифры на них — время в млн. лет. Сплошная линия — установленные границы блока, пунктирная — предполагаемые.

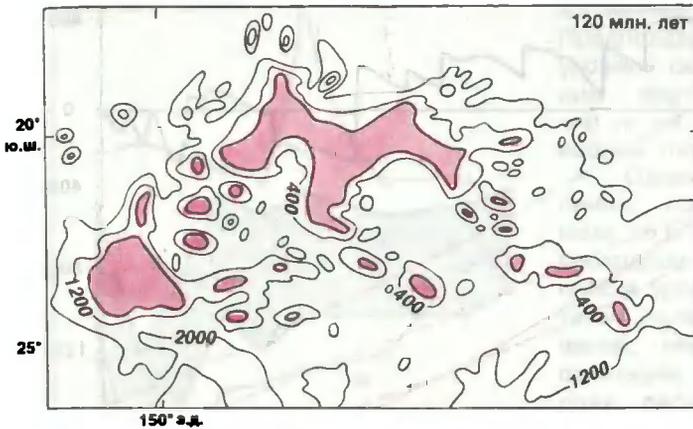
формирования залегающих на них фосфоритов различного возраста.

ГИПОТЕЗЫ ФОРМИРОВАНИЯ

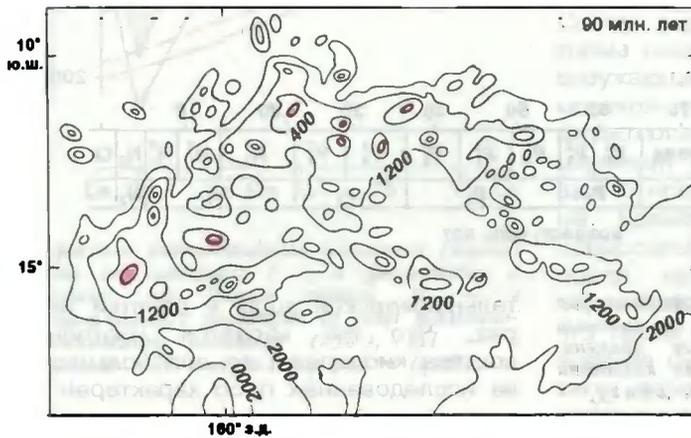
Вооружившись исходными сведениями о том, что представляют собой фосфориты на подводных горах и на каких глубинах они находились ранее и находятся теперь, коснемся проблемы условий их образования, которая дебатруется с момента открытия фосфоритов и доныне.

Преобразование гуано. Первая

гипотеза, предложенная для объяснения этого явления, заключалась в том, что фосфориты представляют собой продукты преобразования гуано, т.е. тривиального птичьего помета, который накапливается на многочисленных птичьих базарах на побережьях и островах. Неудивительно, что именно эта гипотеза оказалась первой, поскольку масштабы накопления гуано имеют поистине геологический размах, и с начала XIX до середины XX в. этому вопросу было посвящено огромное количество публикаций — в немалой степени потому, что гуано разрабатывалось и широко использовалось как чрезвычайно эффективное удобрение. О скорости процесса его накопления можно судить по тому, что каждая водоплавающая особь способна ежедневно отлагать до 120 г гуано, а в результате жизнедеятельности всего птичьего сообщества на некоторых островах накапливается слой



Реконструкция батиметрии горных сооружений Центральной Пацифики 120 и 90 млн. лет назад (по У.Тiede, 1981). Цветом показаны части гор, выступающие над уровнем океана.



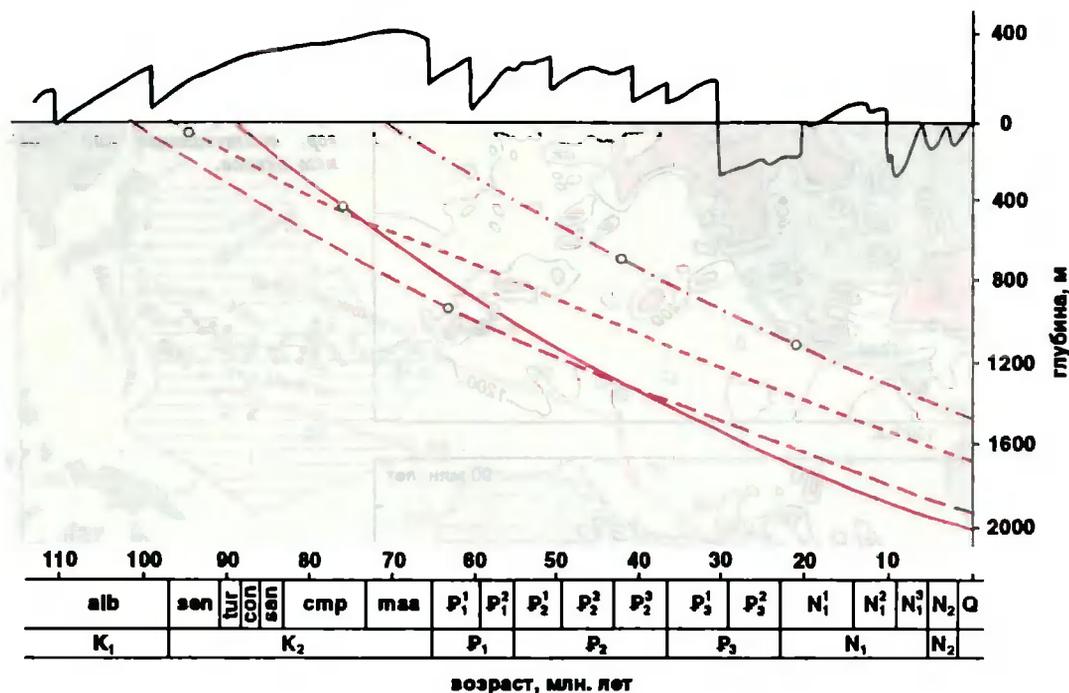
до 8 см в год. В Перу этот процесс происходит на 147 островах и в 21 районе на берегу. На некоторых из этих островов в первой половине нашего века было добыто по 200—400 тыс. т гуано, а на о.Чинча — 11 млн. т. При этом содержание пятиоксида фосфора (P_2O_5) в ископаемом окаменевшем гуано достигало 39.72%, что было подробно описано в одной из первых посвященных этому вопросу статей Д.Смита «О составе некоторых разновидностей южноамериканского гуано, с описанием нового метода определения аммония и процесса отделения извести от магнезии, когда эти земли находятся в сочетании с фосфорной кислотой»².

Но теория накопления современного гуано оказалась неприменима к

фосфоритам подводных гор, поскольку в меловой период, когда горы были островами, птицы на Земле еще не появились, а когда появились птицы — острова уже погрузились ниже уровня океана.

Вулканическая деятельность. Другая эффектная теория заключается в том, что, поскольку подводные горы — вулканические образования и сложены базальтами, содержащими до 0.2—0.3% фосфора, фосфориты возникли в результате вулканогенно-гидротермальных процессов. Суть гипотезы состоит в том, что в недрах подводных гор-вулканов формируются обогащенные фосфором гидротермальные растворы, при разгрузке которых на поверхности дна происходит резкое падение их температуры и давления, и фосфор осаждается из раствора в виде фосфата кальция, замещая также известняки и другие

² Smith D. // Mem. Proc. Chem. Soc. London, 1845. V.2. P.140—158.



Динамика погружения четырех подводных гор центральной части Тихого океана от мелового (100 млн. лет) до настоящего времени. Вверху — кривая эвстатических колебаний уровня океана (по P.R.Vail, 1978); внизу — геохронологическая шкала. Цветными линиями показаны изменения расчетной глубины вершины подводных гор. Кружками обозначен возраст пород, определенный палеонтологическим методом и по изотопам стронция.

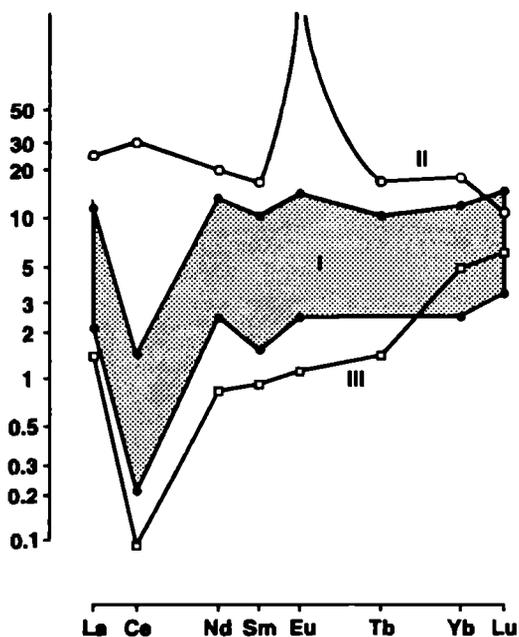
породы. В качестве одного из доказательств такого процесса приводятся данные об аномально легком изотопном составе кислорода в некоторых пробах фосфоритов, что интерпретируется как свидетельство повышения температуры среды фосфатонакопления до 20—30°C.

Но детальные исследования химического состава дренирующих базальты гидротермальных растворов, поднимающихся со дна рифтовых зон в ряде районов Мирового океана, говорят об отсутствии или низком содержании в них фосфора (не больше, чем в морской воде) — в противоположность марганцу, железу и некоторым другим элементам, которыми эти растворы обогащены относи-

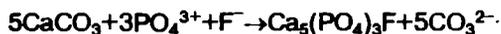
тельно морской воды в десятки тысяч раз. Что же касается изотопного состава кислорода, то для большинства исследованных проб характерен его «нормальный» состав, отвечающий температуре основной массы вод океана ниже верхнего слоя (порядка 2°C); из этого можно сделать вывод, что гидротермальная активность была не контролирующим, а спорадически сопутствующим фосфатонакоплению явлением. О том же свидетельствуют постоянные спутники фосфоритов — редкоземельные элементы, состав которых в фосфоритах и в гидротермальных растворах отличается. Для последних характерна чрезвычайно резкая положительная европиевая аномалия при отсутствии цериевой, а для первых — отрицательная цериевая аномалия при отсутствии европиевой.

Гидрогенное происхождение.

Не менее популярна гидрогенная гипотеза, заключающаяся в том, что фосфориты формируются в результате длительного контакта известняков с омывающей их морской водой по реакции типа:



Содержание редкоземельных элементов (нормированы по сланцам): I — в фосфоритах с подводных гор Тихого океана, II — в гидротермальных растворах из зоны Восточно-Тихоокеанского поднятия ($\times 10^7$), III — в океанской воде с горизонта 640 м ($\times 10^8$).



Фосфатизированные известняки в осадочных толщах — широко распространенное явление, но имитация его в лабораторных условиях удается только при повышенных содержаниях фосфора в растворе и при физико-химических параметрах, отличных от наблюдаемых в природной морской воде. Один из таких опытов был выполнен Р.Ирвином и В.Андерсоном еще в 1891 г., когда коралл, погруженный в раствор фосфата аммония, более чем наполовину превратился в фосфат кальция в течение шести месяцев. Имея эту информацию, поклонники гидрогенной гипотезы считали, что в истории океана бывали периоды замедленной вертикальной циркуляции вод, сопровождавшиеся возникновением дефицита кислорода в водной толще, созданием в ней восстановительной обстановки и на-

коплением растворенного фосфора. Предполагалось также, что высокий уровень океана способствует замедлению вертикальной циркуляции, низкий — ее активизации и «вентилиации» водной толщи.

Однако процессы фосфатонакопления, повторяющиеся от позднего мела до плейстоцена не менее 7—8 раз, проходили как при высоких, так и при низких уровнях океана. Судя по результатам палеоокеанологических исследований, никаких глобальных эпизодов стагнации (застойных явлений) или даже дефицита кислорода в водной толще всего Мирового океана не было. Состав редкоземельных элементов, которые накапливаются в фосфоритах из окружающей среды (в данном случае из морской воды), в большинстве своем характеризуется резкой отрицательной цериевой аномалией, свидетельствующей о нормальном кислородном режиме. Кроме того, фосфатизация даже однородных по строению и составу пород на подводных горах имеет неравномерный, мозаичный характер, что также противоречит гипотезе образования фосфоритов в результате контакта пород с однородным раствором, каковым является океанская вода. Наконец, в слое дефицита кислорода, который нередко возникает на промежуточных горизонтах водной толщи (500—1500 м) в низких широтах, фосфатизация пород в современном океане не происходит. Все это подтверждает мнение исследователей, которые относят фосфатизацию карбонатов к диагенетическим явлениям, т.е. происходящим не на поверхности дна, а ниже, где и физико-химические условия, и повышенная концентрация растворенного фосфора в поровых водах способствуют этому процессу, не связанному непосредственно с водной толщей.

Для объяснения генезиса фосфоритов на атоллах была разработана гипотеза так называемого **эндоапвеллинга**, согласно которой океанская вода с глубин порядка 500—1500 м проникает сквозь пористые породы в толщу подводной горы, нагревается за счет эндогенного тепла, обогащается



Нитевидные бактериоморфные образования в фосфорите, поднятом с глубины 2280 м. Станция «Витязь», 18°30' с.ш., 175°28' з.д. (увел. 35 тыс.).

фосфором и движется благодаря конвекции вверх, к вершине горы, где в лагуне происходит разгрузка раствора и формирование фосфоритов. Аргументом в пользу этой гипотезы является сходство изотопного состава растворенного гелия в океанской воде с соответствующего горизонта и в поровой воде из осадков скважины глубиной 30 м, пробуренной на одном из атоллов в районе Таити. Эта гипотеза похожа по своей сути на вулканогенно-гидротермальную, но сфера ее вероятного приложения, видимо, ограничивается атоллами, поскольку в качестве необходимого условия фосфатонакопления предполагается наличие изолированной от океана лагуны, где происходит постепенное увеличение концентрации фосфора.

Завершающая в этом ряду гипотеза — **биогенно-диагенетическая**, раз-

работанная ранее для интерпретации генезиса относительно мелководных приконтинентальных фосфоритов и упомянутая в начале статьи. Ее суть в том, что движение вод обеспечивает стабильный и ускоренный приток фосфора, который потребляется фитопланктоном и последующими звеньями пищевой цепи; это сопровождается потоком фосфора на дно в составе биогенной взвеси. На дне идет распад органического вещества, минерализация органического фосфора, его частичная концен-трация и осаждение в виде зерен, линз, желваков и бесформенных масс, параллельно идет фосфатизация карбонатов. Вторичное обогащение материала может происходить в результате усиления гидротермической активности и выноса из образовавшегося осадка мелких нефосфатных фракций.

Модификация этой гипотезы применительно к подводным горам связана с тем, что на них (а также на некоторых подводных плато) фосфатизация часто приурочена к перерывам в осадконакоплении, что сопровождается

частичным размывом, уплотнением осадка и формированием так называемого хардграунда, или твердого грунта. Последний не остается безжизненным и вскоре заселяется специфической донной флорой и фауной, способной прикрепляться к твердому грунту и извлекать питательные вещества из активно омывающей дно воды, подобно тому, как подводная часть корпуса корабля покрывается бактериальной слизью и обрастает ракушками.

Начало этого процесса обусловлено, вероятно, сорбцией на твердой поверхности дна растворенных органических веществ, содержащихся в океанской воде, и появлением на ней бактериальной пленки, что дает импульс для развития более сложных организмов, с жизнедеятельностью ко-

торых связана фосфатизация субстрата. Возможно, что решающую роль здесь играет бактериальная флора, способная более активно, чем фитопланктон, извлекать фосфор из морской воды и следы которой иногда удается обнаружить при исследовании фосфоритов под электронным микроскопом.

Но и эта схема остается пока одной из рабочих гипотез, требующих подтверждения путем дополнительных натурных наблюдений, палеоокеанологических реконструкций, геохимических исследований и экспериментального моделирования.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ. Грант 96-05-65236.

КОРОТКО

Специалисты Центра по изучению окружающей среды и дистанционному зондированию им. Ф.Нансена (Берген, Норвегия) по-новому решают проблему захоронения промышленных отходов CO₂: предлагается сбрасывать газ с помощью насосов в океан на глубину от 500 до 1000 м. По их расчетам, в этом слое лишь 10% CO₂ поднимется к поверхности на протяжении 100 лет, при этом экосистема океана не претерпит каких-либо вредных воздействий, поскольку инжектирование газа будет проводиться при тщательном контроле и на большие глубины. Такой способ захоронения можно проводить в течение 10—15 лет, а его стоимость составит — от 5 до 10 долл. США за одну тонну газа.

Environment. 1995. V.37. № 10. P.25—26 (США).

В ночь на 12 декабря 1995 г. работавшие на Европейской Южной обсерватории в Чили немецкие астрономы Х.-У.Койфль и Х.Бёнхардт (Н.-У.Кäufel, H.Bönnhardt; Мюнхенский университет) обнаружили с помощью инфракрасного телескопа, что свечение кометы Швассмана—Вахмана-3 внезапно возросло в 1600 раз. В пределах ее комы возникли четыре интенсивно светящиеся точки, что указывает на разлом ядра кометы.

Очевидно, с таким же процессом связано было и увеличение ее яркости в сентябре 1995 г., когда она впервые стала различима для наземного наблюдателя даже невооруженным глазом.

New Scientist. 1995. V.148. № 2009/2010. P.11 (Великобритания).

Последняя перепись сапсанов (*Falco peregrinus*), проведенная в США, показала, что теперь они составляют около 1300 гнездящихся пар, хотя недавно этот вид сокола был занесен в «Красную книгу».

Главной причиной почти полного его исчезновения стал пестицид ДДТ, приводивший к массовой гибели птенцов и яиц. Полный запрет применения ДДТ в США и Канаде и активное разведение птиц в неволе исправили положение.

Это — первый в США случай восстановления вида, ранее стоявшего на пороге полного вымирания.

New Scientist. 1995. V.147. № 1987. P.12 (Великобритания).

Поиск прямого нарушения СР-инвариантности

(Эксперимент NA48 в ЦЕРНе с участием физиков из Дубны)

В. Д. Кекелидзе



Кекелидзе Владимир Дмитриевич — заместитель директора Лаборатории сверхвысоких энергий Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ). Доктор физико-математических наук, лауреат Государственной премии ГССР. Область научных интересов — экспериментальная физика высоких энергий. С 1993 г. руководит работой дубненских физиков по подготовке эксперимента в ЦЕРНе по поиску прямого нарушения СР-инвариантности.

В ОСНОВЕ построения любой картины мироздания лежат базовые принципы или постулаты; их четкое определение и экспериментальная проверка — важнейшая задача каждой науки. Теории или модели, претендующие на описание даже части общей картины мира, например микромира, должны прежде всего удовлетворять этим наиболее общим постулатам. К их числу относятся и вопросы сохранения или нарушения определенных видов симметрии, сыгравшие ведущую роль в формировании современных представлений физики элементарных частиц.

СИММЕТРИЯ В МИРЕ ЧАСТИЦ

До 1956 г. модели, описывающие микромир, базировались на принципе сохранения пространственной четности: любые законы должны были быть одинаковыми для двух зеркально отраженных в пространстве (Р-инверсия) событий (миров). В 1956 г. впервые были экспериментально обнаружены некоторые особенности в β -распаде ядер и распадах элементарных частиц, свидетельствующие об отступлении от этого принципа. Оказалось, что заметное нарушение Р-четности является неотъемлемым свойством процессов слабого взаимодействия (одного из четырех известных в природе — сильного, слабого, электромагнитного и гравитационного), ответственного за распады элементарных частиц. Важность этого открытия была подтверждена присуждением авторам его тео-

ретического анализа Т.Д.Ли и Ч.Н.Янгу Нобелевской премии. Это послужило толчком к дальнейшему развитию теории слабых взаимодействий. Новая теория опиралась на уже более сложный принцип симметрии, а именно на закон сохранения комбинированной (CP) четности. Теперь требовалась инвариантность законов микромира относительно двойного преобразования: пространственной инверсии (P) и замены всех частиц на античастицы (C-преобразование). В такой картине нельзя различить два мира, если они представляют собой зеркально отраженные пространства, а частицам в одном из них соответствуют античастицы в другом, и наоборот.

При этом частицам (или системам частиц) в дополнение к другим квантовым числам приписывается также квантовое число «CP-четность»: могут существовать состояния, характеризующиеся положительной (+1) или отрицательной (-1) CP-четностью. Возможен, однако, и такой вариант, когда система не имеет определенной CP-четности. Постулат сохранения CP-четности означает, что при переходах между состояниями, обладающими определенной CP-четностью, эта квантовая величина сохраняется¹.

Однако идея универсальности CP-сохранения просуществовала лишь до 1964 г. Дж.Кронин, Дж.Кристенсен, В.Фитч и Р.Тюрлей² в эксперименте на ускорителе в Брукхейвене (США) обнаружили редкое, порядка десятой доли процента, нарушение CP-четности в распадах нейтральных каонов (частиц, характеризующихся в процессе рождения квантовым числом «странность»). Из проведенного эксперимента следовало, что долгоживущие нейтральные каоны (K_L^0) могут распадаться не только на три частицы (например, на три пиона: $K_L^0 \rightarrow 3\pi$), но также и на

два пиона, а это состояние характеризуется противоположной исходному CP-четностью. На два пиона распадаются в основном короткоживущие нейтральные каоны, имеющие другой знак CP-четности ($K_S^0 \rightarrow 2\pi$). Впервые об этом было доложено на Рочестерской конференции³ в Дубне в 1964 г., а позднее данное открытие было удостоено Нобелевской премии.

КАОНЫ — НАРУШИТЕЛИ СПОКОЙСТВИЯ

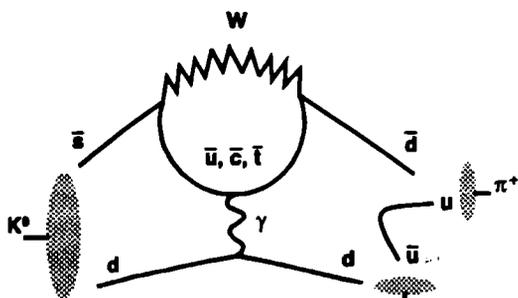
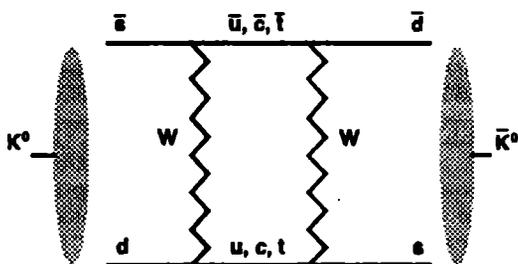
CP-симметрия считалась настолько фундаментальным свойством материи, что для объяснения наблюдавшихся распадов каонов выдвигались самые разнообразные гипотезы. Так, например, рассматривались модели, которые допускали существование новых видов взаимодействия, ответственных за CP-нарушение: миллислабых (на три порядка слабее слабого взаимодействия) или суперслабых (на три-четыре порядка еще более слабых). В случае миллислабых взаимодействий CP-четность нарушается непосредственно в процессе распада каонов за счет CP-неинвариантного характера такого взаимодействия. Суперслабое же взаимодействие приводит к перемешиванию состояний с различными значениями CP-четности, т.е. к состоянию, представляющему собой совокупность состояний с противоположной CP-четностью, которые реализуются с разной вероятностью. Каждое из таких состояний¹ распадается CP-инвариантным образом, а нарушение принципа CP-сохранения проявляется в их сосуществовании в рамках одной системы (это не прямое нарушение).

Независимо от идеи существования сверхслабого взаимодействия механизм сверхслабого перемешивания оказался вполне приемлемым для описания наблюдавшегося феномена. Считается, что физически наблюдаемые коротко- (K_S^0) и долгоживущие

¹ Подробнее об этом см.: Окунь Л.Б. Кварки и лептоны. М., 1981; Перкинс Д. Введение в физику высоких энергий. М., 1991.

² Christenson J.H., Cronin J.W., Fitch V.L., Turlay R. // Phys. Rev. Lett. 1964. V.13. P.138—140.

³ Рочестерская конференция — крупнейшая международная конференция по физике высоких энергий; проводится каждые два года в разных странах.



Фейнмановские диаграммы для распада каонов.
 Сверху: «боксовая» диаграмма — описывает процесс перехода между нейтральными каоном и антикаоном. Минимальная часть соответствующей амплитуды определяет процесс смешивания каонных состояний с противоположной CP-четностью K_1 ($CP=+1$) и K_2 ($CP=-1$) и обуславливает определенную вероятность распада долгоживущих нейтральных каонов на два пиона, $K_L \rightarrow \pi\pi$, т.е. в состоянии с противоположной CP-четностью. Внешние сплошные линии изображают валентные кварки и антикварки (s, d, \bar{s}, \bar{d}), определяющие состав элементарных частиц (каонов и антикаонов), внутренние — виртуальные, или промежуточные кварковые состояния (u, c, t). Зигзагообразные линии представляют промежуточные W-бозоны — переносчики слабого взаимодействия.

Внизу: «минусивная» диаграмма — описывает распад нейтрального каона. Минимальная часть соответствующей амплитуды обуславливает «прямой» распад каона с нарушением CP-четности: $K_L \rightarrow \pi\pi$. Как и в предыдущей диаграмме, внешние и внутренние сплошные линии представляют соответственно валентные (входящие в состав каонов и пионов) и виртуальные кварки, а зигзагообразные линии — W-бозоны. Волнистая линия изображает фотоны — переносчик электромагнитного взаимодействия.

(K_L^0) нейтральные каоны не являются состояниями с определенной CP-четностью, а представляют собой смеси двух состояний (K_1) и (K_2), которые, наоборот, обладают определенными, значениями CP-четности. Соответствующие смеси обозначают как:

$$K_S^0 = K_1 + \epsilon K_2 \text{ и } K_L^0 = \epsilon K_1 + K_2,$$

где ϵ — малый параметр ($\sim 2 \cdot 10^{-3}$), характеризующий это смешивание и тем самым определяющий величину CP-нарушения.

КАК ОПИСАТЬ CP-НАРУШЕНИЕ?

Однако формальное описание CP-нарушения, хотя и отражает существующие экспериментальные факты, не дает представления о его природе. Загадочным кажется и то, что это явление наблюдалось только в распадах каонов. И сегодня, по прошествии более 30 лет со времени эксперимента в Брукхейвене, каоны остаются единственной системой, где обнаружено CP-нарушение. Оказалось, что это открытие значительно опередило развитие как теории, так и основных предсказаний физики частиц. Только в связи с последующим созданием наиболее совершенной модели, обобщающей описание электромагнитных и слабых взаимодействий — так называемой стандартной модели (СМ) — и появлением многих новых экспериментальных фактов стало понятно, почему каоны оказались выделенной системой.

Справедливость СМ с высокой точностью подтверждается во все новых и новых экспериментах. На сегодня считается надежно установленным фактом существование трех поколений кварков и лептонов — основных структурных элементов частиц. Так, каоны являются композицией кварка и антикварка — представителей первого («верхний» или «нижний» кварки) и второго («странный» кварк) поколений. Рождения и распады элементарных частиц трактуются как процессы взаимодействия между собой кварков и(или) лептонов. Процессы

распада, характеризующиеся слабой константой взаимодействия, как правило, хорошо описываются в рамках теории возмущений. Удобной формой представления таких процессов служат диаграммы Фейнмана, в которых кварки изображаются сплошными линиями, а носители взаимодействия (промежуточные бозоны, фотоны или глюоны) — волнистыми или пунктирными линиями, связанными с кварковыми линиями в точках, обозначающих взаимодействие. CM четко определяет формализм таких взаимодействий при распадах. При этом соблюдаются основополагающие принципы, к которым, в частности, относится CPT-инвариантность, представляющая собой более обобщенный, чем CP, принцип симметрии. В рамках этой симметрии для тождественности процесса требуется, кроме CP-инверсии, еще и обращение времени (T-инверсия). Часть основных параметров CM определена матрицей смешивания Кабиббо—Кобаяши—Маскава (ККМ) — унитарной матрицей комплексных величин (размерностью 3×3 соответственно числу поколений кварков), которые задают перемешивание кварков в процессе их взаимодействия. При этом именно существование трех поколений кварков (а точнее — третьего), недавно подтвержденное экспериментально, обуславливает наличие фазы, т.е. мнимой части у элементов матрицы ККМ. Это в итоге дает CP-нарушение при описании ряда процессов на кварковом уровне.

ЧЕГО МОЖНО ОЖИДАТЬ?

Диаграммы, отражающие распады каонов в рамках CM между начальными (кварковая композиция каона) и конечными (например, кварковые состояния пионов) состояниями, содержат промежуточные кварковые состояния, разрешенные в соответствии с матрицей ККМ. При описании CP-нарушения в распадах каонов используют «боксовые» и «пингвинные» диаграммы. Первые диаграммы отражают смешивание состояний, приводящее к непрямому CP-нарушению, а вторые — переходы с

прямым CP-нарушением. В рамках CM предсказываются не только оба варианта CP-нарушения, но и рассчитываются параметры, характеризующие это явление: в первом случае — ϵ , а во втором соответственно — ϵ' . В расчеты входят как элементы матрицы ККМ, так и массы кварков. Недавнее экспериментальное обнаружение последнего представителя третьего поколения («топ»-кварка) и измерение его массы позволили точнее рассчитать величину ϵ' . Оценки показывают, что она должна быть на три-четыре порядка меньше, чем ϵ . Ожидается, что CP-нарушение происходит не только в системе каонов: CM предсказывает его и в распадах других частиц. Однако предсказанная величина этих эффектов позволяет их наблюдать только в распадах каонов и более тяжелых частиц — B-мезонов, которые включают кварки третьего поколения и характеризуются квантовым числом «прелесть». При этом у B-мезонов в отличие от каонов величина прямого CP-нарушения должна быть значительней, чем непрямого за счет смешивания. К сожалению, соответствующие эксперименты могут быть осуществлены только на ускорителях будущих поколений, поскольку для образования достаточного количества B-мезонов необходимы более высокие интенсивности (а в некоторых процессах — и энергии), чем те, которые достижимы на современных ускорителях.

Таким образом, CP-нарушение — очень тонкий инструмент, позволяющий почувствовать всю сложность картины взаимосвязей в мире элементарных частиц. Открытие CP-нарушения привело и к более широким последствиям в науке, далеко выходящим за рамки физики частиц. Так, из принципа сохранения CPT-симметрии в сочетании с явлением нарушения CP-инвариантности следует T-неинвариантность. Это означает, что сама по себе инверсия времени не ведет к инвариантности процессов и характер законов для прямого и обратного хода времени различен. Причем это может относиться к законам не только микромира, но и космологии и даже

биологии. Другое важное следствие было отмечено еще в 1967 г. А.Д.Сахаровым⁴ в гипотезе о том, что несимметричностью законов эволюции Вселенной относительно CP-инверсии обусловлено нарушение существовавшего когда-то (до возникновения нашей Вселенной) баланса вещества (барионов) и антивещества (антибарионов). Результатом этого явилось образование вещественного мира, и именно эффект прямого CP-нарушения несет ответственность за направление эволюции Вселенной. В настоящее время эта гипотеза — одна из наиболее обоснованных в космологических моделях.

Несмотря на огромный интерес к поиску прямого CP-нарушения, однозначных свидетельств его наблюдения пока нет. За период, прошедший со времени открытия CP-нарушения, проведено множество экспериментов, поставленных с этой целью, но кроме уточнения параметра ϵ , ответственного за CP-нарушения из-за смешивания состояний, нет качественно новых результатов. Из-за малости параметра ϵ' , характеризующего прямое CP-нарушение, экспериментальное его обнаружение оказалось достаточно сложным. В экспериментах ищут различие между относительными вероятностями CP-нарушающих распадов нейтральных долгоживущих каонов на два заряженных, $B(K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-)$, и на два нейтральных пиона, $B(K_L^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0)$. Это различие описывается величиной двойного отношения: $R = [B(K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-) / B(K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-)] / [B(K_L^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0) / B(K_S^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0)]$, которое связано с искомым параметром прямого CP-нарушения: $\epsilon' / \epsilon = 2R \frac{1}{\sqrt{2}}$.

УЧЕНЫЕ ГОТОВЯТСЯ К ШТУРМУ

Два наиболее точных эксперимента, посвященных этой проблеме, были осуществлены в 80-х годах в Европейском центре ядерных исследований (ЦЕРН) в Женеве (эксперимент

NA31) и в Лаборатории им. Э.Ферми в г.Батавия, недалеко от Чикаго (эксперимент E731). В первом из них были получены данные о возможном наблюдении эффекта прямого CP-нарушения, характеризуемого величиной $\epsilon' / \epsilon = (23 \pm 7) \cdot 10^{-4}$. С другой стороны, в измерениях, проведенных примерно с той же точностью в Лаборатории им. Ферми, не удалось зарегистрировать надежного отличия от нуля значения: было получено $\epsilon' / \epsilon = (7.4 \pm 6.9) \cdot 10^{-4}$. Споры об этих результатах длятся и по сей день. Но уже в начале 90-х годов было признано целесообразным провести новые, более точные эксперименты, нацеленные на решение этой же проблемы. Задача, стоящая перед экспериментаторами, — существенно повысить точность измерения отношения ϵ' / ϵ . Это можно сделать только при использовании самых передовых технологий и методик при создании экспериментальных установок.

В настоящее время идет подготовка двух таких исследований в тех же центрах: в Лаборатории им. Ферми и в ЦЕРНе. То, что пройдут два независимых эксперимента, имеет принципиальное значение. Во-первых, различаются технические подходы к решению задачи, а во-вторых, исключается возможный субъективный фактор в оценке результатов. Все это будет способствовать получению наиболее достоверных данных. Каждый опыт подготавливается коллективами, представляющими широкое международное сотрудничество. Это тоже немаловажный фактор, поскольку позволяет привлечь не только требуемое число высококвалифицированных специалистов и адекватные материальные средства, но и использовать наиболее передовые технологические достижения различных стран. Работы имеют очень высокий статус по значимости, и участие в любой из них высокопрестижно для физика-экспериментатора.

В одном из упомянутых экспериментов, подготавливаемом в ЦЕРНе и имеющем условное название NA48, предполагается измерить величину ϵ' / ϵ

⁴ Сахаров А.Д. // Письма в ЖЭТФ. 1967. Т.5. Вып.1. С.32—35.

с точностью не хуже, чем $2 \cdot 10^{-4}$. Для достижения этого следует минимизировать как статистические, так и систематические ошибки измерений, поэтому необходимо накопить недостижимую пока статистику регистрации изучаемых актов распада. Так, планируется зафиксировать несколько миллионов наиболее трудно улавливаемых CP-нарушающих распадов $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0$. Это может быть осуществлено только при экспозиции в высокоинтенсивных пучках на установке, способной с высокой точностью и большой скоростью регистрировать события и обрабатывать результаты. Потребуется качественно новые детекторы и сверхскоростная электроника на уровне, достигающем существующие пределы.

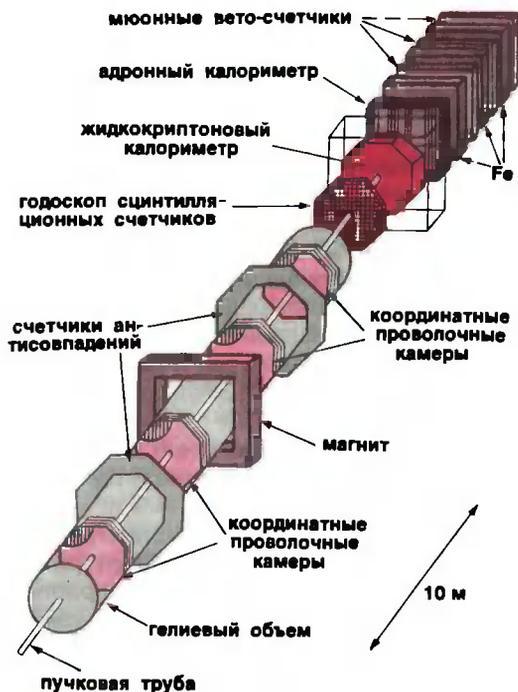
К ключевым особенностям эксперимента следует отнести создание уникальных пучков нейтральных каонов и электромагнитного жидкокриптонового калориметра с рекордными параметрами по разрешению. Это позволит минимизировать систематические ошибки измерения отношения ϵ'/ϵ , связанные как с нормировкой по количеству распадающихся каонов, так и с энергетической привязкой.

КАК ВЫЛОВИТЬ НАРУШИТЕЛЕЙ

Исследования будут проводиться на протонном суперсинхротроне (SPS) ЦЕРНа с энергией протонов 450 ГэВ, кольцо которого проходит по территориям Швейцарии и Франции. Планируется создать два почти соосных пучка K_L^0 и K_S^0 с общим объемом для их распада, что обеспечит одинаковую эффективность регистрации процессов и, следовательно, сведет к минимуму возможные систематические ошибки измерений искомого параметра. Для формирования каонных пучков используется высокоинтенсивный пучок протонов SPS (больше 10^{12} протонов за сброс ускорителя), выведенный в расположенную на территории Франции северную экспериментальную зону SPS (название этой зоны «North Area» дает индексацию эксперимента — NA). Пучок K_L^0 получается в результате взаимодействия выведе-

денных протонов с бериллиевой мишенью и дальнейшего традиционного формирования нейтрального пучка в длинном (несколько сотен метров) канале с коллиматорами и очищающими от заряженных частиц магнитами. Соосный с ним пучок K_L^0 рождается во второй мишени, расположенной достаточно близко к началу распадного объема. Для его формирования используются не взаимодействовавшие в первой мишени протоны, выловленные с помощью изогнутого кристалла и направленные ко второй мишени. Этот уникальный канал, разработанный и созданный группой из ЦЕРНа, применен на практике впервые. Распады каонов на заряженные пионы ($K_S^0, K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$) будут фиксироваться магнитным спектрометром, состоящим из широкоапертурного спектрометрического магнита и расположенных вдоль пучка (как до, так и после магнита) дрейфовых камер — координатных детекторов, которые регистрируют заряженные частицы (в данном случае пионы). Эти камеры изготавливаются в научном центре SACLAY, расположенном недалеко от Парижа.

Для регистрации распадов на нейтральные пионы ($K_S^0, K_L^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0$) разработан гомогенный жидкокриптоновый электромагнитный калориметр, полномасштабный вариант которого содержит около 14 000 регистрирующих ячеек, каждая размером 2×2 см². Калориметр детектирует гамма-кванты (фотоны), образующиеся при распадах нейтральных пионов ($\pi^0 \rightarrow 2\gamma$). В таком детекторе фотоны не только идентифицируются, но одновременно с высокой точностью измеряется и их энергия. Применение в качестве регистрирующей среды криптона позволяет обеспечить минимум пассивного вещества и тем самым — высокую гомогенность среды; главное следствие этого — хорошее энергетическое разрешение. Высокое же структурирование калориметра (1400 каналов) приводит к хорошему пространственному и временному разрешениям. По совокупной разрешающей способности этот прибор уникален и не имеет мировых аналогов.



Система детекторов NA48. Магнитный спектрометр служит для детектирования заряженных частиц, а нейтральные частицы регистрируются жидкокриптоновым калориметром.

В рамках составленного план-графика работ все элементы экспериментальной установки должны быть созданы, смонтированы в канале и полностью испытаны к весне 1997 г. Тогда же начнется экспозиция установки в пучках ускорителя, которая рассчитана на три года. Расписание этой работы скоординировано с другими экспериментами на SPS. Окончание исследований совпадет с возможным закрытием в 2000 г. ускорителя SPS, запланированным с целью концентрации усилий ЦЕРНа по созданию ускорителя нового поколения — LHC и подготовке экспериментов на нем (в том числе по поиску CP-нарушения в распадах B-мезонов). Все этапы работ по обеспечению эксперимента NA48 строго согласованы по времени и месту проведения и должны неукоснительно со-

блюдаться, поскольку даже незначительные отклонения от план-графика работ могут привести к отсрочке начала эксперимента и поставить под угрозу его реализацию.

Организация работ по подготовке и осуществлению исследований таких масштабов представляет собой достаточно сложную задачу не только из-за напряженного временного графика. Материальная база (денежные средства на покрытие расходов, аппаратура, материалы и пр.) образуется из соответствующих вкладов институтов — участников кооперации. Поэтому, кроме интеллектуального труда сотрудников из участвующих организаций, требуются значительные материальные вложения в общий фонд. При этом для каждой из сторон ее права и обязанности, а также сроки выполнения взятых обязательств строго регламентируются соответствующими документами.

В ОБЪЕДИНЕНИИ — СИЛА

Эксперимент NA48 проводится в рамках международного сотрудничества, включающего ЦЕРН и исследовательские центры из Австрии (Институт физики высоких энергий в Вене), Великобритании (университеты Кембриджа и Эдинбурга), Франции (научные центры SACLAY и ORSAY), Германии (университеты Майнца и Зигена), Италии (Национальные институты ядерной физики в Кальяри, Ферраре, Флоренции, Перудже, Пизе и Турине), Польши (Институт ядерных исследований в Варшаве), а также Объединенный институт ядерных исследований из подмосковного города Дубна. Физики из Дубны, многие годы изучавшие эту интереснейшую проблему, с первых же шагов по организации эксперимента выразили желание участвовать в нем. Однако в условиях сложного экономического положения науки в нашей стране вопрос об адекватном материальном вкладе представлялся неразрешимым, и пришлось пойти нестандартными путями, изложенными ниже.

Когда в 1991 г. Сотрудничество NA48 приняло решение о создании

жидкокриптонового калориметра, одним из важнейших встал вопрос об обеспечении эксперимента криптоном. Ведущие компании мира по производству газов, такие как «Air Liquid», не смогли дать удовлетворительных предложений ни по количеству, ни по качеству, ни по стоимости. Требовалось произвести 23 т криптона, а это соизмеримо с годовым производством в мире. Криптон должен иметь сверхвысокую чистоту, что исключало бы любые возможные (даже не идентифицированные) электроотрицательные примеси на уровне, недоступном по контролю в обычном промышленном производстве. Поиск партнеров, способных решить эту проблему, привел руководителей Сотрудничества в Дубну. ОИЯИ было предложено принять участие в эксперименте и в качестве материального вклада поставить необходимый криптон. Расчет был сделан на большой интерес физиков к подобным исследованиям, высокую квалификацию специалистов института, многолетнее эффективное сотрудничество ЦЕРН—ОИЯИ и высокую надежность такого партнерства. Учитывались также и потенциальные возможности нашей промышленности. Лаборатория сверхвысоких энергий ОИЯИ взяла на себя обязательства по организации производства криптона, контролю его качества и доставке в ЦЕРН строго по согласованному графику.

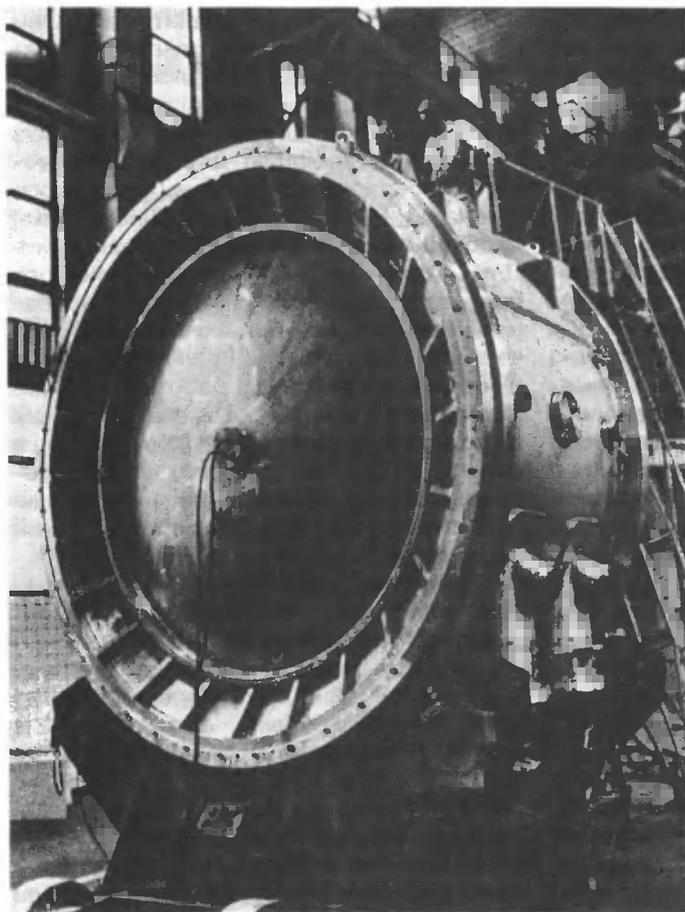
Криптон — редкий газ, присутствующий в атмосфере в ограниченном количестве. Как правило, его производят путем очистки отходов кислородного производства, существующего при крупных сталелитейных комбинатах. Для выполнения обязательств ОИЯИ необходимо было решить проблемы с сырьем и технологией его очистки. Сырье можно было получить достаточно просто, так как Россия — один из лидеров сталелитейного производства. Требовалось найти партнеров по очистке и организовать работы соответствующего масштаба. В качестве таких партнеров выбрали специалистов из Научно-исследовательского и конструкторского института энерго-

техники (НИКИЭТ) Минатома. Они обладали необходимым опытом и разработали новейшие технологии (хотя и не применявшиеся ранее для очистки криптона). Они же готовы были взять на себя организацию широкомасштабного производства на базе Уральского филиала НИКИЭТа при обеспечении необходимыми денежными средствами. Для финансирования криптонового проекта, а это более миллиона долларов США, была привлечена коммерческая фирма из Голландии АЕС, имевшая уже опыт работы в СНГ. Руководство фирмы АЕС поверило как в российских специалистов, так и в потенциал страны, пошло на определенный риск и выделило требуемые инвестиции на более чем двухлетний период.

Весной 1992 г. начались проектные работы по созданию перерабатывающего предприятия на Урале и закупка необходимого оборудования, а в январе 1993 г. первая партия криптона уже была доставлена в ЦЕРН. Последняя партия криптона из общей массы в 23 т в полном соответствии с графиком поставок прибыла в ЦЕРН весной 1994 г. В отработку технологии производства и контроля качества криптона принимали участие специалисты из НИКИЭТ и ОИЯИ. В результате полученный криптон даже превзошел по качеству предъявляемые к нему требования. Таким образом была решена одна из ключевых проблем подготовки эксперимента. ОИЯИ стал членом Сотрудничества NA48, и физики из ОИЯИ получили возможность участвовать в рамках международного коллектива в интереснейших фундаментальных научных исследованиях, а в России было создано уникальное предприятие мирового класса по производству сверхчистого криптона, имеющее большие коммерческие перспективы.

РОССИЙСКИЙ КРИОСТАТ ЕДЕТ В ЦЕРН

Накопленный положительный опыт привлечения российских специа-



*Криптоновый криостат во время испытаний в ГКНПЦ.
Фото Ю.А.Туманова*

листов и технологий сыграл свою роль, когда перед Сотрудничеством встала очередная проблема — создание большого криостата (термоизолирующего сосуда) для жидкокриптонового калориметра. Он должен был быть, с одной стороны, достаточно надежным и прочным для размещения криптона и детектирующих электродов калориметра, а с другой — достаточно прозрачным для детектируемых частиц (фотонов), чтобы вносить минимальные искажения при их регистрации. Наиболее удачным был признан вариант криостата из алюминиевых сплавов. Учитывая сложившиеся производственные связи, ОИЯИ предложило в качестве изготовителя Государственный космический научно-производственный центр (ГКНПЦ) им. Хруничева, признанный мировой лидер космичес-

кого ракетостроения, имеющий опытнейших специалистов. Оборудование Центра удачно соответствовало параметрам нужного криостата прежде всего по размерам и применяемым материалам. ОИЯИ взял на себя ответственность за общую организацию работ, оценку предлагаемых конструкторских решений с точки зрения физики эксперимента, контроль производства и проводимых испытаний, обеспечение материалами, организацию транспортировки в ЦЕРН, согласование рабочей документации со службами ЦЕРНа, отвечающими за техническую безопасность работ в его лабораториях. В качестве проектирующей организации, имеющей опыт в сходных разработках, был опять привлечен НИКИЭТ.

Для получения финансовой под-

держки проекта создания криостата в ГКНПЦ Объединенный институт ядерных исследований обратился в Международный научно-технический центр (МНТЦ) — организацию, представляющую правительства России, США, Японии и Европейского сообщества и финансирующую конверсионные программы в СНГ. При поддержке Сотрудничества NA48, дирекции ЦЕРНа и Минатома России Европейское сообщество одобрило этот проект (Проект МНТЦ 121), и в октябре 1994 г. МНТЦ обеспечил целевое финансирование на два года в размере 670 тыс. долл. США.

В рамках этого проекта планировалось разработать и изготовить довольно большой ассортимент блоков, так или иначе связанных с криостатом, включая оборудование для монтажа элементов криостата, основным из которых был вакуумный танк — сосуд цилиндрической формы (диаметром около 3 м), закрывающийся с торцов вакуумными мембранами.

Остальные элементы криостата, в том числе внутренний сосуд (криптоновый танк) и его окна, делались под контролем специалистов из ЦЕРНа и НИЯФа (г.Пиза) на заводах Австрии, Италии, Германии и Швейцарии. По мере разработки, изготовления и испытания все блоки криостата поступали в ЦЕРН для монтажа и окончательного опробования. Поэтому все работы были подчинены жесткому план-графику подготовки эксперимента NA48.

Естественно, что разработка и производство криостата в России также велись под постоянным временным прессом. Подготовка рабочих чертежей, их согласование между разными группами конструкторов, изготовителями, физиками и техническими службами ЦЕРНа осуществлялись параллельно. Одновременно шли поиск требуемых материалов, согласование контрактов на их поставку, оптимизация технологии производства и последующих испытаний. Возможности отечественных технологий очередной раз проявились при поиске материала для производства вакуумных мембран (входного и выходного окон вакуумного танка). Была

обеспечена поставка производимых для авиационной промышленности тонких листов (толщиной 4 мм) из алюминиевого сплава АМГ6 достаточно больших размеров, чтобы изготовить из них мембраны диаметром около 3 м без сварочных швов. Подобный алюминиевый прокат Сотрудничество не могло приобрести на западном рынке. Эти мембраны обеспечили требуемую прочность конструкции при максимальной их проницаемости для детектируемых частиц (фотонов). Из таких же листов изготовлена и мембрана, ограничивающая гелиевый объем, в котором располагаются детекторы магнитного спектрометра.

Работы по конструированию и производству основных элементов криостата были начаты в августе 1994 г. и завершены в рекордно короткие сроки. Так, последние поставки материалов на ГКНПЦ для изготовления вакуумного танка прошли в январе 1995 г., а в июне на заводе уже начались комплексные испытания вакуумного танка с мембранами, на которые были приглашены специалисты из ЦЕРНа и Италии.

Доставка вакуумного танка в ЦЕРН оказалась также непростым делом из-за его габаритов. Обсуждались все возможные варианты — от самолета до парохода, в итоге был выбран автотранспорт. Но даже после установки танка на специальную низкую платформу общая высота составила более 4.3 м, что потребовало согласований с соответствующими службами по всей протяженной трассе от Москвы до Женевы, а на некоторых участках дороги — обеспечения полицейского сопровождения. Компания «Совтрансавто» в кратчайшие сроки провела все согласования, и 18 июля 1995 г. вакуумный танк, мембраны, юстировочные опоры, рама и монтажная оснастка были доставлены в ЦЕРН. К этому времени в ЦЕРН также был привезен внутренний, криптоновый танк, изготовленный на заводах Италии. Совместная команда специалистов из ЦЕРНа, НИЯФа и российских представителей начала монтаж

криостата. К концу августа была полностью завершена первая очередь сборки и проведены все требуемые испытания. В октябре в ЦЕРН были доставлены последние элементы криостата из России: башня с разъемами и криогенная вставка. В марте — закончено изготовление гелиевой мембраны и оснастки, необходимых для монтажа (демонтажа) вакуумных мембран при эксплуатации криостата в экспериментальном зале. Таким образом, завершается программа по подготовке эксперимента NA48, связанная с обязательствами ОИЯИ. Все выполняется в полном соответствии с техническими требованиями и, что немаловажно, — в срок. Приобретен опыт привлечения отечественной промышленности к большим международным научным проектам, что сыграло важную роль не только в научно-организационном плане, но и для выхода наших производителей уникального оборудования на международный рынок.

ЖДЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ!

Окончательные комплексные испытания жидкокриптонового калориметра в сборе с криостатом, установленным в его штатном положении на пучке, завершаются к июлю 1996 г. До 15 сентября 1996 г. он будет работать в пучках нейтральных каонов и с его помощью получают первую экспериментальную информацию. К началу 1997 г. она будет проанализирована и тем самым полностью закончена подготовка эксперимента по поиску прямого CP-нарушения, который начнется весной 1997 г.

Группа физиков из ОИЯИ, имея права полноправного участника Сотрудничества, более активно включается в обработку информации, получаемой в процессе подготовки и проведения эксперимента. Экспериментальные данные поступают от начавшего в 1995 г. функционировать в неполной конфигурации магнитного спектрометра, а также от прототипа жидкокрипто-

нового калориметра, облучаемого в тестовом пучке электронов. Это позволяет задолго до начала эксперимента составлять математические программы накопления, обработки и анализа информации, а также программы моделирования работы всех элементов установок в реальных условиях с целью оптимизации их режимов и для изучения возможных погрешностей измерений и методов их учета. Разработка матобеспечения и анализ данных достаточно трудоемки и ведутся широким фронтом с привлечением всех групп как в самом ЦЕРНе, так и непосредственно участвующих в эксперименте институтах. Большой поддержкой для организации этих работ у нас явился грант INTAS, полученный группой ОИЯИ совместно с группами из SACLAY (Франция) и Эдинбургского университета (Великобритания). Благодаря этому удалось оснастить вычислительный комплекс группы ОИЯИ сервером — компьютером типа «рабочая станция» с хорошей производительностью, а также обеспечить полугодовое пребывание дубненских физиков в SACLAY и Эдинбургском университете для участия их в программировании на современном уровне и анализе данных. Работа в ОИЯИ строится таким образом, чтобы через компьютерную сеть иметь постоянный обмен всей имеющейся информацией с удаленными компьютерами участников Сотрудничества. Это способствует наиболее активному вовлечению в исследования физиков ОИЯИ.

Таким образом, подготовка одного из интереснейших экспериментов близится к завершению, и физики ОИЯИ внесли в это свой ощутимый вклад. Уже в следующем году из ЦЕРНа начнут поступать сведения о процессах, происходящих в мире каонов. Дубненские физики будут не только ждать результатов этих исследований, но и сами полноправно участвовать в них. Надеемся, что роль физиков Дубны в получении наиболее достоверных знаний о существовании явления прямого CP-нарушения будет достаточно высока.

Самая современная терапия — генная

В. С. Баранов



Владислав Сергеевич Баранов, доктор медицинских наук, соросовский профессор, заведующий лабораторией пренатальной диагностики наследственных и врожденных болезней Института акушерства и гинекологии им. Д.О.Отто РАМН, руководитель Всероссийского центра пренатальной диагностики муковисцидоза и Городского центра пренатальной диагностики (Санкт-Петербург), главный специалист города по медицинской генетике. Основная область научных интересов — генетика развития человека, медицинская генетика, генная терапия. Лауреат премии им. А.А.Баева по программе «Геном человека» (1996).

ЧТО ТАКОЕ генная терапия? Подразумевает ли она лечение с помощью гена как лекарственного препарата или только коррекцию мутантного гена? Эти и многие другие вопросы неминуемо возникают при рассмотрении такого многообещающего, а возможно, и потенциально опасного для человечества направления медицины грядущего XXI в. Задача данной лекции — попытаться ответить на них.

НЕМНОГО ИСТОРИИ

В широком смысле слова генная терапия означает лечение путем введения в ткани или в клетки пациента смысловых последовательностей ДНК. Первоначально полагали, что такая терапия позволит исправлять дефекты в генах, которые вызывают моногенные заболевания. Причем теоретически считали, что коррекция генного дефекта возможна как на уровне соматических, так и зародышевых (половых) клеток. Однако многочисленные эксперименты по созданию трансгенных животных, начатые после 1980 г., а также опыты на культурах клеток внесли существенные поправки в эти представления.

Во-первых, оказалось, что значительно проще исправлять не сам дефект в гене, т.е. заменять весь мутантный ген или его поврежденный фрагмент на нормальный, а вводить в организм пациента полноценно работающий ген.

Во-вторых, несмотря на решающие успехи генной инженерии последних лет, работы по генной терапии у человека ограничены в основном со-

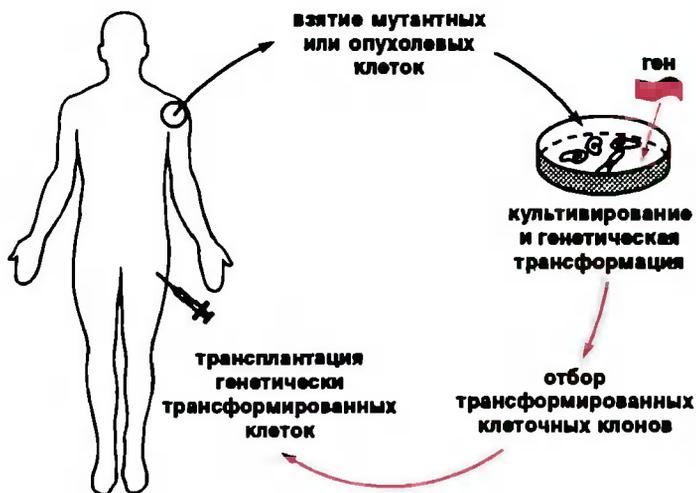


Рис. 1. Генотерапия способом *in vitro*. Клетки получают от пациента, культивируют, проводят их генетическую трансформацию, отбирают нужные клоны клеток и возвращают обратно в организм пациента. В случае опухолей клетки трансформируют генами, резко усиливающими иммунный ответ организма, облучают и трансплантируют подкожно тому же пациенту.

матическими тканями, поскольку манипуляции на половых или зародышевых клетках могут привести к серьезным и непредсказуемым последствиям.

В-третьих, показано, что уже разработанная и применяемая на практике методика генной терапии эффективна при лечении не только моногенных болезней, но и таких широко распространенных патологий мультифакторной природы (т.е. вызванных генетическими и экзогенными причинами), как злокачественные опухоли, многие виды тяжелых вирусных инфекций, сердечно-сосудистые и другие заболевания.

Все это позволяет определить современную генную терапию как лечение наследственных и ненаследственных (онкологических, вирусных и других) заболеваний путем включения генов в клетки пациентов для направленного изменения генных дефектов или придания клеткам новых функций.

Первые клинические испытания в генной терапии прошли в мае 1989 г. Т-лимфоциты, взятые из опухоли у больного прогрессирующей меланомой, были помечены прокариотическим геном *neo*, устойчивым к неомицину. Это позволило легко отделить эти клетки в культуре, а затем детально проследить их судьбу в кровотоке и

избирательное накопление в опухолях.

Первым моногенным наследственным заболеванием, к которому применили методы генной терапии, стал наследственный иммунодефицит, обусловленный мутацией в гене фермента аденозиндезаминазы. 14 сентября 1990 г. в Бетезде (США) четырехлетней девочке, страдающей этой достаточно редкой патологией (1:100 000), пересадили ее собственные лимфоциты, которые предварительно трансформировали *in vitro* геном ADA (ген ADA+ + ген *neo* + ретровирусный вектор). Лечебный эффект наблюдался в течение нескольких месяцев, после чего процедуру повторяли с интервалом 3—5 месяцев¹. В течение трех лет в общей сложности проведено 23 внутривенных переливаний ADA-трансформированных Т-лимфоцитов без видимых неблагоприятных эффектов. В результате лечения состояние пациентки настолько улучшилось, что она смогла вести нормальный образ жизни и не бояться случайных инфекций. Столь же успешно прошла подобный курс и вторая пациентка с этим заболеванием. В настоящее время испытывается генная терапия наследственного иммунодефицита в клиниках

¹ Anderson W.F. Human gene therapy // Science. 1992. V.256. P.808—813.

Италии, Франции, Великобритании и Японии.

Начаты клинические испытания моногенных наследственных болезней и таких, как семейная гиперхолестеринемия (1992), муковисцидоз (1993), гемофилия В (1992), болезнь Гоше (1993); для многих других медицинские протоколы генотерапевтической процедуры находятся в стадии утверждения. К 1993 г. только в США к клиническим испытаниям генно-инженерных конструкций на человеке было допущено 53 проекта². К 1995 г. в мире число таких проектов выросло до 100 (из них 86 касалось лечения онкологических заболеваний, а также СПИДа) и более 400 пациентов непосредственно вовлечено в эти исследования.

Вместе с тем и сегодня в исследованиях по генной терапии необходимо учитывать, что последствия манипулирования генами или рекомбинантными ДНК *in vivo* изучены недостаточно. Следует помнить, что введение в организм человека последовательностей ДНК, которые не контролируются собственными регуляторными элементами, может вызвать изменения обменных процессов и функциональный дисбаланс. Современные представления о структуре генома и его взаимодействиях с экзогенными ДНК и вирусными последовательностями, которые часто используются для переноса генов как векторы, видимо, еще недостаточны для прогнозирования возможных нежелательных или неконтролируемых последствий такого вмешательства. Поэтому при разработке программ генной терапии принципиальное значение имеют вопросы безопасности предлагаемых схем лечения как для самого пациента, так и для популяции в целом.

В странах, где исследования в этой области наиболее успешны, особенно в США, медицинские протоколы с использованием смысловых последовательностей ДНК проходят обязательную экспертизу в соответствующих

комитетах и комиссиях. Клинические испытания генотерапевтической процедуры возможны только после ее одобрения законодательно утвержденным органом. В США — это Консультативный комитет по рекомбинантным ДНК (Recombinant DNA Advisory Committee — RAC), Комитет по лекарствам и пищевым продуктам (Food and Drug Administration — FDA), с последующим обязательным утверждением проекта директором Национального института здоровья (National Institute of Health). В Европе такие протоколы составляются и утверждаются в соответствии с рекомендациями Европейской рабочей группы по переносу генов и генной терапии (European Working Group on Human Gene Transfer and Therapy). Программы генной терапии для клинических испытаний должны включать: обоснование выбора заболевания для проведения такой терапии; определение типа клеток, подлежащих генетической модификации; схему конструирования экзогенной ДНК; обоснование биологической безопасности вводимой генной конструкции, включая опыты на культурах клеток и на модельных (трансгенных) животных; разработку процедуры ее переноса в клетки пациента; методы анализа работы введенных генов; оценки клинического (терапевтического) эффекта; возможные побочные последствия и способы их предупреждения³.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ

Всякая генная терапия предполагает введение генов (смысловых фрагментов ДНК) в клетки-мишени. Она проводится либо с целью коррекции генетического дефекта, либо для придания этим клеткам новых функций, способствующих устранению патологических процессов. В первом случае в клетки-мишени вводят нормально работающий гомолог дефектного гена. Во втором в клетки опухоли или клетки, пораженные определенной ин-

² Culver K.W. Gene therapy. A handbook for physicians. New York, 1994.

³ Cohen-Haguenaer O. // EWGT Newsletter. 1995. № 2. P.808—813.

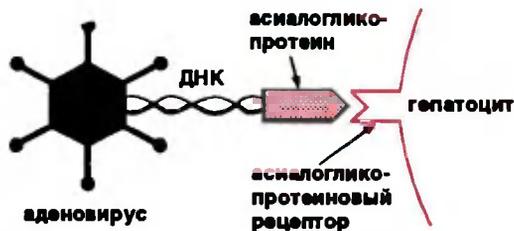


Рис.2. Рецептор-опосредованный перенос гена. ДНК последовательность нужного гена соединяют с определенным мембранным рецептором (например, асialogликопротеином для клеток печени), а также с аденовирусом, обеспечивающим проникновение генной конструкции в ядро клетки. Такой комбинированный вектор обеспечивает эффективную адресную доставку гена в клетки печени.

фекцией, вводят гены, обладающие цитотоксическим действием или способствующие формированию иммунного ответа. В зависимости от способа включения экзогенных ДНК в геном пациента генную терапию проводят либо в культуре клеток *in vitro*, либо непосредственно в организме (*in vivo*). Терапия *in vitro* предполагает выделение и культивирование специфических типов клеток пациента, введение в них чужеродных генов, отбор трансфицированных клеток и реинфузию их тому же пациенту. В настоящее время в большинстве допущенных к клиническим испытаниям программ генной терапии используется именно этот подход.

Генная терапия *in vivo* основана на прямом введении клонированных и определенным образом упакованных последовательностей ДНК в специфические ткани больного. При этом чужеродную ДНК, как правило, объединяют с молекулами, которые обеспечивают адресную доставку в клетки-мишени. Такой подход, рассчитанный на массовое лечение широко распространенных заболеваний, пока апробирован только при терапии муковисцидоза⁴. Особенно эффективно введение

генов в организм больного с помощью инъеклируемых вакцин или аэрозольных, которые разрабатываются обычно для лечения пульмонологических заболеваний (муковисцидоз, рак легких). Созданию программы по генной терапии предшествует тщательный анализ тканеспецифической экспрессии соответствующего гена, определение первичного биохимического дефекта, изучение структуры, функции и внутриклеточного распределения его белкового продукта, а также биохимического анализа патологического процесса. Все эти данные необходимы для составления соответствующего медицинского протокола.

Весьма перспективны работы по генетической модификации не самих уже дифференцированных клеток с наследственным дефектом, а их предшественников, т.е. долгоживущих стволовых клеток. В частности, — трансформация тотипотентных эмбриональных стволовых клеток, которые могут дифференцироваться, почти в любые соматические клетки организма⁵.

Как правило, после определения типа клеток, подлежащих генетической модификации, анализируют результаты переноса гена в систему *in vitro* и экспериментов на животных моделях (если они проводились). Сначала генотипическую коррекцию наследственного заболевания проверяют либо на первичных культурах экспрессирующих клеток больного, либо на перевиваемых, полученных после предварительной трансформации первичных культур. На этих клеточных моделях оценивают эффективность выбранной системы переноса экзогенной ДНК, определяют работу вводимой генетической конструкции, анализируют ее взаимодействие с геном клетки, отработывают способы оценки первичного дефекта и его коррекции на биохимическом уровне.

Однако многие вопросы генной терапии нельзя решить на уровне клеток. Важное значение имеет анализ

⁴ Crystal R.G., MacElvaney N.G., Rosenfeld M., Chu Ch.Sh. et al. Administration of an adenovirus containing the human CFTR cDNA to the respiratory tract of individuals with cystic fibrosis // Nature Genet. 1994. № 8. P.42—51.

⁵ Hodgson C.P. The vector void in gene therapy // Biotechnology. 1995. V.13. P.222—225.

влияния чужеродной ДНК на межклеточные взаимодействия, определяющие работу соответствующих тканей и органов. Такие исследования возможны только *in vivo*. Например, определенное в культуре клеток количество синтезированного белка, необходимого для нормализации биохимического дефекта, не позволяет рассчитать количество клеток в организме, которое нужно модифицировать для восстановления нарушенной функции. Используя культуры клеток, можно разработать биохимическую систему адресной доставки рекомбинированных ДНК, но нельзя проверить надежность работы системы в организме. Показатели длительности и характера экспрессии введенного гена в культуре клеток используются лишь как ориентировочные параметры для оценки необходимой периодичности терапевтических процедур. Кроме того, многие побочные эффекты и, в первую очередь, возможные ошибки в регуляции работы чужеродного гена и опасность вирусной контаминации выявляются только *in vivo*. Именно поэтому в программах по генной терапии особое внимание уделяется экспериментам *in vivo* на естественных или искусственно полученных моделях соответствующих наследственных болезней у животных. Успешная генокоррекция у таких животных и отсутствие нежелательных побочных эффектов — необходимые условия для начала клинических испытаний.

Таким образом, стандартная схема генотерапевтической процедуры включает серию последовательных этапов: создание полноценно работающей (экспрессирующейся) генетической конструкции, которая содержит смысловую (кодирующую белок) и регуляторную части гена; подбор вектора для эффективной, по-возможности, адресной доставки гена в клетки-мишени; перенос полученной конструкции (трансфекция) в клетки-мишени; оценка эффективности трансфекции и степень коррекции первичного биохимического дефекта *in vitro* и *in vivo*. Только после этого можно

приступать к клиническим испытаниям, в которых предусмотрен тщательный контроль на всех этапах коррекции. Так, после переноса гена в организме пациента находят модифицированные клетки и следят за их динамикой в определенных тканях. Поиск таких клеток облегчается наличием в конструкции маркерного гена. На следующем этапе по количеству соответствующего РНК-транскрипта или белкового продукта гена проверяют эффективность работы введенных генов. Если возможно, определяют коррекцию первичного биохимического дефекта. Все полученные данные сопоставляют с результатами комплексного медицинского обследования и вносят необходимые исправления и добавления в схему лечения.

МЕТОДЫ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ТРАНСФЕКЦИИ

Решающее условие успешной генотерапии — эффективная доставка, т.е. трансфекция (в широком смысле), или трансдукция (при использовании вирусных векторов) чужеродного гена в клетки-мишени, обеспечение длительного существования его в клетках и создание условий для полноценной работы. Трансфекцию проводят с использованием чистой («голой») ДНК, включенной в соответствующую плазмиду, либо комплекса плазмидной ДНК с солями, белками, органическими полимерами, либо ДНК в составе вирусных частиц, предварительно лишенных способности к репликации.

Основные методы доставки чужеродных генов в клетки подразделяются на химические, физические и биологические (табл.1). Из них наиболее эффективные и чаще всего используемые — биологические методы, особенно те, в которых переносчиками служат ретро- или аденовирусы. Это связано с тем, что оба семейства вирусов обладают свойствами, позволяющими им легко встраиваться в эвкариотическую ДНК реципиента (если этого не происходит, виной

Таблица 1
Основные характеристики генетической трансфекции *in vitro* (Culver, 1994)

Методы	Трансдукция	Интеграция	Экспрессия
Химические:			
Са-фосфат преципитация	низкая	низкая	транзиторная
Физические:			
Электропорация	низкая	низкая	транзиторная
Микроинъекция	высокая	низкая	транзиторная
«Бомбардировка» частицами золота	высокая	низкая	транзиторная
Слияние:			
Липосомы	низкая	низкая	транзиторная
Рецептор-опосредованный эндоцитоз:			
ДНК-белковый комплекс	высокая	низкая	транзиторная
ДНК-комплекс-вирусная капсида	высокая	низкая	транзиторная
Рекомбинантные вирусы:			
Аденовирус	высокая	низкая	транзиторная
Адено-ассоциированный вирус (AAV)	высокая	низкая	длительная?
Вирус герпеса (HSV)	низкая	низкая	слабая
Вирус иммунодефицита (HIV)	высокая	высокая	длительная?
Вирус мышиной лейкемии Молони (MoMLV)	высокая	высокая	длительная?
Вирус ветряной оспы (Vaccina)	высокая	низкая	слабая

тому, как правило, транзиторная, т.е. временная, экспрессия гена). Следовательно, только вирусные векторы или генетические конструкции, включающие вирусные последовательности, способны к длительной активной трансфекции, а в ряде случаев и к длительной экспрессии чужеродных генов. Именно поэтому из 100 уже одобренных проектов генотерапии 95 используют вирусную трансдукцию и 86 ретровирусные векторы.

Существующие данные говорят о том, что, несмотря на усилия многих лабораторий мира, все уже известные и испытанные *in vivo* и *in vitro* векторные схемы далеки от совершенства. Если проблема доставки чужеродной ДНК *in vitro* почти решена, *in vivo* успешно решается (за счет комбинированных рецептор-опосредованных конструкций), то другие характеристики существующих векторных систем (стабильность интеграции, регулируемая экспрессия, безопасность) еще нуждаются в серьезных доработках. Прежде всего это касается стабильности экспрессии, которая возможна

либо при включении чужеродной ДНК непосредственно в геном реципиента, либо при длительной персистенции экзогенной ДНК в ядре. Случайная интеграция трансфектной ДНК в геном достаточно редка, причем если используются ретровирусные векторы, такая ДНК включается только в геном делящихся клеток. Повысить эффективность стабильной интеграции можно путем совершенствования генных конструкций типа рецептор-опосредованных систем.

Учитывая возможный мутагенный эффект при случайном включении чужеродной ДНК в геном, весьма перспективно получение достаточно стабильных эпизомных (т.е. способных существовать в клетке независимо от хромосомы) векторов. В частности, в последнее время особое внимание уделяется созданию векторов на базе искусственных хромосом млекопитающих (Mammalian Artificial Chromosomes), которые могли бы достаточно автономно находиться в ядре, сохраняя способность к репликации и экспрессии.

МОНОГЕННЫЕ НАСЛЕДСТВЕННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ

Успех первых клинических испытаний стимулировал развитие новых генотерапевтических методов применительно к другим наследственным болезням. Сегодня уже для 22 болезней принципиально возможна генокоррекция, которая для одних из них уже находится на стадии клинических испытаний, для других — предстоит в обозримом будущем (табл.2). В 1994 г. клинические испытания проводились по генотерапии пяти моногенных заболеваний, 10 генных болезней находились на завершающих, а остальные — на начальных стадиях экспериментальной проверки. Список таких заболеваний быстро увеличивается.

НЕНАСЛЕДСТВЕННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ

Параллельно с развитием исследований в области генокоррекции наследственных дефектов разрабатываются и методы по использованию смысловых последовательностей ДНК в лечении ненаследственных заболеваний и главным образом злокачественных опухолей и вирусных инфекций (табл.3). Именно в этих разделах патологии поиски путей генокоррекции особенно интенсивны, а число уже одобренных протоколов клинических испытаний для них во много раз превышает число таковых для моногенных болезней.

Результаты первых клинических испытаний оказались в высшей степени обнадеживающими, в особенности при лечении опухолей нервной системы. Многие из подходов к генотерапии различных опухолей, уже используемых в практике, вполне приложимы и для работы с наиболее серьезными инфекционными заболеваниями, например со СПИДом.

ЭТИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Появление принципиально новых технологий, которые позволили актив-

но манипулировать с генами и их фрагментами и обеспечили адресную доставку новых блоков генетической информации в заданные участки генома, совершило революцию в биологии и медицине. Сегодня сам ген все чаще начинает выступать в качестве лекарства не только для лечения моногенных, но и многих других, в том числе и значительно более распространенных недугов (опухоли, инфекции). Не за горами применение генотерапии и для борьбы с мультифакторными заболеваниями (сердечно-сосудистыми, психическими, эндокринными и многими другими).

Уже сейчас знания о геноме человека теоретически позволяют с помощью генной трансфекции попытаться повлиять на ряд физических (например, рост), психических и интеллектуальных параметров. Таким образом, современная наука о человеке на своем новом витке развития вернулась к идее «улучшения» человеческой породы, когда-то постулированной выдающимся английским генетиком Ф.Гальтоном и развитой его учениками и последователями (К.Пирсоном, Л.Пенроузом, Дж.Холдэйном и др.). Дальнейший ход истории, как известно, полностью дискредитировал саму идею «улучшения» человеческой породы. Однако грядущее «всевластие» человека над собственным геномом заставляет вновь и вновь возвращаться к этой теме, делает ее предметом постоянных оживленных дискуссий и в широкой, и в специальной печати⁶. Попытаемся подвести некоторые итоги и сделать определенные прогнозы в этой области.

Сегодня очевидно, что первоначальные опасения, связанные с генной

⁶ Ledley F.D. Somatic gene therapy for human disease: a problem of eugenics? // TIG. 1987. V.3. № 4. P.112—115; Wivel N.A., Walters L. Germ-line gene modification & disease prevention: some medical & ethical perspectives // Science. 1993. V.262. P.533—538; Lowenstein P.R. Molecular neurosurgery: mending the broken brain // Biotechnology. 1994. V.12. P.1075—1080; Miller A.D. Human gene therapy comes of age // Nature. 1992. V.357. P.455—460.

Таблица 2

Наследственные заболевания, генокоррекция которых находится на стадии клинических испытаний (КИ), экспериментальных разработок (ЭР) или принципиально возможна (ПВ) (Cuiver, 1994; Lowenstein, 1994)

Болезнь	Дефектный ген	Клетки-мишени	Стадия
Иммунодефицит	аденозиндезаминаза	лимфоциты	КИ
Иммунодефицит	пуриноклеозид-фосфоорилаза	лимфоциты	ПВ
Семейная гиперхолестеринемия	рецептор липопротеинов низкой плотности	гепатоциты	КИ
Гемофилия В	фактор IX	фибробласты	КИ
Гемофилия А	фактор VIII	миобласты, фибробласты	ЭР
Болезнь Гоше (сфинголипидоз)	В-глюкоцереброзидаза	макрофаги, стволовые клетки	КИ
Болезнь Хантера	идуронат-сульфатаза	макрофаги, стволовые клетки	ПВ
Синдром Гурлера	L-идуронидаза	макрофаги, стволовые клетки	ПВ
Эмфизема легких	альфа-1-антитрипсин	лимфоциты	ЭР
Муковисцидоз	CF-трансмембранный регулятор	эпителий бронхов	КИ
Фенилкетонурия	фенилаланингидроксилаза	гепатоциты	ЭР
Гипераммонемия	орнитинтранскарбамилаза	гепатоциты	ПВ
Цитрулинемия	аргиносуццинатсинтетаза	гепатоциты	ПВ
Мышечная дистрофия Дюшенна	дистрофин	миобласты, миофибриллы	ЭР
Талассемия	бета-глобин	эритробласты	ЭР
Серповидноклеточная анемия	бета-глобин	эритробласты	ЭР
Респираторный дистресс-синдром	сурфактант белок В	эпителий бронхов	ЭР
Хронический грануломатоз	NADPH-оксидаза	гранулоциты	ЭР
Болезнь Альцгеймера	белок-предшественник В-амилоида (ААР)	нервные клетки	ЭР
Болезнь Паркинсона	тирозин-гидроксилаза	миобласты, фибробласты	ЭР
Метахроматическая лейкодистрофия	арилсульфатаза А	нервные клетки, стволовые клетки крови,	ПВ
Синдром Леш-Нихана	гипоксантин-фосфорибозилтрансфераза	нервные клетки	ПВ

Таблица 3

Основные подходы в генокоррекции онкологических заболеваний

Принцип	Вводимые гены
Повышение иммунореактивности опухоли	гены чужеродных антигенов, цитокинов
Генетическая модификация иммунных клеток	гены цитокинов, ко-стимуляторов
Инсерция генов «чувствительности»	гены тимидин-киназы HSV, цитозин дезаминазы
Блок экспрессии онкогенов	антисмысловые K-ras мРНК, гены внутриклеточных антидел р53
Инсерция генов-супрессоров опухолей	гены лекарственной устойчивости тип 1
Защита нормальных клеток от химиотерапии	гены интерлейкина-2, интерферона
Индукция синтеза противоопухолевых нормальными клетками	гены интерлейкина-2, интерферона
Продукция противоопухолевых рекомбинантных вакцин	вакцины типа БЦЖ, экспрессирующей опухолевой антиген
Локальная радиопротекция нормальных тканей с помощью антиоксидантов	гены трансферазы, глутатион синтетазы

инженерией вообще и генной инженерией человека в частности, были неоправданны. После многолетней дискуссии и всестороннего изучения проблемы признано, что генная терапия целесообразна для лечения многих заболеваний. Однако все генотерапевтические мероприятия должны быть направлены только на конкретного больного и касаться исключительно его соматических клеток — это единственное и непереносимое ограничение, сохраняющее свою силу и в настоящее время.

По глубокому убеждению основных авторитетов генной терапии (Фр.Андерсона, Т.Каски, Фр.Коллинса, Дж.Вильсона и др.), а также согласно регламентациям соответствующих «разрешительных» комитетов по генной инженерии, современный уровень наших знаний не позволяет корректировать генные дефекты на уровне половых клеток и клеток ранних доимплантационных зародышей человека. Причина этого — реальная опасность засорения генофонда нежелательными искусственными генными конструкциями или мутациями с непредсказуемыми последствиями для будущего человечества.

Вместе с тем по мере совершенствования методов генной терапии, появления новых технологий, связанных с созданием более эффективных и безопасных векторных систем и более совершенных генетических конструкций, а также в связи со стремительным ростом объема информации о структуре генома, картирование новых генов в научной литературе все чаще и все настойчивее раздаются призывы к возобновлению дискуссии о целесообразности генокоррекции зародышевых и половых клеток человека.

Основным аргументом в пользу таких вмешательств служит тот факт, что по мере того, как все большее число наследственных заболеваний будет доступно эффективной генной терапии, будет увеличиваться количество людей, гомозиготных по летальным мутантным генам. И тем реальней будут ситуации, когда оба супруга

окажутся гомозиготными носителями мутантного гена. В этом случае получение здорового потомства потребует генетического вмешательства уже на ранних стадиях и, возможно, вполне безопасной и реальной будет трансфекция гамет или ранних зародышей. Эксперименты на животных по созданию искусственных биологических моделей наследственных болезней, а также первые клинические испытания по доимплантационной диагностике генных болезней убеждают в том, что такой генотерапевтический подход может быть реальным уже в ближайшем будущем⁷. Вполне естественно, что целесообразность его применения должна определяться не только генно-инженерными возможностями, но и его социальной значимостью и необходимостью.

Вот некоторые вопросы, которые должны быть решены в рамках предлагаемой генетиками широкой дискуссии.

Сможет ли в будущем генная терапия обеспечить столь полноценную генокоррекцию, которая не представит угрозы для потомства?

В какой мере полезность и необходимость генотерапевтической процедуры для одной супружеской четы перевесят риск такого вмешательства для всего человечества?

Сколь оправданы будут эти процедуры на фоне грядущего перенаселения планеты?

Как будут соотноситься генно-инженерные мероприятия на человеке с проблемами гомеостаза общества и биосферы?

Таким образом, генетическая революция, апофеозом которой стала генотерапия, не только предлагает реальные пути лечения тяжелых наследственных и ненаследственных недугов, но в своем стремительном развитии выдвигает перед обществом новые проблемы, решение которых настоятельно необходимо уже в ближайшем будущем.

⁷ Verlinsky Y., Kuliev A. Preimplantation diagnosis of genetic diseases // New York, 1993.

Средиземноморская флора в бассейне Чороха

А. П. Хохряков,

доктор биологических наук
Москва

М. Т. Мазуренко,

доктор биологических наук
Тверской государственной университет

ПРИ слове «флора» у каждого возникают свои ассоциации. Для одних — это известная картина Рембрандта, для других — богиня цветов, для третьих же — сами эти цветы. Флора для ботаников — это совокупность растений (выраженная обычно в виде их списка), произрастающих на какой-либо конкретной территории. Следовательно, «флор» на Земле может быть великое множество, и самая крупная из них — всего земного шара. Иначе говоря, чем большую территорию занимает флора, тем она разнообразнее.

Учитывая разницу видового, родового и семейственного состава растений, ботанико-географы уже давно разделили всю поверхность Земли на несколько территорий (называемых то фитохориями, то фитохионами), отличающихся друг от друга своей флорой. Самые крупные из них — царства. Их всего шесть, причем три из них расположены в Южном полушарии, два (неотропическое в Америке и палеотропическое в Африке и Азии) — в тропическом поясе, одно (голарктическое) — в Северном. Последнее — самое обширное по территории флористическое царство и потому в свою очередь делится на

несколько соподчиненных фитохорий — подцарств: бореальное, занимающее умеренные и холодные части Евразии, и древнесредиземноморское (субтропическое), внутри которого выделяются две флористические области. Средиземноморская область занимает бассейн Средиземного моря на восток до Крыма и побережий Анатолии, а ирано-туранская расположена восточнее Средиземноморья и граничит с центральноазиатскими пустынями.

Разницу между бореальным и древнесредиземноморским подцарствами легко заметить, проезжая из средней полосы России на Южный берег Крыма, в Закавказье или Среднюю Азию с более жарким и сухим климатом, не позволяющим расти там ни лиственным или хвойным лесам (по крайней мере таким как в России), ни столь свежим и сочным лугам. Основную часть территории древнесредиземноморского подцарства занимает сухолюбивая (ксерофильная) флора. На западе Средиземноморья она представлена в основном жестколистными лесами и зарослями кустарников (так называемыми маквисом или шибляком) из низкорослых и кривоствольных деревцев, на востоке открытые пространства заняты полукустарниками и полукустарничками, которые образуют то томилляры, то фригану, то гаригу, или являют собой полынные или

трагакантники из колючих и ароматических растений.

Маквис (в переводе с французского — чаща) — густые заросли вечнозеленых толстолистных, колючих кустарников и невысоких деревьев, распространенных во всем Средиземноморье.

Шибляк (в переводе с сербскохорватского — кустарник) — кустарниковая растительность, образованная листопадными видами, которые способны переносить длительную летнюю засуху; встречается в предгорьях и низгорьях восточного Средиземноморья, а также Крыма и Кавказа.

Томилляры (в переводе с испанского — тимьян) — заросли низкорослых ароматических жестколистных кустарничков, полукустарничков из семейства губоцветных в Средиземноморье.

Фригана (в переводе с греческого — хворост) — формация низкорослых ксероморфных полукустарничков, характерная для центрального и восточного Средиземноморья.

Гарига (в переводе с французского — пустошь) — сообщество низкорослых вечнозеленых кустарников, полукустарничков и многолетних трав на сухих (но менее сухих, чем растет фригана) каменистых склонах нижнего пояса гор Средиземноморья.

Флористический состав каждой из фитохорий известен ныне ботанико-географам уже достаточно хорошо. Для Средиземноморья, на-

пример, характерны такие растения, как маслина, два вида земляничного дерева, несколько видов ладанника, лавр и многие другие. Для ирано-туранской области типичны колючие астрагалы-трагаканты, полкустарниковые полины, колючие травы кузинии (из семейства сложноцветных) и др., для бореального подцарства — листопадные сережкоцветные деревья и кустарники, темнойхвойные ели, пихты и сосны, многочисленны болотные осоки и др. Но вот где проходят границы между этими крупными фитохориями, во многом остается еще не ясным, и в первую очередь в отношении восточного Причерноморья, где все они сходятся.

Согласно последним данным¹, Южный берег Крыма и западная оконечность Кавказа (на восток почти вплоть до района Туапсе) принадлежат средиземноморской области, южное Закавказье и прилегающая часть Анатолии — к ирано-туранской, а весь остальной Кавказ вместе с Колхидой и североанатолийским побережьем — к бореальному подцарству (точнее — циркумбореальной области этого подцарства).

Вместе с тем уже давно выдающиеся отечественные ботанико-географы обратили внимание на то, что восточное и южное Причерноморье насыщено средиземноморскими видами растений². А.А.Колаковский, большой

знарок флоры западного Закавказья, относит всю его береговую полосу (Колхиду) к средиземноморской области. Были указания на наличие средиземноморских растений и на других участках не только кавказского, но и анатолийского побережий³. В последнее же время кроме побережья их стали обнаруживать и на довольно значительном от него расстоянии. Недавно мы описали «остров» (анклав) средиземноморской флоры в Аджарии⁴, расположенный там вдоль долины р.Аджарис-цхали — правого притока р.Чорох. Сам Чорох протекает в основном по территории Турции и впадает в Черное море близ Батуми — столицы Аджарии и места, известного в бывшем СССР как самого богатого осадками (более 3 тыс. мм в год).

Дикорастущая растительность ближайших окрестностей Батуми — типично колхидская, т.е. болотистая на низменностях и лесная (из буково-каштановых лесов с густым подлеском из вечнозеленых кустарников) на склонах гор. Тем более удивительно было встретить в каких-нибудь 25—50 км к востоку от Батуми растительность совсем другого типа —

гораздо более сухолюбивую, представленную в основном разреженными сосняками из обычной кавказской сосны (*Pinus kochiana*), дубняками из дуба чорохского (*Quercus dshorochensis*) вместе с грабинником (*Carpinus orientalis*), гаригой из ладанника шалфейлистного (*Cistus salvifolius*), ксероморфными зарослями кустарников, главным образом сумаха дубильного (*Rhus coriaria*), колючехвойного можжевельника (*Juniperus rufescens*) и полувечнозеленой пираканты (*Pyracantha coccinea*), кустарничков и полкустарничков в основном из ароматических губоцветных: иссопа узколистного (*Hyssopus angustifolius*), Melissa лекарственной (*Melissa officinalis*), чабера колосистого (*Satureja spicigera*). Особенно показательно присутствие видов, характерных именно для восточного Средиземноморья, таких как ладанник шалфейлистный, земляничное дерево (*Arbutus andrachne*), амаракус круглолистный (*Amaracus rotundifolius*) — травянистое растение из семейства губоцветных со свисающими вниз со скал соцветиями, похожими на «шишки» хмеля.

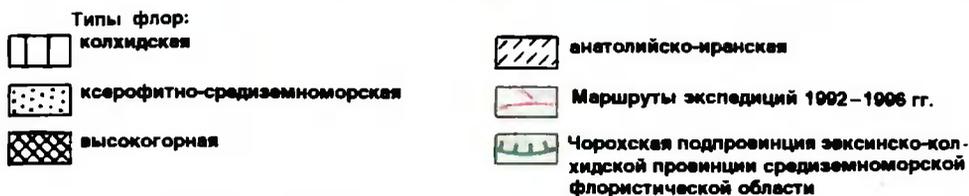
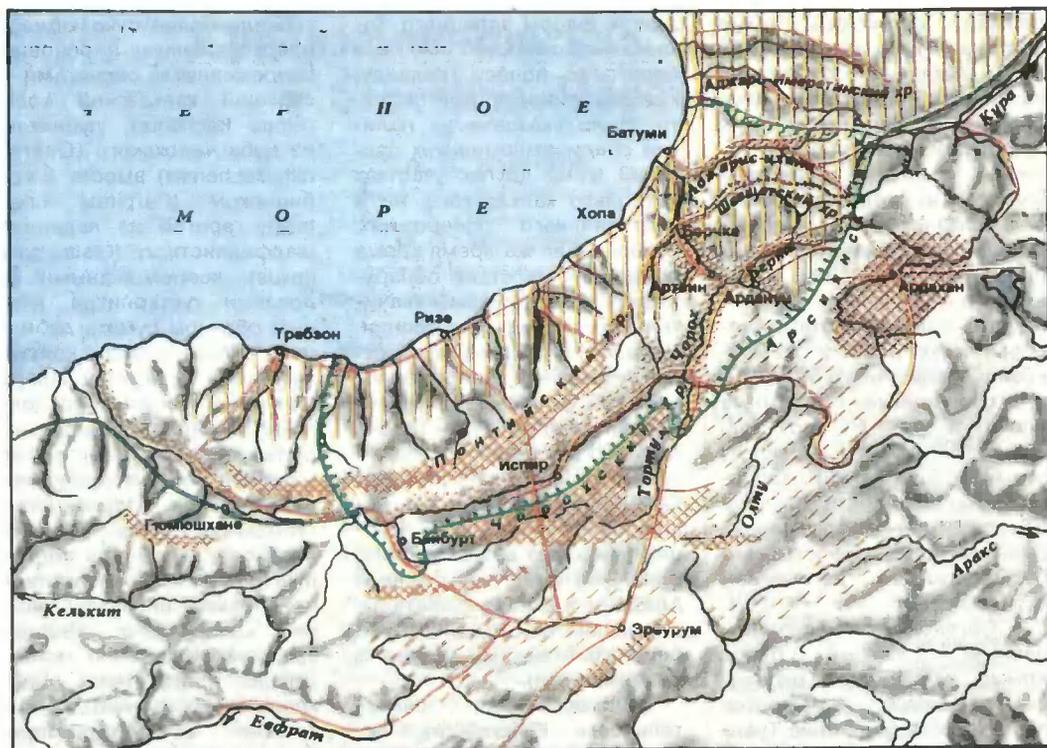
Этот «остров» средиземноморской флоры простирается вдоль течения р.Аджарис-цхали, от ее устья до верховьев (выше пос. Хуло до 800—1000 м над ур. м.), а также вдоль главных ее притоков и занимает склоны южной экспозиции, т.е. северные берега. Здесь зарегистрировано около 325 видов ксерофильной флоры, но более или менее распространенных — около сотни (остальные — встречались всего в одной—двух точках). Среди этих видов есть несколько эндемичных. Большинство видов ксерофильной флоры сосредоточено в средней части течения реки,

³ Шишкин Б.К. Ботанико-географический очерк приморского склона Понтийского хребта // Закавказский краеведческий сб. Тифлис, 1929. С.27—53; Альбов Н. Ботаническая экскурсия в Лазистан // Зап. Кавказ. отд. Рус. геогр. о-ва. 1893. Т.15. С.158—165; Воронов Ю.Н. Краткий очерк о ботанико-географических исследованиях в Артинском округе // Вестн. Тифл. бот. сада. 1908. Вып.9. С.3; Воронов Ю.Н. К флоре Артинского округа // Там же. Вып.10. С.14.

⁴ Хохряков А.П. Ксерофильная флора аджарис-цхальского устья и ее анализ // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1991. Т.96. № 5. С.102—117.

¹ Тахтаджян А.Л. Флористические области Земли. Л., 1978; Davis P.H. Distribution patterns in Anatolia // Plant life of South-West Asia. 1971. P.15—28.

² Колаковский А.А. Растительный мир Колхиды. М., 1961; Кузнецов Н.М. Элементы Средиземноморской области в Западном Закавказье // Зап. Рус. геогр. о-ва. 1891. Т.23. № 3. С.1—190.



Маршруты экспедиций и флористические границы бассейна р. Чорох.

между поселками Шуахеви и Хуло. Это, например, уже упоминавшееся земляничное дерево, иссоп, амаркус, а также: асфоделина желтая (*Asphodeline lutea*) — декоративное, высокое, как султан, растение из семейства лилейных; *Alyssoides utriculata* — скальное растение из семейства крестоцветных с характерными шарообразными стручками; *Fibigia* — также крестоцветное, но с крупными и плоскими, как крупная

монета, стручками; *Santapala rotunda* — колокольчик с крупными голубыми цветками; вербейник пурпурно-голубой (*Lithospermum purpureocaeruleum*); орхидея *Steveniella satyroides*. Со всех сторон этот «остров» окружен колхидской флорой, представленной буково-каштановыми и буково-еловыми лесами с подлеском из вечнозеленых кустарников (рододендронов, лавровишни, падуба), которые тянутся по

обоим берегам Аджарисцхали: по левому — подступая почти к самому руслу, а по правому — отступая от него на один—два километра соответственно крутизне склонов. Отдельные виды ксерофильной флоры вдоль скалистых речных берегов достигают верхней границы леса, однако в альпийском или субальпийских поясах распространены не широко. Подобный аджарисцхальскому, но менее ярко

выраженный, «остров» ксерофильной средиземноморской флоры существует и вдоль р. Мачахелы, которая течет с востока на запад и впадает в Чорох выше устья Аджарис-цхали. Однако эта река вдвое—втрое короче Аджарис-цхали, имеет более крутое падение. Здесь есть дубняки, ладанники, заросли ксерофитных кустарников, подобные средиземноморской гариге, и сосняки. Неудивительно, что представители ксерофильной флоры средиземноморского типа обнаружены и выше по течению Чороха (например, в районе Артина и других пунктах). Но одно дело — указывать на единичные элементы, данные о которых разбросаны в разных изданиях или даже если в одном, то многотомном и многостраничном⁵, и совсем другое — познакомиться с этой флорой как с явлением целостным, лицезреть ее в полном объеме.

Впервые мы посетили долину среднего Чороха, преодолев северный отрог Понтийского хребта (перевал Каркуртаран высотой всего 700 м) 14 мая 1993 г. Тогда мы проехали лишь немного выше Артина и возвратились назад на другой день, однако спустя два месяца вернулись, а затем повторили свой вояж еще четыре раза в течение 1994—1996 гг. В результате мы обследовали всю долину Чороха почти до его истоков (по крайней мере выше границы леса, почти до 2000 м); а также долины всех его основных притоков (Олту, Тортум, Пенек, Берта, Бархал) и даже мелких в нижнем его течении (Мургул, Аралик, Бальджи, Хатила). Мы четыре раза пересекали весь бассейн Чоро-

ха: через Арсиянский хребет в районе городов Шавшат и Ардануч и через Понтийский и Чорохский хребты по трассе Ризе — Испир — Эрзурум, Ашкале — Байбурт — Торул — Трабзон и Байбурт — Чайхара — Оф.

К сожалению, не удалось пока сквозной проезд по долине Чороха из Аджарии в Турцию из-за отсутствия здесь пропускного пункта. Однако со стороны Аджарии мы смогли подойти почти вплотную к границе, а со стороны Турции — проехать вниз от Борчки на 10—15 км. Таким образом, неосмотренный участок долины составляет 10—15 км и, судя по всему, представляет собой в целом территорию, занятую лесами колхидского типа, т.е. буково-каштановыми с подлеском из вечнозеленых кустарников и густым папоротниковым покровом в долинах ручьев. Той же растительностью покрыта и долина правого притока Чороха — р. Аралик.

Однако близ устья этой речки, на подходящих с востока к руслу Чороха отрогах хребтов, уже появляются скалистые и щебнистые участки, занятые ксерофильной флорой и прежде всего — из двух видов ладанника — шалфеелистного и таврического (он же — ладанник критский — *S. tauricus*, или *S. creticus*), который отличается от первого, белоцветкового, великолепными крупными лиловыми цветками.

Спускаясь с Понтийского хребта, с перевала Каркуртаран к Борчке, почти вдоль всего пути мы также видели и справа и слева буковые и каштановые леса и лишь перед самой Борчкой, по левой стороне (т.е. на склонах южной экспозиции) — откосы с ксерофиль-

ной флорой. В первой половине июня здесь можно увидеть желто-белую смесь цветов из серебряного боба (*Argyrolobium calycinum*), вязаля восточного (*Coronilla orientalis*), подмаренника белого (*Galium album*), лядвенца пушистейшего (*Lotus hirsutissimus*), ромашки скальной (*Chamaemelum rupestre*).

В окрестностях самой Борчки растительность в основном еще чисто лесная, однако преобладает уже не бук, а дуб чорохский и по скалистым выступам — сосна вместе с сумахом, колючехвойным можжевельником и колючей жайглицей понтийской (*Ruscus ponticus*). Сосняки господствуют и по левому берегу р. Бальджи (правый приток Чороха), поднимаясь по ней почти до 1000 м над ур. м. Здесь они уже вполне средиземноморского типа с наземным покровом из ладанников, солнцезветов (*Helianthemum*), скабиозы Веленовского (*Scabiosa velenovskiana*), чабера колосистого и других полукустарников.

Еще больше средиземноморских черт у растительности на левом берегу р. Мургул, впадающей в Чорох несколько выше Борчки. Здесь и дубняки, и сосняки — сильно поредевшие; появляются такие характерные для Средиземноморья элементы флоры, как древовидные чешуехвойные можжевельники — *J. excelsa* (растущий также на Южном берегу Крыма и в районе Новороссийска) и *J. foetidissima*; много видов полуксерофитных кустарников. Кроме уже перечисленных здесь попадаются и новые, но характерные для всего «сухого» Кавказа и Средиземноморья: держдидерево (*Paliurus aculeatus*), скумпия (*Cotinus coggygria*), жасмин (*Jasminum fruticans*), дрок

⁵ Davis P.H. Flora of Turkey. Edinburgh, 1962—1986.

(*Genista artwinensis*), эфедра (*Ephedra equisetina*).

Все они появляются и в долине самого Чороха, километрах в девяти выше Борчки. Буковые же и каштановые леса с вечнозеленым подлеском, включая лавровишню и самшит, полностью исчезают, их замещают дубняки, грабинники и сосняки, которые в свою очередь через несколько километров начинают редеть и выше Артвина «уходят» вверх в горы. Вместо них предстают кустарниковые заросли типа шибляка из держидерева и скумпии с примесью многих других характерных для сухого Средиземноморья колючих кустарников, например пираканта, крушина Палласа (*Rhamnus pallasii*), колютея (*Colutea armena*), ракитник (*Cytisus hirsutus*), гранат (*Punica granatum*).

Начиная с Борчки и далее вверх по Чороху появляется и масса кустарничков, полукустарничков, полукустарничков и многолетников, как свойственных аджарис-цхальскому «острову», так и отсутствующих там. Это прежде всего фумана аравийская и несколько видов тимьянов (роды *Fumana* и *Thymus* полностью отсутствуют на Аджарис-цхали), бурачков (очень там редких), гвоздик (в долине Аджарис-цхали имеется лишь один вид — *Dianthus orientalis*), трагакант (в долине Аджарис-цхали встречается опять-таки всего один вид — *Astragalus somnifer* — и то очень редко), несколько видов дроков и, наконец, морина персидская (*Morina persica*) — крупное многолетнее колючее растение, с длинным красивым соцветием, характерное для всей засушливой Передней Азии и Средиземноморья.

Перечисленными видами, конечно, богатство сре-

диземноморской флоры в долине Чороха не исчерпывается; чем выше по течению реки, тем шире она «растекается» соответственно изменению климата, которое сказывается даже на культурной флоре. Несколько выше Артвина по обоим берегам Чороха, на довольно скалистых террасах появляются все более обширные рощи маслин, а вдоль арыков и канав — заросли похожего на сахарный тростник арундо (*Arundo donax*), злака в человеческий рост и выше. Оба эти вида присущи именно Средиземноморью. А кроме них растет множество фруктовых деревьев (айва, гранат, персики, абрикосы, унаби, виноград, японская мушмула) и злаков (вплоть до риса и пампасной травы), также очень характерных элементов культурного ландшафта средиземноморских стран и Передней Азии, включая Кавказ.

Вверх по долине Чороха формации, свойственные средиземноморской флоре, поднимаются до г.Мадена, до высоты почти 1000 м. Здесь мы еще находим дубняки, хотя и низкорослые, но с хорошо выраженным подлеском из сухолюбивых кустарников на более влажных северных склонах, а на южных — разреженные сосняки и можжевельники с трагаканниками. Очень характерны для верхнего и среднего течения Чороха заросли дрока Оше (*G.ascheiana*).

Флора колхидского типа отодвинута здесь высоко в горы, в район г.Испира (среднее течение Чороха) — вплоть до гребня Понтийского хребта, о чем упоминал еще Б.К.Шишкин⁶,

описывая растительность окрестностей Трабзона (перевал Зигана). В верхних же Чороха, который между городами Байбурт и Маден делает резкий поворот с западно-восточного направления на противоположное, средиземноморская флора граничит уже с высокогорно-альпийской растительностью переднеазиатского типа.

Вдоль р.Берты (правый приток Чороха, несколько выше Артвина) средиземноморская флора поднимается до высоты примерно 1000 м над ур. м., но на западных склонах Арсиянского хребта сменяется хорошо выраженной флорой колхидского типа, представленной здесь в основном хвойными (елово-пихтовыми) лесами, низкотравными субальпийскими и альпийскими лугами (характерные представители — горечавки).

И, наконец, двигаясь вверх по таким крупным рекам бассейна Чороха, как Окем и Тортум, можно наблюдать постепенную и плавную смену флоры средиземноморского типа на ирано-туранскую: сначала кустарниковые заросли редуют, а затем и полностью исчезают (последним исчезает держидерево). Их место занимают совсем уж низкорослые, колючие и кривые заросли кустарничков курчавки (*Atraphaxis*), вишни (*Cerasus*) или миндаля (*Amygdalus*). Появляются и начинают преобладать совершенно открытые пространства, занятые трагаканниками, полыньниками и иными типами растительности с господством колючих подушек акантолимона (*Acantholimon*), мохнатых полукустарничков из семейства солянковых (*Kochia*, *Samphorosma*, *Petrosimonia*) и многолетних колючих трав с хорошо развитой и глубо-

⁶ Шишкин Б.К. Ботанико-географический очерк приморского склона Понтийского хребта // Закавказский краеведческий сб. Тифлис, 1929. С.27—53.

ко уходящей в почву корневой системой (*Cousinia*, *Oporordum*, *Carduus*). Благодаря темной зелени, контрастно выделяющейся на фоне выжженных желтых трав, хорошо узнается гармала — трава с сочными голыми стеблями и листьями, весьма характерная для Казахстана и Средней Азии, известная среди русского населения под названием могильника (*Regalum harmala*).

Такие же темно-зеленые куртины, но с распростертыми по земле одревесневшими ветвями и обычно мохнатыми или покрытые мучнистым налетом образуют многие маревые: кохия (*Kochia*), терескен (*Krascheninnikovia*), сарсазан (*Halospermum*) — обычные представители туранской флоры. Нет сомнения, что здесь происходит постепенная смена средиземноморской флоры на ирано-туранскую. Это подтверждается и обилием гигантских, в рост человека, зонтичных с их ажурными многоперистыми листьями типа ферулы и франгоса.

В высокогорьях (на водораздельных хребтах, отделяющих бассейн Чороха от бассейнов Куры, Евфрата и рек Черноморского бассейна, текущих на запад) мы не находим уже сомкнутой полосы лесов, а выше — и мощных зарослей стлаников (обычно из рододендронов, лавровишни, понтийского дуба и других вечнозеленых и листопадных видов). В лучшем случае вдоль западных водоразделов лишь изредка попадаются небольшие дубовые рощи, вдоль восточных — сосняки, но чаще нет даже их. Имеется только довольно тонкая полоса кустарниковых зарослей из барбариса (*Berberis vulgaris*), жимолости (*Lonicera nummularia*), калины

(*Viburnum lantana*), кизильника (*Cotoneaster*), шиповника (*Rosa*), колючки (*Colutea*), боярышника (*Crataegus*)⁷. На каменистых склонах господствуют колючеподушечники, главным образом эспарцет рогатый (*Onobrychis cornuta*), который в середине июня представляет собой клумбы розово-лиловых цветов.

По нашим наблюдениям, граница между средиземноморской флорой и ирано-туранской проходит по р.Олту, выше впадения в нее р.Тортум. Как идет смена средиземноморского типа на ирано-туранскую по склонам гор, пока не установлено, но здесь провести границу между ними еще труднее из-за пересеченного рельефа и крайней пестроты растительного покрова. Совершенно ясно, однако, что средиземноморская флора за пределы бассейна Чороха, в бассейны Куры и Евфрата, не проникает, и с идентичными флорами в долинах других рек Черноморского бассейна, текущих на запад или север, не соприкасается.

Мы проехали по долине р.Харшит, берущей начало в горах, ограничивающих бассейн Чороха на западе, и убедились, что высокогорная растительность здесь лишена не только лесов, но и сомкнутого пояса кустарниковых зарослей или альпийских лугов и представлена в основном мягкими и колючими подушечниками. Зато вдоль среднего течения Тортума мы вновь встретились с сосняками, в которые вкраплены древовидный чашуехвойный можжевельник, дуб, инжир, грецкий орех и характерные для средиземноморских куст-

тарниковых зарослей сумах, держидерево, скумпия, фисташка (*Pistacia palestina*), жасмин, пиракант. Среди трав появляются амаракус (*Amaracus* sp.), кирказон (*Aristolochia* sp.), наперстянка (*Digitalis* sp.), ластовень (*Vincetoxicum* sp.), алцея (*Alcea* sp.). Очевидно, весь этот поток средиземноморских родов и видов попадает сюда с черноморского побережья, где западнее Трабзона средиземноморская флора уже достаточно типична, и образует маквис, называемый здесь субмаквисом.

Особенность же чорохской средиземноморской флоры, как оказалось, в том, что она не имеет непосредственной связи с основным массивом ксерофильной средиземноморской флоры на черноморском побережье или где-либо еще, как мы предположили раньше. Это действительно ее довольно изолированный «остров», анклав, хотя и довольно причудливой формы, состоящий из несвязанных между собой частей: более северного (в бассейне Аджарисцхали) и основного «острова» (в долине Чороха и других его притоков). Мы описывали средиземноморскую флору долины Чороха как весьма своеобразную, сравнивая с окружающей ее растительностью колхидского и ирано-туранского типов. Относительно же Средиземноморья в целом она достаточно бедна. Здесь нет таких обычных средиземноморских видов, встречающихся к западу от Трабзона (а иногда — и восточнее), как испанский дрок (*Spartium juncaum*), мирт обыкновенный (*Myrtus communis*), эрика древовидная (*Erica arborea*), другой вид земляничного дерева (*A.unedo*), лавр (*Laurus nobilis*), фисташка. Другие повсеместные в Средиземноморье

⁷ Mayer H., Aksoy H. *Walder der Turkei*. Stuttgart; New York, 1986.

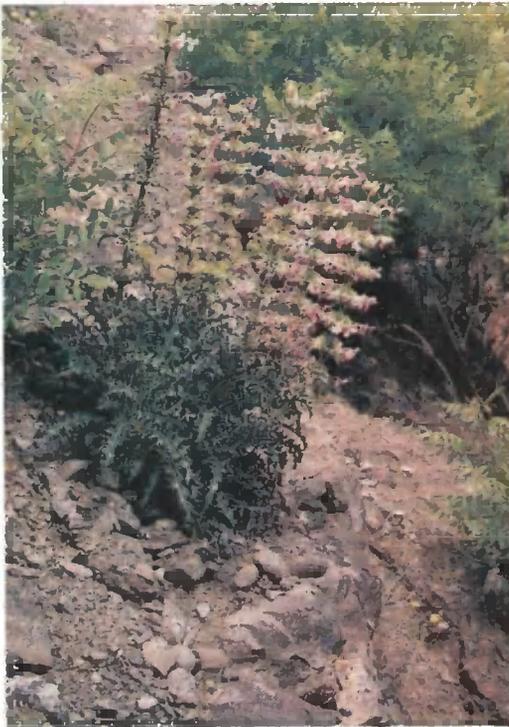
*Мори́на персидская.*

Фото Х. Врмана (Голландия)

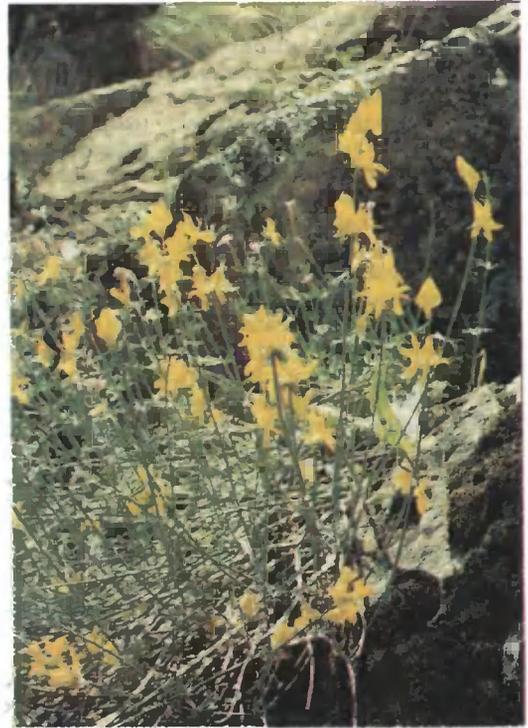
*Дрок Оме.*

Фото Х. Врмана

*Горечавка угловатая.*

Фото Х. Врмана

Эспардет розатый.

Фото А. П. Хохрякова

*Колокольчик крупнокоросный.*

Фото А. П. Хохрякова



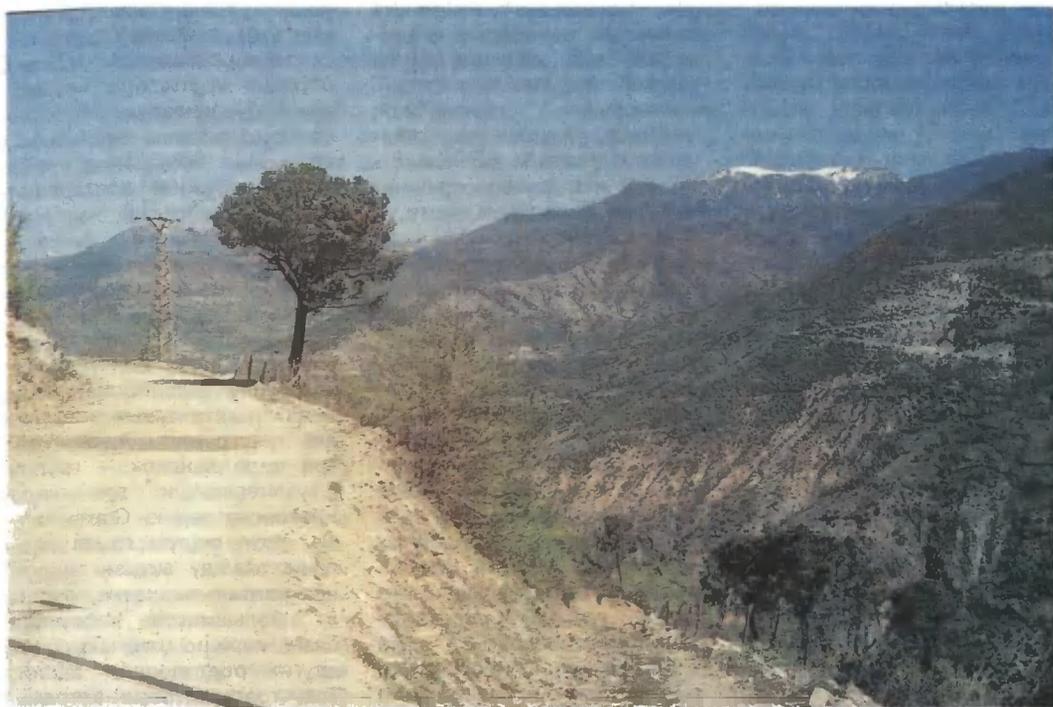
виды в долине Чороха занимают иногда очень ограниченные пространства. Например, сосна итальянская (*P. pinea*) представлена лишь небольшой разреженной рощицей на левобережье Чороха ниже Артина, а земляничное дерево (*A. andrachne*)

образует две рощи: довольно густую и обширную на левом берегу и небольшую — на правом, почти напротив сосны итальянской.

Заросли ладанников со многими их кустарничковыми и полукустарничковыми спутниками (дроком, тимья-

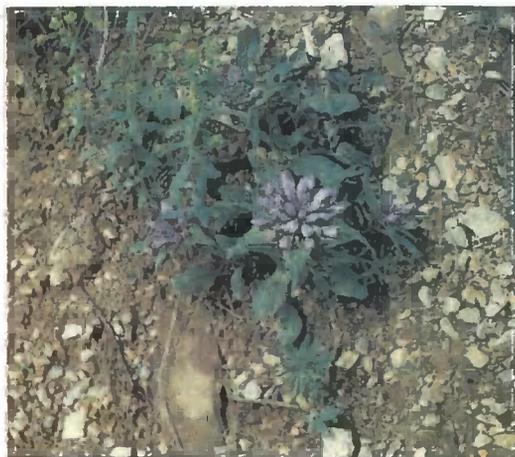
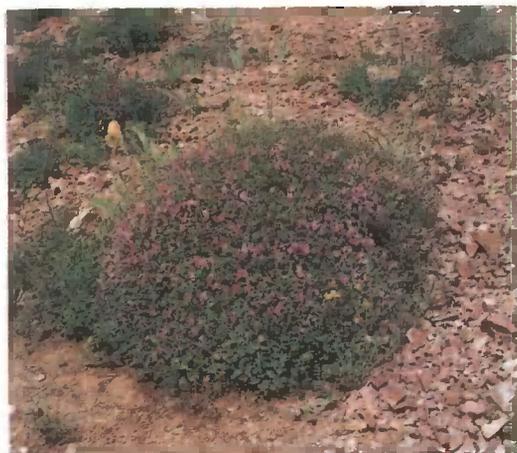
ном, фуманой, солнццветом, кустарниковым жасмином, амаракусом круглолистным) сосредоточены между Борчкой и Арданучем (город на р. Копулер, владающей в Берту в ее нижнем течении).

Только близ Артина



Сосна итальянская. Слева — единичное дерево у дороги, справа внизу — роща. Вдали — горный массив Карчхал.

Фото А.П.Хохрякова



мы обнаружили местообитания ксерофитного папоротничка *Cheilanthes persica* и характерного для Средиземноморья паразитного растения *Sutinus hypocistis* из тропического семейства раффлезиевых. Ни в одной из последних сводок по

флоре Турции этот вид для бассейна Чороха не значится⁶. Создается впечатление, что у чорохского средиземноморского анклава есть

⁶ Alpınar K. Some contributions to the Turkish flora // Edinb. J. 1994. Bot.51. № 1. P.65—73;

Programme and abstracts IV-th plant life of southwest Asia symposium 21—28 Mayıs. İsmir, 1995; Demiriz H. An annotated bibliography of turkish flora and vegetation. Ankara, 1993; Donner J. Distribution maps to P.H. Davis «Flora of Turkey, 1—10» // Linzer biologische Beiträge, 22 Jahrgang, Heft 2, 28. Lnz, 1990. P.382—515.

свой «центр», где сосредоточено большинство видов и наиболее разнообразные типы растительности (дубняки, сосняки, гарига, ладанники, шибляк и др.). Этот центр находится близ г. Артина: начавшись ниже города, он захватывает немного устья р. Берты. Одни виды здесь из числа широко распространенных в Средиземноморье (ладанники, земляничное дерево, сосна италийская и большинство кустарников и кустарничков), а другие эндемичны, т.е. присущи только этому «острову». К последним принадлежат *Astragalus taochilus* — своеобразный полукустарник с головчатыми соцветиями, *Centaurea pecho* — не менее своеобразный василек со стелющимися побегами и белоопушенными снизу листьями, *Alysum artvinense*, отличающийся от всех близких видов белыми цветками, дрок артинский (*G.artvinensis*). Но самый массовый эндемик, притом характерный для всего чорохского бассейна, — дуб чорохский⁹. Некоторые ботаники считают его разновидностью дуба имеретинского, а в наиболее широком смысле — дуба каменного (*Q. petraea* ssp. *dshorochensis*), широко распространенного в странах Средиземноморья¹⁰.

Среди эндемичных видов бассейна Чороха и аджарской, и турецкой части встречаются также амаркус круглолистный, астрагалы Соммы и аджарский, зверобой аджарский, норич-

ник Сосновского, ромашка скальная, незабудка стержнекорневая, овсяница Дмитриевой, василек аджарский, колокольчик понтийский, жабрица Андронаки, желтушник сжатый. Большинство из них распространены во всей аджарской части, а в турецкой — лишь ниже Артина, но никогда — выше устья Берты.

Только на аджарском «острове» можно увидеть дрок аджарский, льянку аджарскую (*Ulnaria adzhagica*), василек Дмитриевой (*Centaurea dimitriewiae*), алцею закавказскую (*A.transcaucasica*). В турецкой же части эндемиков гораздо больше: помимо упомянутых *A.taochilus*, *C.pecho*, *A.artvinense* и дрoка артинского здесь растет белоцветковый, свисающий со скал колокольчик *C.betullifolia* и родственные ему *C.traegere* и *C.chorochensis*, близкие к астрагалу Соммы — *A.voropovianus* и *A.imbricatus*, а также чина Воронова (*Lathyrus voronowii*), Парасарыум артинский, астрагал чорохский (*A.czorochensis*), володушка щербнистая (*Bupleurum schistosum*), льянки ирпирская и артинская (*L.syspirensis*, *L.artvinensis*), колокольчик крупноплодный (*C.macrochlamys*), гвоздики артинская (*Dianthus artvinensis*) и Андроника (*D.andronakii*), вероника ольтинская (*Veronica oltensis*), яснотка чорохская (*Lamium tschorochense*), желтушник артинский (*Erysimum artvinense*). Большинство из них довольно широко распространены во всей турецкой части «острова», вплоть до его окраин и даже несколько дальше. Это, однако, несколько не противоречит представлению о флористическом единстве в бассейне всего Чороха, так как перечисленные виды встречаются в центре этого разнооб-

разия, т.е. близ Артина или в Артинском округе.

Флористическое своеобразие чорохского «острова» подчеркивается не только присутствием эндемиков, но в еще большей степени тем, что они составляют группы, или серии, из двухтрех и более близких видов. Например, три вида колокольчиков образуют серию *C.betullifolia*, три вида васильков — группу *C.pecho*, два вида желтушников — группу *E.contractum*, три вида тракагантовых астрагалов — серию *A.sommieri*, три вида льянок — группу *L.syspirensis* и три вида дроков — серию *G.artvinensis*. Хотя внутри групп различия между видами порой незначительны, сами группы в большинстве случаев очень хорошо отличаются от других родственных серий. Так, тракагантовые астрагалы группы *A.sommieri* имеют явно утолщенные побеги, а листочки гораздо более широкие, чем у прочих тракагантов. Почти то же внутрigrупповое сходство наблюдается в прочих сериях за исключением, пожалуй, льянок, которые принадлежат к довольно полиморфному циклу форм *L.genistifolia* и дроков из группы *G.tinctoria*. Достаточно своеобразны и многие эндемичные виды, не образующие близкородственных серий (например, колокольчик понтийский, бурачок артинский, чина Воронова, володушка чебристая, ромашка скальная, но в наибольшей степени — колокольчик крупноплодный, внешне несколько напоминающий колокольчик сборный). Свообразие его настолько велико, что известный знаток семейства колокольчиковых А.А.Колаковский выделил его в самостоятельный монотипный род — *Sachokella*, названный так в

⁹ Хохлаков А.П. Родовой эндемизм в связи с проблемами флористического районирования на примере Кавказа и сопредельных территорий // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1991. Т.96. № 6. С.96—109.

¹⁰ Меницкий Ю.Л. Дубы Азии. Л., 1990.

честь не менее известного знатока флоры и растительности Кавказа М.Ф.Сахокия¹¹.

Благодаря наличию своего собственного эндемичного рода чорохская средиземноморская флора столь своеобразна, что вполне заслуживает выделения занятой ею территории в самостоятельную флористическую провинцию в одном ряду с крымско-новороссийской или восточно-средиземноморской. С первого взгляда это кажется довольно смелым предложением. Однако помимо собственного рода здесь достаточно много своеобразных эндемичных видов, которые входят в различные флористические комплексы бассейна Чороха. Это — лесная флора колхидского типа, господствующая на причерноморском склоне Понтийского хребта, в долине р.Аджарис-цхали и северной части бассейна Чороха; высокогорная альпийская флора горных хребтов и флора ирано-туранского типа, граничащая со средиземноморской в южной части этого бассейна, еще более ксерофильная, чем средиземноморская. Но в ирано-туранском комплексе чорохского «острова» эндемиков не выявлено, и потому его южная оконечность может считаться лишь частью восточноанатолийской провинции ирано-туранской флористической области. Эндемичными дифференциальными родами этой провинции (т.е. такими родами, которых нет более ни в какой другой флористической провинции) можно считать чихачевию (*Tchihatchevia*) из семейства крестоцветных и физокарда-

мум (*Physocardium*) из семейства бобовых. Чихачевия — монотипный род, названный в честь русского путешественника по Анатолии и известного географа прошлого века П.А.Чихачева. Это растение очень красиво в пору цветения, когда развивается крупное малиновое соцветие, а во время плодоношения поражает густым щетинистым опушением. Северо-восточная часть ее ареала очень близко подходит к границам бассейна Чороха, но в его пределах не отмечена.

Своеобразие двух других флористических комплексов чорохского «острова» (и прилежащей к нему с севера черноморского побережья) достаточно велико. Прежде всего в составе колхидской флоры присутствуют многочисленные представители вересковых как широко распространенные, так и эндемичные. К первым относятся понтийский и кавказский рододендроны, понтийская, или желтая, азалия, кавказская черника, к редким — земляничное дерево (*A.unedo*), эрика древовидная, обыкновенный вереск (*Calluna vulgaris*) и брюквенчатия (*Bruckenthalia spiculiflora*), а к эндемичным — рододендрон Унгерна и Смирнова (*R.ungeri*, *R.smirnowii*), но в особенности — *Epigaea gaultherioides* и открытый относительно недавно, в конце 50-х годов, на северо-восточной оконечности Понтийского хребта *Rhodothamnus sessilifolius*¹². Своеобразие их подчеркивается тем, что близкие к ним виды распространены совсем в иных ботанико-географических областях: у первого — в Китае, Японии и США, у второго — в восточных Альпах.

Среди эндемиков бассейна Чороха колхидского комплекса — ирис лазистанский (*Iris lazica*), выделяемый с двумя другими близкими видами, распространенными в восточном Средиземноморье, в олиготипный род *Syphonostylis*, а также первоцвет крупнолистный (*Primula megaseifolia*), камыш колхидский (*Scirpus colchicus*), лилии понтийская и артинская (*L.ponticum*, *L.artvinense*), подснежники рязский и Краснова (*Galanthus rzhahensis*, *G.krasnovii*), колокольчик двупильчатый (*C.biserrata*), османтус красивый (*Osmanthus decorus*), дряква мелкоцветковая (*Cyclamen parviflorum*).

Принимая во внимание, что ранее *E.gaultherioides* выделялась в самостоятельный род — *Orphanidesia*, аджаро-лазистанский участок Колхиды можно было бы приравнять к флористической провинции или во всяком случае подпровинции.

Есть и высокогорные эндемики в бассейне Чороха и на окружающих его высокогорьях. Это береза Медведова (*B.medwedewii*), шлемник понтийский (*Scutellaria pontica*), лютики — *Ranunculus obesus*, *R.tempskianus* и *R.vermirrhizus*, лапчатка савальская (*Potentilla savalensis*), камнеломка артинская (*Saxifraga artvinensis*), ясменник понтийский (*Asperula pontica*), вайда Павла (*Isatis pavli*), беллевалия удивительная (*Bellevalia paradoxa*), сурепка цельнолистная (*Barbarea integrifolia*), скабиоза аджарская (*Scabiosa adzharica*), бодяки аджарский и румяный (*Cirsium adjaricum*, *C.punicatum*), крокус арвинский (*Crocus artvinensis*), яснотка армянская (*Lamium armenum*), володушка пограничная (*Vupleurum terminum*), лук аджарский (*Allium adzharicum*), астрагал — *A.co-*

¹¹ Колаковский А.А. Колокольчиковые Кавказа. Тбилиси, 1991.

¹² Cullen O. Ericaceae. Flora of Turkey. 1972. V.6.



Бурчок артевинский.

Фото А.П.Хохрякова



Калокольчик березолистный.

Фото А.П.Хохрякова



Рододендрон понтийский.

Фото Х.Вримана

adunatus.

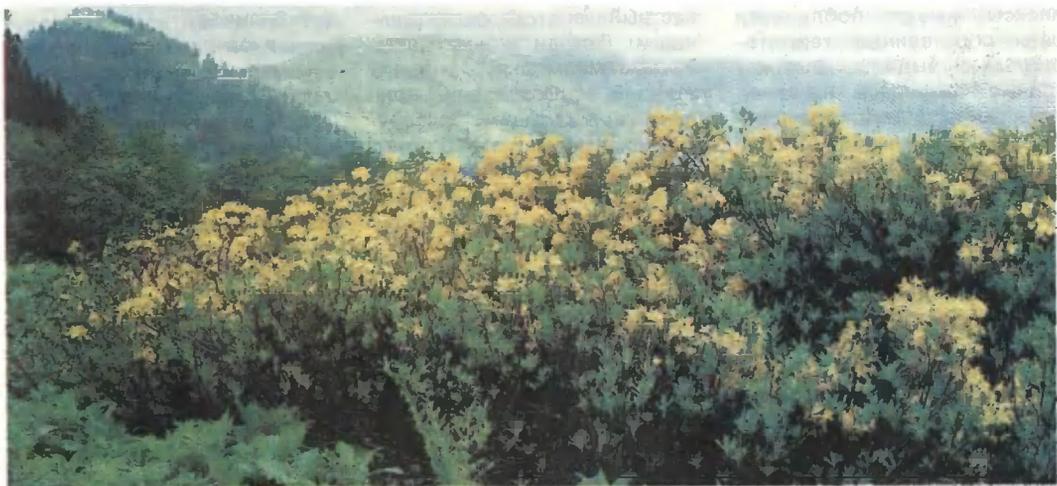
Все они, как и эндемики двух других флористических комплексов, весьма разнообразны: от слабо отличающихся видов, образующих с ними теснородственные группы (например, *Potentilla savalensis* — *P.brachypetala*, *Saxifraga arvinensis* — *S.juniperifolia*, *Cirsium puniceum* — *C.adjaricum* —

S.caucasicum, *Isatis pavii* — *I.araratica*), до очень хорошо очерченных (*Scutellaria pontica*, *Ranunculus obesus*, *Asperula pontica*). Но первое место среди них бесспорно занимает беллевалия удивительная, первоначально описанная в составе рода *Muscari*, затем перенесенная в *Hyacinthus*, а ныне помещаемая в род *Pseudomuscari*¹³. Она, как и эпигея, сахокиел-

ла или ирис лазский, достигает «субродового» уровня. Если придерживаться той логики, что ранг какой-либо фитохории тесно связан с систематическим рангом ее эндемиков, занимаемая этими «субродами» территория может претендовать на уровень подпровинции.

Большинство высокогорных эндемиков распространено на Понтийском хребте и западных окончаниях Шавшетского и Аджаро-Имеретинского, но некоторые — в их восточной части и на Арсиянском хребте. Это прежде всего лютики, а также володушка пограничная, сурепка цельнолистная, яснотка армянская. Впрочем, ту или иную печать своеобразия в отношении эндемиков носит каждый из хребтов, подверженных воздействию климата колхидского типа. Высокогорья же хребтов, на растительности которых сказывается влияние климата внутренней Анатолии или Армянского нагорья, совсем иные: здесь господствуют ксерофиты — колючие (например, эспарцет рогатый) и мягкие (например,

¹³ Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб., 1995.



Азалия желтая.

Фото Х.Врмана

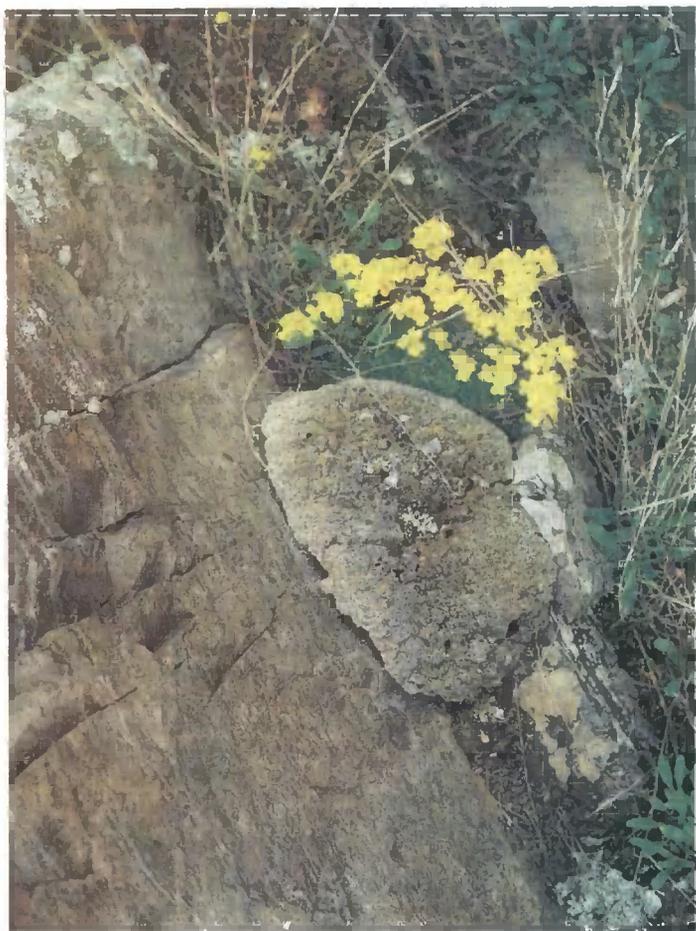
Крупка жесткая.

Фото А.П.Хохрикова

тый) и мягкие (например, крупка жесткая) подушечники, но нет эндемиков, распространенных в бассейне Чороха.

Родственные связи высокогорных эндемиков не отличаются такой определенностью, как средиземноморские или колхидские (тяготеющие не только к Колхиде, но и к другим влажно-субтропическим областям Евразии и Америки). Наиболее точно их можно определить как высокогорные переднеазиатско-кавказско-гималайские.

Итак, из четырех флористических комплексов в бассейне Чороха в трех имеются эндемики и во всех трех (средиземноморском, колхидском и высокогорном) есть виды, достигающие субродового уровня. Кроме того, средиземноморский и колхидский ком-



плексы имеют поблизости свои собственные территориальные выделы. Высокогорные комплексы ныне не принято выделять в качестве самостоятельных фитоохрий, однако ранее это делалось¹⁴. Сейчас же возобладала точка зрения, что высокогорные флоры являются заключительным звеном растительности высотных поясов и целиком относятся к той фитоохрии, к которой принадлежит флора нижнего пояса. Это утверждение не кажется нам бесспорным, так как часто опровергается самими же ее сторонниками. К примеру, А.Л.Тахтаджян проводит границу между северной циркумбореальной областью и средиземноморской так, что первая вдается далеко на юг вдоль горных хребтов Апеннин и Балканских гор. Очень наглядно проявляется это и на Южном берегу Крыма, где средиземноморская флора отчетливо занимает лишь нижний гипсометрический уровень до высоты сосняков из сосны Палласа.

То же самое мы наблюдаем и на кавказском и малоазиатском побережьях Черного моря, с той лишь разницей, что нижний пояс средиземноморской флоры здесь сведен почти к одной литорали и как бы разорван на несколько изолированных фрагментов (Пицунда, район Гагры, Мюссера, Потти, Оф — Солаклы)¹⁵.

О.С.Гребенщиков, из-

вестный знаток растительности стран восточного Средиземноморья, долго живший в Югославии, пришел к следующему выводу: «Средиземноморский тип поясности в указанных широтах 35—40° с.ш. (т.е. всего на 1—2° севернее бассейна Чороха. — А.Х.) характеризуется такой последовательностью поясов: а) низкогорный летнезасушливый пояс вечнозеленых жестколистных лесов и их производных ценозов, замененный в более аридных районах поясом ксерофитного субсредиземноморского низкогорья («шибляка»), сухих степей или даже полупустынь и пустынь; б) среднегорный умеренно влажный пояс специфических средиземноморских хвойных лесов, замененных в редких случаях (при большом увлажнении) смешанными или лиственными лесами: в) высокогорный сухой пояс стелющихся кустарников, колючетравяных и высокогорных степей и криофильных травянистых формаций (в частности, кобрезиевников) — при большом увлажнении»¹⁶.

Если сравнить это описание с тем, что в действительности есть в бассейне Чороха, особенно в его внутренней части и на восточной окраине, то поясность растительности здесь вполне вписывается в тот средиземноморский тип, который определил О.С.Гребенщиков: в долине Чороха пролегает «летнезасушливый пояс ксерофитного субсредиземноморского низкогорья» типа шибляка-гариги, в высокогорьях — «пояс стелющихся

кустарников, колючеподушечников», а между ними — «умеренновлажный пояс средиземноморских хвойных лесов, замененных при большом увлажнении смешанными или лиственными лесами». Леса колхидского типа на черноморском побережье и севере чорохского бассейна можно рассматривать как непомерно разросшийся (вследствие избыточного увлажнения) среднегорный пояс смешанных, хвойных и лиственных лесов. В высокогорном поясе господствуют стелющиеся кустарники, и лишь на севере (Аджаро-Имеретинский, Шавшатский хребты и западный склон Арсиянского) к ним присоединяется также и высокогорная трава, которая, однако, не достигает здесь такой пышности, как на западной части Главного Кавказского хребта. Правда, из состава «вечнозеленых жестколистных лесов» в долине Чороха мало что осталось, всего только один вид земляничного дерева (*A.andrachne*) да несколько кустарников и кустарничков (пираканта, ладанник), но «субсредиземноморское ксерофитное низкогорье» здесь вполне типично. Не менее типична для Средиземноморья и высокогорная растительность с ее зарослями стелющихся кустарников, кустарничков и подушечниками.

Напрашивается вывод, что не только ксерофильная флора нижних уровней в самой долине Чороха и его притоков, но и вся растительность здесь, кроме, может быть, только северных и южных окраин, принадлежит восточносредиземноморской провинции средиземноморской области. Анализ эндемизма только подтверждает это: эндемики разной экологии и разной фитоценотической принадлежности (разных флористических комплексов) сосредото-

¹⁴ Кузнецов Н.И. Принципы деления Кавказа на ботанико-географические провинции // Зап. Имп. Санкт-Петерб. АН. 1912. № 14. С.871—897.

¹⁵ Кузнецов Н.М. Элементы Средиземноморской области в Западном Закавказье // Зап. Рус. геогр. о-ва. 1891. Т.23. № 3. С.1—190; Колаковский А.А. Растительный мир Колхиды. М., 1961.

¹⁶ Гребенщиков О.С. Вертикальная поясность в странах Средиземноморья в полосе 35°—40° // Геоботаника. Т.7. 1972.

точены почти на одной территории, по крайней мере в одном речном бассейне, составляющем единую фитохиорию.

Отсюда логически следует, что разница между колхидской флорой (занимающей «эвксинскую провинцию» и являющейся, как принято считать, частью европейско-сибирской) и собственно средиземноморской не так уж велика и по крайней мере не принципиальна. Поэтому эвксинская провинция может быть исключена из состава циркумбореальной области бореального подцарства и перенесена в подцарство древнесредиземноморское, в его средиземноморскую область.

Лишь с первого взгляда это кажется невозможным из-за слишком большой контрастности влажно-лесной колхидской флоры и ксерофильной жестколистной средиземноморской. Однако так же (если не контрастнее) выглядит влажно-лесная флора гирканской провинции (южное побережье Каспийского моря) на фоне окружающих ее еще более ксерофитных провинций, входящих в состав ирано-туранской области средиземноморского подцарства. Флористическое же единство Колхиды с Гирканом, всем Средиземноморьем, а также и Юго-Восточной Азией хорошо было продемонстрировано В.П.Малевым¹⁷. Наконец, наш известный ботанико-географ и систематик М.Г.Попов уже более 30 лет назад предлагал эвксинский участок Средиземноморья вместе с колхидским и понтийским округами отнести к древнему Средиземноморью. Правда, он никак не назвал провинцию, находя-

щуюся между южноевропейской и монгольской провинциями¹⁸. К такому районированию склонялись и многие другие известные ботанико-географы.

Если эвксинскую провинцию считать участком древнего Средиземноморья, то все Черноморское побережье Кавказа и Анатолии — это часть средиземноморской области, и тогда ни о каких «островах» и «анклавах» средиземноморской флоры ни на Черноморском побережье, ни в бассейне Чороха не может быть и речи. Можно говорить лишь о дальнейшем и более детальном расчленении самой эвксинской провинции. На наш взгляд, есть все основания выделить в ее составе «чорохскую», или аджаро-лазистанскую, подпровинцию, охарактеризованную нами с помощью ее трех основных флороценологических комплексов и их эндемиков. Северная граница этой подпровинции проходит по Аджаро-Имеретинскому хребту. Именно здесь находится северная граница ареалов рододендрона Унгерна, османтуса красного, березы Медведова, шлемника понтийского, беллевалии удивительной и других эндемиков.

С запада подпровинция ограничивается ареалами дуба чорохского, бурачка арвинского, сахокиеллы, многорядника Воронова и др. Западнее чорохской подпровинции лежит собственно эвксинская, а южнее — армяно-иранская провинция ирано-туранской области.

Замечательное отличие чорохской подпровинции как от соседних, так и от всего Средиземноморья (современного и древнего), — средоточие родов и видов семейства вересковых, в пер-

вую очередь эндемиков. Примечательно, что они имеются в составе всех флористических комплексов, от нижнего пояса до высокогорного, от болот до ксерофитных местообитаний, где земляничное дерево — чуть ли не единственный вид жестколистных лесов. С другой стороны, среди вересковых есть и циркумбореальные и циркумполярные виды (черника, брусника, голубика), обычные в высокогорьях. При этом первые два вида — широко распространены по всему Кавказу и в северной Анатолии, а последний — только в высокогорьях бассейна Чороха. Чорохская подпровинция не охватывает всего бассейна реки. С юга в него заходит армяно-иранская провинция ирано-туранской области, а с севера прилегает часть черноморского побережья, но она-то принадлежит, включая всю низменную Аджарию, чорохской провинции. Об этом свидетельствует наличие здесь немногих, но характерных эндемичных видов болотистых низменностей (*Rhynchospora colchica*, *Fimbristylis woronowii*) и предгорий (*Polystichum woronowii*, *Galanthus rizehensis*, *G. glaucescens*, *G. krasnovii*, *Ficaria popovii*, *Muscari colchicum*).

Указать западную границу подпровинции в настоящее время вряд ли можно с большой точностью. Ясно лишь, что она проходит не западнее Трабзона и не восточнее Солаклы — Оф, где находятся самые восточные форпосты ксерофитно-средиземноморских видов: земляничного дерева, эрики древовидной и ладанника критского. Б.К.Шишкин проводил эту границу по р.Каланема-дере, впадающей в Черное море около мыса Сюрмене между Трабзоном и Офом. Вероятно, так оно и есть.

¹⁷ Малеев В.П. Третичные реликты во флоре Кавказа // История флоры и растительности СССР. М.; Л., 1941.

¹⁸ Попов М.Г. Основы флорогенетики. М., 1963.

Женщина-гриб — чудо природы или памятник древних верований?

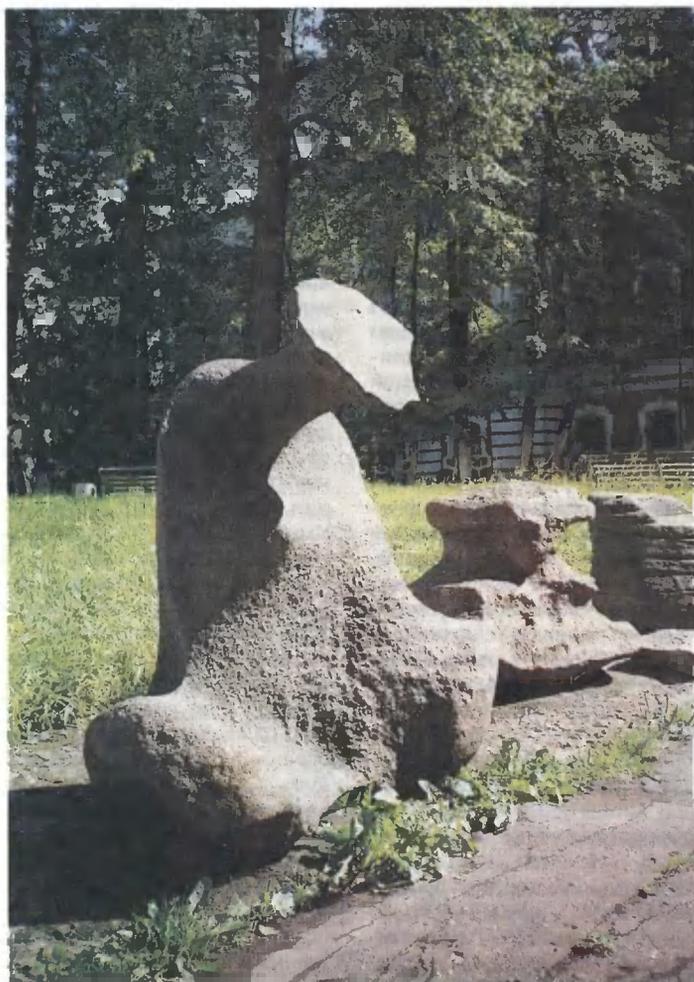
И. А. Захаров,

доктор биологических наук
Институт общей генетики им. Н.И.Вавилова
Москва

КУЛЬТ грибов, связанный с галлюциногенными свойствами некоторых из них, был распространен на огромных территориях Северной Азии и в Центральной Америке. Существует гипотеза, что божественный (и обожествляемый) напиток ариев сома, пришедший в Индию с севера, изготовлялся из каких-то грибов. Известны достаточно многочисленные петроглифы, изображающие людей-грибов, свидетельствующие о культе грибов в Сибири. Сохранились и скульптуры священных грибов, которым поклонялись древние жители Мексики и Гватемалы¹.

Свидетельства существования культа грибов у древнего населения Европы чрезвычайно малочисленны. Тем более интересна каменная скульптура, находящаяся в экспозиции Вологодского художественного музея, которая говорит о том, что и племена, жившие к западу от Урала, вероятно, поклонялись грибам.

Речь идет о «каменной зырянской бабе», которая в 1926 г. была доставлена в



© Захаров И.А. Женщина-гриб — чудо природы или памятник древних верований?

¹ Дэвлет М.А. Пляшущие человечки // Природа. 1976. № 9. С.115–123; Захаров И.А., Касперавичюс М.М. Грибы в мифах и обрядах. (Краткий очерк этномикологии) // Микология и фитопатология. 1981. Т.15. № 1. С.66–71.

музей из парка усадьбы с.Прибыткава (в 10 км от Вологды), принадлежавшей неким Волоцким. Точно не известно, откуда и когда эту и другие каменные скульптуры привезли в При-

Каменные бабы на территории Вологодского художественного музея.

Фото автора

быtkово. По семейному преданию, вологодский губернатор подарил камни, вывезенные из северных или северо-восточных районов Вологодской губернии при обращении зырян в православную веру, губернскому предводителю дворянства Д.Д.Волоцкому. Сохранилась фотография приbytkовского парка, датированная 1881 г., на которой видны эти камни, установленные на постаменты.

А.А.Рыбаков², описавший «каменных баб» вологодского музея, предполагает, что они, вероятно, относятся к одному из периодов протосаамской культуры позднелеолитического или энеолитического времени и датируются III-II тысячелетиями до н.э. Почитание

² Рыбаков А.А. *Художественные памятники Вологды XIII — начала XX века*. Л., 1980.

каменной и скал необычных, чаще всего антропоморфных очертаний хорошо известно у саамов, живущих ныне на Кольском п-ове и в Скандинавии. Саамы называли подобные камни сейдами, в которых, по их представлениям, обитали духи предков. Одни сейды были естественного происхождения, а другие — произведениями своеобразного художественного творчества. По мнению Рыбакова, соотношение форм и характера позы, а также специфическая фактура камня, напоминающая технику точечной обработки, позволяют предположить, что в это естественное каменное образование внес свою лепту человек, подчеркнув сходство камня с женской фигурой.

Скульптура представляет собой сидящую на скрещенных ногах женщину с удлиненной шеей, которая

завершается не головой, а чем-то плоским, более всего напоминающим шляпку гриба. Древняя антропоморфная фигура вызывает ассоциацию с произведениями художников XX в., особенно со скульптурами англичанина Г.Мура. Рядом с ней во дворе музея находится камень меньшего размера, также увенчанный грибоподобной шляпкой.

Если действительно человек только «подправил» естественные формы камня, то на вопрос, вынесенный в заголовок этой заметки, можно ответить утвердительно. Удивительное сходство с женской фигурой вологодской «каменной бабы» позволяет назвать ее чудом природы, а нахождение на севере Вологодчины по меньшей мере двух грибоподобных камней говорит о том, что обитавшие здесь древние зыряне поклонялись грибам.

КОРОТКО

Американские исследователи Д.Чизар и Х.Смит (D.Chizar, H.M.Smith; Университет штата Колорадо) проанализировали изображения на всех известных монетах, отчеканенных с 1800 г., в поисках среди них земноводных и пресмыкающихся. Опубликованный результат этой необычной работы авторы считают введением в новое направление нумизматики — нумизматическую герпетологию.

За последние почти 200 лет в 80 странах выпущено 1539 монет с герпетологическими мотива-

ми. Лидируют по количеству таких монет Китай и Мексика, однако изображения там имеют свою специфику: на китайских монетах только в 9 случаях изображены реальные пресмыкающиеся (змеи), а на 574 монетах красуются драконы (безусловно пресмыкающиеся, но — мифические); на мексиканских постоянно присутствует символический орел с гремучей змеей в когтях. Авторы указывают две российские монеты с герпетологической тематикой.

Кроме мифических драконов, на монетах довольно широко распространены реальные, но вымершие пре-

смыкающиеся — динозавры карбона, перми и триаса, а из современных — много змей, крокодилов и черепах, гораздо меньше — ящериц и гаттерий. Особенно «не повезло» земноводным: только на трех монетах изображены лягушки и на одной — саламандра.

Некоторые из герпетологических монет стоят не более номинала, но самая дорогая — золотая японская монетка в 2 йены (1874—1892) оценивается в 75 тыс. долл. США.

Электронное «пугало»

А. Д. Смирнов, В. Д. Ильичев, В. Я. Бирюков



Александр Дмитриевич Смирнов, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Центрального аэродинамического института, профессор Московского физико-технического института. Область научных интересов — вычислительная математика и техника, радиозлектроника, техническая экология.



Валерий Дмитриевич Ильичев, доктор биологических наук, заведующий лабораторией экологии и управления поведением птиц Института проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН, профессор Российского университета дружбы народов, член академий и научных обществ. Автор 20 монографий и учебников в области биоакустики, орнитологии, прикладной экологии, управления поведением. Научный руководитель Временного научно-технического коллектива (ВНТК) «Птица».



Виктор Яковлевич Бирюков, доктор технических наук, профессор Рижского авиационного университета. Работает в области конструирования технико-экологических репеллентов на биоакустической основе, прикладной электроники, биоакустики. Главный конструктор ВНТК «Птица».

ЗАЩИТА урожая от птиц заботит человека с тех доисторических времен, когда он впервые «одомашнил» дикие растения и стал возделывать их на своих полях и огородах. Подсолнух с самого начала был для птиц наиболее привлекательной культурой. Таким он и остался на все последующие тысячелетия — и сегодня мы наблюдаем многотысячные стаи грачей на полях созревающего подсолнуха.

Видимо, сам человек был первым репеллентом: отпугиванием птиц от посевов ему пришлось заниматься задолго до нашей эры. Об этом свидетельствуют египетские фрески и греческие вазы, изображающие борьбу земледельцев с поедателями урожая птицами. Конечно, уже тогда человек располагал набором отпугивающих средств, который пополнялся в последующие века, вплоть до наших дней. Как бы то ни было, многие из этих устройств дошли до нас в неизменном или модифицированном виде.

ТЕХНИКА НА ПЕРВЫХ РУБЕЖАХ

Чучела, трещотки, гирлянды и другие подобные им средства, пришедшие из далекого прошлого, техникой можно назвать лишь условно.

В 60-х годах XX в. на помощь человеку пришла электроника. Сначала первые портативные магнитофоны использовали в исследовательских целях — для записи и воспроизведения голосов птиц.

Тогда же американский ученый Г.Фрингс и французский Ж.Жибан обнаружили, что скворцы панически реагируют на так называемые «крики бедствия». Эти звуки издавали птицы, схваченные человеком за раскрытые крылья или ноги.

Но вскоре выяснилось, что такая реакция свойственна и другим колониальным птицам, образующим массовые скопления. При этом на голоса особей своего вида, но обитающих в отдаленной местности, птицы реагируют гораздо хуже, чем на звуки других видов, живущих по соседству. Так возникли предпосылки для создания репеллентов на биоакустической основе.

Первые успехи «магнитофонных» репеллентов вызвали у пользователей нечто, напоминающее эйфорию. Однако постепенно восторги практиков стали остывать, поскольку птицы довольно быстро привыкали к воспроизведению магнитофонных записей и почти не реагировали на них.

Специальные исследования показали, что причина такого поведения птиц кроется в воспроизводящей технике, тогда еще далекой от совершенства: после многократного прокручивания ленты птичий голос искажался до неузнаваемости.

В 80-х годах эта проблема частично была снята, однако дороговизна высококачественных портативных магнитофонов делала их недоступными для земледельцев. Кроме того, привыкание (хотя и с запозданием) все же наступало. Не помогала и смена записей на свежие. Поскольку любая особь издает множество вариантов

«крика бедствия», лучше или хуже действующих на других птиц (своего вида или чужих видов), было предложено составлять сменные композиции, делая шаг к синтезу репеллентного сигнала.

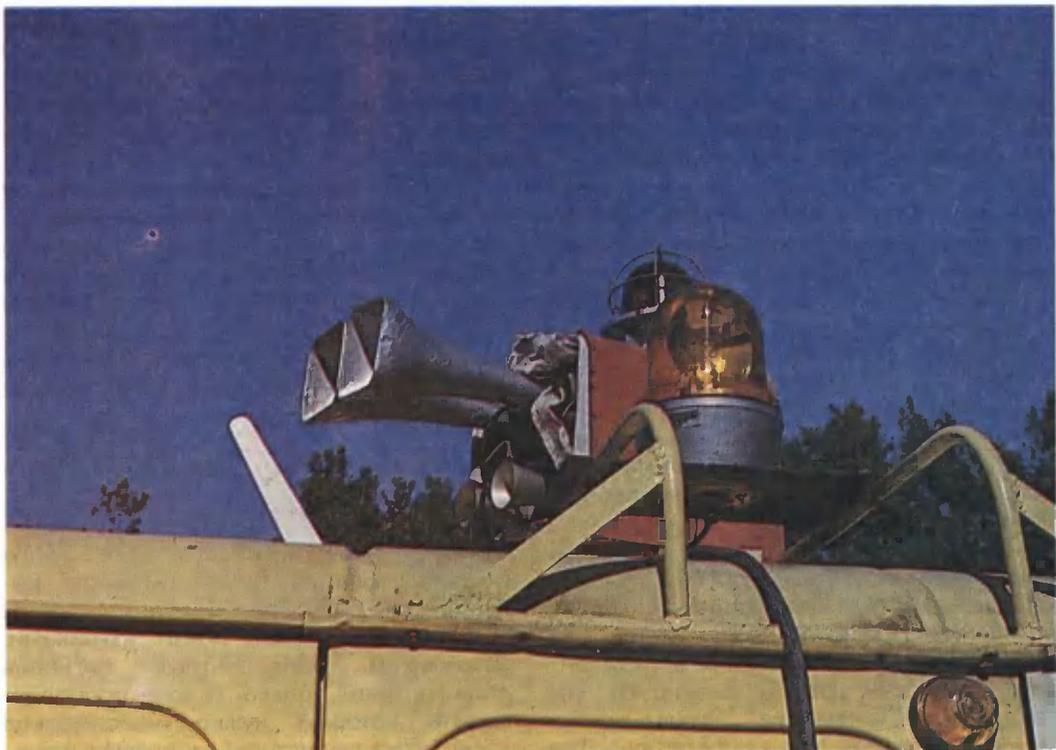
Так как подобные приемы не только усложняли работу земледельцев, но и не давали надежного эффекта, биоакустические репелленты стали вызывать у них скепсис. Новые возможности в создании и применении этого метода появились лишь с развитием электроники и вычислительной техники.

ИМИТИРОВАТЬ ИЛИ СИНТЕЗИРОВАТЬ?

Практический опыт 70—80-х годов в использовании биоакустических репеллентов базировался на нескольких положениях, ставших почти правилами: источником репеллентных сигналов должен быть только голос, воспроизводить который нужно максимально точно и на качественном магнитофоне.

После того, как эти правила показали свою несостоятельность, в США отказались от биоакустических репеллентов и стали использовать химические вещества, в том числе и авицидного, т.е. убивающего птиц, действия. В этом направлении в США и Канаде в последующие годы были достигнуты положительные результаты, хотя и чреватые своей явной антиэкологичностью, поскольку уничтожались птицы, регулирующие численность вредных насекомых.

Европейские экологи, учитывая негативные стороны применения химических веществ, продолжали работать с биоакустическими репеллентами. Такие работы велись и в России, причем настолько успешно, что на базе Института эволюционной морфологии и экологии животных РАН, с участием ученых и инженеров Рижского авиационного университета и Института зоологии бывшей АН Литовской ССР и других учреждений, были разработаны технические устройства, переданные для тиражирования Киев-



скому заводу № 20 Аэрофлота, где было налажен их выпуск.

Чем же отличались эти устройства? К тому времени уже было ясно, что имитация птичьих голосов в чистом виде не давала устойчивого отпугивающего эффекта. Поэтому в репеллентные сигналы устройств была включена техногенная составляющая, дискомфортно действующая на птиц и выполняющая роль своеобразного безусловно-рефлекторного «подкрепления». В качестве такой составляющей использовались широкополосные шумы.

Известно, что действие некоторых шумов, воспроизводимых техническими средствами, вызывает неприятное ощущение. Специалисты-психологи давно и всесторонне изучают звуки, вызывающие дискомфортные ощущения подобного типа.

В 50-х годах Тиссен с сотрудниками попробовали использовать в качестве репеллентов против птиц техногенные шумы высокой интенсив-

ности. Эти опыты кончились неудачей. Впрочем, их можно было и не проводить. Ведь известно, что на взлетной полосе аэродрома, где уровень шума двигателей взлетающих и садящихся самолетов намного превышает 160 дБ, спокойно кормятся голуби и вороны, а ласточки или скворцы устраивают свои гнезда буквально под колесами проносящихся поездов.

Для дальнейших поисков эффективных репеллентных средств нужны были новые подходы. А что если объединить в одном репелленте сигнально-экологические и техногенные звуки? Первые информируют, вторые — дискомфортно действуют. Может быть, такой синтез уменьшит недостатки каждого и усилит отпугивающий эффект. В таком случае репеллент будет сигнализировать о наличии реально действующего дискомфортного фактора, становясь более убедительным для пернатых.

Вскоре эксперименты показали,

*Излучатель мобильной био-акустической установки (БАРС) на крыше машины.
Фото В.Я.Бирюкова*



*Последняя модификация био-акустического репеллента БАУ-М перед работой.
Фото В.Д.Ильичева*

что найден правильный путь. Теперь предстояло выбрать из многих сочетаний наиболее действенные и эффективные. Все остальное уже зависело от возможностей техники и совершенствования технологии, а также режима воспроизведения репеллента в конкретных хозяйственно-экологических условиях.

«БЕРКУТ», «СКВОРЕЦ» И ДРУГИЕ

Приступая к созданию технических репеллентов, сотрудники ВНТК стремились связать свои изделия с конкретными эколого-хозяйственными задачами.

По экспертным оценкам общие потери от птиц на территории бывшего СССР составляли около 2 млрд. руб./год (в ценах тех лет и без учета ущерба в индивидуальных хозяйствах). Сюда входили ремонтные работы по ликвидации аварий, вызванных столкновением самолетов с птицами (более ста гражданских самолетов в год) и

повреждением линий электропередач, затраты на очистку памятников от помета. Птицы наносили большой ущерб декоративным поверхностям зданий, в том числе на территории Московского Кремля, обдирая позолоту с куполов церквей и тем самым усиливая коррозию подложенного металлического листа.

Однако больше всего от птиц страдало сельское хозяйство. В крупных рыбхозах на юге бывшего СССР чайки, бакланы и другие рыбацкие птицы выедали ежегодно до 800 т рыбной молоди.

На плантациях косточковых и виноградниках потери урожая доходили до 20%. На юге Украины, особенно в Крымской области, скворцы уничтожали до трети урожая черешни и вишни. При этом значительный ущерб наносился лучшим сортам, урожай которых экспортировался в другие страны.

В последние годы значительно усилились налеты птиц на клубничные

плантации и яблоневые сады в южных и центральных регионах России. Скворцы, дрозды, даже дятлы и врановые в период созревания урожая расклеивают лучшие плоды. Обширные поля зерновых и масличных культур в значительной степени страдают от воробьев, грачей и других птиц. В среднем общие потери на некоторых полях достигают 15%, иногда — до 30% и выше.

При создании репеллентной техники для сельского хозяйства необходимо учитывать конкретные условия их применения. Так, защита виноградных плантаций или зерновых полей, охрана молоди рыб или клубничных грядок требует от репеллентов различных характеристик и разной техники. В связи с этим разработано целое семейство репеллентов, предназначенных для работы в различных отраслях, — «Барс», «БАУ-3», «БАУ-7», «БАУ-8», «Беркут», «Скворец», «Внуково» и др.

Одновременно с репеллентами создавались вспомогательные средства для доставки технического устройства к массовому скоплению птиц. Так появились радиоуправляемые модели хищных птиц и легкие катамараны, а также специальные мотоделтапланы. Самый мощный репеллент «Внуково», фактически лаборатория на колесах, устанавливался на миниавтобусе.

Самый легкий и малогабаритный репеллент этой серии «Скворец» предназначался для отпугивания скворцов и дроздов от приусадебных грядок клубники. Тиражируемый одним из рижских заводов, с шестью батарейками он весил около одного килограмма и стоил в те годы 200 руб. Простой в эксплуатации, он автоматически включался с интервалами, заданными ему владельцем.

В связи с тем, что «Скворец» использовался преимущественно на дачных и приусадебных участках, в непосредственной близости от жилых домов, снабженных электроэнергией, в последних его модификациях предусматривалось сетевое питание. «Скворец» работал на безмагнитофонной основе и микропроцессорных схемах,

его «голос» объединял сигнально-экологические и техногенные компоненты и был заложен в ПЗУ при тиражировании. Режим звукоизлучения и его характеристики регулировались двумя ручками, поэтому пользоваться им очень просто.

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ

Используя опыт, накопленный при создании первого поколения технико-акустических репеллентов, мы начали разработку специализированных средств с применением самой современной радиоэлектронной технологии и в соответствии с запросами сельского хозяйства.

Особое внимание мы обратили на защиту от грачей полей подсолнуха. Как показали полевые наблюдения, грачи не столько выедали семена подсолнуха, сколько вытряхивали их из корзинок.

Экспериментальной площадкой по изучению кормового поведения грачей стали поля колхоза «Прогресс» Одесской области общей площадью 120 га, где в 1992 г. был испытан опытный образец технического репеллента «Грач». В его создании участвовали Ю.И.Меньшенин и С.С.Золотарев. Проведенные испытания подтвердили эффективность биоакустических репеллентов для защиты полей подсолнуха от грачей.

В 1993 г. работа продолжалась на договорной основе с колхозами им. Гагарина и «Дружба» Оренбургской области. Финансирование было обеспечено в значительной степени фирмой НИЦЦА (В.Е.Шепелев). Технической частью работы руководил А.Д.Смирнов (Академия технической экологии), в работе участвовали В.Г.Дробышев, С.С.Золотарев и Ю.И.Меньшенин.

Репеллент тиражировался на базе Академии технической экологии под названием «БАУ-М», всего было выпущено 4 опытных экземпляра для отпугивания птиц от полей подсолнечника Оренбургской области на площади до 400 га.

БАУ-М — безмагнитофонное акустическое устройство автомобильного базирования, с суммарной выходной пиковой мощностью электрического сигнала 600 Вт, предназначенное для работы в полевых условиях. Акустические излучатели (до 4 штук), с номинальной суммарной мощностью 200 Вт, работали в диапазоне частот от 500 до 5000 Гц, длительность репеллентного сигнала составляла 10—12 с.

В репелленте использовались сигнально-экологические и техногенные компоненты, концовка репеллента состояла из мощных импульсов, имитирующих ружейную стрельбу.

Первое воздействие проводилось на близком расстоянии от птиц — в ответ на репеллентный сигнал грачи поднимались в воздух и покидали поле. В большинстве случаев они долго не возвращались на кормежку. Оказалось, что наибольший отпугивающий эффект вызывает концовка сигнала. Даже так называемые «упорные» грачи, не реагирующие на многократный репеллентный сигнал, надолго прекращали кормежку, проявляя ориентировочную реакцию «на месте».

Несмотря на высокую интенсивность излучения и мощность акустической установки, грачи, находившиеся в центре квадратных полей, реагировали слабее на действие репеллента, чем птицы на окраине поля. В то же время окраинные грачи, вспугнутые репеллентом, длительное время с криками летали над полем, с некоторой задержкой увлекая за собой еще кормящихся птиц. В конце концов вся стая покидала поле, перемещаясь на запасные места кормежки — свалки, свежеспаханные и сжатые поля, где оставались длительное время.

Усиливал репеллентный эффект отстрел одиночных грачей в начале проведения работ, после чего стая лучше реагировала на звуки стрельбы, содержащиеся в сигнале.

Хороший подкрепляющий эффект давали ракеты (ружейные и пускового устройства), сопровождающие репел-

лентный сигнал. Зеленые ракеты действуют на птиц лучше, чем красные, однако применение серийных сигнальных ракет ограничено противопожарной безопасностью.

Испытания проводили во время достижения молочно-восковой спелости подсолнухов, когда на полях кормилась местная популяция, и в период полного созревания, когда ее сменяли пролетные грачи. Птицы усаживались на склоненные корзинки подсолнечника, извлекали спелые семена и, уложив по краям, расклевывали. При этом корзинки сотрясались и спелые семена высыпались.

Поскольку местная популяция оказалась менее многочисленной и птицы перемещались по постоянным, привычным маршрутам, их отпугивание с помощью репеллентного устройства не вызвало больших трудностей. Эффективность работы повышалась, если птиц отваживали от будущих мест кормежек еще до наступления периода созревания семян.

Пролетные грачи тоже хорошо реагировали на репеллент и быстро покидали поля. Однако их перемещение носило непредсказуемый характер, что не позволяло заранее подготовиться к репеллентному воздействию. Как показали эксперименты, грачи, кормящиеся поблизости от своих гнездовых колоний, наиболее устойчивы к действию репеллента.

Таким образом, новое акустическое устройство БАУ-М способно решать самые сложные репеллентные задачи — достаточно эффективно защищать от птиц значительные территории, что до сих пор не удавалось. Результаты репеллентных работ на территории колхозов показали, что потери от грачей составили менее 10% (против 40% в тех случаях, когда акустические репелленты не применяются). Об эффективности метода свидетельствует и тот факт, что зимой 1994 г. заявки на проведение репеллентных работ против грачей поступили уже от 20 колхозов Оренбургской области, занятых выращиванием подсолнуха.

Космические исследования

«Хаббл» сфотографировал поверхность Марса

ДЕТАЛЬНЫЕ изображения всей поверхности Марса были получены в конце февраля 1995 г. Космическим телескопом им. Хаббла, когда он находился на околоземной орбите, в 103 млн. км от объекта фотосъемки.

Удивление исследователей вызвал тот факт, что облачность на Марсе оказалась на этот раз более плотной, чем когда-либо ранее. Очевидно, это было вызвано похолоданием на планете; по-видимому, водяные пары в атмосфере

замерзли, образовав облака из ледяных кристаллов.

Космический телескоп им. Хаббла смог различить объекты размером от 50 км в диаметре, в том числе многие кратеры, возникшие в результате падения на Марс различных небесных тел.

На снимке района Фарсида (около 160° долготы) запечатлен огромный щитовой вулкан-гора Олимп; его поперечник у основания достигает 500 км (на фото он расположен правее центра и виден как светлый полумесяц). Теплый воздух вулкана, сносимый ветром, образует гряду ледяных облаков. Далее, в юго-восточном направлении, над цепочкой вулканов (с севера на юг — горы Аскрийская, Павлина и

Арсия) хорошо просматривается облачное образование, по форме напоминающее букву W. Многократно появляясь здесь и исчезая, это необычное образование вызывало недоумение у наземных наблюдателей и прежде.

На снимке района долин Маринер (близ 60° долготы) различима 25-километровая вершина вулкана Аскрийский, пронзающая облачный покров в середине лимба планеты. Геологический и геофизический интерес представляет собой хорошо различимая в нижней

Снимки различных районов Марса (описание в тексте).



левой части изображения гигантская система рифтовых долин, которая по протяженности не уступает, например, Соединенным Штатам Америки. Вблизи от центра этой фотографии лежит бассейн Хриса с его хаотической топографией, образованной скоплением кратеров. Овальный бассейн Аргир (в нижней части снимка), возникший в результате падения некоего крупного тела, выглядит светлым пятном из-за скопления облаков или изморози.

Расположенная под 270° долготы область Большого Сирта по силуэту напоминает темный «акулий плавник». Ниже расположен гигантский кратерный бассейн Эллада. У восточного (правого) края лимба облачность скрыла несколько огромных вулканов в районе Элизий.

Мощные песчаные бури, охватившие недавно Южное полушарие Марса, «вымели» с его равнин мелкие частицы в северном направлении. На прежнем месте остались более грубые частицы и песок, обладающие меньшей отражательной способностью, что придало значительной части Южного полушария темную окраску.

Spaceflight. 1995. V.37. № 6.
P.196 (Великобритания).

Космические исследования

«Дешевый билет» до Луны

До сих пор при запуске на Луну различных космических аппаратов и кораблей использовалась так называемая орбита Хохмана. Сначала аппарат запускали на определенную околозем-

ную эллиптическую орбиту, а когда он достигал апогея, ему сообщали дополнительный импульс, переводящий его на окололунную орбиту, где он попадал в сферу лунного тяготения. Так, в частности, были направлены на Луну все астронавты по программе «Аполлон»; у них на полет уходило около 3 сут.

Иной, более выгодный в энергетическом отношении способ предлагают Дж.Мейсс с коллегами (J.Meiss; Университет штата Колорадо, Боулдер, США) в сотрудничестве с Э.Болтом (E.Bolt; Военная академия США, Вест-Пойнт). Они подсчитали энергозатраты, необходимые для достижения так называемой точки Лагранжа-2, т.е. пункта, где тяготение Земли и тяготение Луны становятся равными друг другу (эта точка расположена в 90% расстояния от нашей планеты на прямой, соединяющей ее с Луной).

Всякое тело, оказавшееся вблизи этой точки, «вынуждено выбирать», куда направиться — к планете или к ее естественному спутнику, если его скорость при этом окажется близкой к нулю. Возможно, ему предстоит большое число оборотов вокруг Земли, пока незначительные возмущения не направят его к Луне. Такие состояния хорошо описываются математической теорией хаоса.

Исследователи построили математическую модель системы Земля—Луна с перемещающимся относительно них искусственным небесным телом малой массы. Это позволило установить искомую орбиту, которая проходит через точку Лагранжа-2, а затем выводит аппарат на стабильную орбиту в 13 970 км от центра Луны.

Однако выявился недостаток подобного построения: орбита оказалась чрезвычайно вытянутой, и для достижения Луны потребовалось бы около 10 тыс. лет, а кроме того, она многократно «перевивается», образуя в пространстве «петли». Удалось вычислить, что петли можно «срезать», затратив совсем немного энергии перед самым подходом аппарата к соответствующей точке пространства. Построенная таким образом «урезанная» орбита проходит вокруг Земли всего 48 раз и всякий раз, когда Луна оказывается в достаточной близости, ее тяготение придает аппарату добавочное ускорение, пока он, наконец, не попадает в точку Лагранжа-2 со скоростью, необходимой для перехода на окололунную орбиту.

Такая операция позволяет сэкономить почти 50% горючего, расходуемого ныне для запусков на Луну. Благодаря этому полезная нагрузка космического аппарата или корабля может быть повышена на 83%.

Разумеется, эта модель не идеальна для запуска кораблей с экипажем, которому пришлось бы провести в космосе несколько лет, но для доставки на Луну различных несрочных грузов она дает значительные экономические преимущества. В перспективе строительства лунных баз этот метод представляется особенно выгодным.

Есть у описанного метода и еще одно полезное применение: он позволяет сравнительно легко вычислять наиболее оптимальный способ маневрирования для космических зондов, исчерпывающих запас горючего. Вот пример со спутником «ISEE» («International Sun-Earth Explorer»), запущенным

для изучения солнечного ветра, а затем, в 1985 г., перенацеленным на сближение с кометой Джакобини—Циннера. К тому моменту, когда у него оставалось лишь 100 кг горючего, была вычислена орбита, по которой спутник должен был сделать 5—6 оборотов вокруг Земли и еще 5 — вокруг Луны. Решение, принятое скорее по догадке и интуиции, оказалось правильным.

С использованием методики Мейсса—Болта подобные вычисления станут вполне обычными.

Physics Letters. 1995. V.204. P.373 (США); New Scientist. 1995. V.148. № 1998. P.19 (Великобритания).

Космические исследования.
Охрана окружающей среды

Космические «иголки» и «стог сена»

В феврале 1995 г. с борта космического корабля «Дискавери» были выпущены в околоземное пространство три металлических сферы и три отрезка проволоки, имеющих форму игонок. Этим положено начало работы по обнаружению и устранению из окрестностей нашей планеты скопившегося «мусора». Металлические шары диаметром от 5 до 15 см и «иголки» длиной от 4 до 13 см помогут специалистам в калибровке радарных наблюдений за тысячами обломков, оставшихся в космосе после запуска многочисленных объектов.

Находящийся на орбите «мусор» представляет собой реальную угрозу аппаратам и кораблям, особенно — обитаемым космическим станциям. При столкновении на возможной скорости до 22 км/с даже небольшую

гайку можно уподобить локомотиву, несущемуся со скоростью 100 км/ч. Борьба с такой угрозой начата в Линкольневской лаборатории Массачусетского технологического института (Кембридж, США) под руководством И.Купицеца (I.Kurics). Этой лаборатории принадлежит крупный Хайстекский радиолокатор дальнего действия, расположенный в Уэстфорде (штат Массачусетс).

Отвечающее за работу военных ИСЗ космическое командование вооруженных сил США уже ведет с помощью сети армейских радаров наблюдения за 7 тыс. находящихся на орбите тел, диаметр которых превышает 10 см. Составляется их каталог с указанием эфемерид (данных об орбите). В случае возникновения опасности сближения с ними хотя бы на 1,5 км курс космического корабля немедленно меняют.

Однако, по оценкам Купицеца, в околоземном пространстве существует не менее 15 тыс. объектов поперечником до 10 см, которые несут не меньшую угрозу космическим кораблям. Если корабль специальным щитом можно обезопасить от тела диаметром до 400 мкм, то чуть более крупное в состоянии пронзить его насквозь.

Начатый эксперимент призван наладить слежение за подобными телами. Имея информацию о размерах, форме, цвете и местоположении шести запущенных объектов, специалисты смогут «обучить» наземные радиолокаторы, в первую очередь — Хайстекский (название которого может быть переведено как «стог сена»), различать опасные предметы. Особенно ценны в этом отношении «иголки»: они помогут наблюдателям

определять частицы космического «мусора», имеющие неправильную форму, и моделировать их поведение. В течение года все запущенные тела должны были войти в плотные слои атмосферы и полностью сгореть.

New Scientist. 1995. V. 145. № 1965. P.6 (Великобритания).

Астрофизика

Космический лазер, наконец, открыт

Существование вынужденного (индуцированного) излучения, которое представляет собой испускание электромагнитных волн возбужденными атомами под действием внешнего (вынужденного) излучения, было постулировано еще А.Эйнштейном в 1916 г. Практическое воплощение эта идея получила только в 50-е годы: Ч.Таунс (Ch.Townes; Колумбийский университет, Нью-Йорк, США) избрал в 1955 г. первый мазер, усиливающий микроволновое излучение, а пять лет спустя был построен лазер — оптический квантовый генератор, являющийся источником когерентного излучения в видимой и прилежащих к ней ультрафиолетовой и инфракрасной частях спектра.

Проявление мазерного эффекта в природных условиях, в частности при наблюдении космических объектов, оказалось не столь уж безнадежной экзотикой. Лет 30 назад астрономы впервые открыли космический мазер — вынужденное излучение молекул межзвездной среды, которые сконцентрированы в газово-пылевых облаках, а энергию возбуждения получают от прилежащих звезд. В 1980 г. М.Мамма (M.Mumma; Центр

космических полетов им. Годдарда НАСА, Гринбелт, США) установил факт усиления инфракрасного излучения (длина волны 10 мкм) молекул CO₂ верхней атмосферы Марса в результате вынужденного солнечного излучения. Однако до сих пор никому не удавалось с уверенностью наблюдать лазерное излучение, которое поступает к нам из областей, лежащих за пределами Солнечной системы. Теперь этого добилась группа сотрудников Национального музея авиации и космоса в Вашингтоне, возглавляемая В.Стрельницким (V.Strelit-sky).

Используя в работе ИК-телескоп, установленный на самолете-обсерватории им.Койпера, они наблюдали газово-пылевой диск, который окружает расположенную в созвездии Лебедя горячую звезду MWC349 и находится от нас на расстоянии 4 тыс. световых лет. Установлено активное когерентное излучение этого диска в ИК-диапазоне. Кроме того, наблюдалось микроволновое излучение, которое астрономы интерпретировали как проявление атомно-водородного мазера. По их мнению, УФ-излучение звезды ионизирует атомы водорода, затем происходит захват электронов с последующим многоступенчатым переходом их на все более низкие энергетические уровни, что создает условия для генерации вынужденного излучения в микроволновой и далекой инфракрасной частях спектра.

Первые свидетельства существования в космосе лазерного излучения с длиной волны 52 мкм были получены с самолета-обсерватории им.Койпера еще в 1994 г. Наблюдение более сильного когерентного излучения этого объекта на волне 160 мкм в августе 1995 г. окончательно подтвердило его лазерный характер.

Диск звезды MWC349 имеет примерно такой же диаметр, что и орбита Земли (около 300 млн. км), и, вероятно, является остатком первичного облака, которое некогда коллапсировало, породив эту звезду-гигант с массой, превышающей солнечную примерно в 26 раз. По мнению Стрельницкого, естественное лазерное излучение, вероятнее всего, идет из внутренней части диска.

New Scientist. 1995. V. 147. № 1994. P.16 (Великобритания).

Астрономия

Международный проект изучения Солнца

В октябре 1995 г. международный коллектив астрономов и астрофизиков начал работы по проекту «GONG» («Global Oscillation Network Group» — «Группа глобального наблюдения за осцилляциями Солнца»). В проекте, осуществляемом под руководством американского астрофизика Дж.Лейбахера (J.Leibacher), участвуют обсерватории, распо-

ложенные в штате Калифорния, в Испании, Индии, Австрии, Чили и на Гавайских о-вах. Таким образом, Солнце находится под их постоянным круглосуточным наблюдением почти независимо от облачности над той или иной обсерваторией.

Основной объект исследований — колебания собственно поверхности Солнца (предмет гелиосейсмологии). Известно, что в результате активности в недрах звезды ее поверхность начинает вибрировать. Эти пульсации проявляются локальными вариациями излучения Солнца. Подобно тому как сейсмические волны, проходя через твердотельную оболочку Земли, позволяют судить о ее внутреннем строении, так колебания поверхности Солнца могут раскрыть картину физического состояния глубинных областей нашего светила.

Кроме этого, есть надежда путем регистрации колебаний поверхности Солнца разработать систему прогноза появления солнечных пятен на его обратной, невидимой с Земли стороне. Пятна служат своего рода «поглотителями» энергии тех волн давления, которые распространяются при вибрации Солнца.

Первоначальный этап проекта «GONG» рассчитан на 1000 сут., решение о его дальнейшем развитии еще не принято. В мае-июне 1996 г. предполагается опубликовать собранные данные.

New Scientist. 1995. V.148. № 1999. P.5 (Великобритания).

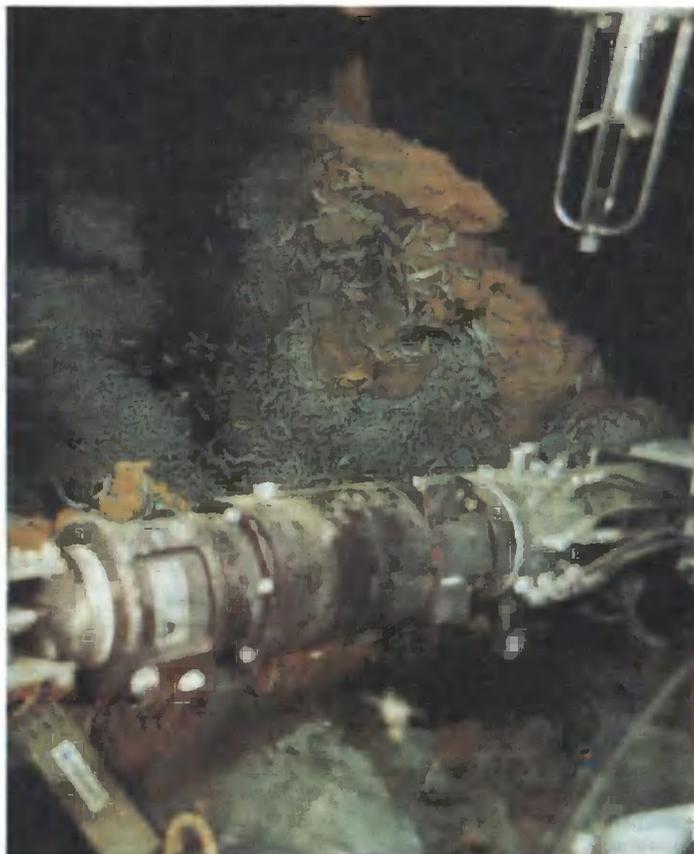
Креветки, которые, обжегшись на молоке, не дуют на воду

А. Л. Верещака

Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН

ЧИТАТЕЛИ, наверное, помнят об удивительных безглазых креветках-римикарисах¹ (*Rimicaris exosulata*), образующих гигантские скопления около выходов гидротермальных вод в Атлантическом океане на глубине 3—4 тыс. м. Впрочем, безглазых — не совсем точное определение, так как обычные глаза, хотя и рудиментарные и неспособные что-либо видеть, у них есть. Обладают они и особым органом зрения, позволяющим ориентироваться в тепловом (инфракрасном) диапазоне излучения. Поэтому креветки могут находить в полной темноте места выходов гидротермальных флюидов («вод»), где создаются наиболее благоприятные условия для роста хемосинтезирующих, окисляющих сероводород, бактерий — их единственного источника питания.

Летом и осенью 1994 г. в районе атлантических гидротерм (26° и 29° с.ш.) проводилась совместная англо-российская экспедиция, в которой с нашей стороны принимали участие сотрудники Института океанологии РАН. Это был 34-й рейс научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш». Для изучения гидротерм на глубинах 3—4 км использовались принадлежности инсти-



Скопления римикарисов у выхода гидротермального флюида.

Фотография лаборатории подводных исследований Института океанологии РАН

туту глубоководные обитаемые аппараты «Мир-1» и «Мир-2». Во время погружений аппарата креветок ловили специально разработанными приборами, слегка похожими на пылесос, только всасывают они не воздух

с пылью, а воду с животными. Кроме этого на дне устанавливали ловушки-верши с наживкой (головы трески), которые через несколько дней наполнялись креветками. Наконец, была сделана специальная ловушка-«помпа», с помощью которой можно прокачать большой объем воды в так называемых черных дымах — местах концентрации креветок — и собирать тысячи животных для самых разных

© Верещака А.Л. Креветки, которые, обжегшись на молоке, не дуют на воду.

¹ Несис К.Н. Глаза, чтобы видеть «кипяток» // Природа. 1990. № 7. С.90—91.

исследований. Этими орудиями в самом сердце гидротерм удалось поймать значительно больше креветок, чем за все предыдущие экспедиции.

Оказалось, что жизнь даже в гидротермальных оазисах, где много бактериальной пищи и почти нет врагов, все равно полна опасностей. Креветочное население — это почти сплошь калеки. У очень многих вместо антенн («усиков»), ножек или тельсона («хвоста») только обрубки с обгоревшим концом (максимальная температура гидротермального флюида 360°C). Доля таких калек — около 30%, причем их травмы еще можно назвать легкими. Большинство «тяжелораненных» креветок, видимо, погибает, и в наших пробах их не было. Случайно попала только одна, еще живая. Она являла собой ужасное зрелище: в ее карапаксе (панцире) зияла огромная дыра (около трети поверхности при взгляде сбоку) с обожженными краями. Так как креветки в течение жизни многократно линяют, все несмертельные повреждения при линьке заживают, а конечности восстанавливаются. Поэтому можно утверждать, что каждое животное за свою жизнь рано или поздно получает травму. По крайней мере следы затянувшихся ран можно найти почти у всех. Креветки явно не относятся к категории тех, кто «обжегшись на молоке, дует на воду». Что заставляет их калечить себя, вновь и вновь ныряя в кипяток?

Известно, что у римикарисов часть ротовых ножек сильно увеличена и густо покрыта, как и внутренняя поверхность сильно расширенного карапакса, длинными перистыми щетинками. Вся их поверхность в свою очередь плотно усеяна колониями хемосинтезирующих бактерий, производящих новое органическое вещество за счет энергии окисления сероводорода, который в избытке имеется в гидротермальном флюиде. Это дало основание предположить, что креветки разводят своеобразный «бактериальный огород» на своих конечностях, добавим — и на карапаксе.

Однако существует и другая гипотеза — креветки питаются в основном свободноживущими, а не симбиотическими бактериями. А увеличение размеров конечностей и карапакса (кстати, как и жабр) направлено на интенсификацию кислородного обмена: через тонкие покровы этот газ может свободно проникать внутрь организма. Чрезвычайная активность креветок, живущих при температуре 30—40°C, обусловлена высокоинтенсивным метаболизмом, и, хотя на глубинах содержание кислорода достаточно высокое, они нуждаются в усиленном дыхании. Симбиотические же бактерии служат лишь дополнительным источником питания.

Где же, однако, искать те скопления свободноживущих бактерий, которые могут прокормить мириады гидротермальных креветок? Если бы речь шла о Тихом океане, ответ был бы прост:

там образуются целые бактериальные маты, покрывающие в некоторых местах всю поверхность грунта. В Северной Атлантике на дне таких матов нет, и только в толще воды встречаются тряпкообразные куски, которые считаются обрывками этих матов. Может быть, бактерии поселяются на внутренних поверхностях многочисленных подповерхностных полостей, существование которых предсказано геологами? В таком случае обрывки бактериальных матов, выносимые наружу гидротермальными флюидами, могли бы быть основной пищей креветок. Естественно, концентрация таких обрывков должна быть максимальной именно в самой горячей части гидротерм, в отверстиях, через которые выходит флюид. Если это так, то понятно, почему креветки пытаются проникнуть как можно ближе к выходу флюида — чтобы первыми схватить обрывок бактериального мата. По крайней мере их пищеварительный тракт буквально забит частицами сульфида железа, основного компонента взвеси в гидротермальном флюиде.

Можно предположить, что постоянно идет отбор на самых «термостойких» креветок-авантюристок, забирающихся как можно глубже в кипяток. Именно они, если не сварятся, питаются лучше других и могут оставить после себя больше юных «сорвиголов». Такая у этих креветок жизнь — обжигаться в кипятке вновь и вновь.

Развитие отечественной рентгеновской спектроскопии

К. И. Нарбутт

В декабре 1995 г. минуло сто лет, как немецкий физик Вильгельм Конрад Рентген (1845—1923) сделал выдающееся открытие: обнаружил невидимые для глаза лучи. Отпечаток руки его жены — первый снимок в рентгеновских (или X-) лучах — обошел все ведущие научные издания мира. Ученый прекрасно понимал, какие широкие возможности сулит применение этого открытия, когда решил выпустить, по его словам, «черта из бутылки» (Природа. 1970. № 11. С. 83—88). Однако даже он не мог предвидеть в полной мере, сколь действенным и полезным окажется рентгеновское излучение.

Трудно охватить все сферы человеческой деятельности, где оно находит применение. Это прежде всего медицина (диагностика и терапия), геология и минералогия, астрономия, металлургия, химия, экология. Интенсивно развивающимися методами исследования вещества являются рентгеновская спектроскопия и рентгеноспектральный анализ. Статья доктора физико-математических наук К.И. Нарбутта знакомит с развитием этих областей науки в нашей стране, а также с теми, кто стоял у их истоков.



Константин Иосифович Нарбутт, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник-консультант рентгеноспектральной лаборатории Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов РАН. Основные работы посвящены исследованию электронного строения и химической связи атомов в химических соединениях и минералах методами рентгеновской спектроскопии.

ПЕРВЫЕ ШАГИ

Усилиями энтузиастов в 1932 г. на московском заводе «Редкие элементы»¹ была создана рентгеновская лаборатория, которую возглавил В.И. Затуловский. Ее тематика охватывала как рентгеноструктурную, так и рентгеноспектральную части. Проведением исследовательских работ руководил В.Я. Рискин. Уже в 1933 г. был смонтирован и введен в действие рентгеновский спектрограф Зеемана, закупленный в Германии. Были приобретены классические зарубежные монографии², потребность в которых была особенно острой в период овладения основами рентгеновской спектроскопии.

У химиков исследовательского отдела завода, находившихся под впечатлением недавнего открытия гаф-

© Нарбутт К.И. Развитие отечественной рентгеновской спектроскопии.

¹ Впоследствии завод был переименован в «Московский комбинат твердых сплавов» (МКТС).

² Siegbahn M. Spectroskopie der Röntgenstrahlen. Berlin, 1931; Compton A.H., Allison S.K. X-ray in Theory and Experiment. 1934.



Михаил Арныальдович Блохин (1908–1995).



Игорь Борисович Боровский (1906–1985).

ния и рения³, сделанного с помощью рентгеноспектрального анализа, новая лаборатория вызвала повышенный интерес. Выпускник физфака МГУ А.И.Любимцев и автор этой статьи, бывший в то время лаборантом, выполняли качественный рентгеноспектральный анализ (с грубой количественной оценкой) разных технологических проб на элементы группы лантаноидов (La—Lu), а также на U, Th, Bi, Pb, Au, Pt, Re, W, Ta, Hf, Zr и др.; пробы мы получали из заводских цехов, в том числе из радиового корпуса. Это было первое практическое применение рентгеноспектрального анализа в нашей стране⁴.

Важный этап в развитии рентгеновской спектроскопии связан с решением академика А.Е.Ферсмана создать в Ломоносовском институте АН СССР специальную лабораторию. Для ее

организации в штат были зачислены два физика — И.Б.Боровский и М.А.Блохин. В 1934 г. Игорь Борисович был командирован в Институт М.Зигбана (Швеция) — в то время наиболее авторитетный центр в области рентгеновской спектроскопии (РС). Там по его заказу изготовили два рентгеновских спектрографа. В 1936 г. приборы доставили в Ломоносовский институт, смонтировали и запустили. Их высоковольтное питание обеспечивалось с помощью реконструированных медицинских рентгеновских аппаратов. Основное отличие полученных приборов от спектрографа Зеемана состояло в наличии фокусирующих рентгенооптических систем (по Кошуа и Иоганну). Кроме того, они были оснащены быстродействующими молекулярными вакуумными насосами. Указанные усовершенствования позволяли значительно повысить производительность работ по анализу. Однако проба, как и ранее, наносилась

³ Гафний — 72-й элемент, открыт Д.Хевеши и Д.Костером (1923), рений — 75-й элемент, открыт супругами Ноддак (1925).

⁴ Опыт этой работы отражен Любимцевым в разделе, касающемся рентгеноспектрального анализа, в кн.: Жданов Г.С., Уманский Я.С. Рентгенография металлов и сплавов. М., 1938.

⁵ Впоследствии он был переименован в Институт геологических наук (ИГН АН СССР), а позже — в Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ АН СССР).

на антикатод разборной рентгеновской трубки, и использовался первичный метод возбуждения характеристического излучения пробы.

Боровский и Блохин развернули бурную деятельность по рентгено-спектральному анализу минерального сырья⁶. Этот вид анализа, отличающийся исключительной быстротой и универсальностью, сразу же завоевал признание минералогов и геологов.

Вскоре вышла в свет первая отечественная монография по рентгеновской спектроскопии⁷. Работу в лаборатории Боровский и Блохин стали совмещать с преподавательской деятельностью на физфаке МГУ, на кафедре рентгеноструктурного анализа, возглавляемой профессором С.Т.Конобеевским. Так было положено начало подготовке отечественных специалистов по РС. Было создано несколько аналогов шведских спектрографов, но без молекулярных насосов — их заменили ртутные диффузионники. В их изготовлении участвовала мастерская Института горючих ископаемых АН СССР. Оптическую часть обеспечил квалифицированный кристаллооптик Института кристаллографии (ИК АН СССР) А.Б.Гильварг. Один из приборов установили в спецпрактикуме физфака МГУ. Студенты старших курсов получали на нем рентгеновские спектры.

РЕНТГЕНОХИМИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ИГЕМ

Мое знакомство с Боровским и Блохиным состоялось, когда я был студентом четвертого курса физфака МГУ. Я стал дипломником Игоря Борисовича. Хотя дипломная работа в основном выполнялась на физфаке (на Моховой), я часто бывал на месте основной работы своего руководителя в рентгенохимической лаборатории Ломоносовского института.

20 июня 1941 г. я сдал последний госэкзамен, а 22 июня началась Великая Отечественная война. Волею судеб я опять оказался на заводе МКТС, где работал до поступления в университет. Завод был ориентирован на оборонную тематику, в ноябре 1941 г. его научно-исследовательский отдел эвакуировали на Урал, в Кировград. Лаборатория Ломоносовского института, в которой работали Боровский и Блохин, по линии АН СССР была эвакуирована в Свердловск. Бывая в командировках в Свердловске, я навещал своих бывших наставников. Находясь в исключительно тяжелых условиях, они вместе с Л.А.Вороновой сумели наладить рентгеновский спектрограф и приступили к анализу стратегического минерального сырья, что было крайне важно для оборонной промышленности. Эту работу активно поддерживал академик И.П.Бардин.

Как только положение на фронте стало улучшаться, руководство Академии наук приняло решение о эвакуации рентгенохимической лаборатории и скорейшем ее восстановлении. Поскольку в силу сложившихся обстоятельств Блохин был вынужден остаться в Свердловске, Боровский привлек меня к работе по восстановлению лаборатории в Москве. В условиях военного времени организовать мой перевод в академический институт было очень тяжело. Помог Бардин. Я был принят в аспирантуру ИГН и командирован в Москву. Прежде всего мы должны были восстановить лабораторию с комплектом имевшегося оборудования. В короткие сроки нашей группе (к нам присоединилась Г.Н.Муравицкая) удалось это сделать. Мы приступили к выполнению рентгено-спектрального анализа по заданиям геологов и минералогов.

Когда в СССР развернулись работы по созданию атомного оружия, возникла острая необходимость в рентгеноспектральном анализе. Речь шла главным образом об анализе на гадолиний, присутствие которого вредно из-за большого сечения по захвату нейтронов. Академик А.П.Виноградов

⁶ Боровский И.Б., Блохин М.А. // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1937. № 5.

⁷ Боровский И.Б., Блохин М.А. Рентгено-спектральный анализ. М.:Л., 1939.

привлек к решению этой проблемы доктора химических наук И.Д.Борнеман, а также Боровского, Э.Е.Вайнштейна и меня. Удалось использовать сохранившиеся заготовки от серии спектрографов, изготовленных еще в 1939 г. Работа проводилась в обстановке строгой секретности. Налаженная установка отправлялась самолетом на «объект» вместе с обученным инженером.

Следует заметить, что РС начинала свое развитие в основном как прикладная наука в учреждениях геологического профиля. Деятельность в этом направлении руководством нашего института поощрялась. В то же время, поскольку в лаборатории работали физики, их интересы тяготели к тонкоструктурным исследованиям, что давало возможность ставить и решать научные задачи, относящиеся к физике и химии твердого тела. Работы такого характера зачастую рассматривались как отвлечение от основной аналитической работы и отнюдь не приветствовались. Однако Боровский, а впоследствии и автор статьи, находясь под постоянным давлением руководства института, отстаивали свое право на проведение научных исследований. Указанные обстоятельства привели к конфликтам, а в конечном счете и к уходу из ИГЕМ руководителей рентгенохимической лаборатории.

В 1949—1952 гг. в лаборатории Боровского кроме автора статьи работали прикомандированный к ней Вайнштейн и аспирант Р.Л.Баринский. Мы выполнили расчет рентгеновских спектров поглощения аргона, а также некоторых серосодержащих молекул, полученных зарубежными коллегами⁸. Результаты были опубликованы как серия статей в отечественных журналах⁹. Однако нам хотелось иметь свои экспериментальные данные. Мною

были исследованы рентгеновские спектры поглощения паров цинка, цинка в составе молекул $ZnCl_2$, $ZnBr_2$, ZnS и, кроме того, спектры обоих элементов в молекуле $ZnBr_2$ ¹⁰. Их интерпретация укладывалась в ранее предложенную нами схему. В те годы методы расчета рентгеновских спектров только создавались, и наши работы были первыми шагами в этом направлении.

В 1953 г. в лабораторию пришли выпускницы Саратовского университета химик И.П.Лапутина и физик И.С.Смирнова, позже была принята аспирантура Л.К.Израилева. Под руководством автора статьи Лапутина решила задачу определения количественного соотношения тетра- и октаэдрических алюмо-кислородных групп в минералах, содержащих обе группы, а Смирнова открыла проявление F -центров в рентгеновских спектрах поглощения и эмиссии щелочно-галлоидных кристаллов. Израилева внесла существенный вклад в теорию дальней тонкой структуры спектров поглощения с учетом поляризации излучения¹¹.

Однако велением времени было проведение количественного рентгено-спектрального анализа. Для этого следовало решить две задачи: перейти к более высокому техническому уровню получения рентгеновских характеристических спектров (флуоресцентному методу возбуждения, созданию соответствующих рентгеновских трубок и источников их питания, замене фоторегистрации счетом квантов с помощью пропорциональных счетчиков); выполнить глубокие исследования взаимодействия рентгеновского излучения с веществом и построить на их основе теорию количественного анализа.

В то время произвести закупки

¹⁰ Нарбутт К.И. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1951. Т.15. № 2. С.231—238; Докл. АН СССР. 1953. Т.1. С.21 и Т.2. С.273.

¹¹ Лапутина И.П. Материалы Международного симпозиума «Рентгеновские спектры и электронная структура вещества» (Киев, 24—30 сент. 1968 г.) // ИМФ АН УССР, 1969. № 2. С.281—293; Смирнова И.С., Нарбутт К.И. Там же. № 1. С.262—276; Израилева Л.К. Там же. № 2. С.211—221.

⁸ Parratt L.G. // Phys. Rev. 1939. V.56. P.295; Lindh A.E., Nilsson A. // Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik. 1943. V.29A. № 27; Brogen G. // Ibid. 1944. V.31A. № 23.

⁹ См., напр.: Вайнштейн Э.Е., Баринский Р.Л., Нарбутт К.И. // Докл. АН СССР. 1951. Т.78. № 1. С.39—42.

современной рентгеноспектральной аппаратуры было практически невозможно, и в нашей лаборатории развернулись работы по созданию приборов, позволяющих повысить производительность, чувствительность и точность количественного анализа.

Для получения важнейших комплекствующих узлов рентгеноспектральной аппаратуры я установил прямые научные связи с инженерами ленинградского завода «Светлана». Результатом нашего сотрудничества явилось создание первой отечественной рентгеновской трубки для спектрального анализа (в модернизированном виде ее выпускают и поныне)¹². Подобным образом была организована и разработка детекторов рентгеновского излучения.

В нашей лаборатории была создана мастерская, располагавшая тремя станками, которые обслуживали два механика высокой квалификации. Штат пополнился также радиоинженером К.А.Кардаковым. Роль конструктора, технолога и чертежника выполнял руководивший в то время лабораторией автор этих строк. В итоге были созданы два прообраза современных рентгеновских спектрометров. На коротковолновом сразу же приступили к выполнению количественного анализа на тяжелые элементы: U, Th, Pb, Hf, Zr и др. (Муравицкая). Длинноволновый ввели в действие позднее и использовали для количественного анализа на все элементы группы редких земель. (Этот прибор до сих пор находится в эксплуатации в Институте минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов — ИМГРЭ.) Позже на подобной организационной основе, т.е. благодаря научной заинтересованности и энтузиазму сотрудников, была разработана и построена высокодисперсионная прецизионная рентгеноспектральная установка для исследования электронного строения вещества и

химической связи¹³. (Впоследствии она была также передана в ИМГРЭ.)

С самого начала организации лаборатории и особенно в послевоенные годы к нам часто приезжали поработать и перенять опыт научные сотрудники из других учреждений. Так, довольно долго у нас гостил С.А.Немнонов (Институт физики металлов Уральского отделения АН СССР), впоследствии организовавший у себя крупнейшую рентгеноспектральную лабораторию. Вайнштейн создал подобную лабораторию в Институте геохимии и аналитической химии (ГЕОХИ) АН СССР, а позднее — в Новосибирском научном центре. Список можно было бы продолжить.

В 1951 г. Боровский был вынужден уйти из ИГЕМ. Он перешел на работу в Институт металлургии (ИМЕТ АН СССР), где организовал рентгеноспектральную лабораторию. Вскоре Игорь Борисович вместе с Н.П.Ильиным создал первый отечественный рентгеновский микроанализатор (микрорознд)¹⁴. Почти в это же время такой прибор сделал французский ученый Р.Кастен. Однако судьба изобретений сильно различалась. В то время как в ряде передовых стран изобретением Кастена заинтересовались многие фирмы и вскоре появились рентгеновские микроанализаторы разного типа, группа Игоря Борисовича вела долгую затяжную борьбу за промышленное производство своего детища. Несколько макетов прибора было построено в лаборатории ИМЕТ. Подмосковный Красногорский завод выпустил ряд малых серий микроанализаторов, из них было поставлено заказчикам небольшое количество приборов MAP-2. Однако по основным характеристикам и надежности они существенно уступали зарубежным аналогам.

Потребность в рентгеновском микроанализаторе — приборе, позволяющем определять почти все элемен-

¹² Нарбутт К.И., Фридман Е.М. Мощная запаянная рентгеновская трубка для спектрального анализа // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1956. Т.20. № 1. С.136—141.

¹³ Нарбутт К.И. Высокодисперсионная рентгеновская установка // Аппаратура и методы рентгеновского анализа. 1970. Вып.7. С.127.

¹⁴ Боровский И.Б., Ильин Н.П. // Докл. АН СССР. 1956. Т.106. № 4. С.654—656.

ты с микронной локальностью¹⁵ и порогом обнаружения до 0.01%, — была столь высока, что советское правительство не скупилось на их закупку за рубежом. В итоге многие организации обеспечены импортными рентгеновскими приборами, и теперь стоят главным образом методические задачи по их эффективному использованию. До последних дней Игорь Борисович руководил постоянно действующим семинаром по рентгеноспектральному микроанализу. Периодически проводил всесоюзные совещания по этому разделу РС, неоднократно принимал участие в международных форумах. Организовал издание ряда книг и сборников статей по рентгеноспектральному микроанализу¹⁶.

Во времена правления Н.С.Хрущева, после передачи ИМЕТ АН СССР в «двойное подчинение», лаборатория, возглавляемая Боровским, распалась, и он перешел в Институт физики твердого тела, где и работал до последних дней своей жизни.

РОСТОВСКАЯ ШКОЛА БЛОХИНА

По возвращении из Свердловска в Москву (1945) М.А.Блохин становится заведующим рентгеноспектральной лабораторией Всесоюзного института минерального сырья. Он заканчивает докторскую диссертацию и переезжает в Ростов-на-Дону, где на физфаке университета организует кафедру физики твердого тела, ориентированную на исследование электронного строения твердых тел методами РС. Актуальной оставалась задача построения теории количественного рентгеноспектрального анализа, требовавшая решения вопросов взаимодействия рентгеновского излучения с веществом. Начало развитию этого направле-

ния было положено докторской диссертацией Михаила Арнольдовича, а продолжено в его монографии¹⁷.

Работа в Ростовском университете обеспечивала постоянный приток молодых кадров, а также позволяла вести исследование широкоим фронтон. Уже через несколько лет после организации кафедры вокруг Михаила Арнольдовича сложился костяк из ближайших учеников, ныне профессоров и доцентов — Н.Ф.Лосева, В.П.Саченко, И.Я.Никифорова, А.Т.Шуваева и др. Пришедший на кафедру несколько позднее Р.В.Ведринский усилил теоретическую группу.

Продолжением построения теории рентгеноспектрального анализа занялись Лосев и Ш.И.Дуймокаев. Особенно много сделал Лосев, выпустивший основополагающую монографию¹⁸. Впоследствии, став ректором Иркутского университета, он основал иркутскую школу рентгеноспектрального анализа.

Фундаментальная работа Михаила Арнольдовича и его ближайших учеников и сотрудников Никифорова и Саченко посвящена исследованию естественной ширины рентгеновских спектральных линий. Ими разработана теория двух- и трехкристалльных спектрометров, построены приборы и собран обширный экспериментальный материал по $K\beta_5$ -полосам и $K\alpha_{1,2}$ -линиям переходных элементов¹⁹. Создана теория, позволившая выделить истинную ширину $K\alpha_1$ -линии и время K -состояния ряда элементов. Эти результаты широко используются в многочисленных исследованиях электронной структуры металлов, сплавов и химических соединений.

Михаил Арнольдович в сотрудничестве с Шуваевым развернул работы по изучению электронной структуры

¹⁵ Локальность — минимальная площадь объекта, в пределах которой можно определить все элементы.

¹⁶ См., напр.: Оптика рентгеновских лучей и микроанализ. Материалы VII Международной конференции по оптике рентгеновских лучей и микроанализу. (Москва—Киев, 9—16 июля 1976 г.) Л., 1976.

¹⁷ Блохин М.А. Физика рентгеновских лучей. М., 1953.

¹⁸ Лосев Н.Ф. Количественный рентгеноспектральный анализ. М., 1969.

¹⁹ Блохин М.А., Никифоров И.Я., Саченко В.П. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1962. Т.26. № 3. С.397; Там же. 1963. Т.27. № 3. С.314; Там же. 1964. Т.28. № 5. С.780.

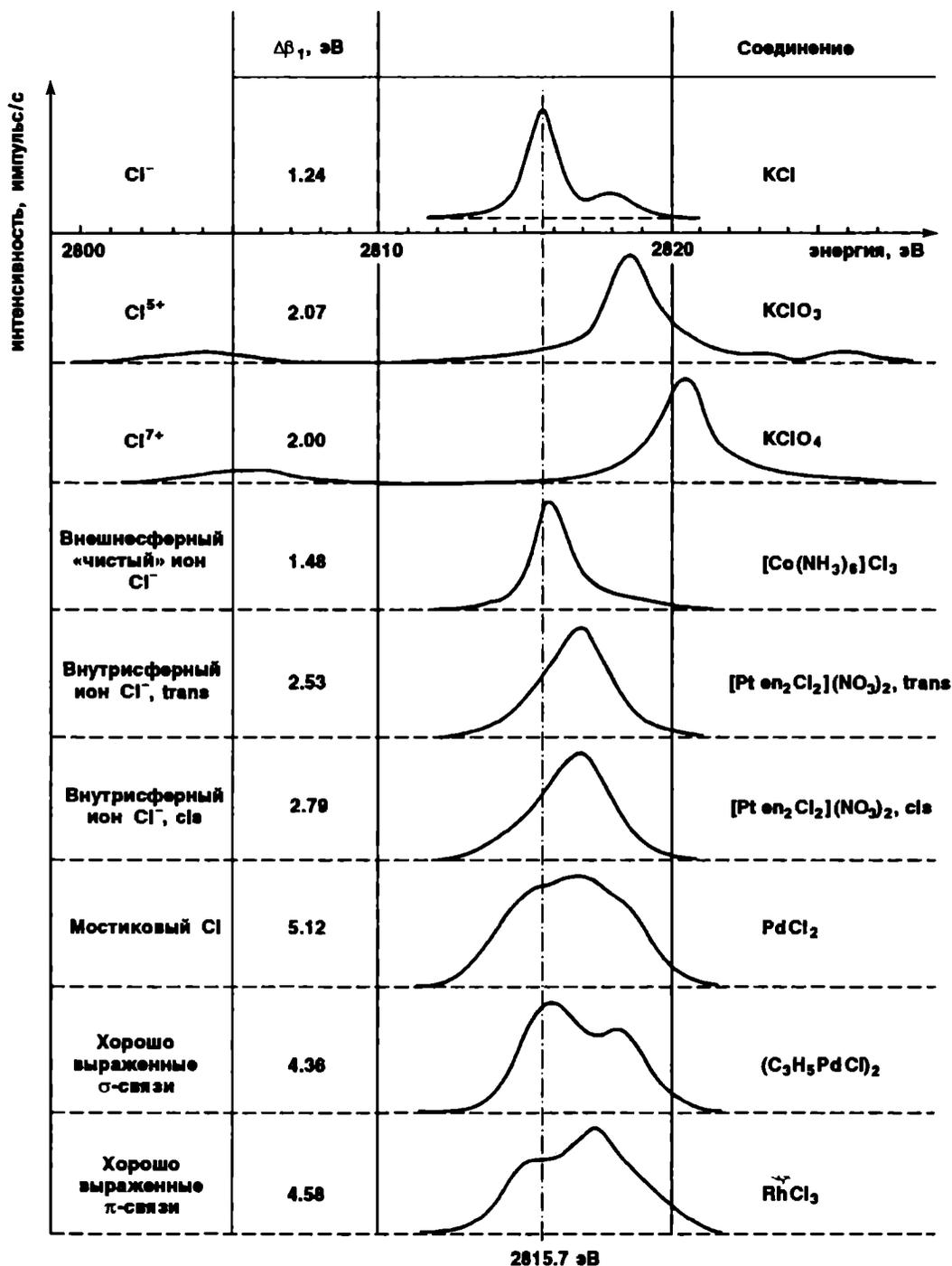
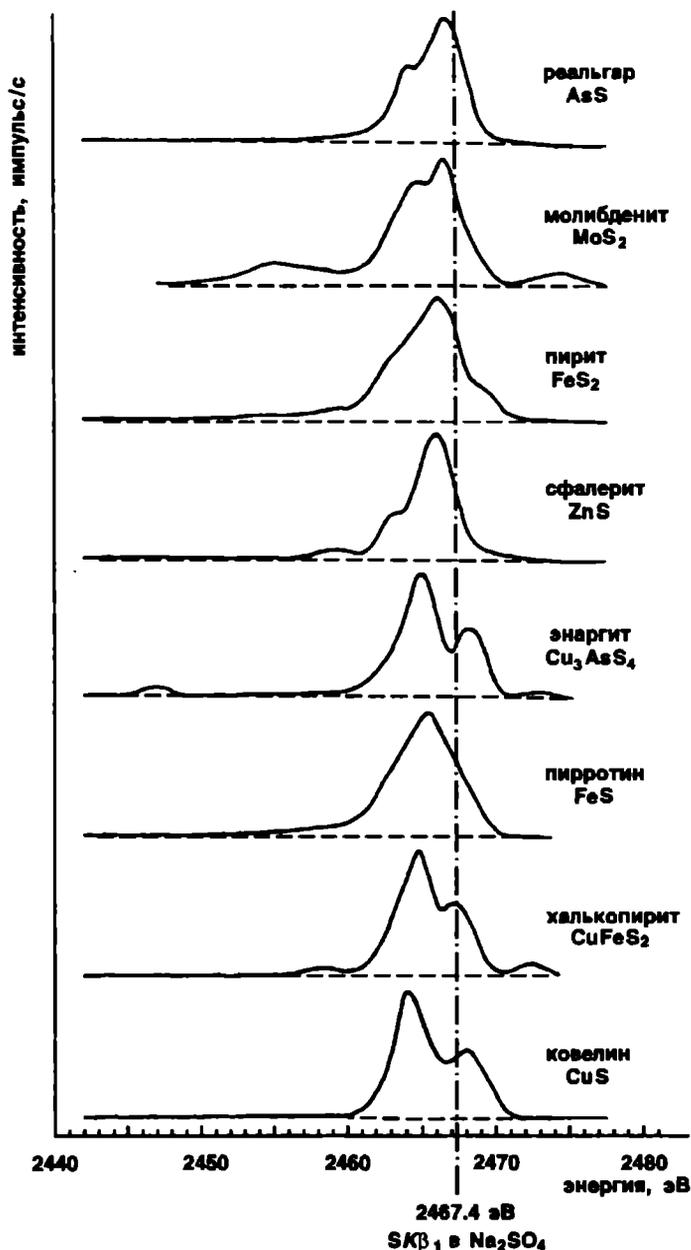


Рис.1. Прецизионные рентгеновские спектры хлора для ряда соединений. Три верхние кривые — энергетический сдвиг $\text{Cl}\beta_1$ -линии, отражающий разную валентность хлора в соединениях; остальные кривые показывают влияние окружения иона хлора на энергетическое положение, полуширину и форму линии β_1 . $\Delta\beta_1$ — полуширина линии. (Нарбутт К.И. 1980.)

Рис. 2. Прецизионные $K\beta_1$ -спектры серы, входящей в состав разных минералов. На большом экспериментальном материале показано, что такой спектр можно использовать для диагностики минерала. Предложен соответствующий метод, основанный на особенностях химической связи атомов в минерале, а не на различии его кристаллической структуры, как в рентгеноструктурном методе. (См. статью К.И. Нарбутта в книге «Диагностика и диагностические свойства минералов». М., 1981. С.70—72.)



органосульфидов, ставшие перспективным исследованием свойств металло-органических соединений²⁰.

В последующие годы группой ростовских ученых была решена в экспериментальном и теоретическом плане проблема анализа по спектрам дальней тонкой структуры слоистых металлоорганических соединений железа и титана²¹.

Огромную роль в развитии рентгеновской спектроскопии сыграли книги Блохина. В 1957 г. вышло

²⁰ Блохин М.А., Шуваев А.Т., Федоров Е.И. и др. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1974. Т.38. № 3. С.544; Шуваев А.Т., Просандеев С.А., Зарубин И.А. // Там же. 1982. Т.46. № 4. С.753.

²¹ Volpin M.E., Shuvaev A.T., Helmer B. et al. // J. Amer. Chem. Soc. 1975. V.97. № 12. P.3366.

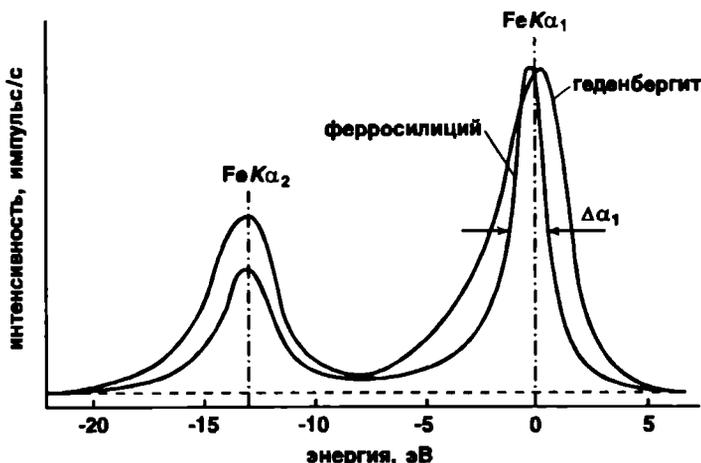


Рис.3. Прецизионное исследование $K\alpha_{1,2}$ -спектра железа выявляет тонкую структуру спектров: энергетический сдвиг вершины $K\alpha_1$ -линии невелик, а полуширина $\Delta\alpha_1$ меняется вдвое в зависимости от окружения атома железа в ферросилиции и минерале геденбергите. (Нарбутт К.И. 1970.)

второе, переработанное издание его монографии по физике рентгеновских лучей. Книга переведена на многие иностранные языки и издана в ряде стран. Позже была выпущена работа, посвященная методике рентгеновских исследований, а также справочник рентгеноспектральных констант²².

Заслугой Михаила Арнольдовича является и то, что он смог наладить в мастерских университета малосерийное производство рентгеноспектральной аппаратуры. В умелых руках приборы давали приемлемые результаты, и долгие годы (до становления Ленинградского научно-производственного объединения «Буревестник») Ростовский университет был единственным местом, где новые лаборатории данного профиля могли получить оборудование.

Михаил Арнольдович нес большую педагогическую нагрузку. На протяжении многих лет ежегодный выпуск его кафедры составлял 15—20 высококвалифицированных специалистов. И сейчас в большинстве рентгеноспектральных лабораторий нашей страны успешно работают его воспитанники.

Трудно переоценить вклад Блохина в развитие отечественной РС. И

после перенесенной тяжелой болезни этот великий труженик продолжал работать: написал несколько больших статей для нового издания Физической энциклопедии, активно сотрудничал с «Реферативным журналом физики».

РЕНТГЕНОСПЕКТРАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ИМГРЭ

В 1954 г. Р.Л.Баринский — бывший аспирант Боровского — поступил в отпочковавшуюся от ИГЕМ лабораторию минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, преобразованную в дальнейшем в Институт (ИМГРЭ). Там Роман Львович приступил к организации рентгеноспектральной лаборатории. Ее первым существенным достижением явилась разработка методики количественного анализа на все элементы группы редких земель. Используя созданную методику, Баринский провел фундаментальное исследование состава широкого круга редкоземельных минералов, позволившее выявить интересные геохимические закономерности в соотношениях содержания четных и нечетных редкоземельных элементов в различных минералах²³. В несколько ус-

²² Блохин М.А. Методы рентгеноспектральных исследований. М., 1959; Блохин М.А., Швейцер И.Г. Рентгеноспектральный справочник. М., 1982.

²³ Баринский Р.Л. // Докл. АН СССР. 1958. Т.120. № 3. С.573—576; Семенов Е.И., Баринский Р.Л. // Геохимия. 1958. № 4. С.434—439; Там же. 1962. № 5. С.314—333.

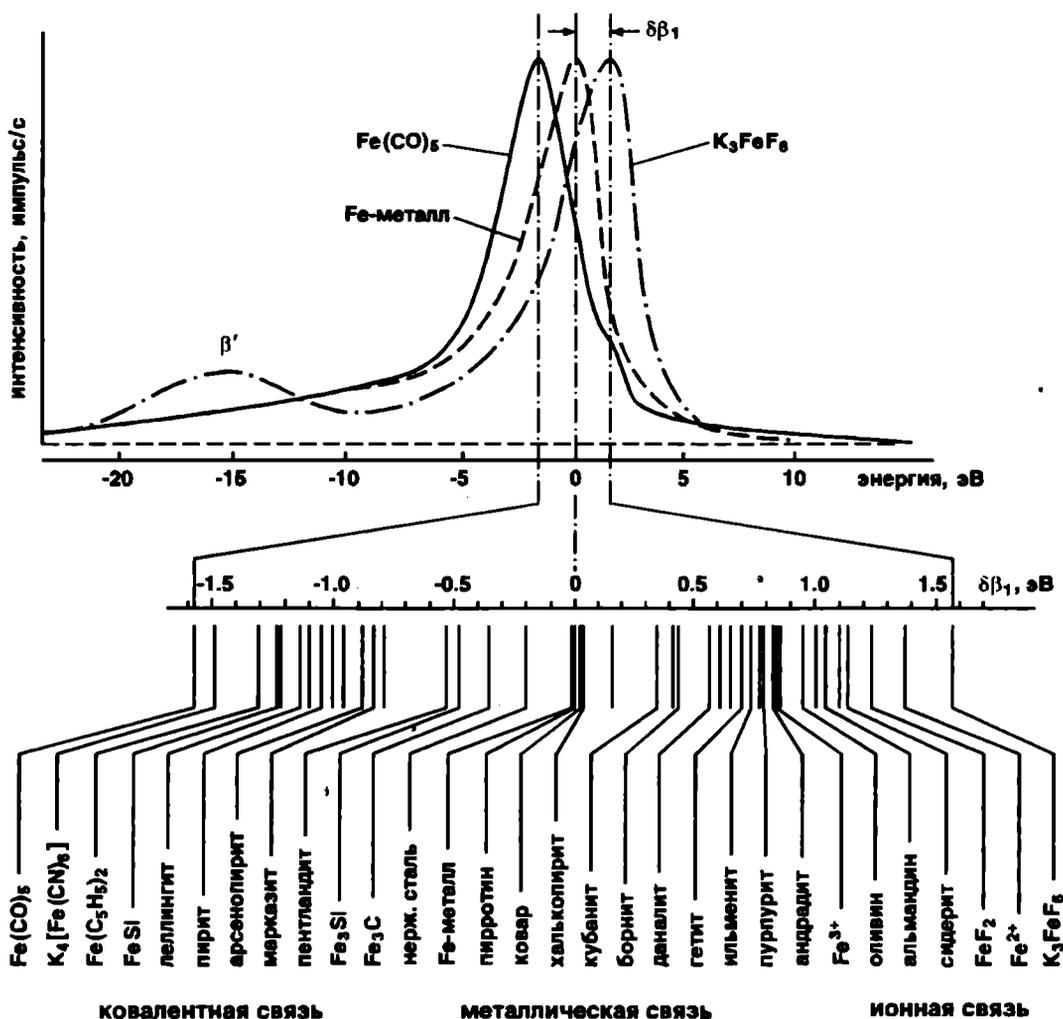


Рис.4. Прецизионные рентгеновские спектры $FeK\beta_1$ разнородных веществ, содержащих атомы железа. Вертикальными линиями отмечено положение вершин линий β_1 на энергетической шкале. Показано, что энергетический сдвиг $\delta\beta_1$ меняется в пределах $-1,6 \text{ эВ} < \delta\beta_1 < 1,6 \text{ эВ}$. За нуль принято положение линии для металлического железа. Как нетрудно заметить, положение β_1 -линии коррелирует с типом химической связи в веществе. (Narbutt K.I. 1980.)

вершенствованном виде эту методику и сейчас применяют в лаборатории. Одним из первых аспирантов Романа Львовича был В.И.Нефедов. Они за-

вершили совместную работу опубликованием монографии²⁴.

Геологическая специфика института требует уделять основное внимание аналитической работе. Помимо этого в лаборатории с самого начала ее существования проводятся исследования электронной структуры и химической связи в минералах и химичес-

²⁴ Баринский Р.Л., Нефедов В.И. Рентгено-спектральное определение заряда атомов в молекулах М., 1966.

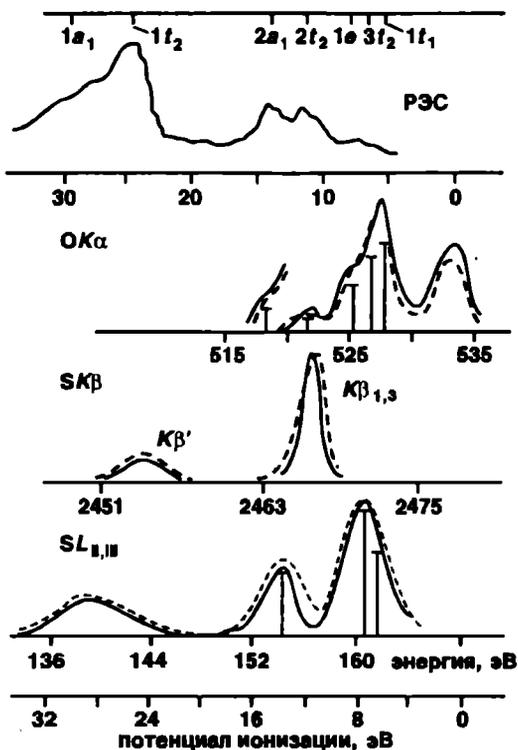
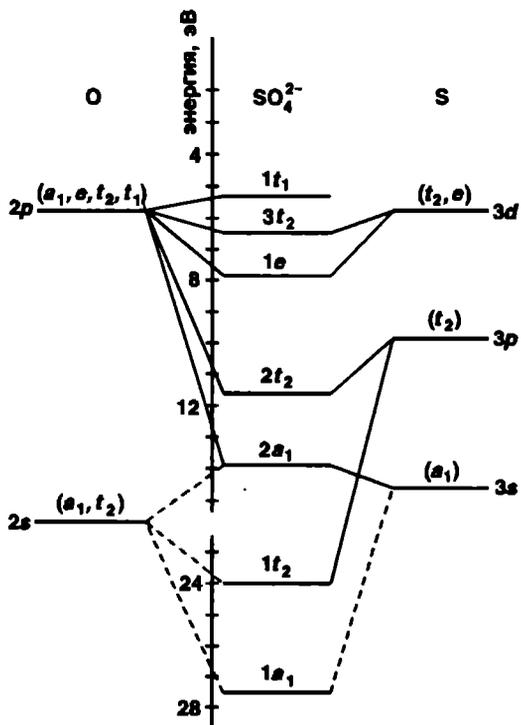


Рис. 5. Данные об электронном строении аниона SO_4^{2-} , полученные из рентгеновских флуоресцентных спектров путем их анализа методом молекулярных орбиталей линейной комбинации атомных орбит (МО ЛКАО). Слева — спектры аниона SO_4^{2-} (LiSO_4 — сплошная кривая; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ — штриховая; вертикальные линии — парциальные интенсивности, результат разложения спектров Li_2SO_4 на ЭВМ). Справа — диаграмма МО аниона SO_4^{2-} (сплошные линии — вклады атомных орбиталей в МО, наблюдаемые в рентгеновских спектрах, штриховые — предполагаемые из теоретико-группового анализа). a_1 , f_2 и т.д. — молекулярные орбитали; РЭС — рентгено-электронная спектроскопия. (Мазалов Л.Н. и др. Рентгеновские спектры молекул. Новосибирск, 1977. С.254—259.)

ких соединениях²⁵.

В 1970 г. я перешел на работу в

²⁵ См., напр.: Баринский Р.Л., Куликова И.М., Шевченко Е.П. Влияние косвенного обменного взаимодействия атомов титана с парамагнитными ионами на форму рентгеновских спектров титана в соединениях // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1982. Т.46. № 4. С.724—730; Barinskii R.L., Kulikova I.M. Hyperfine Effects In X-Ray Emissions Spectra of Transition Elements In Antiferromagnets // Phys. Stat. Sol. (b). 1994. V.182. P.143.



лабораторию ИМГРЭ, возглавляемую Баринским, где установил созданное ранее в ИГЕМ рентгеноспектральное оборудование и продолжил работы по исследованию физики и химии минералов²⁶.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ И ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Рентгеновские эмиссионные спектры возникают при переходе внешнего электрона на один из вакантных внутренних уровней. Внутренняя вакансия образуется как при облучении атома рентгеном (вторичное возбуждение), так и при непосредственном взаимодействии атома с потоком электронов (первичное возбуждение). Рентгеновские эмиссионные спектры позволяют исследовать строение внешних заполненных молекулярных орбиталей, тогда как спектры поглощения несут сведения о

²⁶ Narbutt K.I. X-Ray Spectra of Iron Atoms in Minerals // Phys. Chem. Minerals. 1980. V.5. P.285—295.

строении свободных молекулярных орбиталей.

Прецизионные исследования рентгеновских спектров атома, входящего в состав различных соединений, позволяют выявить химический сдвиг, форму контура, вариации как полуширины спектральной линии (рис.1—3), так и отношения интенсивностей пар линий. Химический сдвиг дает возможность оценить характер химической связи (рис.4). Далеко не сразу был достигнут современный уровень интерпретации этих эффектов, относящихся к тонкой структуре рентгеновских спектров.

Существенно, что в крупных центрах (Ростовский университет, институты Уральского и Сибирского отделений Академии наук) образовались группы теоретиков, специализировавшихся на интерпретации и расчетах тонкой структуры рентгеновских спектров и извлечении из них данных для построения моделей электронной структуры и химической связи в различных материалах.

Рентгеновская спектроскопия позволяет получить непосредственную информацию о структуре валентных состояний. Величина химического сдвига дает возможность оценить эффективный заряд на атоме в соединении.

Для расчета спектров свободных молекул или изолированных групп атомов в соединениях используется метод молекулярных орбиталей. С помощью этого метода путем суперпозиции орбиталей, участвующих в образовании рассматриваемой спектральной линии, можно воссоздать экспериментально наблюдаемый контур линии. Пример такого расчета для аниона SO_4^{2-} приведен на рис.5. Удовлетворительное совпадение теоретического и экспериментального контуров спектральной линии свидетельствует о правильности расчета и принятых предположений.

При вычислении спектра кристаллического объекта используют понятие кластера. В кристалле выделяют группы атомов, содержащую возбуждаемый

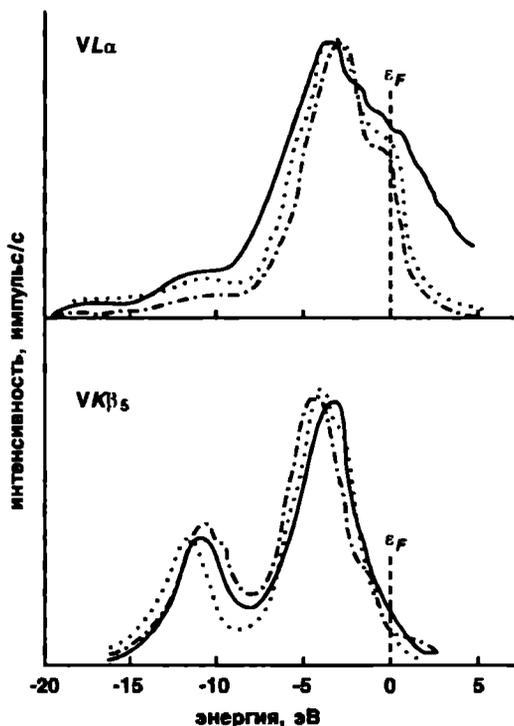
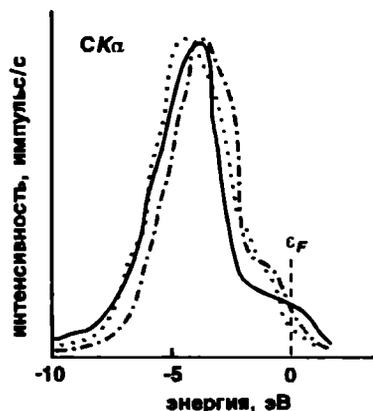


Рис.6. Сопоставление расчетных и экспериментальных спектров для углерода и ванадия. Пунктирная линия — расчет методом Ха рассеянных волн (ХРВ), штрихпунктирная — методом присоединенных плоских волн (ППВ), сплошная — эксперимент. ϵ_F — энергия Ферми. Рентгеноспектральный эксперимент и корректный расчет являются прямым методом исследования электронной структуры твердых тел. (Губанов В.А. и др. Квантовая химия твердого тела. М., 1981. С.136.)

атом и его ближайшее окружение, — кластер, и методами квантовой химии проводят расчет такой квазимолекулы (рис.6).

Наряду с эмиссионными исследуют рентгеновские спектры поглощения. Различают ближнюю структуру спектра, которая находится в пределах 10—15 эВ с длинноволновой стороны от главного скачка поглощения (NXAFS), и коротковолновую, распространяющуюся от него на сотни электрон-вольт (EXAFS). Теоретическая трактовка этих структур различна, а главный скачок поглощения примерно соответствует энергии Ферми изучаемого объекта. Интерпретация ближней тонкой структуры аналогична интерпретации тонкой структуры эмиссионных рентгеновских спектров, а теория дальней тонкой структуры основана на представлении о рассеянии быстрых запороговых электронов на окружающих атомах. При этом имеется возможность изучать раздельно окружение каждого сорта атомов, образующих соединение. Метод EXAFS применяется при исследовании разбавленных растворов, сложных биологических объектов и особенно полезен в тех случаях, когда нельзя пользоваться методом рентгеноструктурного анализа.

В 1968 г. в Киеве на международном симпозиуме по рентгеновским спектрам представитель зигбановской школы К.Нордлинг ознакомил участников с новым методом исследования электронной структуры и химической связи. В нашей литературе он известен как метод рентгеноэлектронной спектроскопии (РЭС). На выставке научного приборостроения в 1970 г. впервые был показан рентгеноэлектронный спектрометр фирмы «Varian» (Швейцария). Прибор был приобретен Институтом общей и неорганической химии АН СССР, и молодой энергичный ученый В.И.Нефедов²⁷ развил кипучую деятельность по освоению и развитию этого

метода. Данное направление имеет самостоятельное значение, и его изложение выходит за рамки настоящей статьи. Важно подчеркнуть, что если из рентгеновских эмиссионных спектров можно получить лишь разность энергий начального и конечного уровней перехода электрона, то РЭС дает энергию связи уровня в соответствии с уравнением фотоэффекта

$$I = h\nu - E_{\text{кин}},$$

где $E_{\text{кин}}$ — энергия выбитого электрона, измеренная электронным спектрометром, $h\nu$ — энергия кванта используемого рентгеновского излучения, I — энергия ионизации атомного или молекулярного уровня. Знание величины I необходимо для совмещения по энергии спектров различных атомов, когда речь идет о построении полного электронного спектра соединения, содержащего несколько разных атомов.

Исследования по РС и РЭС в значительной мере перекрываются и дополняют друг друга, поэтому некоторые рентгеноспектральные лаборатории располагают рентгеноэлектронными спектрометрами. Во многих научно-исследовательских учреждениях бывшего Союза работают группы ученых, ведущие исследования электронного строения вещества указанными методами. Наиболее известные центры: Институт физики металлов и Институт химии (Екатеринбург), Физико-технический институт (Ижевск), Петербургский университет, Институт неорганической химии СО РАН, Институт общей и неорганической химии РАН, Воронежский университет, Институт металлофизики АН УССР, Институт физики АН Литвы.

Описанный здесь период в значительной мере можно охарактеризовать как время накопления фактов и знаний. Однако РС — это развивающаяся область науки. Если выяснено соотношение модели электронной структуры и химической связи с физико-химическими свойствами вещества, то возможна разработка эффективных путей синтеза материалов с заданными свойствами. В решении этой задачи роль РС будет возрастать.

²⁷ Вадим Иванович Нефедов, ныне член-корреспондент РАН, автор нескольких монографий и справочника по рентгеноэлектронной спектроскопии.

РЕНТГЕНОСПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

С середины 60-х годов ЛНПО «Буревестник» начало выпуск приборов для элементного рентгеноспектрального анализа (АРФ-6, СПАРК-1, СРМ-25 и др.), которыми оснащены многие лаборатории страны.

Усилиями ростовской, иркутской и ленинградской школ решена задача построения теории рентгеноспектрального анализа, получившего широкое распространение во многих отраслях промышленности, в сельском хозяйстве и экологической сфере. По этой тематике издано много книг — от вышеупомянутой монографии Лосева до недавно выпущенной книги А.Г.Ревенко²⁸. Рентгеноспектральному анализу доступны все элементы, начиная с бериллия и до конца таблицы Менделеева. Достигнуты пределы обнаружения элементов 0.001—0.0001% и даже более низкие в случае применения обогащающей пробоподготовки. Ведутся исследовательские работы по улучшению пределов обнаружения за счет использования более эффективных источников возбуждения, флуоресценции пробы (синхротронного излучения), метода полного внешнего отражения рентгеновских лучей, а также применения полупроводниковых детекторов.

ОТ СЕКЦИИ РЕНТГЕНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДО НАУЧНОГО СОВЕТА АН СССР

С 1936 г. при Президиуме АН СССР работала комиссия по рентгенографии. В начале 50-х годов ее возглавлял профессор Г.С.Жданов. Он выступил с инициативой организации в составе комиссии секции рентгеновской спектроскопии, предложив созвать Первое всесоюзное совещание по РС. Такое совещание состоялось в январе 1955 г. на базе ИК АН и собрало 54 участника — представителей 25 научных учреждений из 13

городов. Оно имело большое значение для дальнейшего развития данного направления. Важнейшим был вопрос об отсутствии не только современной рентгеноспектральной аппаратуры, но даже важнейших комплектующих изделий. На совещании сформировали бюро секции, которому поручили обратиться в правительственные органы с просьбой о создании отечественной отрасли рентгеноспектрального приборостроения. На Втором совещании (Москва, 1957) председателем секции был избран профессор М.А.Блохин.

Труды совещаний публиковались в журналах «Известия АН СССР», серия физическая (рентгеновская) и рентгеноэлектронная спектроскопия), «Заводская лаборатория» и «Аналитическая химия» (рентгеноспектральный анализ), а также в сборнике «Аппаратура и методы рентгеновского анализа».

От имени комиссии по рентгенографии при поддержке Президиума АН СССР в руководящие органы систематически направлялись докладные записки о необходимости организации рентгеноспектрального и рентгеноструктурного приборостроения. Итогом явилось постановление Совета Министров РСФСР (№ 1258 от 11 ноября 1958 г.), согласно которому было создано специальное конструкторское бюро рентгеновской аппаратуры (СКБ РА) на базе ленинградского завода «Буревестник». Возглавил его Н.И.Комяк, который внес существенный вклад в организацию этой отрасли. Усилиями Комяка в СКБ РА удалось привлечь квалифицированных специалистов, которые впоследствии руководили работой основных отделов ЛНПО «Буревестник» (докторов наук И.А.Брытова, Д.А.Гоганова, К.В.Анисовича и многих других).

Упомянутое постановление, хотя и послужило основой для дальнейших шагов по развитию рентгеноспектрального и рентгеноструктурного приборостроения, не решило главного вопроса о создании производственной базы — завод «Буревестник» фактически еще не был передан СКБ РА. Тем не менее удалось наладить издательскую дея-

²⁸ Ревенко А.Г. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ природных материалов. Новосибирск, 1994.



Члены бюро секции рентгеновской спектроскопии на Харьковском совещании (1961). Слева направо стоят — И.В.Сорокин, Н.Д.Борисов, Р.Л.Баринский; сидят — К.И.Нарбутт, М.А.Блохин, И.Б.Борочский, М.И.Корсунский, С.А.Немнонов.

Заседание бюро секции рентгеновской спектроскопии проводит М.А.Блохин, справа от него — Н.И.Камляк, вторая слева — Т.М.Зимкина (снимок сделан в период борьбы за создание СКБ РА) — фото внизу.





Группа участников совещания «Рентгеноэлектронные и рентгеновские спектры и структура металлов, сплавов и химических соединений». Институт физики металлов, Свердловск, 1976 г.

тельность. С 1967 г. начал систематически выходить сборник «Аппаратура и методы рентгеновского анализа».

Борьба за создание рентгено-спектрального приборостроения продолжалась, и, наконец, вопрос был поставлен на обсуждение на коллегии Минприбора. Бывший тогда министром приборостроения К.Н.Руднев сказал решающее слово, за которым последовало дело. Ситуация стала меняться к лучшему. Завод «Буревестник» действительно стал производственной базой СКБ РА, а к выпуску аппаратуры были подключены еще два завода. Однако по качеству и ассортименту приборов отставание от позиций ведущих стран составляло не менее десяти лет.

Постановлением Президиума АН СССР от 24 сентября 1980 г. (№ 787—47—11000) был утвержден состав научного совета АН СССР по проблеме «Рентгеновская и электронная

спектроскопия» из 45 человек. Его возглавил Боровский. Наряду с работой, выполнявшейся ранее секцией РС, научный совет готовил материалы для отделения общей физики и астрономии Академии наук. Заслушивались подготовленные к защите докторские диссертации.

В 1984 г. состоялось XIV Всесоюзное совещание по рентгеновской и электронной спектроскопии, число участников многократно возросло. Работа проходила по двум секциям: рентгеновской и электронной спектроскопии и рентгеноспектральному анализу; на первой секции было представлено 177 докладов, на второй — 192.

После кончины И.Б.Боровского (1985) руководство научным советом перешло к академику АН УССР В.В.Немошкеленко, но вскоре решением Президиума АН СССР совет был ликвидирован. Последнее совещание по рентгеноспектральному анализу прошло в 1989 г. и было менее представительным.

Ныне рентгеновская спектроскопия в нашей стране находится в состоянии глубокого кризиса. Причины этого общеизвестны.

Открытым текстом

Мои заграничные вояжи

Академик И. М. Халатников

ОДЕССКОЕ НАЧАЛО

В 1961 г. мне на ум пришла идея провести в Одессе симпозиум по теоретической физике. За год до этого я отдыхал в Одессе и познакомился там с местным теоретиком-ядерщиком Владимиром Маляровым и директором местной астрономической обсерватории Владимиром Платоновичем Цесевичем, сыном русского певца, известного в пору Шаляпина и Собинова.

Лучшее место для проведения симпозиумов найти было трудно — сочетание европейского города и курорта на Черном море при наличии приличного университета обеспечивало решение всех практических задач

Следует признаться, что впервые мысль об институте теоретической физики, расположенном на берегу Черного моря, посетила меня во время прогулок вдоль Французского бульвара в Одессе. В конце концов моя идея реализовалась, правда, не на берегу Черного моря, а в Черногловке. На берегу же другого моря, Адриатического, эту идею удалось реализовать Абдусу Саламу.

Когда мы готовились к проведению Первого Одесского симпозиума, то само слово «симпозиум» не было еще достаточно широко известно. И когда осенью я рассказывал Ландау, что мы летом в течение месяца проводили в Одессе симпозиум по теоретической физике, то у меня осталось впечатление, что Дау не совсем понял, чем мы там занимались. К сожалению, этот разговор

происходил незадолго до трагической автомобильной катастрофы, и мне не представилось больше шанса поговорить с Ландау на эту тему.

Основная идея Одесского симпозиума, который мы собирались провести, состояла в том, чтобы собрать всех лучших — по гамбургскому счету — советских теоретиков и подробно обсудить там наиболее актуальные проблемы. Перечислю некоторые имена участников, главным образом молодых теоретиков, которых можно не характеризовать, поскольку сейчас их имена широко известны. Там были Алексей Алексеевич Абрикосов, Лев Петрович Горьков, Игорь Ехильевич Дзялошинский, Лев Петрович Питаевский, Валерий Леонидович Покровский, Анатолий Иванович Ларкин, Роальд Зиннурович Сагдеев, Александр Алексеевич Веденов, Александр Федорович Андреев, Юрий Моисеевич Каган, Леонид Вениаминович Келдыш, Виктор Михайлович Галицкий (к сожалению, его уже нет), Марк Яковлевич Азбель. Из более старшего поколения был учитель Азбеля Илья Михайлович Лифшиц.

Мои одесские друзья Маляров и Цесевич помогли обеспечить минимально необходимые условия для работы. Жили и питались мы в рядовом профсоюзном доме отдыха недалеко от моря, располагались в четырехместных комнатах, без удобств. Однако все были молоды, веселы и увлечены своим делом, да и условия были типичными для того времени.

Распорядок дня был организован по так называемому «одесскому» регламенту: утро — на пляже, где дискуссии, естественно, никогда не прерывались, а заседания — после обеда.

Продолжение. Начало см. в предыдущем номере «Природы».

© Халатников И.М. Открытым текстом. Мои заграничные вояжи.

Недалеко от дома отдыха находилась туристская база, где по вечерам проходили танцы, на которых отличались Сагдеев и Веденов, пользовавшиеся большим успехом у девушек с ткацкой фабрики. Наш дом отдыха был обнесен забором, а поскольку калитка на ночь запиралась, то часто любителям танцев приходилось лазить через высокую кирпичную стену.

Запомнилась необыкновенно теплая и веселая обстановка, царившая на симпозиуме, в особенности шутки и многочисленные розыгрыши, которыми мы в то время увлекались. Сознаюся, что у меня была репутация любителя и автора розыгрышей. Иногда и я становился их объектом. Так как заседания происходили в местном клубе, в котором проводились и другие «культурные» мероприятия, то однажды я обнаружил объявление на «украинском» языке о моей публичной лекции на тему: «Чи був початок та чи будэ кинець свиту?» (Было ли начало и будет ли конец света?). Это была безобидная шутка моих друзей, намекавшая на мои работы с Евгением Лифшицем о космологических особенностях. Говорили, что на эту объявленную лекцию пришли любопытные граждане и среди них оказался даже один священник.

Центральной научной проблемой, которой тогда все увлекались, была теория фазовых переходов второго рода. Здесь продвинулся Валерий Покровский своим оригинальным подходом, который он развивал вместе с Сашей Паташинским. По существу, именно в Одессе была впервые сформулирована масштабная инвариантность (скейлинг), характерная для фазовых переходов второго рода.

Первый Одесский симпозиум в известной мере был международным — в нем принял участие гостивший в Москве известный американский теоретик Дж.М.Латинжер (которого мы в то время называли на немецкий лад Лютингером). Узнав о предстоящем симпозиуме, он решил возвращаться из России через Турцию с остановкой в Одессе.

Лев Питаевский рассказывал мне,

что именно в Одессе он поделился с Латинжером идеями, которые привели последнего в конце концов к формулировке известной теоремы Латинжера, фиксирующей число фермиевских возбуждений (по существу как постулат эту теорему использовал Ландау в своей теории Ферми-жидкости).

Говоря об участии Латинжера в нашем симпозиуме, невозможно не вспомнить одну деталь. Дело в том, что недалеко от нашего дома отдыха за высоким забором с наглухо закрытыми воротами находился роскошный дворец санатория ЦК компартии Украины. Санаторий в это время пустовал, его великолепный пляж также был огорожен забором. Участники симпозиума облюбовали этот пляж, но чтобы проникнуть туда, необходимо было каждый раз преодолевать высокий забор. Латинжер лазил на пляж вместе со всеми.

У меня сложилось впечатление, что Латинжер так и не понял комичность ситуации и решил, что это русский национальный обычай ходить на пляж, перелезая через забор.

С тех пор одесские симпозиумы стали ежегодными. Руководил их организацией в дальнейшем Алеша Абрикосов.

Кроме общетеоретических симпозиумов возникли и сателлитные — по отдельным вопросам теоретической физики. Но Первый Одесский сыграл историческую роль, так как в конце концов именно он привел меня к идее организации Института теоретической физики — так сказать, постоянного одесского симпозиума.

Как-то, примерно через год после Первого Одесского симпозиума, я встретил в Москве моего старого друга — известного грузинского физика-экспериментатора Элевтера Луарсбовича Андроникашвили. Мы познакомились в Институте физических проблем, когда я был аспирантом Ландау, а он — докторантом Капицы. У нас с самого начала установились дружеские отношения и тесное сотрудничество, поскольку теория вязкости сверхтекучего гелия, развивавшаяся мной, частично использовала результаты, полу-

ченые Элевтером. А предсказания теории были впоследствии им подтверждены.

Хотя я и не был горнолыжником и до той поры никогда зимой в горах не бывал, я вспомнил, что у Тбилисского института физики, который Элевтер организовал и возглавлял, в Бакуриани, горнолыжном курорте, имеется небольшая лаборатория по изучению космических лучей и общежитие.

В тбилисском институте Элевтер создал большую лабораторию по изучению сверхтекучести жидкого гелия, которая проводила исследования в тесном контакте с Институтом физпроблем. Я предложил Элевтеру проводить на его базе в Бакуриани ежегодные симпозиумы, посвященные проблеме сверхтекучести (а также и сверхпроводимости). Естественно, что возможность катания на горных лыжах оказалась сильнейшим аргументом в их пользу.

Так с 1963 г. начались наши бакурианские симпозиумы, которые также стали традиционными и проводились ежегодно, вплоть до распада СССР.

Традиции одесских симпозиумов были перенесены в Бакуриани, но с привнесением некоторого характерного для Грузии колорита, связанного с традиционным гостеприимством и обилием вина. Организационную часть этих симпозиумов поручили Саше Андрееву, заканчивавшему в то время у меня аспирантуру.

К сожалению, на первый симпозиум сам Андроникашвили не приехал. До нас дошли слухи, что, познакомившись с программой, где на одном из первых мест значилось имя аспиранта Андреева, Элевтер, постоянно вращавшийся в высших государственных и научных кругах, воскликнул: «Буду я еще слушать доклады каких-то аспирантов!» Следует сказать, что Элевтер был человеком необыкновенно талантливым и с хорошим чувством юмора, но иногда проявлял некоторое генеральское чванство.

Под занавес бакурианской встречи Элевтеру была послана благодарственная телеграмма, подписанная: «По поручению участников симпозиума ас-

пирант Андреев». Элевтер понял шутку и в дальнейшем, несмотря на свою действительно большую занятость и неважное здоровье, старался симпозиумы не пропускать.

Как и ожидалось, катание на горных лыжах стало гвоздем программы. Я же не то что горных, но и равнинных освоить так и не смог, однако общее увлечение настолько захватывало, что однажды я на обычных лыжах все-таки скатился с пологой горки, которую с тех пор стали называть «пик Халатникова».

РАЗНЫЕ ИСТОРИИ С БЛАГОПОЛУЧНЫМ КОНЦОМ

В 1968 году возникла идея очередной Бакурианский симпозиум провести совместно с французами — как советско-французский.

Из Франции приехала очень представительная делегация. Ее возглавляли Анатолий Абрахам, родившийся в России, а в детстве, начале 20-х годов, эмигрировавший с родителями в Париж, и Филипп Нозьер, известный теоретик, с которым у нас к тому времени сложились тесные отношения. Среди заслуг Анатолия Абрахама отметим эксперимент, в котором он открыл существование отрицательных температур (ниже абсолютного нуля).

На симпозиуме царила абсолютно дружеская и творческая атмосфера. Опасения упоминавшегося мной Мещерякова, что «контактов избежать не удастся», оправдались полностью. В 1968 г. их не только нельзя было избежать, но даже и проконтролировать. Участники симпозиума жили одной семьей в небольшом и не очень комфортабельном Доме физиков в Бакуриани, и отсутствие удобств не смущало даже французов.

Симпозиум оказался настолько удачным, что решено было проводить их регулярно — поочередно в России и Франции.

Окончание симпозиума, правда, было несколько омрачено неприятной историей, случившейся с Нозьером. Как-то вечером группа участников возвращалась из кафе. Впереди шли

Филипп с женой Анни и Алеша Абрикосов. Следом, немного отстав, шел я с Игорем Фоминым. Одетый в тонкую куртку Филипп Нозьер начал мерзнуть и побежал по улице, ведущей в гору, к Дому физиков. А следует сказать, что в Бакуриани было огромное количество бездомных собак, которые днем мирно бродили вместе с казавшимися тоже бездомными свиньями. Ночью же, взбудораженные видом бегущего Филиппа, собаки бросились за ним, и две из них одновременно укусили его. Нозьеру пришлось пройти двухнедельный курс прививок, из-за чего он не смог поехать на следующую, важную для него, конференцию.

История искусанного французского ученого стала, естественно, известна тбилисскому начальству, отвечавшему за безопасность иностранных гостей, и были приняты решительные меры: поступил приказ немедленно уничтожить всех собак в Бакуриани, что и было неукоснительно исполнено. Как всегда, действовал принцип: «Заставь дурака Богу молиться...»

Советско-французские симпозиумы проводились более или менее регулярно. Я упомяну только о втором, который состоялся в 1969 году во Франции. Мне рассказывали французские друзья, что этому симпозиуму предшествовала довольно острая дискуссия в кругу его организаторов. Вторжение войск Варшавского договора в Чехословакию в августе 1968 г. взбудоражило и раскололо французское общество. Молодые физики считали, что симпозиум следует отменить в знак протеста против этого вторжения. Старшее же поколение считало, что наше гостеприимство обязывало их ответить тем же.

В конце концов они пришли к компромиссу: симпозиум проводить, но не в Париже, а в Лотарингии, где никогда не прекращаются дожди. Позднее «мера наказания» была смягчена, и мы были отправлены в «ссылку» во вновь открывшийся университет в Люмини, серые здания которого одиноко стояли в 20 километрах от Марселя.

Я запомнил увиденную мной по приезду большую надпись, сделанную, по-видимому, студентами, страдавшими от изоляции: «Люмини — это гетто».

Однако предшествовавшая симпозиуму возня никак не сказалась на его дружественной атмосфере. В центре научного внимания находились горячие проблемы того времени: электропроводность в органических и полимерных материалах, а также эффект Кондо.

Следует сказать, что этот эффект в то время привлекал лучшие умы теоретиков мира. Японский учёный Кондо обнаружил, что в металлах с магнитными примесями при очень низких температурах наблюдается аномалия в температурной зависимости сопротивления электрическому току: вместо общеизвестного уменьшения сопротивления с понижением температуры наблюдается хоть и небольшое, но повышение. И хотя эффект был незначительным по величине, он привлек к себе всеобщее внимание, так как очень долго не поддавался объяснению. Расчеты электросопротивления, учитывающие рассеяние электронов на магнитных примесях, проведенные методом теории возмущений, хотя и давали правильный знак изменения сопротивления, никого не убеждали, поскольку ответ содержал большие логарифмы.

Абрикосов был первый, кто попытался решить эту проблему, не пользуясь теорией возмущений. Он просуммировал часть членов ряда теории возмущений в так называемом лестничном приближении. Специалисты поймут без объяснения, а для неспециалистов могу сказать фразу, которую часто слышал от своего учителя физики в средней школе: «Не твоего ума дело». Эти слова он произносил в ответ на вопросы, на которые не считал нужным отвечать или, возможно, не знал ответа. Видимо, именно эта фраза произвела на меня в школьные годы столь сильное впечатление, что я в конце концов и стал физиком.

Вернемся к эффекту Кондо, кото-

рым также успешно занимался Филипп Нозьер. Он показал, что задача не решается простым суммированием ряда теории возмущений и что требуется более общий подход с применением так называемой ренормализационной группы. Его результат сыграл важнейшую роль в объяснении эффекта Кондо, хотя точное решение этой задачи было получено лишь позже советским теоретиком Павлом Вигманом и американским теоретиком румынского происхождения по фамилии Андрей в изумительной по красоте и сложности работе.

История проблемы Кондо заставляет задуматься о путях развития современной физики. В течение десятилетия лучшие умы бились над решением задачи, которая не так уж и важна по своим масштабам и для физики, и для практики. Что это было? Уход физиков в неправильном направлении? Но большинство физиков-теоретиков ответит на этот вопрос отрицательно. В действительности методы и идеи, понадобившиеся для объяснения эффекта Кондо, сыграли важнейшую роль в исследованиях явления локализации электронов, играющего фундаментальную роль как в современной физике, так и в приложениях. Пути развития науки, как и пути Господни, неисповедимы...

По окончании симпозиума в Люмини состоялась незабываемая поездка в Гренобль, с остановками в Арле и Авиньоне. В Гренобле мы познакомились, возможно, с лучшими во Франции лабораториями по физике конденсированного состояния. Затем — остановка в Париже с непредвиденной задержкой.

Дело в том, что за прошедший после Бакурианского симпозиума год в нашей среде происходили не только научные события. За это время в семьях Филиппа Нозьера и Алексея Абрикосова случились разводы. По понятным причинам соблюдалась достаточно тонкая конспирация¹, и я

узнал об этом от Абрикосова лишь по приезду в Париж. Возникла сложная ситуация, так как Алеша собрался оформлять свой брак с Анни в Парижской мэрии, для чего должен был задержаться во Франции на месяц. Такая задержка члена-корреспондента АН, по строгим правилам того времени, была эквивалентна взрыву бомбы небольшой мощности.

В конце концов удалось найти компромиссное решение — наше посольство в Париже согласилось выдать Анни въездную визу в Советский Союз. В ожидании необходимых формальностей нам всем, к общему удовольствию, пришлось задержаться в Париже еще на один день.

О перипетиях этой истории, кроме меня, никто из делегации не подозревал, хотя в нее входило 17 человек. На лицах участников обнаружилось лишь сильное удивление при вылете из Парижа, когда они увидели в аэропорту, что состав нашей группы увеличился еще на одного человека.

Это был, по-видимому, единственный случай в истории советской науки, когда делегация возвращалась из заграничной командировки не только без численных потерь, но даже и с приобретением.

Такова романтическая концовка нашего второго советско-французского симпозиума.

Многим читателям в настоящее время трудно ощутить, какими бедами могла обернуться вся эта история не только для основных действующих лиц, но и для всего института. Ведь она разыгрывалась в условиях, когда действовал уже ранее упоминавшийся мной принцип, сформулированный Александром Васильевичем Топчиевым: измена жене во время зарубежной командировки приравнивается к измене родине.

Однако для Абрикосова дело обернулось относительно мягкими репрессиями. Первая реакция «инстанций» была очень свирепой, и, как мне рассказывал Георгий Константинович Скрябин, главный ученый секретарь Академии наук, сверху требовали немедленного увольнения Абрикосова из

¹ Любые изменения в семейном положении, а тем более разводы выезжающих за границу должны были отражаться в анкетах и райкомовских характеристиках.

Академии. Но ограничились лишь тем, что закрыли ему выезды за границу.

Для Абрикосова это было довольно чувствительным наказанием, так как до того он одним из первых начал свободно выезжать из страны и даже в течение некоторого времени был консультантом Иностранного отдела АН, превратившегося позже в Управление внешних сношений (УВС). Этот запрет сняли лишь в 1975 г. После подписания Хельсинкского соглашения Абрикосову разрешили выехать в Финляндию.

Трудно было тогда представить себе, что наступят такие времена, когда Абрикосов, свободно выехав на месяц в командировку в Мексику, останется навсегда в Соединенных Штатах, заведовать теоретическим отделом Аргонской национальной лаборатории.

СОВЕТСКО-АМЕРИКАНСКИЕ СИМПОЗИУМЫ

1968 год был богат событиями в международной жизни института. По предложению вице-президента АН Бориса Павловича Константинова, а точнее по инициативе американских физиков-теоретиков, которую они предварительно с ним обсудили, мы начали международную программу совместных советско-американских симпозиумов по теоретической физике, которые начиная с 1969 г. проводились регулярно и поочередно — то в СССР, то в США².

Координаторами этих симпозиумов были: с американской стороны — профессора Дэвид Пайнс и Коньерс Херринг (к сожалению, последнего уже нет в живых), с нашей стороны — я и Лев Горьков.

Первый такой симпозиум проводился в 1969 г. в Москве. Мы, действуя в духе одесских симпозиумов, собрали весь цвет нашей теоретической физики. С американской стороны приехала, можно без преувеличения сказать, «первая сборная» теоретиков, работавших в области физики конденсированного состояния.

Кроме указанных координаторов, в «сборную Америки» вошли лауреаты Нобелевской премии Джон Бардин и Боб Шриффер — великие творцы теории сверхпроводимости, Лео Кадамов, Пол Мартин, Алан Лютер и другие. Я здесь упомянул лишь ветеранов, которые приезжали на наши симпозиумы по нескольку раз, но мой долг назвать имя еще одного физика, сыгравшего важнейшую роль в научных достижениях наших симпозиумов, — это Кеннет Вилсон, который на III Советско-американском симпозиуме в Ленинграде доложил еще не опубликованную работу по теории фазовых переходов второго рода, за которую позже был удостоен Нобелевской премии. Почти постоянно участвовал в симпозиумах Пьер Хоэнберг, который в начале 60-х в течение года стажировался в Институте физических проблем и был близким другом тогдашнего аспиранта Саши Андреева. К началу наших симпозиумов его имя было уже хорошо известно в теоретической физике.

Успех первого, московского симпозиума объяснялся главным образом тем, что составы советской и американской делегаций были «равными по силе». Конечно, ядро участников с нашей стороны составляли сотрудники Института теоретической физики.

Через несколько лет я встретил Пола Мартина на конференции, посвященной 100-летию Людвига Больцмана. В ходе дружеского разговора он пытался ответить на им же сформулированный вопрос, в каком из американских университетов имеется группа физиков-теоретиков, равная по силе Институту теоретической физики. После некоторого размышления в конце концов он ответил так: «Только сборная команда теоретиков Восточного побережья Америки, включая теоретический отдел Лабораторий компании «Белл», могла бы соперничать с Институтом теоретической физики».

Ответный симпозиум американская сторона проводила в Нью-Йорке в 1970 г. Несмотря на сложности с отбором кандидатов в нашу команду (еще не все достойные люди были

² Подробно историю их начала см. в статье «30 лет спустя» (Природа. 1995. № 1).

«выездными»), удалось собрать сильную группу, способную представлять нашу теоретическую физику.

Участники симпозиума имели возможность поехать по американским лабораториям и познакомиться с их достижениями. Я впервые посетил Принстонский университет в качестве гостя Джона Уилера.

Дело в том, что в 1969 г. наши многолетние исследования, начатые с Евгением Михайловичем Лифшицем, к которым позже присоединился Владимир Алексеевич Белинский, привели к построению общего космологического решения вблизи сингулярности по времени. В основе этого решения лежала временная эволюция однородной космологической модели IX типа Бианки, в которой характерными являлись чередования периодов осцилляции геометрии при приближении к особенностям по времени.

Впервые об особенностях временного поведения модели IX типа Бианки я докладывал в Париже в 1968 г., на семинаре в Институте Анри Пуанкаре. На этом семинаре присутствовал Джон Уилер, который мгновенно отреагировал, указав на возможность механической аналогии данной модели. Анализ IX типа Бианки как механической модели впоследствии был проведен независимо от нас учеником Уилера Чарльзом Мизнером, который дал ей удачное название *mixmaster model*.

Уилер знал всю историю вопроса и всячески пропагандировал нашу работу.

Следует сказать, что Джон Уилер — личность яркая, сыгравшая значительную роль в современной теоретической физике. Он работал с Эйнштейном, вместе с Бором развил капельную модель деления ядра, наконец, Ричард Фейнман был его учеником. Он, человек с необычайным воображением, подсказал Фейнману идею рассматривать позитрон как электрон, движущийся в противоположном направлении по времени. Он всегда занимал очень высокое положение в научном сообществе, многие годы был советником президента США.

Будучи его личным гостем в Принстоне, я жил в его коттедже, где мне была предоставлена комната, в которой ранее останавливался Нильс Бор.

Как-то вечером после ужина Уилер показал мне свои фотографии, на которых был снят с Ричардом Никсоном. После этого он спросил меня, как часто я встречаюсь с Леонидом Брежневым. Мой ответ, что я никогда не встречался с ним, вызвал недоверчивую улыбку, и, обращаясь к жене, Уилер сказал: «Жанет, Халат не хочет говорить нам правду!» Джон Уилер не представлял себе, какая дистанция разделяла нас, даже не совсем рядовых ученых, от правящей верхушки.

С Уилером мы встречались довольно часто. Он любил приезжать в Советский Союз. В одну из встреч я его познакомил с Андреем Дмитриевичем Сахаровым. Но самым большим сюрпризом для меня была последняя встреча с ним в Лондоне 1 июня 1995 г., когда нам вручали в Лондонском Королевском обществе дипломы иностранных членов. Кульминацией церемонии был момент, когда вновь избранные члены оставляли свою подпись в книге, в которой можно было найти подписи всех членов этого общества со времен его основания, в том числе Исаака Ньютона и Чарльза Дарвина. Джон Уилер перед тем, как расписаться в этой книге, помолился над ней.

МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ВОДОРОД

Важная и интересная беседа состоялась у меня во время моего визита в Урбанский университет под Чикаго с Джоном Бардином. Этот замечательный человек, лауреат двух Нобелевских премий (первая — за транзисторы, вторая — за теорию сверхпроводимости), отличался доступностью и доброжелательностью. Беседа касалась проблемы металлического водорода.

О том, что водород при высоких давлениях должен переходить из молекулярной фазы в атомарную —

металлическую, — было известно, и вскоре после создания теории сверхпроводимости возникли спекуляции на тему о возможности сверхпроводимости в металлическом водороде. Переход в сверхпроводящее состояние в водороде смог бы происходить при высоких температурах, так как из-за малой массы атома водорода Дебаевская температура, характеризующая колебания атомов в кристаллической решетке, должна была быть высокой.

В беседе с Дж.Бардином был поставлен, насколько мне известно, впервые, вопрос о возможной метастабильности металлического состояния водорода. Из теоретических рассмотрений следовало, что водород при высоких давлениях должен переходить в металлическое состояние. Однако вопрос, останется ли он в этом состоянии (метастабильном) после снятия давления, — ранее не обсуждался.

Мы пришли к заключению, что, по аналогии с другими фазовыми переходами, такая возможность не исключается. Окончательный же ответ на поставленный вопрос, конечно, мог дать только эксперимент.

Возможность получения металлического метастабильного водорода открывала большой простор для фантазий. Этот необыкновенно легкий конструкционный материал был бы уникальным для физики и, главное, для технического приложения. Он мог быть использован в качестве высококалорийного топлива (например, в ракетах), и, наконец, это был бы высокотемпературный сверхпроводящий материал.

Однако все это относилось к области фантастики. Даже обнаружение перехода в металлическое состояние требовало создания лабораторных условий, как показывали расчеты, давления порядка нескольких миллионов атмосфер.

После возвращения в Москву я сразу же поделился спекуляциями на тему о метастабильном водороде с Анатолием Петровичем Александровым, тогда директором Курчатовского института, и с академиком-секретарем Отделения общей физики и астрономии Львом Андреевичем Арцимовичем.

Оба очень заинтересовались, в особенности Арцимович.

Дело в том, что в Академии наук существовал Институт физики высоких давлений, который возглавлял Леонид Федорович Верещагин. Институт возник из небольшой лаборатории Верещагина и по существу всегда ею и оставался. Главное достижение института — создание искусственных алмазов, которое очень эксплуатировалось президентом Келдышем в ежегодных отчетах, поскольку было доступно для объяснений высокому начальству как пример важных прикладных работ, ведущихся в Академии.

В Институте высоких давлений был сооружен гигантский пресс. Здание для этого пресса и сам пресс обошлись государству в хорошую копейку. Однако он уже несколько лет стоял неиспользуемый, и никто не знал, что с ним делать.

Когда я рассказал Арцимовичу о фантастических перспективах металлического водорода, он очень обрадовался и воскликнул: «Наконец-то мы знаем, что делать с бесполезным до сих пор прессом Верещагина!»

С Верещагиным у меня давно установились добрые отношения, и мы с целью пропаганды опубликовали совместную статью о перспективах применения металлического водорода в популярной в то время «Неделе». Возник бум. Проблемой заинтересовались многие научные учреждения, военные и гражданские.

В конце 1970 года Александров, увлекшись и забыв о том, что о проблеме метастабильного металлического водорода он узнал впервые от меня, на выборах в Академию наук для продвижения своего кандидата, который был моим конкурентом, усиленно рекламировал его заслуги именно в этой области.

Проблема металлического водорода остается до сих пор актуальной для физиков-экспериментаторов. И хотя сам факт перехода водорода в металлическое состояние, по-видимому, можно считать подтвержденным, возможность сохранения его в метастабильном состоянии даже в незначи-

тельных количествах в монослоях остается пока недоступной.

Что касается практических применений, то их фантастический характер уже мало кого увлекает.

Несколько слов о Леониде Федоровиче Верещагине. Разработанный им метод получения искусственных алмазов не был защищен надлежащим образом патентами, и возникли серьезные проблемы с продвижением его алмазов на западном рынке. Связанные с этим неприятности привели его к преждевременной смерти вскоре после начала водородной эпопеи.

Я РАЗГЛАШАЮ ГОСУДАРСТВЕННУЮ ТАЙНУ

Выше я упоминал семинар в январе 1968 г. в Институте Анри Пуанкаре. Хотел бы сказать несколько слов о том, какими путями я попал тогда в Париж.

В середине 60-х годов действовала программа ЮНЕСКО по оказанию научной помощи университетам Индии. Согласно этой программе Советский Союз посылал своих ученых в индийские университеты для чтения лекций. Это была своеобразная натуроплата, освобождающая СССР от части своих взносов в ЮНЕСКО.

В ноябре-декабре 1967 г. я провел два месяца в Делийском университете в качестве эксперта ЮНЕСКО, прочитал ряд лекций и посетил другие университеты, везде встречая необыкновенно доброжелательное отношение. Особенно запомнился визит в Бангалор. Там меня очень тепло принял лауреат Нобелевской премии Чандрасеkhара Венката Раман, вопреки рассказам о его странностях и нелюдимости, которые я не раз до этого слышал. Я также повидался со Станиславом Рерихом и его женой, у нас была очень долгая и доверительная беседа, смысл которой, если сказать кратко, сводится к необходимости делать добро на любом месте и в любых условиях.

До меня по аналогичной программе в Индию выезжали В.А.Фок, А.А.Абрикосов, В.П.Силин и др. Коман-

дировка в эту страну предусматривала некоторую «сладкую закуску» — поездку в Париж для предоставления отчета в ЮНЕСКО. Так в январе 1968 г. я прямым рейсом из Дели прилетел в Париж.

Симпозиум в Нью-Йорке, о котором речь шла выше, вызвал большой интерес. Журнал «Scientific American» опубликовал отчет о симпозиуме и интервью со мной, в котором я рассказывал о наших работах по космологии редактору Глории Лабкин. В конце интервью было сказано несколько слов об Институте теоретической физики, названы имена ведущих сотрудников, участвовавших в первых двух советско-американских симпозиумах, а также и то, что институт входит в состав научного центра в Черногловке.

Через десять лет разговаривавший со мной высокий чин КГБ назвал упоминание Черногловки криминалом. Об этом я еще расскажу подробнее, а сейчас хотел бы объяснить, что существование научного центра в Черногловке к 1970 г. не было секретом. Как известно всем, кто когда-либо печатал научные статьи, рядом с именем автора указывается его адрес. Поэтому все публикации Института теоретической физики и других институтов Центра (Института физики твердого тела, филиала Института химической физики и др.) по крайней мере с 1965 г. содержали адрес института в Черногловке. В программе советско-американского симпозиума 1969 г. также был указан адрес института.

Правда, Черногловка оставалась долго закрытой для въезда иностранцев, и это всегда вызывало недоумение у наших зарубежных коллег. Я обычно им объяснял, что закрытость связана с тем, что существует ограничение на выезд иностранцев за пределы 40-километровой зоны от Москвы, а Черногловка находится за этой чертой. Аналогичные ограничения существовали для поездок наших граждан и в США, в связи с чем мое объяснение не вызывало особых сомнений, как мне казалось. Поэтому рассматривать как криминал упомина-

ние Черноголовки могли только некомпетентные люди. Однако сколь бы нелепой и лживой ни оказалась информация, поступавшая в КГБ, она навечно сохранялась в личном деле «жертвы».

Следующий советско-американский симпозиум по теоретической физике проходил в Ленинграде. Его можно было бы назвать историческим, но дело в том, что по партийной терминологии тех лет даже пленумы ЦК, не говоря уже о съездах партии, неизменно получали эпитет «исторический». Именно на этом симпозиуме Кеннет Вилсон впервые докладывал свою работу, в которой он решил проблему фазовых переходов второго рода и за которую впоследствии получил Нобелевскую премию.

Хотел бы напомнить читателям, что основные идеи этой теории предложены Валерием Покровским и Сашей Паташинским как результат дискуссий, имевших место на нашем I Одесском симпозиуме (1961).

Работа Вилсона была выполнена в Корнеллском университете, куда молодого, но уже имевшего высокую репутацию Вилсона взяли с совершенно уникальным контрактом, подписанным на десять лет. Согласно этому контракту, он был свободен от чтения регулярных курсов и мог заниматься наукой, что называется, в свое удовольствие. Рискованный контракт Корнеллского университета, как мы видим, закончился поистине триумфом.

В Ленинграде для симпозиума нам предоставили дворец, принадлежавший когда-то великому князю Владимиру. Я часто шутил, напоминая Дэвиду Пайнсу, что он сидит на том месте, на котором еще недавно восседал сам великий князь Владимир. Невозможно описать восторг, охвативший Пайнса, когда на балете в Мариинском театре он оказался в императорской ложе, которую, как я ему объяснил, до него занимали русский царь с царицей.

Вообще надо сказать, что в те годы мы имели возможность проявлять известную широту при приеме наших западных коллег. Так, Дэвид Пайнс

часто приезжал к нам в качестве гостя института с семьей, включая всех его детей. Многие из наших гостей посетили Бухару и Самарканд.

Отличительной чертой наших симпозиумов была полная свобода общения советских и западных участников. Во многом этому способствовал мой принцип: поменьше спрашивать разрешения у начальства. А в то время действовала инструкция, согласно которой советский ученый не мог разговаривать с западным ученым с глазу на глаз — он обязан был приглашать кого-либо из советских коллег для участия в такой беседе. Тем, кто придумал такое правило, и в голову не приходило, что на международных симпозиумах и конференциях это даже технически осуществить невозможно.

В Москве к нашему свободному стилю общения с иностранцами уже привыкли. Однако чувствовалось, что ленинградский КГБ был шокирован. Вспоминается, как в один из вечеров Боб Шриффер устроил в гостинице «Астория» прием от имени американской делегации. Под конец, когда все несколько расслабились после трудового дня, а кое-кто был и навеселе, Покровский, имевший диплом Харьковской консерватории, начал импровизировать, играя на рояле популярные мелодии. Рояль окружили и начали хором подпевать. Среди поющих я заметил несколько незнакомых лиц, хотя зал был закрыт для посторонних.

Может быть, во время этого симпозиума впервые в частных беседах обсуждались практические аспекты начавшейся в то время эмиграции советских граждан в США и Израиль.

После упомянутого мною интервью журналу «Scientific American» и в особенности после ленинградского симпозиума я заметил, что сопротивление моим поездкам на Запад несколько усилилось. Явно в моем досье появились «компрометирующие» материалы. Последний раз меня «пустили» в США в 1973 г., где проходил очередной советско-американский симпозиум в Беркли, вблизи Сан-Франциско. По-видимому, наверху были

сомнения насчет возможности моей поездки. Накануне меня впервые вызвали к одному из руководителей Отдела выездов ЦК, который после недолгой беседы со мной все-таки принял в конце концов благоприятное решение.

Ничем сенсационным в научном отношении этот симпозиум не запомнился, но научные сенсации случаются нечасто. Зато случилась большая политическая сенсация — начиналось Уотергейтское дело. Я тогда сразу же ощутил серьезность его последствий для судьбы президента Никсона. Должен сказать, что всегда относился с большой симпатией к Ричарду Никсону и сейчас считаю его одним из великих президентов США: именно ему удалось коренным образом изменить отношения Соединенных Штатов с Китаем и Советским Союзом.

Всем известно, что политика — дело не совсем чистое, и на это приходится порой закрывать глаза. Но Никсон был в политике высоким профессионалом, а стабильность в мире могут обеспечить только профессиональные политики. Когда поутри ажиотаж вокруг Уотергейтского дела, время все расставило по местам. И авторитет Никсона в обществе, и понимание его роли в настоящее время, наконец, стали адекватными.

Я сделал это отступление потому, что наши советско-американские симпозиумы могли возникнуть только в условиях начавшейся тогда разрядки, связанной с именем Ричарда Никсона и другого профессионального политика — Леонида Брежнева.

В начале 1974 г. произошла весьма любопытная история. Я был избран регент-профессором Калифорнийского университета в Лэхое. Приглашение предусматривало чтение лекций в этом университете в течение трех месяцев. Я начал оформление, но дело кончилось отказом. Как я позднее узнал из статьи в журнале «Science», государственный департамент еще до отказа, полученного мной в Москве, известил ректора Калифорнийского университета о невозможности моего трехмесячного пребывания в

Лэхое, поскольку в Сан-Диего, где находится этот университет, располагается база военно-морского флота США, и советским гражданам разрешается пребывание в Сан-Диего только в течение нескольких дней.

Автор статьи в журнале «Science» возмущался создавшейся ситуацией и, ругая всеми возможными способами американские спецслужбы, не подозревал, что в это время я у себя уже получил отказ, за которым стояли советские спецслужбы. Не сговариваясь, спецслужбы обеих стран проявили трогательное единодушие.

Следующий советско-американский симпозиум, состоявшийся в 1974 г., был совмещен с традиционной летней школой в горном курорте Аспене, куда выехала большая группа теоретиков из нашего института. Возглавлял ее Лев Горьков, так как меня на этот раз в США уже не пустили. Академия пыталась помочь, и даже был момент, когда определилась дата моего вылета совместно с Львом Питаевским. Но в последний момент мне позвонили из УВС и спросили, можно ли отложить отъезд на два дня. Считая этот вопрос хорошим признаком, я ответил, что можно. В результате мы с Питаевским не полетели в США, и для меня наступил 15-летний перерыв для командировок в эту страну.

Участие советских теоретиков в Аспенских школах стало традиционным, группы из нашего института возглавлял Лев Горьков. Мои американские коллеги-теоретики, которых я встречал в Москве и за рубежом, ни разу не выразили удивления по поводу того, что я перестал бывать в США.

НАШ ПЕРВЫЙ КОМПЬЮТЕР

Где-то в середине 70-х годов Государственный комитет по науке и технике (ГКНТ) щедро выделил институту 100 тыс. долларов для приобретения компьютера. Через соответствующую внешнеторговую организацию мы заказали в США компьютер WANG-2000. По тем временам это был компьютер средней мощности. В Мос-

кве таких уже было несколько десятков в разных учебных заведениях и институтах.

Однако через некоторое время департамент торговли США потребовал от нас заполнить большую форму, так как имелись возражения со стороны департамента энергетики США, который контролировал продажу всех компьютеров Советскому Союзу. Как я понял впоследствии, какой-то небольшой, но бдительный чиновник заподозрил что-то неладное, когда увидел наш адрес: Черноголовка — место, закрытое для иностранцев.

Мы тщательно заполнили форму для департамента торговли США. Один из пунктов этой формы требовал назвать двух гарантов из США, знающих наш институт. Я решил сразить американских чиновников двумя неординарными именами. Первым я назвал Боба Шриффера, лауреата Нобелевской премии, а вторым — Коньерса Херринга, который в то время заведовал теоретическим отделом Лабораторий компании «Белл». Вскоре поступил следующий запрос, в котором требовалось сообщить, какую зарплату указанные лица получают в нашем институте. Мы и на этот смехотворный запрос ответили. Однако вскоре из департамента торговли сообщили, что то лицо в департаменте энергетики, которое возражает, своих решений никогда не меняет, и поэтому они рекомендуют оформить сделку на какую-нибудь другую, подставную организацию. На это я пойти не мог, так как это задевало мое самолюбие: Институт Ландау был уже хорошо известен в Америке.

Как-то раз через несколько месяцев я встретил в Англии, где был гостем Университета в Нью-Кастле, американского профессора Расса Доннели из Университета в Орегоне. Решив его развеселить, я рассказал ему анекдотичную историю с покупкой компьютера для нашего института.

Однако он принял ее всерьез и пообещал по возвращении в США связаться со своим другом Джоном Дойчем, который в то время был заместителем министра в департаменте энергетики.

Это имя сейчас хорошо известно, поскольку Джон Дойч недавно возглавил ЦРУ. Однако и Дойч не смог нам помочь. Тогда настойчивый Доннели обратился к сенатору от своего штата Бобу Паквуду. Последовала немедленная реакция. Паквуд обратился в департамент торговли, и уже через неделю мы подписали контракт на приобретение компьютера WANG.

Все эти подробности я знаю из переписки Доннели с сенатором Паквудом, которую Доннели нам переслал. Наибольшее впечатление в письме Паквуда на меня произвела концовка, в которой он просил Доннели «не смущаться и обращаться к нему с подобными просьбами».

В этой истории есть много поучительных сторон, главная из которых — это непробиваемость американской бюрократической машины и доступность, авторитет и влияние американских сенаторов. В США законодательная власть способна осилить исполнительную.

Что же касается компьютера WANG, то он довольно быстро устарел и еще долго валялся в институте, так как никто его даже бесплатно брать не хотел.

Карьера сенатора Боба Паквуда успешно продолжалась несколько десятилетий. Недавно она оборвалась в результате громкого скандала. Выяснилось, что в 1969 г. он поцеловал в щёку одну из своих секретарш, в дальнейшем бывали случаи, когда он похлопывал свою сотрудницу по плечу. Этого ему феминистки не простили.

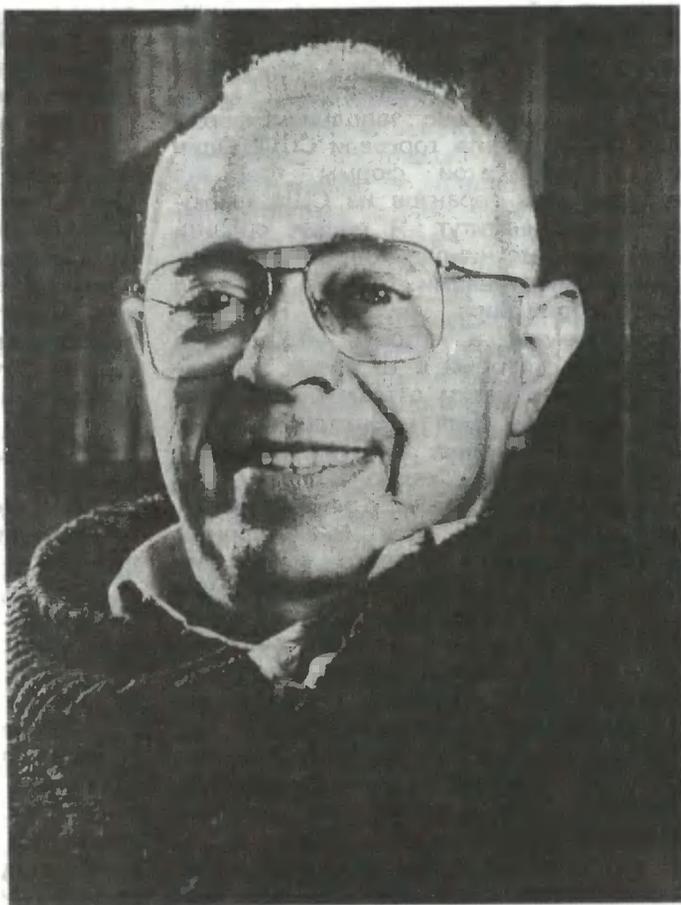
Тель-Авив — Черноголовка

(Окончание в следующем номере)

Мой роман с «футурологией»

Станислав Лем

12 сентября 1996 г. Станиславу Лему исполняется 75 лет. «Природа» поздравляет знаменитого польского писателя и философа и хотела бы чаще видеть его имя на своих страницах. Его перу принадлежат очень читаемые у нас произведения научной фантастики и других жанров, в том числе четыре крупные научно-философские работы. Это: «Диалоги» (1957) — книга, в которой общеполитические проблемы трактуются с точки зрения кибернетики; «Сумма технологии» (1964) — книга о перспективах техноэволюции, рассматриваемой на фоне биоэволюции; двухтомные трактаты «Философия случайности: Литература в свете эмпирии» (1968) и «Фантастика и футурология» (1970). Все они носят междисциплинарный характер, и не только потому, что их содержание не укладывается в традиционные рубрики. Во всех этих работах Лем стремился перенести на почву «классической» гуманитарной проблематики некоторые элементы и стиль мышления естественных и точных наук (кибернетики, биологии,



современного языкознания и даже космологии).

Станислав Лем — читатель «Природы» с 35-летним стажем и один из ее авторов. В 1973 г. журнал напечатал «Двадцатое путешествие Ийона

Тихого», а в 80-е годы — два его научных очерка.

Публикуемое ниже эссе «Мой роман с «футурологией»» взято из только что вышедшего сборника статей С.Лема «Sex Wars» (Варшава, 1996).

Читателям «Природы»

На протяжении десятилетий «Природа» была для меня очень важным источником научной информации. А после распада СССР я узнавал из «Природы», как тяжело приходится точным наукам и как мало это волнует остальное общество. От всего сердца желаю журналу прежнего, 80-тысячного тиража, и даже еще более высокого.

Англоязычные издания (такие, как «New Scientist», и в меньшей степени «Scientific American») позволяют себе публиковать материалы с привкусом сенсации. «Природа» никогда этого не делала и не делает. Журнал хранит верность своей традиции: можно ли желать большего?

Июнь 1996

«Исследователем будущего» я стал помимо собственного желания и даже сознания. Лишь теперь, оглядываясь назад, я вижу, как это происходило.

Итак: когда я впервые стал размышлять о том, «что находится в пределах возможного», я ведаю не ведал о какой-либо «футурологии». Я не слышал этого термина и тем более не знал, что его изобрел в 1943 г. О. Флехтхейм¹. Чтобы проверить эту дату, я заглянул в лексикон Мейера и узнал, что Флехтхейм в своей «футурологии» намечал три раздела: прогностику, теорию планирования и философию будущего. Похоже, я понемногу пробовал силы сразу во всех этих трех областях. Здесь, согласитесь, есть что-то странное: достаточно долго, достаточно всесторонне и достаточно неосознанно заниматься предметом, о котором даже не знаешь, что это такое. Должно быть, когда прачеловек впервые попробовал петь, он тоже не догадывался, что занимается пением.

Многое из того, что я писал о грядущих свершениях (и грядущих несчастьях) человечества, уже сбылось — совершенно неожиданно для меня; чтобы не быть заподозренным в самохвальстве, расскажу о себе не столь лестные вещи. «Первый толчок» я получил, пожалуй, в гимназические

годы. В книге о своем детстве («Высокий Замок») я, среди прочего, описывал свои «изобретательские походы» в возрасте неполных тринадцати лет. Целые тетради я заполнял рисунками ползающих машин, летающих машин и даже приспособлений для поедания вареной кукурузы, — поскольку меня интересовало все.

Тогда же, во время скучных уроков, я предавался еще более фантастическим занятиям: из бумаги, вырезанной из школьных тетрадей, трудолюбиво изготовлял императорские и королевские удостоверения, грамоты с пожалованиями несметных сокровищ и драгоценностей, а затем — пропуска, дающие право доступа в святая святых Совершенно Секретных Замков; таких бумаг у меня были целые кипы. Быть может, то был зародыш моего позднейшего литературного творчества; не знаю. Собственная персона вообще не слишком интересовала меня. Куда сильнее меня занимали вопросы «почему?». Такими вопросами я изводил дядьев и отца с тех пор, как себя помню. А из школьного класса я мысленно убежал как можно дальше — поначалу в прошлое, но не то, о котором писали учебники истории, а в первобытное прошлое, кишашее динозаврами. У меня были книги о динозаврах, и вообще я был пожирателем книг — любых, включая энциклопедию Брокгауза 1890 года. А еще я рисовал чудовищ, которых в природе никогда

© Лем С. Мой роман с «футурологией».

¹ О.К.Флехтхейм (р. 1909), немецкий политолог. Здесь и далее прим. перев.

не было, но которые, по моему убеждению, должны были существовать.

Итак, в воображении я убежал в другие эпохи, в другие миры, и хотя понимал, что это лишь понарошку, что это только игра, я хранил свои тайны от всех. Бессмысленно в этих детских

фантазиях отыскивать истоки «футурологических занятий»; тем не менее, когда после войны я оказался, вместе с родителями, в Кракове, мои первые литературные опыты (еще в бытность мою студентом медицины) не были всего лишь тривиальной science fiction.

II

Моим вылазкам в будущее весьма посодействовала коммунистическая власть, ведь именно ей я — вместе с остальной Польшей — был обязан полной изоляцией от Запада и мировой научной литературы. До 1956 года я не только не прочитал ни одной книги в жанре science fiction (если не считать Жюль Верна и Уэллса, с которыми познакомился еще до войны, во Львове), но не имел и доступа к научным трудам, за одним исключением. Дело в том, что в 1946 году доктор Хойновский, психолог, основатель Науковедческого семинара, а я стал его ассистентом. Хойновский обращался в научные центры США и Канады с просьбой о присылке литературы для польских библиотек, опустошенных в годы немецкой оккупации. Книги приходили целыми пачками. В мои обязанности входило распаковывать их и отправлять в университеты по всей стране; но книги, которые меня интересовали, я забирал домой, читал по ночам и лишь потом нес на почту. Так я познакомился с кибернетикой Винера, с теорией информации Шеннона, с работами Джона фон Неймана (которые произвели на меня огромное впечатление), с теорией игр и т.д. При этом читать приходилось со словарем, так как английский я не знал.

Но просто чтение вскоре перестало меня удовлетворять; на фундаменте прочитанного я стал возводить свои собственные построения. Сперва я придумал «воскрешение человека из атомов», что «в принципе» показалось мне возможным: поскольку мы все состоим из атомов, после смерти надлежит их собрать и воссоздать живой организм. Позаимствовав у епископа Беркли имена дискутантов,

Гиласа и Филонуса, я велел им исследовать возможность подобного воскрешения. Написанное я показал Освенчимскому, одному из ассистентов Науковедческого семинара. Тот попробовал опровергнуть мой конечный вывод (что воссозданный из атомов человек будет не тем самым, который умер, а, самое большее, таким же самым, т.е. копией, близнецом). Каждый день он приходил с новым контраргументом, на который я находил ответ. Так, как бы сама собой, без всякого плана, возникла первая глава моей будущей книги «Диалоги». Я написал ее в 1953 году, когда Сталин был еще жив и об издании книги не могло быть и речи: в ней обсуждались разнообразнейшие возможности, вытекающие из принципов кибернетики, которая официально именовалась «буржуазной лженаукой».

Впрочем, о прогнозировании будущего ничего не было слышно по той простой причине, что будущее уже было предсказано с высочайшей научной точностью — в виде коммунистического рая, к которому вела нас верной дорогой коммунистическая партия, как Моисей вел евреев в землю обетованную. Но меня это не особенно удовлетворяло, да и не особенно заботило; я писал свое. В 1956 году, благодаря «оттепели», «Диалоги» уже можно было издать². Но так как в издательстве никто не имел понятия, о чем эта книга и что все это значит, художник изобразил на обложке сцену, а на ней приставную лестницу и две брошенные домашние туфли. (Одновременно я писал научную фантастику, которая уже имела некоторый успех;

² «Диалоги» вышли в свет в 1957 г.

но о ее роли в моих «футурологических изысканиях» я умолчу.)

Мое мышление было странным образом раздвоено; действительно, человеку порой случается влюбиться помимо воли, но жениться помимо воли и не заметить этого — большая редкость. А теперь обо мне пишут, что я вообще не занимался футурологией, во всяком случае той, которая расцвела и завоевала читательский рынок в 60-е годы. Прежде всего потому, что о будущем я начал писать раньше, чем эта мода покорила Запад, но в еще большей степени потому, что я был отрезан от Запада. Правда, сквозь глушилки ко мне пробивалась «Свободная Европа», но там о будущем не говорилось ни слова. И мне нелегко объяснить, почему в 1962 году я решился писать свой *opus magnum*³ — «Сумму технологии». Самое краткое объяснение таково: мне было интересно, что может случиться в будущем.

Я не занимался ни политическим будущим мира, ни грядущими кризисами, ни демографическим взрывом. Меня интересовали «Инструментальные» свершения человечества, лежащие в сфере возможного. Ведь Бэкон столетия тому назад уже писал о машинах, способных летать и ходить по дну морскому. И хотя философ Карл Поппер объявил невозможным всякое предвидение будущего, я (вероятно, по неведению) именно за это и взялся. Не имея доступа к серьезным источникам прогнозирования, я искал какой-нибудь образец, путеводную звезду, девиз, ведущий в самое отдаленное будущее, — и мне пришлось, по немецкому присловью, сделать из нужды добродетель. Чтобы не фантазировать, как когда-то в гимназии, мне требовалась точка опоры в чем-то таком, что уже существует и что люди могли бы когда-нибудь повторить в своих технологиях. Немного подумав, вы увидите, что задача решалась, в сущности, просто: ведь существуют растения, существуют животные и, несомненно, существуем мы сами; а весь живой мир возник благодаря дарвиновской природной

эволюции. Если Природа сумела, то, взяв ее в наставницы, мы тоже сумеем — таково было мое допущение — творить, как она, и даже лучше, ведь трудимся мы для себя. В «Сумме технологии» я по мере сил попробовал рассмотреть, как именно можно «догнать и перегнать Природу» и что из этого впоследствии.

Когда я писал, не было еще разговора о нынешней биотехнологии, о генетической инженерии, о расшифровке «карты человеческой наследственности» (Human Genom Project). Вокруг меня царил марксизм-ленинизм, а я располагал лишь трудами в области точных наук, издаваемыми в Москве, по-русски: это были книги по астрофизике, по дарвиновской биологии (Дарвина коммунисты весьма почитали) и т.д. Среди них встречались и «краденые» издания, скажем, «Физика» Фейнмана, потому что Москва переводила самое лучшее и, разумеется, ничего не платила авторам. Но о прогнозах нельзя было даже заикнуться.

У меня были немалые трудности с терминологией. Представьте себе человека, который в 1800 году решил описать железную дорогу, еще не существовавшую: как называть все эти котлы, цилиндры, поршни, аварийные тормоза и так далее? Мне пришлось все выдумывать и называть самому, на манер Робинзона Крузо, который учился лепить из глины горшки и обжигать их. Я оказался Робинзоном футурологии, однако такое одиночество пошло мне на пользу.

Когда моя «Сумма» вышла, долго не было ни одной рецензии, только один известный польский философ⁴ написал, что я смешиваю утопию с информацией и все это какие-то сказки. На Западе к этому времени стали уже появляться такие исследовательские центры, как «Рэнд Корпорейшн», Гудзоновский институт, во Франции — группа «Фьюторибль» и т.д. Если б я знал о существовании всех этих бастионов мудрости, вооруженных бригадами компьютеров, доступом к мировой литературе и свободой участия в любых конференциях и конгрес-

³ Главный труд (лат.).

⁴ Лешек Колаковский, позднее эмигрировавший.

сах, — я и голоса не подал бы, придавленный этой громадой. Подумайте только: я, обитая на южной окраине Кракова, почти в деревенской глуши, должен в одиночку соперничать с мировыми экспертами, которые выбрасывают на читательский рынок бестселлер за бестселлером — взять хотя бы Германа Кана или Алвина Тоффлера...

На мое счастье, я понятия не имел ни о них, ни об их славе. Так что изоляция может пойти во благо. Уже тогда объявились целые когорты, легионы футурологов. После выхода очередного по счету издания «Суммы»,

в руки мне наконец попали тома, пришедшие с Запада; теперь я мог разглядывать точные графики и диаграммы (помню, что Г.Кан напророчил Восточной Германии второе место в Европе — после ФРГ — по темпам роста национального дохода). Лишь тогда я по-настоящему оценил выгоды своего одиночества. Советы через некоторое время распались, ГДР перестала существовать, футурология исчезла с витрин книжных магазинов, зато появились новые статьи и книги — не о том, что будет когда-нибудь, а о том, что уже существует, уже становится, уже развивается.

III

Что я имею в виду? Прæжде всего — кардинальный поворот к биологии и биотехнологии. Полным ходом идет составление подробнейшей карты человеческой наследственности; устанавливается локализация генов, ответственных за индивидуальные признаки и недуги; возникают мощные консорциумы наподобие «Genetech» (всех я не назову); патентуются искусственно созданные бактерии, используемые для химического синтеза, — и всем этим я был поражен. Ведь писал я, искренне веря, что не доживу до осуществления ни одного из своих прогнозов, что все это возникнет то ли в третьем, то ли в четвертом тысячелетии. А теперь я не успеваю следить за появлением все новых разделов биотехнологии.

Конечно, новая технология совсем не похожа на ту, которую я, оказавшись в положении Робинзона, навывдумывал в своей «Сумме». Скажем, моя «фантоматика» уже народилась, только зовется она «виртуальной реальностью» — virtual reality. И каждую неделю появляются новые термины. Можно предугадать общее направление развития, на это у меня есть доказательства, но угадать еще и названия конкретных продуктов, технологий, орудий... это уже было бы чудом. В чудеса я не верю.

Впрочем, ускоряющийся прогресс теоретических знаний и их практичес-

ких применений не во всем обогнал высказанные мною идеи. Я не могу пересказывать здесь «Сумму технологии», но попробую пояснить в двух словах ее основополагающий принцип. Позаимствовав этот принцип у природной эволюции, технологическая сфера, как я полагал, превратилась бы в совершенно новый феномен, принципиально отличный от развивающейся уже несколько столетий инженерной практики, конструктивных умений и научно-теоретического творчества людей.

Мы, люди, всегда имеем дело с обрабатываемым орудием и тем, что подвергается обработке, с инструментом и материалом, с долотом и камнем, с изобретением и экспериментальными образцами, а в сфере высшей абстракции — с гипотезами и теориями, подвергаемыми «проверке на фальсификацию» (такую проверку Поппер признал пробным камнем истинности наших теорий: если теория ни при каких условиях не может быть «фальсифицирована», т.е. опровергнута, ее научная ценность крайне сомнительна). С того времени, когда прачеловек научился высекать огонь из кремня, обработанного кремнем, а еще раньше — вытесывать из кремня каменный молоток и скребок, и вплоть до эпохи спутников, космических кораблей, атомных электростанций, — метод по сути оставался все тот же.

Но эволюция, которой пришлось своими силами выбираться из молекулярного хаоса, никаких теорий не создает, разделение на «обрабатывающее» и «обрабатываемое» ей неизвестно; ее «план» — это спираль ДНК, образовавшаяся из молекул в течение четырех миллиардов лет развития жизни на Земле (и мы по сей день не знаем, как именно это ей удалось). Но, суля по всему, потрудиться и помучиться ей пришлось немало, если в первые три миллиарда лет она ничего, кроме различных бактерий, не создала. Многоклеточные существа, растения и животные, возникли «всего лишь» 800 миллионов лет назад, а человек — 2—4 миллиона лет назад, то есть, в масштабе эволюции, «только что». Итак (возвращаясь к своей футурологии), самым трудным вопросом для меня было: сумеют ли люди ускорить развитие технологии настолько, чтобы за считанные столетия сравняться с эволюцией, трудившейся миллиарды лет, постичь ее искусство и овладеть им...

Двух обстоятельств мне действительно не удалось предвидеть. Во-первых, того, что мы окажемся в силах выиграть это состязание, что в этом забеге мы начнем побеждать уже к концу XX века, да еще так быстро, так стремительно, на стольких участках биотехнологического фронта. Как видно, тут я был пессимистом.

Зато чрезмерным оптимистом я оказался в ином смысле и в иной сфере: я уповал на прометеевский дух человечества. Я не думал, что величайшие достижения техники пойдут на потребу столь низким, гадким, подлым и к тому же неслышанно глупым и пошлым целям; что компьютерные сети (я писал о таких сетях в 1954 году) будут пересылать порнографию. Хотя, с другой стороны... Меня не интересовало просто прогнозирование технических и биотехнических достижений; мне хотелось узнать, как воспользуются ими люди и общества. А тут я уже не мог обойти людскую натуру, которая, увы, non est naturaliter christiana...⁵ Я пытался, однако, как-то

противостоять этой сумрачной стороне человеческой природы, глупой, но и кровавой одновременно... поэтому ни в «Диалогах», ни в «Сумме» нет глав о «черном» будущем блистательных технологий.

Но когда я углубился в предмет, который Флехтхейм назвал «философией будущего», мне пришлось признать, что высокоразвитая технология будущего, почти в любом ее варианте, неизбежно вступит в конфликт со всей культурной традицией человечества, с этикой исторически возникших религий, с нашими нравами и обычаями, на страже которых стоят параграфы прав и общественные табу, и эти фронтальные столкновения будут все мощнее и все опаснее, — словом, цивилизация станет угрозой сама для себя.

Я отказался от описания этих гибельных столкновений. Не знаю, было ли такое решение совершенно сознательным; во всяком случае, предсказывая триумфы технологии, которая пойдет на выучку к эволюции, я не предсказывал нынешнего «вседозволяющего общества». Выходом для меня стала science fiction: то, что казалось мне слишком мрачным, слишком черным, я изобразил тоже — но в шутовском, гротескном наряде. Так возник «Футурологический конгресс» (переведенный на множество языков) — образ мира будущего, где обычными стали не просто наркотики, а психотропные средства, позволяющие воздействовать на характер человека, на его личность, управлять им, словно марионеткой.

Но писалось это со смехом, и со смехом читалось. Увы, сегодня о чем-то подобном мы читаем в газетах. «Психимическая цивилизация» — «пси-виллизация» — кажется, уже стоит у ворот, ante portas... Да и многие другие свои книги я приправлял насмешкой, иронией, юмором, подавал под сатирическим и сюрреалистическим соусом, иначе они прозвучали бы как зауспокойная молитва по технологии, как rompre funebre, как МЕНЕ, ТЕКЕЛ, УПАРСИН.

⁵ По природе своей не христианка (лат.).

IV

В заключение должен признаться в следующем. Я вовсе не был всеведущим пророком техноканцерогенного взрыва с его ослепительно солнечным аверсом и траурно-черным реверсом. Не следует представлять себе дело так, будто без малого полвека назад, усевшись в кресло и поразмыслив, я решил: возведу человечеству, что хорошего и что плохого несет ему неотвратимое будущее, но возведу хитроумно, отделив хорошее от плохого; благие вести изложу в совершенно серьезной тональности, в основательных трудах, именуемых по-немецки *Sachliteratur*, специальной литературой, а недобрые, роковые прогнозы покрою веселой глазурью; сообщая их, буду подмигивать слушателям, подобно рассказчику невероятных историй. Когда я начал писать, ничего подобного, конечно, не было у меня в

голове, или, скажу осторожнее, в моем сознании.

Такое писательское раздвоение возникло как бы само собой, и лишь теперь, на исходе моей литературной работы, я различаю эту двустволку, сложенное из двух половинок целое, которое мне удалось перенести на бумагу почти мимовольно, почти неосознанно, словно бы мной руководило нечто такое, во что сам я не верю. Возможно, то был *genius temporis*⁶. НЕ ЗНАЮ.

Вот и все, что известно мне об источниках мною написанного; больше не спрашивайте меня ни о чем, больше мне нечего сказать в пояснение.

4 октября 1994

© Перевод с польского К. Душенко

⁶ Дух времени (лат.).

ПУБЛИКАЦИИ НАУЧНО-ФИЛОСОФСКИХ РАБОТ С.ЛЕМА НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

СУММА ТЕХНОЛОГИИ. М.: Наука, 1968. В 1996 г. в издательстве «Текст» выйдет второе издание «Суммы технологий».

ЭТИКА ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭТИКИ; Модель культуры. Пермь, 1993.

ПО ПОВОДУ ПРОБЛЕМЫ ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ. (Письменный доклад для I Международной конференции по проблеме связи с внеземными цивилизациями в Бюракане) // Проблема СЕТИ. М.: Мир, 1975.

ОДИНОКИ ЛИ МЫ В КОСМОСЕ? (По поводу статьи И.С.Шкловского «О возможной уникальности разумной жизни во Вселенной») // Знание — сила. 1977. № 7.

ПРИНЦИП РАЗРУШЕНИЯ КАК ТВОРЧЕСКИЙ ПРИНЦИП // Природа. 1987. № 9.

СТРАТЕГИИ ПАРАЗИТОВ, ВИРУС СПИДА И ОДНА ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГИПОТЕЗА // Природа. 1989. № 5.

О ВОСКРЕШЕНИИ ИЗ АТОМОВ: Из книги «Диалоги». (Диалог первый.) // Фантакрим МЕГА. 1992. № 5.

Космические исследования.
Робототехника

Микроспутники — новое средство космических исследований

На выставке «Роботикс-96» (Глазго, Шотландия) были представлены образцы разработанных британским конструктором М.Тилденом (M.Tilden)¹ микроспутников, предназначенных, в частности, для измерения магнитного поля в околоземном пространстве и его взаимодействия с солнечным ветром одновременно во многих точках.

Микроспутники отличаются малыми размерами (с мелкую монетку) и простотой устройства: наиболее сложные из них содержат всего 12 транзисторов. Легкая взаимозаменяемость и дешевизна делают их более удобным средством некоторых космических исследований, чем обычные ИСЗ, сложные системы которых нередко приходят в негодность. Предвидится запуск целых «роев» таких аппаратов; вместе они составят сеть, позволяющую вести детальные измерения (например, инфракрасного излучения в космосе) или ретранслировать информацию между обычными спутниками связи.

¹ О других конструкторских работах М.Тилдена см.: Хасслехер Б., Тилден М. Живые машины // Природа. 1995. № 4. С.32—46.

Чтобы преодолеть ограничения, связанные с размерами, каждый микроспутник хранит лишь небольшой объем данных, которые он через сеть себе подобных передает на крупный ИСЗ, а тот в свою очередь — на Землю. В случае выхода из строя одних микроспутников их «обязанности» автоматически могут принять на себя другие «члены роя» (подобно тому, как это происходит у общественных насекомых — муравьев, пчел и т.п.).

Производить такие аппараты можно из вышедших из употребления стереосистем и компьютеров, тогда каждый спутник обойдется примерно в 20 долл. Даже если НАСА, проявившее к изобретению живой интерес, будет использовать дорогостоящую керамику, золотые разъемы и специально заказываемую электронику, расходы окажутся во много раз меньшими, чем на ИСЗ нынешнего поколения: на деньги одного «старого» спутника можно запустить тысячи новых.

Несмотря на скептицизм некоторых специалистов, указывающих, что для получения изображений с высоким разрешением необходимы 300-миллиметровые объективы, а на микроспутнике это недостижимо, модели Тилдена заинтересовали сотрудников Центра космических исследований им. Джонсона НАСА (Хьюстон, штат Техас). Там, в частности, ставятся экспе-

рименты, в которых поведение аппаратов наблюдается в вакуумной камере, имитирующей космические условия.

Тем временем изобретатель работает над проектом «Солнечной бабочки». Этот аппарат будет иметь размах крыльев около 2 м при массе, которая позволила бы легко направить его к другим галактикам, черпая энергию от заряженных частиц солнечного ветра. Конструктор намерен разместить на крыльях «бабочки» послание землян к инопланетянам.

New Scientist. 1996. V.149.
№ 2022. P.5 (Великобритания).

Космические исследования

Для изучения Солнца

В первых числах декабря 1995 г. на орбиту была выведена солнечно-гелиосферная обсерватория — «Solar and Heliospheric Observatory» — «SOHO». Аппарат принадлежит Европейскому космическому агентству, а сконструирован и построен аэрокосмической корпорацией «Matra Marconi».

«SOHO» займет в пространстве точку, удаленную от Земли на 1,5 млн. км, где силы тяготения нашей планеты и Солнца уравновесят друг друга. Благодаря этому приборы без помех длительное время (в

течение двух лет) смогут осуществлять наблюдения за физическими процессами, происходящими на Солнце.

Одной из главных задач будет регистрация колебаний внешних слоев Солнца. Это позволит судить о внутреннем строении и составе ближайшей к нам звезды, подобно тому, как записи сейсмических волн помогают устанавливать физические свойства земных недр.

Помимо этого, аппарат «SOHO» будет определять состав заряженных частиц, образующих потоки солнечного ветра. Это, в частности, поможет установить причину загадочного явления: существенное превышение температуры солнечной короны по сравнению с ниже лежащими слоями (более чем на 1 млн. градусов).

New Scientist. 1995. V.148. № 2007. P.11 (Великобритания).

Астрофизика

Пусть звезды «двигают часы»

С глубокой древности хранение времени было делом звездочетов и астрономов. И лишь в 1967 г. оно попало в руки физиков: атомные часы достигли тогда значительно большей точности. Дело в том, что астрономические методы основываются на измерении скорости вращения Земли относительно неподвижных звезд, а наша планета вращается не совсем равномерно. Именно поэтому иногда в сигналы точного времени приходится вносить коррективы, добавляя или отнимая «лишнюю» секунду.

Около 30 лет назад

«вахту» передали часам атомным: секунда ныне равна $9\,192\,631\,770$ периодам колебаний, соответствующих определенному переходу между уровнем энергии единственного стабильного изотопа цезия-133. Для большей уверенности ученые сопоставляют показания 200 атомных часов, образующих сеть по всей планете. В последнее пятилетие точность атомных часов была доведена уже до 200 нс/год.

Но, как известно, нет пределов совершенству. Американские астрономы Д.Мацакис (D.Matsakis; Морская обсерватория) и Р.Фостер (R.Foster; Морская исследовательская лаборатория в Вашингтоне) предлагают вернуть задачу хранения времени «на небо», где находятся пульсирующие источники радиоизлучения — пульсары. Их импульсы повторяются с периодом от тысячных долей секунды до секунд с высокой точностью. В принципе, пульсар мог бы повысить точность определения времени раз в десять. Но его радиосигналы неизбежно искажаются на пути к земному наблюдателю. Следовательно, новый стандарт хранения времени можно ввести, лишь сопоставляя сигналы, поступающие от нескольких миллисекундных пульсаров. Но это уж дело техники.

Ознакомившись с этим предложением, видный английский астроном Дж.Пилкингтон (J.Pilkington; Гринвичская обсерватория) высказал мнение, что переход на «пульсарный стандарт» был бы вполне разумным, учитывая, что он дает долгосрочное надежное мерило времени, не зависящее от вмешательства человека.

New Scientist. 1995. V.148. № 2002. P.11 (Великобритания).

Астрономия

Охота за коричневыми карликами

Среди множества звезд во Вселенной существуют звезды-карлики. В зависимости от температуры они имеют различный цвет. Поэтому принято различать карлики желтые (примером звезд этого типа может служить наше Солнце), красные (например, 70 Змееносца), а также сверхплотные белые (как спутник Сириуса), вещество которых находится в вырожденном состоянии: электроны там оторваны от своих орбит в атомах и «гуляют сами по себе».

Но сравнительно недавно появился новый термин: коричневые карлики. Так прозвали звезды, массы которых меньше 0.08 солнечной — а это критическая масса, при которой в центре звезды реализуется температура, еще достаточная для поддержания термоядерных реакций (основного источника энергии для звезд главной последовательности). Если масса звезды меньше указанного предела, термоядерные реакции в ее недрах идти не могут, и ее энергия поддерживается только за счет гравитационного сжатия звезды. Коричневые карлики — своеобразный переходный класс тел между «настоящими» звездами и планетами-гигантами типа Юпитера.

Какие же звезды принадлежат к этому классу тел? В том-то и дело, что пока они не обнаружены, хотя за ними идет усиленная охота. Для этой цели американские ученые используют крупнейший в мире телескоп — рефлектор Кека с составным зеркалом

диаметром 10 м, установленный на вершине горы Мауна-Кеа (Гавайи). Его зеркало состоит из 36 фрагментов, точно пригнанных друг к другу.

Но главное преимущество нового телескопа — это не только большой диаметр зеркала, но и умело изготовленные приемные устройства. Для поисков коричневых карликов используется спектрограф изображения с низким разрешением (LRIS), разработанный в Калифорнийском технологическом институте. Он содержит ПЗС-матрицу с 4 млн. индивидуальных детекторов, охватывает участок спектра от его голубого, видимого конца (0.38 мкм) до ближнего инфракрасного (1.1 мкм) и способен получать спектры 30 объектов одновременно. С октября 1993 г. астрономы Дж.Б.Оук, Дж.Козн и их коллеги применили его для изучения слабого кандидата в коричневые карлики PC 0025 + 0447 в созвездии Рыб¹.

В спектре этого объекта преобладали эмиссионные линии атомарного водорода, эмиссионные полосы окиси титана и ванадия. Если эта звезда (22.4 величины в красных лучах и слабее 24-й величины в голубых) — молодой коричневый карлик, то в ее спектре должна была присутствовать пара линий поглощения лития на длине волны 0.6707 мкм. Полученные спектры позволили оценить лишь верхний предел содержания лития: он оказался гораздо ниже, чем ожидалось.

Как показал анализ, активность этой звезды подобна активности звезд из

скопления Гиад, возраст которых оценивается в 700 млн. лет. Это значит, что объект PC 0025 + 0447 достаточно горяч, чтобы быть слабой звездой главной последовательности, уже использовавшей часть начального содержания лития. А это в свою очередь означает, что такая звезда не является коричневым карликом.

Однако первая неудача не обескуражила исследователей. Поиски коричневых карликов продолжаются. В начале сентября 1995 г. Космический телескоп им.Хаббла зафиксировал звезду-карлик GL105A, у которой имеется маленький спутник, в 25 тыс. раз слабее главной звезды; его масса 0.08—0.09 солнечной, т.е. близка к предельной; температура поверхности 2600К. Д.Голимовский (Университет Дж.Гопкинса, США) назвал ее «почти коричневым карликом». Звезда находится в созвездии Кита, в 27 световых годах от нас.

© В.А.Бронштэн,
кандидат физико-математических наук
Москва

Космология

Галактика на краю Вселенной

Открыв рекордно далекую галактику, астрономы-наблюдатели радуются, что продвинулись в глубь пространства и времени, а теоретиков каждое такое событие пораживает все больше: почти у границы Вселенной обнаруживаются не просто нормальные галактики, но уже довольно зрелые звездные системы, сменившие не одно поколение звезд. Когда они успели это сделать? Ведь от

начала расширения мира их отделяет совсем небольшой срок.

Очередное открытие принадлежит группе итальянских астрономов, которые под руководством С.Д'Одорико (S.D'Odorico) обнаружили с помощью 3.5-метрового телескопа Европейской южной обсерватории самую далекую галактику среди наблюдавшихся до сих пор¹. Ее красное смещение $z = 4.4$. Значит, длина волны всех линий в ее спектре за счет хаббловского расширения Вселенной возросла в 5.4 раза. При исследовании такой галактики телескоп становится мощнейшей «машиной времени». Он демонстрирует нам объект, по своему возрасту находящийся в глубине веков: всего 1—2 млрд. лет (в зависимости от принятой модели мира) отделяет образование этой галактики от Большого взрыва, произошедшего около 20 млрд. лет назад. И при этом она выглядит вполне нормальной: кроме водорода и гелия в ее химическом составе присутствуют и более сложные элементы, которые образуются в процессе эволюции звезд, а в конце жизни выбрасываются ими в межзвездную среду. Значит, за достаточно короткое время однородное вещество Вселенной успело обособиться в галактику, ость (что было непросто в ту горячую эпоху), произвести на свет звезды и дать им время «сварить» в своих недрах сложные элементы, спектральные линии которых наблюдают сегодня астрономы. Для космологии это открытие является серьезным вызовом.

Но вернемся к наблю-

¹ Sky and Telescope. 1994. Sept. P.21—26; NASA Press Release. 1995. Sept. 14 (США).

¹ ESO Press Release 11/95. 15 September 1995

дателям: для них это открытие было далеко не случайным. Дело в том, что некоторые квазары имеют еще большие красные смещения, достигающие до $z = 5$. Хотя астрономы уверены, что квазары — это очень активные ядра далеких галактик, увидеть на таком расстоянии саму галактику оказывается невозможным: слабое излучение ее звезд тонет в ярком сиянии активного ядра. Однако, изучая спектр квазара, иногда удается заметить в нем чужие линии, принадлежащие звездным системам, расположенным на пути светового луча. Так было и на этот раз: в спектре квазара QSO 1202-07 с красным смещением $z = 4.7$ были замечены линии поглощения со смещением $z = 4.4$. Поняв, что они принадлежат галактике, лежащей перед квазаром, астрономы занялись ее поиском. Поскольку на таком расстоянии свет галактики чрезвычайно ослаблен, пришлось сделать 12 изображений неба и сложить их вместе с помощью компьютера, а затем из полученного изображения вычест свет яркого квазара. Лишь после этого рядом с квазаром обнаружилась заподозренная галактика. Ее яркость почти в миллиард раз (!) слабее, чем у звезд, видимых на небе невооруженным глазом.

Открытие европейских астрономов подтвердили и американские на 10-метровом телескопе Кека (Гавайи). Они получили инфракрасное изображение далекой галактики, оказавшееся довольно ярким. Именно такую повышенную яркость в инфракрасных лучах имеют обычно области активного звездообразования. Значит, обнаруженная галактика действительно очень молода, считают аст-

рономы. Долго ли эта безымянная галактика будет оставаться чемпионом по удаленности? Создающийся сейчас в Чили новый гигантский телескоп позволит регистрировать свет от значительно более далеких объектов. Астрономы готовятся еще глубже заглянуть в прошлое.

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

Физика атмосферы

Радиолокационное изучение полярных сияний

Известно, что заряженные частицы солнечного ветра могут вызывать на Земле полярные сияния, нарушать радиосвязь и опосредованно влиять на погодные условия. Естественным щитом планеты в данном случае служит ее магнитное поле. Однако и сами потоки этих заряженных частиц генерируют собственные магнитные поля, которые способны исказить земное. Иногда быстрые частицы прорываются сквозь него, достигая ионосферы. Здесь они нарушают обычное ее состояние и порождают «зыбь» в плотностном распределении электронов. Такое явление теперь можно наблюдать с помощью радиолокаторов.

В Лейстерском университете (Англия) под руководством К.Томаса (С.Thomas) разработан проект «Cutlass» («Collaborative UK Twin Location Auroral Sounding System» — «Британская система сотрудничества в зондировании полярных сияний методом двойной локации»). Одна из

двух специализированных радиолокационных установок уже открыта в Финляндии, другая после окончательной проверки будет направлена в Исландию: территории обеих стран входят в так называемую авроральную зону Земли; вместе они охватят наблюдениями потоки электронов в полярной атмосфере над земной поверхностью площадью около 3 млн. км².

Волны «зыби» обладают различной длиной — от нескольких метров до нескольких километров. Радиолокаторы новых авроральных станций работают на длинах волн в диапазоне десятков метров. Они могут измерять «зыбь» с точностью, составляющей примерно половину длины используемой ими волны. Станции действуют независимо друг от друга, но результаты их наблюдений будут поступать в Лейстерский университет для обработки.

Предполагается координировать эти работы с проектом «Cluster», осуществляемым Европейским космическим агентством, с целью изучения ионосферы из внешнего пространства. В этом проекте будут участвовать четыре искусственных спутника Земли.

New Scientist. 1995. V. 147. № 1991. P.18 (Великобритания).

Математика

Уточняется число π

Для уточнения числа π , выражающего отношение длины окружности к ее диаметру, требуется огромная производительность компьютера.

В августе 1995 г. японские математики из Токийского университета, возглавляемые Я.Канада, объ-

явили, что довели точность π до такого значения, которое выражается 3.22 млрд. (!) десятичных знаков. Тем самым побит предыдущий рекорд, составлявший «всего» 2.26 млрд. знаков.

Чтобы проверить правильность своего результата, японские ученые использовали две различные формулы; на каждую из них ушло более чем по 36 час машинного времени сверхмощного компьютера.

Узнав о японском достижении, математики Д. и Г. Чудновские из Колумбийского университета (Нью-Йорк), которым принадлежал прежний «рекорд», заявили, что они, не делая из этого шума, усовершенствовали свою серийную ЭВМ и уже просчитали на ней π с точностью до четырехмиллиардного десятичного знака.

Тут дело не только (и не столько) в побитии рекордов: в процессе вычислений Чудновские разработали, например, новые формулы для повышения эффективности различных математических выкладок и методы их проверки. Кроме того, вычисления π со все большей точностью позволяют проверять правильность работы компьютера.

Science News. 1995. V.148. № 9. P.143 (США).

Физика

Субмикронные ферромагнитные гранулы в полупроводниках

Обнаружение в многослойных магнитных материалах и гранулированных твердых телах спин-обменных электронных эффектов открыло новые пути к пониманию характера спинового взаимодействия в магнитных системах малой размернос-

ти и к более совершенным технологиям, базирующимся на этих эффектах. Сопоставление свойства электронной подструктуры полупроводниковых структур и локального магнетизма позволило бы сконструировать оригинальные чувствительные магнитоэлектрические и магнитооптические приборы. Недавние попытки создать в составных полупроводниках ферромагнитные включения путем поэтапного эпитаксиального¹ роста атомных слоев приводили к образованию скорее двумерных ферромагнитных пленок, нежели локализованных магнитных структур.

Дж.Ши с коллегами (Jing Shi; Калифорнийский университет, Санта-Барбара, США) нашли способ внедрения микроскопических гранул в полупроводник. Структура в виде трехслойного сэндвича (500 нм GaAs — 50 нм AlAs — 500 нм GaAs), выращенная методом молекулярно-лучевой эпитаксии на полуизолирующих подложках GaAs, насыщалась однородно по объему ионами Mn^{2+} с энергиями в пучке 50—200 кэВ до концентрации $10^{14} + 5 \cdot 10^{16} Mn^{2+}/cm^2$. Для магнитной активизации имплантированных ионов образцы отжигались в газовой смеси (90% $N_2 + 10\% H_2$) при температурах 800—920°C в течение 5-1200 с.

Структура, композиционный состав и магнитные свойства утоньшенных образцов (путем механического удаления буферного слоя в 500 нм GaAs и стравливания 50 нм AlAs в разбавленном растворе HF) исследовались целой совокупностью современных методов

¹ Эпитаксия — ориентированный рост одного монокристалла на поверхности другого.

микроанализа. Было установлено, что при отжиге происходит разделение фаз и на поверхности образца вырастают галлий-марганцевые гранулы. Полуколичественный анализ спектра рентгеновской флуоресценции показал, что гранулы содержат примерно 60% Ga и 40% Mn. Их размер около 200 нм и зависит, как и состав, от первоначальной дозировки ионов Mn^{2+} .

Макроскопические измерения намагниченности выявили наличие в отожженных образцах отчетливой гистерезисной петли, наложенной на парамагнитный фон. Анализ кривых показал, что в ферромагнитных гранулах содержится ~13% магнитных ионов Mn^{2+} . Микроскопические измерения локальных магнитных полей позволили установить топографию галлий-марганцевых включений, а с помощью сверхпроводящего квантового интерферометра (SQUID) окончательно убедиться в том, что они являются ферромагнетиками с температурой Кюри, превышающей 300K.

Дальнейшее изучение условий имплантирования и отжига позволило в широких пределах изменять размер, форму, однородность распределения гранул, а с ними — и магнитные свойства образцов.

Nature. 1995. V.377. № 6551. P.707 (Великобритания).

Биофизика

Инфразвуковое общение слонов

Группа африканских и американских специалистов обратила внимание на интересный момент в поведении слонов: обычно к вечеру, перед заходом Солнца, они

не подают никаких звуковых сигналов и кажутся оглохшими. Проведенные исследования показали, что в это время слоны общаются между собой на частотах от 14 до 34 Гц, которые почти не воспринимаются человеческим ухом. Дальность подаваемых слонами сигналов может достигать 10 км; она зависит от плотности почвенного покрова, густоты растительности, рельефа местности, состояния погоды.

Приблизительно за час до захода Солнца нагретый за день воздух начинает подниматься вверх, и на высоте в несколько метров от земли устанавливается максимальная температура. Формируется зона температурной инверсии, в границах которой инфразвук распространяется как в канале. Момент подачи сигналов слоны выбирают сами, легко определяя оптимальные условия для такой «канальной» связи.

Этим видом коммуникаций слоны эффективно пользуются в сухой сезон, когда они, разойдясь по саванне в поисках корма, поддерживают таким образом контакт между собой.

Science et vie. 1995. № 937. P. 17 (Франция).

Биология

Ориентация морской черепахи

Едва вылупившаяся из яйца флоридская морская черепаха (*Thalassochelonia caretta*) безошибочно выбирает восточное направление и, максимально быстро преодолев участок пляжа, ныряет в воду. Очутившись в водной стихии, черепашка продолжает двигаться стро-

го на восток — туда, где проходит Гольфстрим. Попав в теплые воды гира (кольцеобразного, направленного по часовой стрелке течения, охватывающего большую часть северной акватории Атлантического океана), она так и пребывает в нем на плаву несколько лет, пока не повзрослеет. Когда же приходит пора обзаводиться потомством, выросшая черепаха покидает поток и устремляется в обратный путь — к тому самому флоридскому пляжу, где она появилась на свет.

В последние годы стало ясно, что ориентироваться в воде черепахе помогают свет солнца и звезд, температура окружающей среды, ее химический состав и даже запах. Но помимо этого животное ощущает и магнитное поле Земли.

Супруги-биологи К. Дж. Ломан и К. М. Ф. Ломан (K. J. Lohman, K. M. F. Lohman; Университет штата Северная Каролина, Чепел-Хилл, США) изучали магнитную ориентацию черепах в бассейне с управляемым магнитным полем. Оказалось, что если новорожденная черепашка увидела первый в своей жизни луч света с восточной стороны (как и в природной среде), то она немедленно устремлялась на восток, даже если свет тут же исчезал. Но если после этого направленность магнитно-силовых линий в бассейне меняли на 180°, животное поворачивало на запад. Если же первый луч света появлялся на западе, черепашка плыла на запад, невзирая на магнитное поле.

Очевидно, первичная ориентация у черепах основана на зрительном восприятии, а уже потом вступает в действие магнитный

орган. Экспериментально доказано, что магнитная ориентация позволяет черепахе оценить широту местности и таким образом избежать попадания в северный рукав течения.

Авторы намерены продолжить изучение ориентации черепах в произвольно меняющемся магнитном поле, имитирующем разные природные условия североатлантического гира.

Science News. 1995. V. 148. № 2. P. 31 (США).

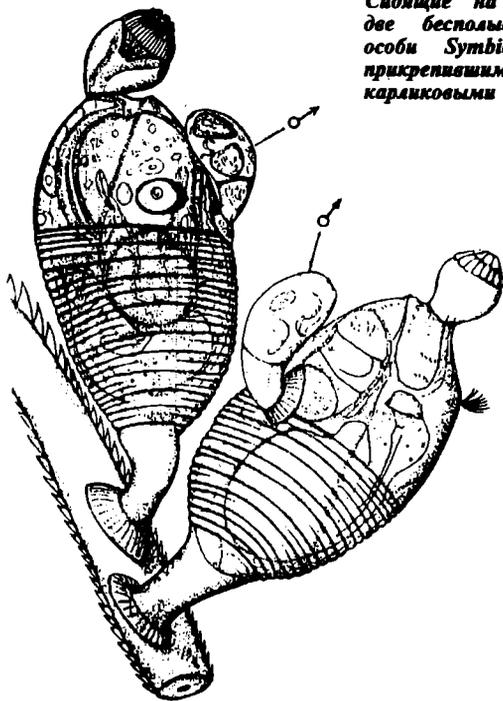
Зоология

У берегов Дании открыт новый тип животных

Описание нового типа — одного из высших таксонов в систематике — всегда событие для биологов. Ведь типов животных известно всего около 35. Если же этот тип не был выделен ранее уже известных животных со спорным систематическим положением, а был установлен для кого-то вновь открытого — это событие вдвойне. А если этого кого-то нашли не где-нибудь далеко, а, казалось бы, в насковозь изученных водах Европы, тут впору переходить с научного языка на язык массовой медиа и вспомнить слово «сенсация».

Новый вид *Symbion pandora*, ради которого пришлось учреждать новый род, новое семейство, отряд, класс и новый тип — *Cyclorhiza*, был обнаружен датскими исследователями П. Функом и Р. М. Кристенсеном в проливе Каттегат у берегов Дании, на глубине

1 Funch P. Kristensen R.M. // Nature. 1995. V. 378. № 6558. P. 661—662, 711—715



Сидящие на щетинке омара две бесполое «питающиеся» особи *Symbion pandora* с прикрепившимися к ним сбоку карликовыми самцами.

40 м. Животные в массе сидели на ротовых частях, обычных для этих мест (к тому же промысловых) норвежских омаров *Nephrops norvegicus*. Внешне они напоминали прозрачные мешочки на ножке, прикрепившиеся к щетинкам ротовых частей омара, и имели размеры около 0.35 мм.

Эти животные обладают сложным жизненным циклом, включающим крупную бесполоую «питающуюся» стадию; бесполоую расселительную личинку (пандору), которая развивается внутри «питающейся» особи и дает начало такой же; карликовых не питающихся самцов и самок. Причем карликовые самцы прикрепляются к «питающимся» особям, внутри которых, подобно личинкам-пандорам, развиваются самки. После спаривания самка, подобно бесполой стадии, оседает на ротовые

части омара, и в ней, в свою очередь, развивается особая хордоидная личинка, способная переплыть на другого хозяина и дать начало новой бесполой «питающейся» особи. Этот цикл строго согласован с циклом линек омара-хозяина, что дает симбионам возможность не быть потерянными вместе со старым, сброшенным при линьке панцирем рака. Для омаров эти животные — комменсалы, не причиняющие им особого вреда и, вероятно, просто перехватывающие частички, падающие изо рта хозяина.

Для *Symbion pandora* характерно отсутствие целома, билатеральной симметрии и дифференцированной кутикулы. Наиболее морфологически развитая взрослая бесполоая особь имеет ножку с прикрепительным диском и ротовую воронку, окруженную мощными рес-

ничками. Воронка ведет в глотку, тоже покрытую ресничками. Еще одна характерная черта — загнутая в петлю кишка, так что анус открывается почти у самого рта. При этом внутри особи развивается «копия» пищеварительной системы (вместе с ротовым кольцом и ресниччатой глоткой), которая со временем заменяет зачем-то «оригинал». У карликовых самцов тоже есть прикрепительная ножка, но нет ни ротового ресничного кольца, ни следов пищеварительного тракта.

Возможно, циклофоры видали и раньше, но принимали их за коловраток или симбиотических инфузорий, на которых они, при беглом взгляде, внешне похожи. Хотя на самом деле циклофоры ближе к мшанкам.

Ранее тот же Кристенсен открыл другое удивительное животное — лорициферу, которую сейчас относят к особому классу в типе *Serphalorchyncha* (головохоботных червей), — и не где-нибудь, а у подножия стен стоящего на берегу моря датского замка Эльсинор («замка Гамлета»), где эти микроскопические создания обитают в толще морского песка. И кто знает, какие еще удивительные, не известные науке животные могут обитать буквально у нас под ногами.

© Г.М.Виноградов,
кандидат биологических наук
Москва

Зоология

За дом и стол не жалко ни ног, ни крыльев

В 1994 г. в дождевом тропическом лесу Малайзии А.Вайсфлог и У.Машвигц

(A. Weissflog, U. Maschwitz; Зоологический институт при Университете им. И.В. Гете, Германия) обнаружили временное гнездо-бивуак бродячих муравьев рода *Aenictus*, как потом выяснилось, — еще не описанного вида. В гнезде, расположившемся в развилке дерева, обитало более 57 тыс. рабочих муравьев, единственная матка и целый «букет» паразитических насекомых-мирмекофилов (обитающих в муравьиной семье и кормящихся за ее счет). Среди этих насекомых было найдено 104 особи, внешне похожих на червеобразных — без крыльев и ног — личинок, вероятно из отряда двукрылых. Однако более подробные исследования показали, что они действительно двукрылые, но отнюдь не личинки, а самые настоящие взрослые мухи.

У этого насекомого маленькая, но вполне развитая мушиная голова (рассеившая подозрения в том, что оно могло оказаться каким-то перепончатокрылым) и развитый копулятивный аппарат. Кроме того, при микроскопическом исследовании все-таки были обнаружены рудиментарные остатки ног. Ряд признаков позволил (после интенсивных консультаций) определить этих мух как сверхсвоеобразный род и вид из семейства Phoridae.

Сотни видов форид известны как симбионты муравьев, и большинство из них имеет бескрылых или почти бескрылых самок при крылатых самцах (которые и переносят их в муравьиные гнезда после спаривания), однако безногие формы среди них все-таки до сих пор не встречались. На пути выработки приспособлений к паразитированию в муравьиных гнездах это большой шаг вперед.

Все найденные мухи оказались половозрелыми самками, но следы спермы в их телах свидетельствуют, что вид не утратил самцов. Червеобразные мухи очень похожи на муравьиных личинок, благодаря чему муравьи кормят и охраняют их; более того, яйца, которыми набиты их тела, тоже неотличимы от муравьиных яиц. Очевидно, что мухи и их яйца выделяют и соответствующие «муравьиные» феромоны.

Авторы отмечают, что менее опытные исследователи, пользуясь стандартными определителями отрядов насекомых, вряд ли смогли бы отнести найденных «червячков» к взрослым мухам. Вполне вероятно, что где-то в коллекциях насекомых-мирмекофилов лежат неопознанные другие представители этой своеобразной жизненной формы.

Nature. 1995. V.378. № 6553. P.137 (Великобритания).

Ботаника

Чем цветок ярче, тем он ближе к земле

Разная окраска цветка в зависимости от жизненной формы растений (трава, кустарник, дерево) была замечена еще Феофрастом в IV в. до н.э.

Ю.А.Насимович (Всемирный институт охраны природы, Москва) изучил связь окраски цветков 1168 видов растений Подмосковья с их высотой и жизненной формой и количественно оценил эту зависимость. Оказалось, что наибольшее разнообразие окраски наблюдается у цветков травянистых растений: только у них встречаются синие и

пурпурные цвета. Две трети подмосковных трав имеют яркие цветки, одна треть — невзрачные (чаще всего зеленоватые). Интересно, что среди высоких трав (>50 см) больше, чем среди низких, встречается невзрачноцветущих и меньше яркоцветущих, особенно с белыми цветами.

Самые яркие и разнообразные по окраске цветки украшают низко- и средне-рослые растения.

У подмосковных деревьев преобладают зеленоватые и буровато-зеленые цветки, невзрачные; если же они яркие, то исключительно белого цвета. Кустарники по цветовой гамме занимают промежуточное положение между деревьями и травами, имея только белые, но и желтые и розовые цветки.

Уменьшение числа видов с яркими цветками по мере увеличения высоты растения обусловлено как возрастающей возможностью и выгодностью опыления их ветром, так и ненужностью привлечения насекомых: чем выше цветки от земли, тем успешнее ветер способен опылению, но и тем сильнее мешает работе насекомых.

Труднее понять, почему белые цветки чаще встречаются у низких (до 20 см) травянистых растений, чем у высоких. Автор полагает, что одна из функций цветков заключается в сохранении тепла, а белые в меньшей степени теряют тепло, чем цветные в условиях повышенной влажности у поверхности земли. У деревьев и кустарников с белыми цветками аккумуляция тепла достигается отражением солнечных лучей от лепестков чашеобразных венчиков (как у яблони или черемухи) на тычинки и пестики. Широкое распро-

странение у деревьев и кустарников не просто зеленоватой, а зеленовато-бурой окраски цветков можно объяснить тем, что более темная окраска увеличивает фототермический эффект, что выгодно для ветроопыляемых растений.

Ботанический журнал. 1995. Т.80. № 11. С.66—69 (Россия).

Молекулярная биология

Фотосенсибилизированное окисление как механизм повреждения сетчатки глаза

Еще в 70-х годах по инициативе Н.М.Эмануэля в Институте химической физики РАН были начаты исследования механизма повреждающего действия света на структуры глаза и поиск средств защиты от такого повреждения. В настоящее время можно считать доказанным, как полагают М.А.Островский и И.Б.Федорович (Институт химической физики РАН), что в основе фотохимического повреждения сетчатки глаза лежат стимулированные светом свободнорадикальные окислительные реакции. Эти реакции определяются тремя факторами: легкоокисляющимся субстратом глаза, окислителем—кислородом и фотосенсибилизаторами. В сетчатке, прежде всего в зрительных клетках и клетках пигментного эпителия, все три фактора налицо. Таким образом, зрительная рецепция основана на использовании «деталей», по самой своей природе провозирующих фотоокислительную деструкцию.

К легкоокисляющемуся субстрату относятся родопсин и липиды в составе фоторецепторных мембран.

В результате фотоокисления происходит ряд изменений: образуются токсины, внутримолекулярные и межмолекулярные дисульфидные связи (сшивки), необратимые малоподвижные белковые агрегаты; изменяется ультраструктурная организация рецепторных мембран; фотоокисленный родопсин теряет способность к регенерации.

Второй участник свободнорадикального фотоокисления — кислород. В отсутствие света сетчатка глаза устойчива к действию кислорода, в том числе и при повышенных его концентрациях и давлении (примерно до 5 атм.). Но гипероксия и особенно гипербарическая оксигенация усугубляют фотохимические окислительные эффекты.

В процессах фотоокисления важная роль принадлежит эндогенным и экзогенным фотосенсибилизаторам. В сетчатке глаза главные эндогенные фотосенсибилизаторы — ретиналь, флавины, протопорфирин. Ретиналь — хромофорная группа зрительных пигментов животных и человека. Из-за своих уникальных фотохимических свойств — исключительно высокого коэффициента молярной экстинкции, квантового выхода (0.7), скорости фотоизомеризации (<1пс) — 11-цис-изомер ретиналя самой природой выбран для структуры зрительной рецепции в качестве важной «детали» — хромофора. Но велика и опасность ретиналя как фотосенсибилизатора, присутствие которого обуславливает повреждающие сетчатку глаза процессы свободнорадикального окисления. Концентрация ретиналя в зрительных клетках и в пигментном эпителии значительна.

Опасность в качестве

фотосенсибилизаторов представляют собой и флавины, содержащиеся в клетках сетчатки, а также порфирин IX — предшественник гемоглобина, находящийся в доступных свету хориокапиллярах в структуре глаза. Поглощая свет в коротковолновой части спектра, порфирин может стимулировать фотодеструкционные процессы. По-видимому, с ним связана старческая дегенерация сетчатки. Фотохимически активны и способствуют образованию суперокисных анион радикалов (цитотоксических форм кислорода) липофусциновые гранулы, накапливающиеся с возрастом в пигментном эпителии глаза.

Помимо эндогенных опасны и экзогенные фотосенсибилизаторы, в частности лекарственные препараты, поглощающие видимый свет и ближний ультрафиолет. К ним относятся не только рибофлавин, но и тетрациклин, хлорпромазин, диционин, использование которых может способствовать развитию фотокатаракты. Экзогенные фотосенсибилизаторы особенно опасны для афакичного (без хрусталика) и детского глаза, хрусталик которого пропускает ближний УФ.

Доказано, что, выбрав для структуры зрительной рецепции столь опасные «детали», природа позаботилась и о сформировании в глазу соответствующих систем защиты. Их по меньшей мере три: постоянное обновление фоторецепторных мембран и всего наружного сегмента зрительных клеток; оптическая система светофильтров (роговица, хрусталик, экранирующие пигменты), которые отсекают особенно опасное коротковолновое излучение; наконец, химическая антиоксидантная защита. Она включает ряд

ингибиторов свободнорадикального фотоокисления: витамин Е (токоферол), антиоксидантные ферменты (пероксидаза, каталаза, супероксиддисмутаза), а также пигменты (меланосомы у позвоночных и аммохромы у беспозвоночных), которые активно перехватывают свободные радикалы, связывают прооксидантные ионы железа. Эти системы защиты при наличии факторов фотосенсибилизированного свободнорадикального окисления оберегают структуру глаза от опасности фотоповреждений.

Химическая физика. 1995. Т.15. № 1. С.73—80 (Россия).

Молекулярная биология

Стратегические хит-роги вируса оспы

Компьютерный анализ расшифрованной последовательности нуклеотидов ДНК вируса натуральной оспы позволил выявить в его геноме участки, ответственные за синтез белков, которые сходны с рецепторами некоторых цитокинов (таких как γ -интерферон и фактор некроза опухолей). Цитокины — это целая армия белковых факторов, которую выставляет организм на борьбу с чужеродными агентами. Очевидно, что благодаря именно таким особым белкам вирус оспы может весьма эффективно преодолевать защитные механизмы человека, вызывая болезнь.

Чтобы изучить свойства и активность этих белков вируса оспы, молекулярные биологи из Государственного центра вирусологии и биотехнологии «Вектор» и Института молекулярной биологии (Кольцово, Ново-

сибирская обл.) должны были сначала получить их в достаточном количестве. Обычно в качестве фабрики белков используется *E.coli*, в геном которой вводится нужный фрагмент вирусной ДНК. В данном случае такими «вставками» были участки ДНК высоковирулентного болезнетворного штамма «Индия-1967» и слабовирулентного штамма «Гарсия-1966». Для получения рекомбинантных вирусных белков были сконструированы гибридные плазмиды (носители генетической информации, способные существовать в клетке в автономном, не связанном с хромосомами состоянии), которые вводили в клетки *E.coli*.

Молекулярная масса полученного белка оказалась близкой к расчетной, а его способность подавлять противовирусную активность человеческого γ -интерферона — достаточно высокой.

Интересно, что по удельной активности рекомбинантного белка высоко- и слабовирулентные штаммы вируса не различались. Это может означать, что вирулентные свойства (совокупность болезнетворных свойств) штамма определяются совсем другими генами или набором генов.

Доклады Академии наук. 1996. Т.346. № 1. С.122—124 (Россия).

Физиология

В мозгу больных шизофренией не хватает эмбрионального белка

Существующая теория развития шизофрении опирается на то, что обнаруженные у больных анатомические дефекты структур головного мозга (аномаль-

ное расположение нейронов в височной и лобной частях коры, изменение ориентации нейронов и нарушения слоистой структуры коры) приводят к неправильному развитию и функционированию его коры. Полагают, что у таких больных еще в утробе матери или сразу после появления на свет нарушается вследствие неизвестной пока причины взаимодействие между растущими нервными клетками.

Исследования показали, что наиболее важную роль в процессах роста и развития нейронов, а также образования связей между ними играет белок клеточной оболочки, получивший название NCAM (от англ. neural cell adhesion molecule — молекула слипания нервных клеток). В человеческом мозгу существуют три изоформы этого белка, которые отличаются молекулярной массой (180, 140 и 120 кДа), но кодируются одним геном. Все отделы эмбрионального мозга содержат большое количество белка, отличающегося от NCAM только тем, что его внеклеточная часть содержит цепи полисиаловой кислоты. Этот эмбриональный белок, названный PSA-NCAM (polysialylated form of NCAM), участвует в росте нервных клеток и образовании синапсов, посредством которых нейроны обмениваются импульсами.

По мере развития мозга количество PSA-NCAM уменьшается, и у взрослых людей этот белок сохраняется только в строго ограниченных участках, где постоянно происходит новообразование синапсов. Такой областью является гиппокамп, расположенный у основания мозга и участвующий в процессах обучения и сохранения памяти.

Канадские исследовате-

ли во главе с Л.Шривастава (L.Srivastava; Университет Мак-Гилла, Монреаль) провели иммуногистохимическое исследование мозга и определили содержание трех разновидностей NCAM и PSA-NCAM у 10 больных шизофренией. Девять человек, не страдавших нервными или психическими заболеваниями, служили контрольной группой. К замороженным срезам мозга авторы добавляли два типа моноклональных антител (против NCAM и против PSA-NCAM), затем после их отмывки добавляли вторичные антитела (меченные люминесцентной меткой антитела к использованным антителам). По интенсивности специфического свечения авторы определили, что содержание эмбрионального белка PSA-NCAM в области гиппокампа у 9 из 10 больных оказалось на 20—95 % ниже, чем в контроле, а количество всех форм белка NCAM — таким же не только в гиппокампе, но и в других зонах (парагиппокампальной извилине, фронтальной коре).

Авторы считают, что именно эмбриональный белок PSA-NCAM необходим для нормального формирования синаптических связей в определенных участках мозга, а его недостаток приводит к изменению функции гиппокампа, нарушению связей между корой и подкорковыми структурами и, в итоге, к развитию шизофрении.

Поскольку в мозгу больных достаточно белка NCAM, авторы предполагают, что развитие болезни связано с нарушением процесса присоединения полисахаридного фрагмента к молекуле исходного белка.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. 1995. V.92. № 7. P.2785—2789 (США).

Биохимия

Хромогранины — белковые спутники нейрогормонов

Секреторные гранулы хромоаффинных клеток надпочечников содержат сложную смесь продуктов, среди которых наиболее важны и хорошо изучены катехоламины (адреналин, норадреналин, дофамин). Кроме них и ряда других веществ (производных аскорбиновой кислоты, нуклеотидов, кальция и ряда ферментов) в секрете обнаружено семейство кислых белков, получивших название «хромогранины». Если функция адреналина заключается в подготовке организма к стрессовым ситуациям, то назначение хромогранinov до сих пор не ясно.

В 90-х годах началось активное исследование этих высокомолекулярных белков. Были выделены хромогранины А, В и С; к настоящему времени определены гены, ответственные за синтез хромогранinov А и В. Хромогранин А преобладает в секреторных гранулах клеток быка, а хромогранин В — характерен для клеток человека и крысы, хотя белки эти весьма схожи между собой по первичной структуре. Оказалось, что, выходя из клетки, хромогранины распадаются на множество пептидных фрагментов.

Один из фрагментов хромогранина В и исследовала группа биохимиков под руководством Д.Они (D.Aunis, Национальный институт здравоохранения и медицинских исследований, Страсбург, Франция). Обнаружив структурное сходство этого фрагмента с семейством белков цекропинов, найденных у насекомых и

обладающих антимикробной активностью, авторы решили проверить, не обладает ли этот пептидный фрагмент такими же свойствами. Действительно, данный фрагмент вызывал гибель *Micococcus luteus*, замедлял рост *Bacillus megaterium* в культуре, но совершенно не действовал на *E.coli*. Авторы полагают, что и у млекопитающих, особенно в нейроэндокринной системе, эти пептиды в определенной степени могут служить защитой от инфекции.

Изучение биохимических превращений хромогранина В внутри и вне клеток надпочечников позволило авторам предположить, что внутри клетки эти белки могут осуществлять вспомогательную функцию, связанную с упаковкой пептидных гормонов и нейропептидов в секреторных гранулах (чем, вероятно, обусловлено их другое название — секретогранины), а вне клетки они могут служить предшественниками биологически активных пептидов. Дальнейший этап исследований — изучение терапевтической роли отдельных пептидных фрагментов хромогранinov.

European Journal of Biochemistry. 1995. V.229. № 2. P.356—368 (Германия).

Медицина

Сигарета как психотропное средство

О курении сказано и написано очень много, но до сих пор до конца не известны все механизмы воздействия компонентов табачного дыма на человеческий организм.

Американские ученые исследовали биохимические

изменения, происходящие в мозге курильщиков¹. Установлено, что у них на 40% по сравнению с нормой снижено содержание В-формы моноаминоксидазы (МАО-В) — вещества, которое участвует в расщеплении передатчиков нервного импульса (дофамина, норадреналина и др.). В результате количество нерасщепленного дофамина в головном мозге резко возрастает. Одним из последствий этого, как ни парадоксально, является тот факт, что курильщики в два раза меньше, чем некурящие, подвержены риску заболеть болезнью Паркинсона — тяжелым и плохо излечимым расстройством нервной системы (оно сопровождается дрожанием конечностей, слабостью и связано именно с недостатком дофамина в мозге больного).

Для лечения паркинсонизма медики используют L-депренил — вещество, способное ингибировать МАО-В в такой степени, которая достигается лишь у одного из восьми курильщиков; тем не менее L-депренил замедляет течение болезни, хотя и не излечивает ее. Курение же обладает нейпротекторным (защитным) действием в отношении паркинсонизма.

Однако это не единственный аспект проблемы. Дофамин играет важнейшую роль в процессах привыкания: чем больше синтезируется дофамина в мозге человека, тем легче у него возникает зависимость от таких веществ, как кокаин, амфетамин, героин, алкоголь и никотин. Иначе говоря, табачный дым стимули-

рует привыкание не только к самим сигаретам, но и к названным веществам, если их употребляет курильщик. Поскольку L-депренил таких последствий не вызывает, остается предположить, что они связаны с какими-то пока не известными процессами в организме человека. Кроме того, в опытах на животных установлено, что в привыкании определенную роль играют внешние воздействия, например стресс, и индивидуальные особенности, например склонность к поиску нового (исследовательское поведение) и возбудимость нервной системы.

Интересно в связи с этим, что даже до проявления болезни Паркинсона люди, предрасположенные к ней, демонстрировали менее выраженное исследовательское поведение. Можно предположить, что одна и та же биологическая изменчивость по дофамину воздействует по-разному: животных заставляет быть менее любопытными и менее склонными к привыканию, а у людей лежит в основе того, что среди курильщиков меньше больных паркинсонизмом².

И еще один аспект: обычно повышенная сосредоточенность и работоспособность в состоянии утомления, а также активные познавательные действия сопровождаются курением. Хотя такое воздействие никотина характерно главным образом для заядлых курильщиков, показано, что подобным образом он может влиять и на людей, не подверженных никотиновой зависимости. Похожим

действием обладает и L-депренил, т.е. это вещество может быть связано и с ингибированием МАО-В. Итак, на сегодня ясно, что активный ингредиент, ответственный за различные аспекты воздействия курения на человека, нам до сих пор не известен, а никотин не является единственным психоактивным компонентом табачного дыма.

© В.И.Гулимова,
кандидат биологических наук
Москва

Медицина

Резиновые перчатки СПИДу не помеха?

Дж.Финк (J.Fink; зав. отделом аллергии Медицинского колледжа штата Висконсин, США) провел с коллегами ряд экспериментов с целью установить степень проницаемости резиновых перчаток, обычно применяемых в здравоохранении.

Чтобы воспроизвести влияние пота, выступающего на ладонях у медперсонала при работе, перчатки увлажняли солевым водным раствором. Внутрь перчатки вводили безвредный вирус, размеры которого совпадают с размерами вирусов СПИДа и гепатита. В дальнейшем появление этих организмов регистрировалось на внешней стороне резины. Опыты показали, что примерно треть перчаток, используемых врачами и медицинскими сестрами, барьером для вируса подобной величины не является.

Таким образом, для медицинского персонала существует опасность заражения, правда, становящаяся реальной только в том слу-

¹ Fowler J.S. et al. // Nature. 1996. V.379. № 6567. P.733—736

² Glassman A.H., Koob G.F. // Nature. 1996. V.379. №6567. P.677—678.

чае, если на руках медика имеются царапины или порезы.

В 1993 г. в США было принято обязательное правило, согласно которому врач и медсестра, входящие в контакт с кровеносной системой больного или различными выделениями его организма, обязаны пользоваться резиновыми перчатками, чтобы не переносить инфекцию СПИДа и гепатита. С тех пор участились жалобы со стороны медиков на появление аллергических реакций к резиновым изделиям. Несмотря на это, теперь, вероятно, персоналу, входящему в такой контакт, потребуется вторая (или даже третья) пара перчаток.

New Scientist. 1996. V. 149. № 2022. P.7 (Великобритания).

Медицина

Грибы, не боящиеся радиации

К настоящему времени установлено, что ликвидаторы, принимавшие участие в устранении последствий аварии на Чернобыльской АЭС, часто страдают рецидивирующими легочными заболеваниями, традиционные методы лечения которых оказываются неэффективными. Чаще других заболевали те ликвидаторы, которые работали при сильной запыленности воздуха, высокой концентрации в нем радиоактивных частиц или без средств защиты органов дыхания. Попытки обнаружить радионуклиды у больных ликвидаторов, предпринятые спустя семь лет после аварии путем промывания легких физиологическим раствором (метод бронхоальвеолярного

смыва), не дали положительных результатов. Вместе с тем в полученных таким способом альвеолярных макрофагах методом электронной микроскопии выявлено наличие плотных частиц, происхождение и состав которых оставались неясными.

Метод парамагнитного резонанса позволил специалистам из Института химической физики им. Н.Н.Семенова РАН (Москва) обнаружить в этих частицах меланин. Частицы, названные парамагнитными центрами, отличаются повышенной термостабильностью и сохраняют свободнорадикальные свойства как при комнатной, так и при физиологической температуре в течение длительного времени. По физико-химическим характеристикам они близки к обнаруживаемым в культурах меланинсинтезирующих грибов *Aspergillus niger*, *A. fumigatus*, *A. flavus* и *Penicillium* sp. А многие виды грибов из рода *Aspergillus* могут вызывать у людей легочные заболевания. Так, в мокроте пациентов контрольной группы с хроническими заболеваниями легких, но не подвергавшихся облучению, чаще всего выявлялись грибы *Aspergillus fumigatus* и *Candida albicans*.

Оказалось, что в условиях сильных радиационных воздействий, когда другие виды грибов и микроорганизмов гибнут, меланинсохраняющие сохраняют жизнеспособность благодаря антиоксидантным свойствам меланина. Более того, действие ионизирующей радиации в умеренной дозе даже стимулирует выработку меланина этими грибами.

Наблюдения показали, что у ликвидаторов, погибших от острой лучевой болезни, легочная ткань была обсеменена грибами в

значительной степени. Авторы полагают, что заселение легких патогенными грибами, среди которых наиболее значимы *A. fumigatus* и *A. flavus*, облегчается снижением иммунологической защиты организма под действием облучения.

Доклады Академии наук. 1995. Т.345. № 1. С.130—134 (Россия).

Этология

Манакин не только поет, но и пляшет

В Центральной и Южной Америке широко распространена небольшая, величиной с воробья, птичка манакин из семейства Pipridae. Яркая окраска самцов (сочетание черного с синим, красным, желтым и белым), контрастирующая с тусклым оперением самки, окрашенной в бурые тона, и громкий голос делают этих пернатых хорошо знакомыми для местных жителей.

Недавно орнитолог и эколог Д.МакДональд (D.McDonald; Университет штата Флорида, Гейнсвилл, США) после длительных наблюдений установил, что, в отличие от многих иных пернатых, самка манакина обращает внимание не на участок, занятый «женихом» для дальнейшего обитания семьи, или на его внешние качества, а на артистические способности будущего партнера.

Брачный сезон начинается с того, что два самца, объединившись, устраивают под сенью влажного тропического леса фестиваль птичьего вокального и хореографического искусства. По несколько часов в сутки они распевают дуэтом, пока к ним не прилетит невеста. Тогда начинается сложный

брачный танец, во время которого каждый из участников поочередно перепрыгивает через голову другого.

Самка должна выбрать понравившуюся ей пару, и, когда выбор сделан, супругом обычно становится старший из партнеров («альфа»). Второй самец («бета») далеко не улетает. Он ждет своей очереди и может стать главой семьи после смерти супруга. Когда самец «бета» занимает в семье место самца «альфы», в очередной брачный сезон на его прежней «должности» оказывается новый самец — помоложе. Чтобы выяснить, каким образом самка оценивает певческие таланты претендентов, Д.МакДональд и Дж.Трейнер (J.Trainer; Университет Северной Айовы, Сидар-Фолс) записали на магнитофон брачные дуэты семи пар женихов.

Вся их короткая песенка напомнила орнитологам слово «Тоledo», произносимое речитативом так, чтобы второй слог звучал на полтора тона выше, чем два остальных. Детальный анализ фонограмм позволил сопоставить гармонический состав каждого музыкального номера с реакцией на него самки.

Оказалось, что самки отдавали предпочтение тем дуэтам, которые пели слаженно, в одной тональности, на одной и той же музыкальной высоте.

Замечено, что с возрастом самцы совершенствуют свои музыкальные способности. Самец «бета» ко времени своего вступления на пост главы семьи становится более виртуозным певцом и танцором. Вынуждая самцов к соревнованию, самки уменьшают риск остаться без семьи. Существовало, что выбирая лучших

из лучших, она передает потомству не только гены «музыкально-хореографических» способностей, но, возможно, и ген долголетия. Причем способности к пению и танцам чаще всего постепенно совмещаются в одной и той же особи, которая таким образом становится «мастером на все руки».

Behavioral Ecology and Sociobiology. 1995. V.37. P.249 (США); *New Scientist*. 1995. V.148. № 2007. P.22 (Великобритания).

Этология

Моёвка — верный супруг

Морские птицы, селящиеся колониями, нередко, вернувшись из дальних странствий, образуют год за годом постоянные «семейные» пары. Многие орнитологи объясняют это просто привычкой к участку, где было гнездо в минувшие годы, иначе говоря, привязанность здесь скорее к месту, нежели к соответствующей особи. На это указывали, в частности, наблюдения за крачками: когда прежнее место гнездовья оказалось уничтоженным, 90% птиц образовали новые пары.

В 1991 г. орнитолог Дж.Коулсон и его аспирантка Дж.Фэйрузер (J.Coulson, J.Fairweather; Даремский университет, Великобритания) поставили достаточно чистый эксперимент, позволяющий решить эту проблему.

Они проводили наблюдения за моёвками (*Rissa tridactyla*) — морскими птицами, гнездившимися на оконных карнизах склада в городке Норс-Шилдс, около Ньюкасла (Англия). Стро-

ительные рабочие, переоборудуя склады в жилые помещения, перекрыли карнизы проволочной сеткой. Когда моёвки после шестимесячного отсутствия вернулись в привычную колонию, они были вынуждены селиться на крыше бывших складов и соседних зданий. Поскольку на большинство птиц экспериментаторы ранее надели ножные кольца, позволяющие их идентифицировать, была получена возможность установить, сохраняются ли у них пары.

Оказалось, что 76% самок и 78% самцов, вернувшихся в колонию, не изменили своим партнерам, несмотря на то, что их гнезда находились в новом месте.

Продолжение наблюдений в 1992 и 1993 гг. показало, что некоторые из птиц выбрали иную колонию, находящуюся примерно в 5 км от старой. Но и здесь более трети из них сохранили прежнее партнерство.

Совершенно очевидно, что моёвки различают друг друга индивидуально. Возможно, в этом им помогает характерный голос каждой особи. Во всяком случае, ученые заметили, что моёвка проявляет интерес к записанному на магнитофоне крикам другой моёвки, даже если последняя уже погибла.

Несмотря на столь примечательную верность, случаются у моёвок и разводы. Причиной обычно бывает бездетность: у пар, которым в текущем году не удалось отложить яйца, смена супруга случается в два-три раза чаще, чем у благополучных родителей.

Animal Behaviour. 1995. V.50. P.455; *New Scientist*. 1995. V.147. № 1994. P.19 (Великобритания).

Экология

Как ответит растительный мир на потепление?

Проблема глобального потепления Земли ставит перед специалистами вопрос о характере его воздействия на растительный мир. Высказаны две гипотетические точки зрения. Согласно одной, повышение температуры воздуха сдержит рост растений; сторонники другой полагают, что большие объемы CO₂ в атмосфере вызовут более интенсивный их рост за счет стимулирования процесса фотосинтеза.

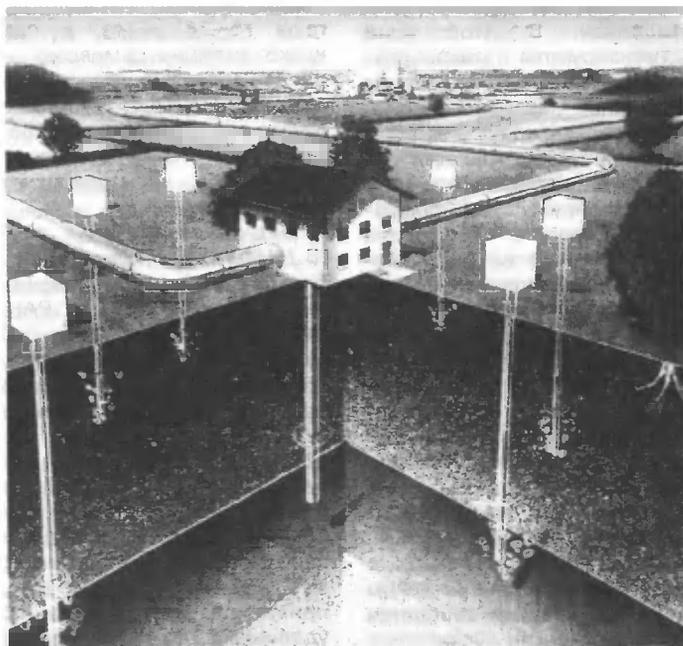
Г.Якоби и Р.Арриго (G.Jacoby, R.Arrigo; Геологическая обсерватория им Ламонта и Дюэрти, США) привели существенные доводы в пользу первой гипотезы. Они исследовали рост годовых колец вековых елей в лесах Аляски, северной Канады и Сибири, т.е. в районах, где средняя температура воздуха за последние 100 лет возросла на 2°С. В результате установлено, что ели в период с 1900 по 1940 г. росли более интенсивно, чем на протяжении 300—400 лет до 1900 г., однако после 1940 г. — заметно медленнее. Ученые объясняют это либо усилением процессов испарения и транспирации, либо интенсивным размножением насекомых-древоточцев.

Environment. 1995. V.37. № 10. P.27—28 (США).

Экология. Техника

Система для самоочистки питьевой воды

Типичная проблема для организаций, занимающихся



Установка «Vuredox III». Вода насыщается кислородом в естественных или искусственных подземных резервуарах, благодаря чему создаются зоны окисления, в которых с помощью микроорганизмов удаляются различные примеси. Чистая питьевая вода подается затем насосами на поверхность.

водоснабжением населенных пунктов, — высокое содержание в питьевой воде железа, марганца, различных органических веществ, нитратов и других примесей. Способ очистки, который не требует применения химикатов, фильтров или повторного фильтрования, был разработан шведской компанией «VVR Metoder» еще 20 лет назад; ныне созданные ею установки выпускаются уже в третьем поколении, обеспечивая сочетание экономии средств с эффективностью очищения.

Если в первом поколении установок системы «Vuredox» вода забиралась из другого источника, насы-

щалась кислородом и затем насосами закачивалась под землю, где продолжался процесс ускоренной очистки, то в третьем поколении насыщение кислородом происходит в том же водоносном слое, из которого она берется.

Как и в более ранних системах «VVR», вокруг главной скважины, из которой подается вода, бурится целый ряд побочных скважин для насыщения воды кислородом. В каждой из этих скважин, подсоединенных к насосу и оборудованной для насыщения кислородом, устанавливается труба с заглушкой (примерно на половине расстояния вниз по фильтрационной трубе), после чего вода либо перекачивается из нижней секции фильтрационной трубы вверх, либо из верхней — вниз. В итоге создается поток, идущий из подземного резервуара в верхнюю часть фильтрационной трубы, а из нее — обратно в резервуар, благодаря чему вокруг главной

скважины образуется зона окисления. В этой зоне активизируются микроорганизмы, которые удаляют из подземных вод различные примеси прежде, чем вода подается на поверхность.

К настоящему времени функционирует 150 подобных установок в 13 странах; самая крупная из них находится в Братиславе (Словакия) — она снабжает чистой водой более 500 тыс. человек.

В тех регионах, где подстилающие породы не обладают достаточной пористостью, необходимой для успешной работы таких установок, проблема решается с помощью нового метода, при котором порода дробится гидравлическим способом или разбивается на очень мелкие куски.

International News Service (INS AB). 1995. 27 October (Швеция).

Экология.
Биоакустика

Пение птиц в условиях техногенного шума

От избыточной зашумленности современных урбанизированных территорий страдают не только люди. Птицы, для которых пение — важнейший способ межвидового и внутривидового общения, по-разному реагируют на сильные техногенные шумы, нарушающие сигнально-коммуникационные системы в биотопах. Это было выявлено при изучении поведения птиц в зашумленной зоне, — старом ельнике, граничащем в районе аэродрома «Внуково» с Московской кольцевой автодорогой (МКАД) и отступающей от нее в глубину на 450 м. Здесь, в придорожной полосе, авто-

транспортные шумы достигают 75—78 дБ(А), а при низко летящих самолетах — 90 дБ(А)¹. По мере удаления от дорожного полотна автотранспортные шумы ослабевают и на расстоянии 360—400 м не превышают 44—39 дБ(А).

Проведенный учет птиц (В.Д.Ильичев; Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН, Москва) показал, что на территории, вплотную прилегающей к придорожной полосе, наиболее высока численность зябликов (до 10 поющих самцов на 1 км вдоль дороги), в то же время здесь меньше, чем обычно, больших синиц и зарянок (1—3 особи на 1 км), остальные виды птиц прилетают нерегулярно. С удалением от дороги численность зябликов падает, зато появляются дрозды и другие певчие птицы.

Поющие в придорожной полосе зяблики располагаются поблизости друг от друга и исполняют свои песни с заметным напряжением. Транспортные шумы влияют и на характер их пения: «ломаный» ритм был нестабильным, менялся в зависимости от интенсивности и других параметров шума; поющие придорожные зяблики внезапно прерывали пение или молчали дольше обычного. Встречались особи (в среднем 2 из 10) с резко деформированным пением, причем характер деформации был также нестабильным и особенно ярко проявлялся в случае не постоянных, а периодически возникающих шумов (сигналы автомобильных сирен и т.п.).

Таким образом, прове-

денные наблюдения показали, что именно зяблики лучше других птиц приспособиваются к техногенной зашумленности. По-видимому, это связано с тем, что в их голосе имеется природная эколого-акустическая преадаптированность к обитанию в условиях шумов постоянной интенсивности (высокочастотные звуки, частая ритмика, внутрислоговая повторяемость однотипных элементов песни). Песня зябликов, как и у птиц «горно-речных» видов, защищена от маскирующего фона постоянных шумов, но высокоинтенсивные шумы нестационарного характера, вызывающие у зяблика существенные изменения в пении, экологически противопоставлены даже этому наиболее адаптированному к транспортным шумам виду.

Доклады Академии наук. 1995. Т.345. С.559—560 (Россия).

Охрана окружающей среды

Награды Генри Форда в защиту окружающей среды за 1995—1996 гг.

Более 10 лет компания «Форд» проводит во всех европейских странах ежегодный конкурс «Награды Генри Форда в защиту окружающей среды». На конкурс принимаются проекты по четырем категориям:

— окружающая среда (защита флоры, фауны, среды обитания);

— историческое наследие (сохранение элементов национального или европейского наследия, созданных человеком);

— инженерные проекты, за счет осуществления которых снижается использование природных ресурсов;

¹ Уровень шума измеряется в децибеллах (дБ) по шумомеру, имеющему различные шкалы; дБ(А) — уровень звука, воспринимаемый ухом человека.

— проекты, разработанные молодыми людьми до 16 лет.

Призы в этом конкурсе присуждаются отдельным лицам или общественным группам за любые виды практически осуществляемых предложений (проекты, находящиеся в стадии разработки, не рассматриваются).

В конкурсе 1994—1995 гг. награда была вручена группе ученых за разработку мер по охране Суздальского исторического комплекса.

В конкурсе 1995—1996 г. кроме российских соискателей участвовали также украинские и белорусские, всего было представлено более 40 проектов. Жюри состояло из независимых экспертов: ученых из Минприроды России, Фонда защиты дикой природы (WWF), ведущих профессоров российских технических вузов.

Первое место в конкурсе заняла работа «Красная книга России на CD-ROM», выполненная группой соискателей (фирма «Медиа-Клуб», Экоцентр МГУ), которой руководит А.Зуев. Второе и третье места разделили И.Далецкая с И.Ярулиным за фотоальбом «Камчатка — неизвестная экзотика России (проблемы сохранения и защиты)» и Ассоциация предприятий морского приборостроения из Санкт-Петербурга (руководитель А.Гусев) — за создание «Патрульного катера экологического контроля». Кроме того, был присужден почетный приз за «Исследования уникальных европейских комплексов естественных болот с целью охраны биоразнообразия (структурно-функциональный анализ болотных комплексов как модели ненарушенной экосистемы)», выполненные

белорусскими специалистами из Березинского биосферного заповедника под руководством В.Ивковича.

Нет сомнений, что конкурсы «Награды Генри Форда в защиту окружающей среды» — важное начинание в деле охраны природы, природных ресурсов и исторического наследия. К сожалению, среди членов жюри конкурса, одна из категорий которого прямо касается защиты живой природы, почему-то нет ни одного биолога.

© Л.П.Белянова,
кандидат химических наук
Москва

Охрана природы

Нашествие кенгуру

Серый исполинский кенгуру (*Macropus gigantea*) встречается по всей восточной Австралии — от о.Тасмания до севера штата Квинсленд. В июле 1995 г. множество кенгуру появилось на улицах австралийской столицы Канберры; некоторые пустились вплавь через искусственное оз.Берли-Гриффин-Лейк, служащее украшением города. Нашествие привело к тому, что в самом центре, рядом с домом парламента, несколько машин столкнулось с животными, не «осведомленными» о правилах дорожного движения; был сорван матч в гольф, столь любимый австралийцами.

Очевидно, отправиться в поисках пищи на регулярно поливаемые лужайки и в парки столицы животных заставила засуха, царившая здесь полтора года. Еще до этого от фермеров поступали частые жалобы на прожорливых сумчатых, которые поедали посевы овса и других кормовых культур.

Зоолог Л.Хиндс (L.Hinds; Отдел экологии австралийского Управления по науке и технике) опровергает утверждения о резком возрастании численности кенгуру в этом регионе за последнее время. Она считает, что подобное впечатление — результат более частых встреч этих животных с человеком из-за возросшей протяженности дорог и роста посещаемости национального парка, где они находятся под охраной.

Теперь создан комитет экспертов для оценки численности кенгуру и принятия мер по контролю за их появлением в городе. Поскольку общественность возражает против отстрела сумчатых, предлагается ограничить их размножение, используя противозачаточные средства. Этот метод уже оказался эффективным в борьбе с чрезмерным количеством австралийских кроликов и лис.

New Scientist. 1995. V.147.
№ 1985. P.5 (Великобритания).

Охрана природы

Сернобык в Омане

На территории Аравийского п-ова сернобыки, или ориксы (*Oryx gazella*) с давних пор были очень многочисленны. Однако из-за большого спроса на их рога и мясо они стали объектом активной браконьерской охоты и к 1972 г. были истреблены. Лишь небольшое стадо животных содержалось в неволе.

В 1982 г. часть из них была выпущена на свободу в пустыни Омана — так началось осуществление проекта по реинтродукции орикса, руководителем которого стал М.Прайс (M.Price; в настоящее время

— председатель группы специалистов по интродукции Международного союза охраны природы и природных ресурсов). Сейчас около 230 животных свободно живут в пустыне на площади в 15 540 км².

Успех проекта, по мнению Прайса, в значительной степени связан с необычайно заботливым отношением к ориксам со стороны местного арабского племени харазейцев, которых пригласили работать в качестве пастухов постоянно растущего стада. Большое значение имело объявление маловодного степного плато Джиддат-эль-Харасис и прилегающих к нему территорий памятником мирового наследия. Следующий необходимый шаг — предоставление правительством Омана статуса защищенных территорий местам обитания сернобыков.

International Wildlife. 1995. V.25.
№ 1. P.28 (США).

Охрана природы

Плотины против природы

Сотрудники Индийского института дикой природы А.Раджванши (A.Rajvanshi) и В.Б.Матхур (V.B.Mathur) оценили экологические последствия широкомасштабного Проекта долины р.Нармада, к воплощению которого приступило Индийское правительство. Проект предусматривает строительство в центральной части страны на р.Нармада и ее многочисленных притоках 30 крупных, 135 средних и 3 тыс. малых плотин. Только близ плотины Нармада-Сагар будет затоплено около 40 тыс. га девственных лесов, а вместе со

второй по величине запланированной здесь плотиной Омкарешвар они создадут искусственные «моря» общей площадью 100 тыс. га, причем почти половина этой акватории займет сельскохозяйственные угодья.

Отмечено, что в пределах затопления Нармада-Сагар встречается 369 видов растений, более 30 из которых являются редкими и могут исчезнуть. Еще 175 видов используются в народной медицине, причем 53 вида в научной литературе не известны как лечебные. С переселением местных жителей (более 160 тыс. человек) их традиционные познания могут оказаться утраченными.

В зоне затопления и в прилегающих к ней лесах обитает 30 видов млекопитающих, включая и находящихся под угрозой исчезновения, — тигр, леопард, волк, индийский медведь-губач (*Melurus ursinus*), индийский медоед (*Mellivora capensis*). Лишившись привычной для них добычи и среды обитания, тигр и леопард могут стать опасными для человека. Выдры и кошки-рыболовы (*Felis viverrina*) при подъеме уровня воды потеряют свой ареал; аналогичная судьба ожидает четыре вида пресноводного индийского крокодила (*Crocodylus palustris*), населяющих мелководья. Потеряют привычные места кормежки и гнездования и многие птицы: сейчас на территории будущего водохранилища Нармада-Сагар встречаются 209 их видов, а в районе будущей плотины Омкарешвар — около 130. В наибольшей степени пострадают узко специализированные в пищевом отношении виды. Кроме того, в примыкающих лесах они встретятся с «конкуренцией»

со стороны других пернатых, чьи территории уже четко распределены.

Авторы исследования предлагают создать три заповедника для «перемещенных» из зон затопления животных. Они считают также необходимым разработать программу разведения в неволе речных черепах и выдр, чтобы затем переселить их на другие реки.

New Scientist. 1995. V. 145.
№ 1963. P.8 (Великобритания).

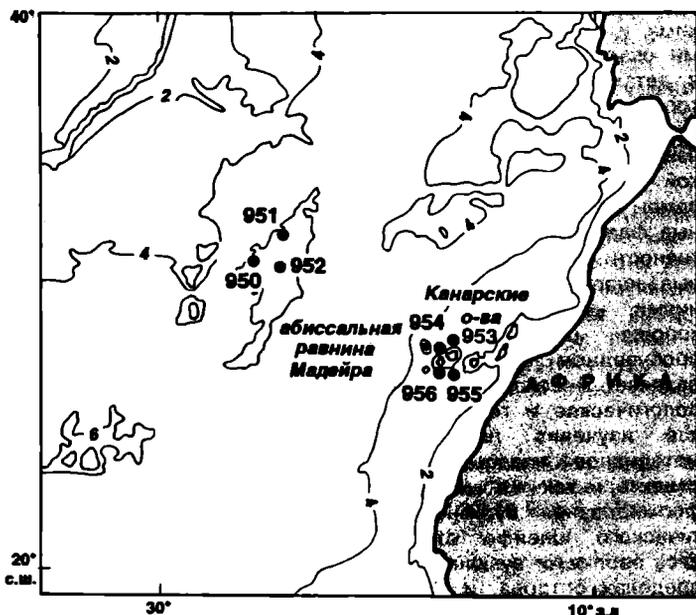
Геология

157-й рейс «ДЖОЙДЕС Резолюшн»

Рейс проходил с 24 июля по 23 сентября 1994 г. в восточной части Центральной Атлантики. Его соначальниками были Х.-У.Шминке (H.-U.Schmincke; Морской исследовательский центр, Киль, Германия) и П.П.Е.Уивер (P.P.E.Weaver; Институт океанографических наук, Великобритания); научным представителем Программы океанского бурения — Дж.Фёрс (J.Firth)¹.

Для буровых работ в этой части океана были выбраны две совершенно разные в геологическом отношении области: абиссальная равнина Мадейра, расположенная в самой глубоководной (>5400 м) части Канарской впадины, и район о.Гран-Канария (в составе Канарских о-вов). Соответственно этому преследовались и разные цели. В первом — предполагалось:

¹ Schmincke H.-U., Weaver P.P.E., Firth J.V. et al. 1995. Proc. ODP, Init. Repts., 157: College Station, TX.



Район восточной части Центральной Атлантики, где велась работа по Программе океанского бурения в 157-м рейсе «ДЖОЙДЕС Резолюши». Цифры на изолиниях — глубина океана в км; 950—956 — точки бурения.

изучить историю осадконакопления в глубоководной котловине и установить начало и частоту формирования здесь турбидитных горизонтов; выяснить баланс между эрозией осадков на

континентальной окраине в периоды изменений уровня океана и их накоплением в прилегающей глубоководной котловине; определить колебания глубины карбонатной компенсации и их связь с климатическими и океанологическими событиями. Во втором районе особый интерес представлял разрез осадков, слагающих мощный вулканокластический шлейф вокруг о. Гран-Канария; это один из наиболее изученных вулканических островов, который возник около 15 млн. лет назад в результате деятельности Канарской «горячей точки». Основная цель бурения здесь — установить последовательность формирования горизонтов различных вулканокластических образований и их корреляцию с фазами вулканической активности на острове.

Всего в рейсе пробурено 12 скважин в 7 точках. Максимальное проникновение в осадки (скв. 953С)

Основные характеристики скважин

Скважина	Координаты		Глубина моря, м	Глубина скважины, м	Возраст осадков в скважине
	с.ш.	з.д.			
950А	31°09.011'	25°36.004'	5437.8	381.3	средний эоцен
951А	32°01.896'	24°52.232'	5436.8	256.6	средний миоцен
951В	32°01.895'	24°52.236'	5436.8	351.6	средний миоцен
952А	30°47.449'	24°30.574'	5431.8	425.9	средний миоцен
953А	28°39.023'	15°08.681'	3577.8	192.6	поздний плиоцен
953В	28°39.015'	15°08.680'	3577.8	197.7	поздний плиоцен
953С	28°39.014'	15°08.671'	3577.8	1158.7	ранний миоцен
954А	28°26.197'	15°31.928'	3485.2	83.8	поздний плиоцен
954В	28°26.191'	15°31.921'	3485.2	446.0	средний миоцен
955А	27°19.546'	15°13.847'	2854.2	599.4	средний миоцен
956А	27°36.905'	16°09.779'	3441.9	161.6	плиоцен
956В	27°36.895'	16°09.797'	3441.9	703.5	средний миоцен

1158.7 м. Наиболее древние, среднеэоценовые, вскрыты скважиной 950; в остальных достигнуты осадки миоценового возраста.

На абиссальной равнине Мадейра (скв. 950—953) получены разрезы, в которых записана детальная история накопления пелагических и турбидитных отложений. Установлено, что формирование последних началось в период между 15 и 13.1 млн. лет назад и наиболее высокими темпами шло в последние 3 млн. лет. Горизонты турбидитов имеют широкое распространение и могут быть скоррелированы на всей площади абиссальной равнины.

Предварительное изучение состава турбидитов показывает, что формировались они за счет материала, сносимого с северо-западной окраины Африканского континента. Приблизительно 5 млн. лет назад значительно увеличилась доля турбидитов, сложенных вулканокластическим материалом, поступающим со склонов о.Мадейра или Канарских о-вов. Горизонты вулканокластических турбидитов оставались мощными на протяжении всего плиоцена и четвертичного времени.

Содержание карбоната кальция в пелагических осадках, которое отражает границу карбонатной компенсации, оставалось низким (менее 20%) в течение миоцена и большей части плиоцена. Начиная приблизительно с 3 млн. лет назад оно в целом значительно увеличилось (до 90%), но испытывало частые и резкие колебания, что связано с процессами оледенения в Северном полушарии.

Бурением на северном и южном склонах о.Гран-Канария (скв. 953—956) вскрыт разрез, сложенный

чередующимися пелагическими и вулканокластическими осадками. Он позволяет в деталях восстановить историю осадконакопления в этой части района в тесной взаимосвязи с вулканической деятельностью на самом острове. Все крупные фазы вулканической активности, ранее установленные наземными исследованиями на о.Гран-Канария, хорошо распознаются в пробуренном осадочном разрезе. Всестороннее петрологическое и геохимическое изучение полученных материалов позволило проследить, как в истории формирования вулканокластического шлейфа отразилась эволюция вулканизма в пределах острова, и разработать модель, с помощью которой можно будет надежнее оценивать значение аналогичных вулканокластических фаций в разрезах древних пород, их связь с вулканической активностью, темпами магмообразования и динамикой мантийных процессов в районах «горячих точек».

© И.А.Басов,

доктор геолого-минералогических наук
Москва

Сейсмология

Месяц беспокойной Земли

Июль 1995 г. оказался необычайно богат сейсмическими событиями.

3 июля произошло сильное землетрясение около о-вов Кермадек в Тихом океане, в 1100 км к северо-востоку от Новой Зеландии (его магнитуда $M=7.1$ по шкале Рихтера). В

последующие сутки произошло еще четыре повторных толчка ($M>5$), что вызвало крупные оползни, но пострадавших не было.

11 июля еще более сильное землетрясение ($M=7.2$) обрушилось на Мьянму (быв. Бирма). Оно случилось в провинции Мьянмар, у китайской границы. Очаг залегал неглубоко; были жертвы и разрушения по обеим сторонам границы. Пострадали отдельные здания и на территории соседнего Таиланда.

14 июля подземная стихия заявила о себе на о.Тайвань, в районе города Суао: толчок с магнитудой 5.4 был зарегистрирован в 115 км юго-восточнее Тайбэя. Стены домов покрылись трещинами, но из людей никто не пострадал.

21 июля погибло 14 человек, а 60 было ранено в китайской провинции Ганьсу, где произошло землетрясение с магнитудой 5.7.

30 июля случилось катастрофическое землетрясение у северных берегов Чили ($M=7.8$). В 5 час по Гринвичу толчок обрушился на район портового города Антофагаста, оказавшегося в 40 км к северо-востоку от эпицентра. Погибли трое и по меньшей мере 50 человек были ранены; в городе Калама (145 км от эпицентра) имелись раненые и разрушения. Неясно, связано ли это трагическое событие с деятельностью вулкана Ласкар, находящегося в 245 км к западу от центра явлений. Толчок ощущался на огромном пространстве — от севера Чили до южных районов Перу, Ла-Паса в Боливии и даже Буэнос-Айреса в далекой Аргентине. Два повторных толчка ($M=6$) были зарегистрированы в течение 40 мин после главного

события, а в последующие 4 суток было еще 16 афтершоков магнитудой около 5.

Так завершился этот беспокойнейший из месяцев 1995 г.

Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network. 1995. V.20. № 7. P.11 (США).

Геофизика

Что страшнее — тайфун или вулкан?

6 сентября 1995 г. над о.Минданао (Филиппины) пронесся тайфун, сопровождаемый бурными ливнями. Они переполнили влагой оз. Могэн, расположенное в кратере вулкана Паркер на высоте 1842 м над ур. м. Вулкан находится всего в 30 км от города Хенераль-Сантос. Из опасения, что это событие послужит «спусковым крючком» для пробуждения вулкана, на место была послана команда сотрудников Филиппинского института вулканологии и сейсмологии из Кесон-Сити во главе с Э.Г.Корпусом (E.G.Corpus).

Наблюдения показали, что вторжение тайфуна на состояние вулкана не повлияло. Но переполнение кратерного озера грозило сильным наводнением всем населенным пунктам по берегам р.Алах. Кроме того, непрочные стенки кратера могли обрушиться, дополнив наводнение грязе-селевым потоком.

Как оказалось впоследствии, кратерная стена под напором воды устояла. Однако возникшие оползни временно перекрыли течение р.Алах; затем река прорвала эту преграду, и в долину с огромной скоростью сорвалось до 15 млн. м³ воды, неся с собой разрушения и

смерть. Уровень озера упал на 1 м. Специалисты отметили, что цвет воды не изменился; значит, вулканического взрыва не произошло — он бы причинил куда больший ущерб.

В 1640 или 1641 г. вулкан Паркер внезапно взорвался. В памяти местного населения до сих пор сохранился ужас, обуявший их предков, когда выброшенные в воздух пепел и камни превратили день в ночь почти на всем о.Минданао.

Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network. 1995. V.20. № 9. P.5 (США).

Климатология

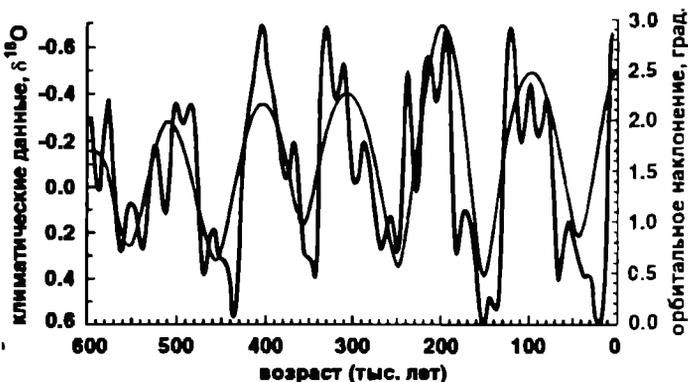
Наклон орбиты и климат Земли

Согласно гипотезе Миланковича, модуляция земного климата — контраст чередования холодных и теплых периодов — определяется величиной эксцентриситета орбиты планеты.

Он изменяется квазипериодически с характерным временем 40 тыс. лет, но размах колебаний варьируется от почти нулевого до максимальных значений эксцентриситета $e_{max}=0.065$ с характерным периодом около 100 тыс. лет. Последняя величина как бы определяет «дыхание» Солнечной системы в целом: с таким временем варьируются возмущения орбит всех ее планет. В настоящий момент эксцентриситет Земли проходит колебания малой амплитуды и, кроме того, находится в фазе убывания, так что через 20 тыс. лет он станет практически нулевым.

Недавно Р.Мюллер и Г.Макдональд¹ предложили новый вариант воздействия планетных параметров на земной климат. Они сопоставили результаты расчетов наклона земной орбиты к средней плоскости обращения всех планет (плоскости, перпендикулярной моменту импульса Солнечной системы) с вариациями состава атмосферы, изме-

¹ Muller R.A., MacDonald G.J. // Nature. 1995. V. 377. № 6545. P. 107.



Сравнение расчетов наклона земной орбиты (цветная кривая, правая шкала) к средней плоскости Солнечной системы с измеренными вариациями изотопного состава кислорода (черная кривая, левая шкала), отражающими изменения климата.

ренного по соотношению изотопов кислорода. Уверенно установлено, что изотопные вариации кислорода в свою очередь тесно связаны со среднегодовой температурой земной поверхности. Оказалось, что, подбирая масштаб амплитуд обеих вариаций и смещая их по фазе, можно добиться впечатляющего подобия обеих кривых. Отметим, что на кривой изотопного состава кислорода, кроме колебаний с большим периодом, заметны и всплески, отвечающие частоте изменений эксцентриситета земной орбиты. Наилучшее согласие кривых получается, если изменения климата отстают от колебаний наклона орбиты на 33 тыс. лет — по мнению авторов, это соответствует причинной связи между ними.

Физическая причина такой корреляции остается по сути непонятной, авторы лишь обращают внимание (справедливо) на то, что с тем же периодом может меняться кометная запыленность внутренних областей Солнечной системы. Это приведет к более интенсивному выпадению космической пыли в земной атмосфере, а значительное воздействие запыленности стратосферы на климат недавно было отмечено после мощного выброса вулкана Пинатубо. В целом замеченное авторами совпадение представляется случайным.

© А.В.Бялко,
доктор физико-математических наук
Москва

Палеоклиматология

Климатические «скачки» прошлого

Продолжается изучение колонок льда, поднятых при бурении на глубину до 3 км

в области Гренландского оледенения. Очередные результаты получены Р.Элли (R.Alley; Университет штата Пенсильвания, США).

Установлено, что в конце последней ледниковой эпохи, около 10 тыс. лет назад, климатические условия нередко скачкообразно переходили от одного относительно стабильного состояния к другому, причем подобные резкие «скачки» могли совершаться в течение всего лишь одного года, когда средняя температура изменялась на 7°C, количество выпавшего снега — вдвое или втрое, а масса отложившейся пыли — в 100 раз. Элли полагает, что причиной могли служить «перекрытия» в системе морских течений, в первую очередь — Гольфстрима.

Колонки льда свидетельствуют, что после завершения ледниковой эпохи климат Земли отличался большей стабильностью по сравнению с любым иным отрезком времени за истекшие 100 тыс. лет. Однако Элли предостерегает от вывода, будто риска резких климатических изменений ныне не существует. Судя по колонкам гренландского льда, всего лишь 8200 лет назад внезапно наступило похолодание примерно на 4°C, длившееся около 200 лет и затем так же внезапно сменившееся потеплением.

New Scientist. 1995. V. 145. № 1967. P.13 (Великобритания).

Палеонтология

Акулы стали старше

В начале кембрия, приблизительно 530 млн. лет назад, за очень короткий

срок возникло почти все разнообразие типов бесчелюстных животных. Позвоночные появились позже. Самые примитивные бесчелюстные позвоночные возникли только в конце кембрия, а первые челюстноротые рыбы были известны с нижнего силура, 430—435 млн. лет назад. Оказалось, что они старше.

Британские палеонтологи и анатомы И.Дж.Сэнсом, М.П.Смит (I.J.Sansom, M.P.Smith; Бирмингемский университет) и М.М.Смит (M.M.Smith; Госпиталь Гая в Лондон-Бридж, Великобритания) обнаружили в песчаниках начала среднего карбона (средний ордовик, приблизительно 455 млн. лет), находящихся в 50 км от города Колорадо-Спрингс (штат Колорадо, США), множество мелких, с полмиллиметра, чешуек бесчелюстных и примитивных челюстноротых. Среди остатков, предположительно отнесенных к отрядам разнощитковых (Heterostraci) и телодонтов (Thelodontia) класса бесчелюстных, обнаружены плакоидные чешуйки примитивных акул.

До сих пор самые древние акулы были известны из лландоверийских слоев нижнего силура Сибири и Монголии, отложившихся приблизительно на 25 млн. лет позже. Телодонты из штата Колорадо тоже примерно на 10 млн. лет моложе ранее известных. Найдены там и чешуйки, предварительные отнесенные к акантодиям, а это, похоже, настоящие костные рыбы.

Эти находки означают, что разнообразие форм низших позвоночных формировалось полным ходом уже в середине ордовика, а не в силуре, как считалось до сих пор. Очевидно, начало эволюции позвоночных не

столь уж сильно отставало от эволюции беспозвоночных.

Nature. 1996. V.379. № 6566. P.628—630 (Великобритания).

Палеонтология

Ископаемый растительноядный крокодил

В 60-х годах китайские геологи, искавшие нефть, обнаружили скелет ископаемого «дракона», жившего в мезозойскую эру. Его зубы были столь необычны, что пекинские ученые оказались в затруднении, к какой систематической группе его отнести.

Идентифицировать находку удалось лишь три десятилетия спустя, после того как остатки неизвестного животного были отправлены в Канаду, где палеонтолог Х.-Д.Зюс (H.-D.Sues; Университет Торонто) совместно с китайскими коллегами Цзяо-Чунь Ву и Айлин Сун (Институт палеонтологии позвоночных и палеоантропологии, Пекин) завершили в течение трех последних лет их исследование и присвоили животному имя *Chiamaerasuchus paradoxus*.

Трудности по систематизации химеры парадоксальной были вызваны тем, что череп этого животного не был схож ни с древними, ни с современными пресмыкающимися или млекопитающими. Только после тщательного анализа всех костных остатков (15 позвонков, плечевого пояса, передних конечностей, тазовой и бедренной костей) удалось установить, что это — родственник современных крокодилов.

Химера и в самом деле оказалась парадоксальной: дело в том, что этот кроко-

дил, живший не менее 120 млн. лет назад, ростом был немного более метра и ходил на задних лапах. Об этом свидетельствуют его слабые передние и мощные задние конечности, а также то, что, в отличие от других известных крокодилов, у него носовые отверстия смотрят не вверх, а вперед. Не менее парадоксально устроен его жевательный аппарат: у всех известных его родственников (как вымерших, так и ныне живущих) зубы имеют конусообразную форму, а у химеры они сплющены, и режущая поверхность находится в задней части зуба. Это позволило специалистам отнести его к вегетарианцам. Наконец, необычно и то, что строение ротового аппарата предполагает определенную продвинутость по эволюционной лестнице; между тем, по предположениям палеонтологов, таких развитых позвоночных еще не должно было существовать в те далекие времена. Но оказывается, что ископаемые пресмыкающиеся были гораздо разнообразнее, чем считалось до сих пор.

Nature. 1995. V.376. № 6542. P.678—680 (Великобритания); Science News. 1995. V.148. № 9. P.132 (США).

Палеоантропология

Колыбель человечества — все-таки Азия?

Ныне подавляющее большинство палеоантропологов убеждено, что працеловек появился около 5 млн. лет назад в Африке. Это был представитель одного из видов австралопитека, до сих пор никем не обнаруженного. Считается, что предок *Номо* сформировался там же примерно

2.5 млн. лет назад. Первым видом такого существа был, очевидно, *Homo habilis* — человек умелый, обладавший более крупным мозгом, чем его предшественники, и способный производить настоящие орудия труда. Затем, около 2 млн. лет назад, появился *Homo erectus* — человек прямоходящий, у которого масса мозга была еще больше. Из Африки человек сравнительно быстро начал распространяться по прилегающим территориям, так что именно «черный материк» рассматривался как «колыбель» человечества, в которой оно провело большую часть периода своего формирования.

Теперь этой стройной гипотезе бросили вызов китайские, канадские и американские антропологи, заново проанализировав найденные в 1988 г. в пещере Лунггупо (южно-центральная область КНР) остатки ископаемого человека.

Поначалу обнаруженный фрагмент человеческой челюсти отнесли к виду *Homo erectus*. Но теперь Р.Джонсон с коллегами (R.Giochon; Университет штата Айова, США) склонны утверждать, что челюсть принадлежала более древнему виду, жившему более 2 млн. лет назад. По мнению этой группы специалистов, анатомические особенности найденных моляра и премоляра (коренных зубов, составлявших единое целое с обломком челюсти) больше отвечают строению соответствующих органов *H.habilis*, чем *H.erectus*. Впервые проведенное датирование (по характеру магнитного поля геологических пород пещеры, где обнаружили находку) дало возраст 1.78—1.96 млн. лет. Он подтверждается и анализом зубов животных, найденных в

слоях непосредственно над человеческой челюстью, который был проведен методом электронного спин-резонанса.

Все это позволило международной группе антропологов полагать, что присутствие древнего Номо в Азии примерно 2 млн. лет назад подтверждает произведенную ранее, но подвергавшуюся сомнениям датировку двух различных палеоантропологических находок на о.Ява, которая определялась как близкая к 1.6—1.8 млн. лет.

Те останки, что находили на Яве, принадлежали, вероятно, *H. erectus*, возможно — потомку «эмигрантов» из Африки. Но если мнение группы Джиочона верно, т.е. если китайская находка относится к *H. habilis*, значит, наш предок *H. erectus* сформировался не в Африке, а в Азии!

Подобное утверждение уже вызывало горячую полемику. Например, антрополог Дж.Шварц (J.Schwartz; Питтсбургский университет, штат Пенсильвания, США) вообще сомневается, что останки, найденные в пещере Лунгупо, принадлежат человеку, считая, что они относятся к одной из ископаемых человекообразных обезьян. Большинство специалистов не согласны с ним, но сомневаются, к какому из видов Номо следует эти окаменелости отнести. Окончательно решение спора, вероятно, станет возможным, если будут обнаружены новые костные останки древнейших наших предков — как в Азии, так и в Африке.

Nature. 1995. V.378. № 6554. P.239, 275; New Scientist. 1995. V.148. № 2004. P.18 (Великобритания).

Археология.
Палеоантропология

Волосы Эцти содержат медь

Уже более четырех лет продолжается изучение Эцти — мумифицированного тела человека, жившего 5 тыс. лет назад и обнаруженного в Эцтальских Альпах у границы Австрии с Италией¹.

Поначалу, на основании найденных рядом с ним лука, стрел и других предметов, одни специалисты полагали, что Эцти был пастухом, а другие — охотником. Теперь предложена совсем иная версия: это был медник. Такую точку зрения высказал на конференции Британской ассоциации развития науки (сентябрь 1995 г.) археолог Д.Бротуэлл (D.Brothwell; Йоркский университет, Англия). Он опирался на результаты спектрального анализа волос Эцти, выполненного в лаборатории Оксфордского университета с помощью оборудования, которое позволяет обнаруживать концентрацию веществ, даже не превышающую 1 мкг/кг. Детальное исследование показало, что каждый волос покрыт тончайшим слоем меди, а внутри содержит соединение меди и мышьяка, которое образуется при плавке медных руд.

Руководитель комплексного изучения ледяной мумии австрийский археолог К.Шпиндлер (K.Spindler; Инсбрукский университет) намеревался передать в

распоряжение Бротуэлла образцы легочной ткани и кожи с пальцев Эцти. Если он действительно работал с медью, в них могут быть обнаружены, например, следы лазурита и малахита — медьсодержащих минералов.

При исследовании содержимого желудка Эцти найдены яйца глистов — остриц, совершенно аналогичных тем, что встречаются у современного человека. Этот факт установили гелиминтологи из Археологического центра в Йорке во главе с Э.Джонсом (A.Jones). Остатки пищи в кишечнике мумии изучают также специалисты частной исследовательской компании в Эдинбурге, руководимые химиком-археологом Т.Холденом (T.Holden). Если удастся провести анализ ДНК, полученной из этих остатков, можно будет установить, какие именно растительные и мясные продукты употреблял Эцти перед своей гибелью.

Еще более ценным свидетельством может оказаться налет на зубах: в нем длительное время могут сохраняться мельчайшие частицы пищи.

По окончании исследований Эцти покинет Инсбрук и вернется «домой» в Италию. Дело в том, что в 1991 г. его нашли туристы из Австрии в том районе Эцтальских Альп, принадлежность которого была не совсем ясной. Ученые договорились, что после первичного изучения в Австрии Эцти будет передан итальянцам, на чьей стороне границы, как было установлено, он пролежал пять тысячелетий.

New Scientist. 1995. V. 147. № 1996. P.11 (Великобритания).

¹ Подробнее см.: Машенко Е.Н. Мумия «ледяного человека» из неолита // Природа. 1994. № 2. С.50—53; Новые сведения об Эцти // Природа. 1995. № 1. С. 121; Эцти был европейцем // Природа. 1995. № 11. С.122.

Правила для авторов

«Природа» — междисциплинарный естественно-научный журнал. Наш читатель — специалист с высшим образованием (или студент), интересующийся смежными дисциплинами, поэтому статьи должны быть написаны ясно и просто, с необходимым введением в тему. Одновременно статьи должны помогать профессионалам ориентироваться в последних научных достижениях.

Среди авторов предпочтение отдается специалистам, непосредственно работающим в научном направлении по раскрываемой теме. Все статьи журнала проходят тщательную редакционную подготовку и последующее согласование с автором.

Статья должна быть послана по почте или доставлена в редакцию в двух экземплярах. Жалательно также копия на электронном носителе (дискеты 3" или 5" возвращаются авторам немедленно после копирования); текст в любом редакторе, кроме ChWriter,

графический материал в произвольном формате. Цветные иллюстрации представляются в виде слайдов или фотографий (желательно с негативами), их оригиналы возвращаются авторам.

Редакция дает авторам справки о прохождении рукописи (телефон 095+238-2456). Редакция не высылает рецензий на работы, если они не приняты к печати. Тексты и графический материал не возвращаются авторам, если это не оговорено заранее.

По структуре статьи в журнале условно подразделяются на: проблемные, исторические, научные сообщения, новости, рецензии и письма в редакцию.

Проблемные статьи — сообщают читателю о современной ситуации в крупном научном направлении. Предельный объем — 30 тыс. знаков (30 килобайт текстового формата, или 16 машинописных страниц), 10 рисунков. Обзорные статьи заказываются авторам редакторами; при инициативе автора

Ф. СП-1		АБОНЕМЕНТ на журнал									
		ПРИРОДА									
		на 1997 год									
		70707 <small>(индекс издания)</small>									
		Количество комплектов									
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12									
		Куда									
		<small>(почтовый индекс) (адрес)</small>									
		Кому									
		<small>(фамилия, инициалы)</small>									
		ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА									
		на журнал 70707 <small>(индекс издания)</small>									
		ПРИРОДА									
		Стоимость подписки вер- адресная руб. руб. Количество комплектов									
		на 1997 год									
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12									
		Куда									
		<small>(почтовый индекс) (адрес)</small>									
		Кому									
		<small>(фамилия, инициалы)</small>									

перед написанием обзорной статьи желательно обсудить с редактором соответствующего отдела ее проект (устно или письменно). Проблемная статья сопровождается фотографией и краткой научной биографией автора (авторов). Желательна краткая аннотация на английском языке или перевод узко-профессиональных слов.

Статьи по истории науки — по структуре, объему и порядку согласования аналогичны проблемным статьям.

Научные сообщения — их тема — последние результаты (включая авторские) по направлениям, представляющим общенаучный интерес. Предельный объем — 15 тыс. знаков (15 килобайт, или 8 машинописных страниц), 5 рисунков.

Новости — краткое изложение свежих (по публикациям не старше 4 мес.) значимых научных результатов. Новости, пересказывающие оригинальную работу без комментариев, публикуются без подписи. Предельный объем — 5 тыс. знаков (5 килобайт, или 3 машинописные страницы), 2 рисунка.

Рецензии — посвящены книгам, представляю-

щим междисциплинарный интерес. Рукопись сопровождается книгой, которая после публикации рецензии на нее возвращается автору. Предельный объем — 10 тыс. знаков (10 килобайт, или 6 машинописных страниц).

Письма в редакцию — отражают личное мнение автора по вышедшим статьям в «Природе» или общезначимым научным событиям. Объем произволен, но редакторское сокращение безжалостно, поэтому содержательность приветствуется.

Все статьи должны сопровождаться необходимыми указаниями на источники литературы — книги и статьи в доступных российскому читателю журналах. Литература дается в виде подстрочных ссылок, пронумерованных в порядке их появления в статье. Многократные ссылки на один источник недопустимы.

После публикации авторам выплачивается умеренный гонорар.

Правила для авторов и содержание номеров журнала, начиная с 1994 г., можно получить по электронному адресу: <http://www.rjpn.net>

ПРОВЕРЬТЕ ПРАВИЛЬНОСТЬ ОФОРМЛЕНИЯ АБОНЕМЕНТА!

На абонемента должен быть проставлен оттиск кассовой машины.

При оформлении подписки (переадресовки) без кассовой машины на абонемента проставляется оттиск календарного штампа отделения связи. В этом случае абонемента выдает-ся подписчику с квитанцией об оплате стоимости подписки (переадресовки).

Для оформления подписки на газету или журнал, а также для переадресования издания бланк абонемента с доставочной карточкой заполняется подписчиком чернилами, разборчиво, без сокращений, в соответствии с условиями, наложенными в каталогах Роспечати.

Заполнение месячных клеток при переадресовании издания, а также клетки «ПВ — МЕСТО» производится работниками предприятий связи и Роспечати.

Неожиданная зоология

С. В. Багоцкий,
кандидат биологических наук
Москва

УЧЕБНИКИ для вузов бывают разными. Много-томная «Теоретическая физика» Л.Д.Ландау и Е.М.Лифшица — это тоже учебник для студентов вузов. Разумеется, для особенно гениальных. А реально штудируют это сочинение доктора наук. Да и то с некоторым напряжением.

Люди с биологическим образованием привыкли к тому, что учебники зоологии построены в соответствии с популярным армейским анекдотом про старшину, рассказывающего новобранцам о том, что ложка состоит из держала, хлеба и перемычки между ними. Долгие (и обычно скучные) описания типичных представителей типов и классов, несколько слов про разнообразие и практическое значение, немного глубокомыслия по поводу филогенеза — вот та духовная пища, которой питается изучающий зоологию студент. Пища необходимая, хотя, по правде сказать, не слишком вкусная.

Авторы в полном смысле слова совершили революцию, создав учебник принципиально нового типа. Они пошли не от фактов к идеям, а в обратном направлении: от идеи к фактам, попытавшись теорети-



С.И. Левушкин, И.А. Шилов.
ОБЩАЯ ЗООЛОГИЯ. М.: Высшая школа, 1994. 432 с.

чески вычислить разные группы живых организмов и их строение, а затем проверить, существуют ли результаты вычислений в действительности. Такой подход гораздо интереснее и поучительнее для юношества, чем традиционный.

Вообще говоря, это не первая в учебно-научной литературе попытка дедуктивного подхода к биологическому материалу. По такому же принципу была построена книга С.Э.Шноля «Физико-химические факторы биологической эволюции» (М., 1979). Книга С.Э.Шноля наполовину — научная монография, напо-

ловину — учебник для студентов-физиков, желающих заниматься биофизикой. Однако между названными изданиями — существенная разница. Шноль пытается предсказать не разнообразие живых организмов, а общие тенденции эволюции. Да и рассчитан его текст на несколько иного читателя — физика, а не биолога. Физиком подобный подход более привычен.

«Общая зоология» С.И.Левушкина и И.А.Шиловой состоит из двух частей. Часть первая называется «Животный тип организации и типы организации животных». Посвящена она общеприемлемым размышлениям и построению дедуктивного подхода к объяснению разнообразия животных. Часть вторая отвечает более скромной задаче: на примере лишь одного типа животных — хордовых — рассмотреть конкретные проблемы филогенеза большой таксономической группы.

Первая часть в свою очередь делится на три раздела: «Общая теория жизни и животный тип организации»; «Типы организации животных в общей теории жизни»; «Животные Земли: воплощение инварианта в конкретных условиях».

Исходя из самых общих дедуктивных соображений, можно предсказать, что авторы начнут свою книгу с

попытка дать очередное, тысяча первое определение жизни. Что они и делают, причем весьма остроумно. Определение сводится к тому, что жизнь — это способ существования живых организмов, т.е. некий процесс, обеспечивающий существование многообразных форм жизни. Что такое живой организм — не определяется изначально, а раскрывается в дальнейшем изложении.

В ходе этого грандиозного процесса организмы вступают друг с другом в определенные отношения. Авторы выделяют пищевое, генетическое и генеративное отношения и далее выводят путь развития этих отношений от простого к сложному. Так, пищевые отношения развиваются от простого засасывания растворенных молекул к внеклеточному коллективному пищеварению, в котором принимает участие большое количество одноклеточных организмов, потом — к захвату пищевого куска индивидуальным организмом и, естественно, индивидуальному пищеварению. Далее — захват пищи многоклеточным организмом и переваривание ее во внеклеточной полости. Здесь возникает и решается проблема братского распределения пищи между всеми клетками, каждая из которых по существу возвращается к наиболее архаической форме питания: засасыванию пищи из раствора. Как говорят студенты-философы: «Абсолютная идея совершила полный круг!» В результате формируется полный пищевой цикл, включающий захват пищи, ее переваривание и распределение продуктов переваривания между отдельными клетками.

Излагается эта концепция в совершенно гегелевском стиле, правда, для наглядности авторы иллю-

стрируют изложение простенькими схемами, включающими кружочки разных размеров. Это несколько (но, по правде сказать, не слишком) облегчает понимание текста, избыливающего «гегелизмами», например:

«Итак, граница пространства отношения есть линия соприкосновения его форм — открытого и закрытого пространства. Если она вводится для обсуждения многообразия способов захвата пищи, то полнота анализа предполагает отделение ею области питания одним пищевым телом от области захвата множества пищевых тел. Сузив рамки обсуждения до многообразия форм получения пищи в открытом пространстве, что характеризует животных, можно свести функцию границы до формирования ею анизотропности пространства для компонентов отношения — как питающегося организма, так и пищевого тела» (с.119).

«Уууфф!» — говорил в таких случаях один классик!

По такой же схеме анализируются два других типа отношений: генетическое и генеративное.

Приложению результатов логического анализа к реальной земной жизни посвящен третий раздел первой части. Здесь, с точки зрения развития «идеи животного», анализируются конкретные группы животных.

Но что такое «животное»? Этот термин употребляется в двух смыслах: представители определенной таксономической группы (царство животных) и организмы, обладающие характерной жизненной формой. Животные в обоих смыслах — это не совсем одно и то же. Так, амебы и инфузории принадлежат к царству протистов, но по своей жизненной форме это животные. В понимании авто-

ров, зоология — это наука о животных во втором смысле. Подобное понимание — законное право авторов. Но тогда нужно начинать разговор с того, что несомненная тенденция к формированию животной организации намечается уже у прокариот. Бактериальное хищничество способствует формированию многоклеточности (миксобактерии), а в предельном случае — пищеварительной полости, напоминающей пищеварительную полость гидры (*Dictiobacter*). Это означало бы, что переход от внеклеточного пищеварения к полостному произошел непосредственно, а не через стадию внутриклеточного пищеварения.

Утверждение авторов о первичности фагоцитирующих жгутиконосцев в сравнении с саркодовыми (амебами) представляется чересчур категоричным. Можно привести доводы как в пользу первичности жгутиконосцев, так и в пользу первичности амёб. Так, симбиотическая концепция происхождения хлоропластов и митохондрий, в доказательство которой имеются серьезные аргументы, более совместима с первичностью амёб, чем с первичностью жгутиконосцев.

Пользуясь двумя такими признаками, как тип переваривания пищи и тип смены поколений, авторы выделили четыре типа организации животных (как жизненных форм): эупротозойный, метапротозойный, протометазойный и эуметазойный. Характерно, что метепротозойный (инфузории) и протометазойный (низшие многоклеточные животные) типы организации попали в одну клетку таблицы. А может быть, их предки и были многоклеточными животными, о чем говорили в свое время И.И.Мягков и автор настоящей рецензии?

Третий раздел первой части дает достаточно цельную и логичную картину исторического формирования разных групп животных. Разумеется, не совсем бесспорную. Филогенетические реконструкции всегда до известной степени субъективны и несут на себе печать индивидуальности авторов.

Вторая часть книги — «Морфофункциональный очерк типа хордовых» — более традиционна. Но и здесь анализ преобладает над скудными описаниями.

Для того чтобы вынести окончательное суждение о рецензируемой книге, нужно прежде всего понять, в каком же собственно жанре она

написана и кого можно считать ее основным потребителем. Если мы судим авторов научной монографии, то оценка должна быть безоговорочно положительной. То, что там написано, несомненно интересно. И для философствующих зоологов, которые, как я полагаю, составят подавляющее большинство читателей, и для настоящих философов, и для физиков, и просто для любителей умных мыслей.

Если же оценивать книгу как учебник, ориентированный на студентов-биологов, то «Общей зоологии» придется дать негативную оценку. Текст, в особенности первая часть, написан

слишком сложно, местами даже заумно. Боюсь, что его не поймут не только студенты, но и подавляющая часть преподавателей вузов. По этой книге могут учиться разве что только студенты-философы.

Дело здесь, разумеется, не в дедуктивном подходе как таковом. Несомненно, на основе дедуктивного подхода можно написать прекрасный учебник зоологии. Но для этого нужно наступить на горло собственному глубокомыслию и перевести свои соображения на общедоступный язык. И тогда студенчество придет в восхищение.

КОРОТКО

Одним из последствий извержения вулкана Пинатубо на Филиппинах в июне 1991 г. являлась аномально суровая зима 1991/92 г. в странах Среднего Востока, что привело к массовой гибели кораллов в зал. Эйлат, расположенном на северо-востоке Красного моря.

Похолодание резко изменило обычный характер перемешивания поверхностных и глубинных вод: этот процесс переместился на значительно большую глубину (более 850 м), вызвав интенсивный подъем питательных веществ, бурный рост водорослей и развитие фитопланктона. Наиболее интенсивно размножились зеленые нитчатые водоросли рода *Enteromorpha*, образовав плотный покров на подавляющей части коралловых построек, что в буквальном смысле задушило кораллы.

La Recherche. 1995. № 282. P.16 (Франция).

Правительство Республики Гайана передало в дар Центру исследований международного развития (который был создан Парламентом Канады в 1970 г. и до сих пор считается координирующим органом по проблеме сохранения биологического разнообразия) участок амазонского леса площадью в 360 тыс. га. По оценкам, в пределах отведенной территории обитает по крайней мере 1200 видов млекопитающих, птиц, рептилий, произрастает более 1000 древесных пород; уже известно сейчас, что 10% изученных пород обладают целебными свойствами, а 1% стал предметом глубоких фармакологических исследований. ООН выделила 0.5 млн. долл. на реализацию программы экологических исследований в этом влажном тропическом лесу.

Science et vie. 1995. № 938. P.21 (Франция).

Специалисты по китообразным Международного союза охраны природы и природных ресурсов считают, что значительно большему риску уничтожения, чем крупные киты, подвергаются сегодня мелкие речные дельфины. Строительство плотин и других гидротехнических сооружений уменьшает их пищевые ресурсы, уничтожает привычные места обитания. Гибельно влияет на дельфинов также загрязнение воды, установка подводных заграждений, столкновение с судами. Кроме того, из-за повышения рыночного спроса на китовое мясо в таких странах, как Перу, Шри-Ланка и Филиппины, охота становится все более нарастающей угрозой для дельфинов.

International Wildlife. 1995. V.25. № 3. P.28 (США).

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИЛЛЮЗИОН

Б. М. Миркин,

доктор биологических наук
Уфа

НАИБОЛЕЕ массовая экологическая газета России «Зеленый мир» (тираж около 40 тыс. экз.), издаваемая за счет экологических фондов ряда регионов страны, после завершения публикации «Белой книги»¹, видимо, в качестве некоего теоретического резюме предложила читателям брошюру доктора геолого-минералогических наук В.А.Зубакова². До этого его работа была издана небольшим тиражом в Санкт-Петербурге и потому осталась фактически неизвестной широкому читателю.

Редакция подчеркнула значимость публикации кратким предисловием, в котором сообщила, что «один из экспертов «ЗМ», весьма авторитетный российский эколог (увы, его фамилия почему-то скрыта от читателя. — Б.М.), уверяет редакцию в том, что эта работа доктора геологических наук (разрядка моя; как известно, такой научной степени в Академии наук России нет. — Б.М.), географа и эколога В.Зубакова — возможно, самая последовательная и аргументированная на сегодня

концепция выхода человечества из глобального кризиса».

Этот многообещающий аванс усиливается также помещенной на первой странице оценкой доктора географических наук профессора В.Н.Адаменко: «Работы последних 15 лет, получившие международное признание, подвели В.Зубакова к формированию принципиально новой парадигмы, теоретическое, методическое, а самое главное, чисто практическое значение которой трудно переоценить. История развития Природы дает такие уроки человеку, учет которых необходим, если общество хочет найти пути выхода из исключительно тревожной ситуации в системе общество—природа».

Увы, чтение труда Зубакова не оправдывает анонсов редакции «Зеленого мира» и ее авторитетных экспертов. Если автор новой парадигмы и открывает дверь, то разве что в комнату иллюзиона, который только наивным и недостаточно компетентным читателем может быть принят за модель экологического рая.

Действие экологического иллюзиона на эту категорию читателей усиливается общим наукообразием трактата (нельзя не признать, местами написанного ярким языком), возведенного на фундаменте-пьедестале из ссылок на работы самых авторитетных экологов нашего времени. Однако их взгляды Зубаков для подтверждения правильности своих идей сплошь и рядом

откровенно подтасовывает. Так, представления В.И.Вернадского о ноосфере, которые являются в своей основе технократическими и сциентистскими³, рассматриваются в качестве... альтернативы технократическому подходу. Взгляды директора Института наблюдений за миром (World Watch Institute) эколога Л.Брауна, который считает возможным в будущем получать за счет экологически чистых и неисчерпаемых источников не более 30% энергии, попросту искажены. Ему приписано утверждение, что можно полностью отказаться от исчерпаемых углеродистых или ядерных источников энергии и т.д.

Безусловно, из числа цитированных Зубаковым авторов предтеч его взглядов может рассматриваться В.Г.Горшков, который выдвинул идею депопуляции (уменьшения) населения планеты до 500 млн. человек, чтобы нормализовать цикл углерода и резко снизить использование искусственной энергии. Эти представления, как и опирающаяся на них парадигма Зубакова, — опасная утопия, которая уводит от поиска реальных возможностей выживания. В силу социальной природы сообщества людей депопуляцию (тем более — в короткий срок: у Горшкова — за 100 лет, у Зубакова — за 40–50!) осуществить невозможно.

© Миркин Б.М. Экологический иллюзион.

¹ «Белая книга» — так называется официальный доклад о состоянии окружающей среды Российской Федерации. Речь идет о «Белой книге» 1995 г.

² Всеволод Зубаков. XXI век. Сценарий будущего: анализ последствий глобального экологического кризиса. Философско-прогностическое эссе // Зеленый мир. 1996. № 9(215). С.3—15.

³ Кутырев В.А. Человек в «постчеловеческом» мире: проблема выживания // Природа. 1989. № 5. С.3—10.

Увы, рост народонаселения — это трагическая для биосферы реальность. Но признать выводы Т. Мальтуса правильными еще не значит иметь ключ для изменения ситуации. Даже если мировое сообщество полностью реализует намерения цивилизованным путем (повышением уровня жизни, использованием контрацептивов и т.д.) ограничить рост народонаселения восьмью миллиардами человек, это будет наиболее оптимистический вариант. Другого, более жесткого пути (вспомним, что И. Ганди вводила в Индии стерилизацию мужской части населения) у человечества, видимо, нет.

Не будем подробно рассматривать содержание всей публикации Зубакова (в ней четыре части: «Новый взгляд на историю Земли»; «Сценарии развития событий XXI века»; «О стратегических особенностях настоящего момента»; «Дополнение по материалам Кондратьевской конференции»), остановимся на немногом. Зубаков предлагает темпоральную периодизацию истории Земли, которая, по его мнению, должна сместить традиционное разделение на эры, периоды и т.д. Именно это позволит, опираясь на взгляды И. Пригожина о роли бифуркаций, содержательнее отразить изменения, происшедшие в истории нашей планеты. И вот основной вывод из исторического анализа Земли: экологический кризис, вызванный переходом биосферы в техносферу, — это зеркальное отражение перехода хемобиосферы в оксибиосферу (т.е. смены доминирования прокариот, не нуждавшихся в кислороде, ядерными и дышащими, аэробными, организмами).

Разрабатывая сценарии будущего человечества,

следовало бы исходить не из анализа смены прокариот от эвкариотами, а из природы социально-экономических процессов и их экологических последствий: слишком несхожи преобразования биосферы по характеру процессов и по их темпам. Но Зубаков строит свою экогео с небольшим числом жителей, а коэволюцию человека и биосферы предлагает обеспечить в кратчайший срок, создав прежде единое мировое сообщество в духе идеального государства Платона. Путь к «планетарному экологическому коммунизму» у Зубакова — исключительно тоталитарно-революционный.

Вот лишь некоторые положения его «экогейского» сценария развития человечества.

1. Народонаселение Земли должно сократиться в четыре раза до середины XXI в.

Совершенно очевидно, что депопуляция по схеме «одна семья — один ребенок» за это время не обеспечит выхода населения на уровень 1.2 млрд., даже если эта схема будет принята всем мировым сообществом (что совершенно невероятно при противодействии религий, традиций да и обычного человеческого менталитета). Стало быть, предстоит насильственное умерщвление части человечества? Способ реализации своей программы Зубаков не указывает, но очевидно, что без террора против тех, кто не воспримет экогейской идеологии, она не сможет восторжествовать.

2. Основа этой идеологии — Культ Вселенского Разума, который заменит все существующие на Земле религии.

Трудно вообразить, что за несколько десятилетий можно перевоспитать веру-

ющих, что ислам, буддизм, христианство — основные религии — исчезнут сами собой. Опять остается революционный путь.

3. Произойдет «аксигенетическая революция», т.е. возврат к матриархату, так как мужская половина рода человеческого уже дискредитировала себя агрессивностью и антиэкологическим поведением. Единственный ребенок, которого будет иметь женщина (правда, наиболее выдающимся представительницам феминизированное общество разрешит тиражировать свой генотип в большем числе экземпляров), наследует только имя матери, а она до его 15-летия освобождается от любой работы кроме воспитания.

Будут ли браки постоянными или «новым амазонкам» будет предоставлена широкая свобода в выборе наиболее достойного носителя второй половины генома младенца, Зубаков не пишет. Способ же ограничить рождаемость одним ребенком он видит в использовании эффективных оральных контрацептивов, которые можно с успехом применять даже за два месяца до родов (!).

4. Любой старик сможет легко и свободно расстаться с жизнью, если его не устроит забота о нем государства.

5. С преступностью будет покончено за одно поколение за счет уничтожения преступников.

Тут невольно вспоминается кровь французской революции и трагические итоги белого и красного терроров в истории нашей страны. «А судьи кто?» Не попадут ли в разряд преступников, кроме браконьеров, воров и насильников, все инакомыслящие и опасные конкуренты для продвижения вверх по

лестнице экогейской социальной иерархии ее лидеров? По всей видимости, в уничтожении преступников (и к ним причисленных) Зубаков видит один из важных резервов ускорения депопуляции.

6. Энергетика будет опираться только на неисчерпаемые экологически чистые источники.

Этот тезис игнорирует огромную и весьма серьезную литературу, в которой обосновывается невозможность такого энергетического сценария. Будущая энергетика включает и атомную, и угольную, доведенные до уровня «экологически» чистых. Сокращение расходов энергии во многом будет связано с ее сбережением во всех сферах использования — в промышленности, транспорте, сельском хозяйстве, быту и т.д.

7. Россию с ее положением на стыке Запада и Востока Зубаков считает главной в построении экогеи, причем именно нашей стране уготована честь ор-

ганизовать экологический рай на своей территории, а затем и во всем мировом сообществе. Россия должна стать инициатором международной конференции, где будет принят план строительства экогеи. Это и станет стратегической задачей нашей страны на будущее, а руководство ее решением возьмет на себя «партия зеленых».

8. Армия сыграет в предстоящей экогейской революции не последнюю роль, так как должна подавить политическую раздробленность мира и превратить человечество в единое «внеклассовое, внепартийное и внерелигиозное мировое сообщество». Эту задачу могут решить только крупные армии НАТО и России.

Если бы какие-то фанатики попытались реализовать проект экогеи Зубакова, мир утонул бы в крови или был бы уничтожен ядерной войной, в которую перерастут резко обострив-

шиеся конфликты между странами с разным уровнем развития, обеспечения ресурсами и разными стилями жизни.

Слов нет, концепция устойчивого развития, принятая на Международной конференции в Рио-де-Жанейро в 1992 г., пока состоит из общих фраз, ее еще необходимо наполнить конкретным содержанием. И в обсуждении путей перехода к устойчивому развитию множественность мнений должна быть нормой. Но очевидно, что из числа возможных вариантов должны быть исключены «революционно-тоталитарные» в духе Зубакова. Переход к устойчивому развитию будет мучительным и долгим, человечеству предстоит многократно корректировать этот сценарий методом проб и ошибок. Возможно, стоит вспомнить мудрые мысли К.Поппера, считавшего, что долгосрочные прогнозы развития общества попросту невозможны.

Над номером работали
Ответственный секретарь
Ю.К.ДЖИКАЕВ

Научные редакторы
И.Н.АРУТЮНЯН
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
Л.А.ПАРШИНА
М.С.ПОКРОВСКАЯ
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
М.Я.ФИЛЬШТЕЙН

Художественные редакторы
Л.М.БОЯРСКАЯ, Э.Р.БОЯРСКАЯ,
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Е.Е.БУШУЕВА

Компьютерный набор
Н.Ф.БОДЕНЦОВА

Перевод
П.А.ХОМЯКОВ

Корректоры
В.В.БЕЛЯЕВ
Р.С.ШАЙМАРДАНОВА

В художественном оформлении
номера принимали участие
Л.В.БОГАЧЕВ
В.С.КРЫЛОВА

Издательство «Наука» РАН

Адрес редакции:
117810, Москва, ГСП-1
Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-26-33

Подписано в печать 08.08.96
Формат 70×100 1/16
Бумага типографская № 1
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 76,5 тыс.
Уч.-изд. л. 15,1
Заказ 2648

Ордена Трудового Красного
Знамени Чеховский
полиграфический комбинат
Комитета Российской
Федерации по печати
142300, г. Чехов
Московской области
Тел.: (272) 71-336
Факс: (272) 62-536



В бесконечных ледяных просторах Антарктиды, близ побережий, затерялись каменистые «оазисы» — свободные ото льда и снега участки материка с многочисленными озерами и озерками. Еще 30 лет назад в некоторых из них была обнаружена жизнь — и растительная и животная. С той поры выяснилось, что она своеобразна и довольно богата видами. Некоторых видов насчитывается не один десяток, есть виды, которые нигде, кроме Антарктиды, больше не встречаются, другие обитают на окружающих континент островах. Как могли попасть в этот закованный льдами мир населяющие его организмы? За счет чего приспособились к суровейшим условиям? Как смогли заселить озера, разделенные тысячами километров ледяной пустыни?

Виноградов М. Е., Мельников И. А. ОАЗИСЫ В ЛЕДЯНОЙ ПУСТЫНЕ

Индекс 70707

