

ISSN 0032-874X

ПРИРОДА

6-97



Главный редактор
академик
Л. Д. ФАДДЕЕВ

Кандидат физико-математических наук
А. И. АНТИПОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Член-корреспондент АН СССР
Р. Г. БУТЕНКО

Доктор географических наук
А. А. ВЕЛИЧКО

Академик
В. А. ГОВЫРИН

Заместитель главного редактора
Ю. Н. ЕЛДЫШЕВ

Член-корреспондент АН СССР
Г. А. ЗАВАРЗИН

Академик
В. Т. ИВАНОВ

Доктор физико-математических наук
Н. П. КАЛАШНИКОВ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Доктор физико-математических наук
А. А. КОМАР

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор философских наук
Н. В. МАРКОВ

Доктор исторических наук
П. И. ПУЧКОВ

Заместитель главного редактора
академик
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Доктор философских наук
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН УССР
А. А. СОЗИНОВ

Академик
В. Е. СОКОЛОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

Заместитель главного редактора
член-корреспондент АН СССР
Л. П. ФЕОКТИСТОВ

Академик
В. Е. ХАИН

Доктор физико-математических наук
А. М. ЧЕРЕПАЩУК

Доктор физико-математических наук
В. А. ЧУЯНОВ

ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
ПОПУЛЯРНЫЙ
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

Издается с января 1912 года



НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Махаон в поисках нектара. См. в номере: Воловник С. М., Бабочка махаон.

Фото И. А. Белашкова

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Арктика... В первом ряду ее исследователей Г. А. Ушаков — герой, рыцарь и певец этого удивительного края. См. в номере: Каневский З. М. Его диссертация — на всех картах мира!

Фото А. Подрядчикова



— символ межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (The Man and the Biosphere). Им обозначены материалы, которые «Природа» публикует, участвуя в этой программе.



© Издательство «Наука»
журнал «Природа» 1991

В НОМЕРЕ

3 Карлов Н. В. ВЕДАТЬ — ВЕСТЬ — СОВЕСТЬ (о гуманизации технических умов)

У истоков точной науки лежит нечто неточное — угаданность модели. Именно эта общность рационального и иррационального, ведического и известного позволяет надеяться на успех гуманизации технических умов.

8 Ибрагимов А. И., Миррахимов М. М. Q-ГЕТЕРОХРОМАТИН В ГЕНОМЕ ЧЕЛОВЕКА

Хотя мы еще далеки от понимания биологической роли этой изменчивой части генома, даже то немногое, что известно о нем, сегодня уже широко применяется в практике.

15 Смирнов А. Ю. РЕЗОНАНСНЫЕ ПЕРЕХОДЫ НЕЙТРИНО В ВЕЩЕСТВЕ

При определенных условиях тип нейтрино меняется в соответствии с изменением плотности вещества. Поиск и исследование таких превращений, возможно, приведет к решению ряда фундаментальных проблем физики элементарных частиц и астрофизики.

25 Рувинский А. О. БЫЛА ЛИ ЕВА?

Сравнение митохондриальных ДНК людей разных рас позволило прийти к сенсационному выводу: наша общая прародительница жила 160—290 тыс. лет назад в Африке.

30 РЕЗОНАНС Буряков В. Ю., Наумов А. Д. АНТРОПОГЕННАЯ КАТАСТРОФА ИЛИ РЕДКОЕ ПРИРОДНОЕ ЯВЛЕНИЕ?

Детальный, а не поверхностный анализ причин нашумевшего выброса морских звезд на сушу показал, что он вызван естественным ходом событий.

32 ЗАМЕТКИ, НАБЛЮДЕНИЯ Константинов В. М., Хохлов А. Н. ПТИЦЫ НА ГОРОДСКИХ СВАЛКАХ

33 Хисина Н. Р. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СПИДОМЕТРЫ

Важную информацию о происхождении минералов несут скорости их остывания после кристаллизации. Для их определения разработаны методы геологической спидометрии, особенно эффективные при изучении пород Луны и метеоритов.

41 Сарapultцев Б. И., Гераськин С. А. БИОЛОГИЧЕСКИЙ СМЫСЛ РАДИАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

Как выяснилось, радиустойчивость организмов — это мера надежности их геномов, а радиотаксономия отражает основные этапы эволюционных преобразований наследственного материала.

50 КРАСНАЯ КНИГА Воловик С. В. БАБОЧКА МАХАОН

54 Франк-Каменецкий В. А., Котов Н. В., Гойло Э. А.

МЕТАМОРФОЗЫ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ

Модельные эксперименты показали, что при разного рода преобразованиях таких минералов исходные структурные особенности наследуются.

60 Лазарев А. И., Севастьянов В. И., Савиных В. П. СЕРЕБРИСТЫЕ ОБЛАКА: ВЗГЛЯД ИЗ КОСМОСА

Визуальные наблюдения с пилотируемых космических кораблей существенно расширили наши представления о серебристых облаках, изучение которых дает богатую информацию об атмосфере на высоте 80—85 км.

68 Блюм Н. С., Сафарова С. А. ПРОГНОЗЫ ПО «ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИМ СЦЕНАРИЯМ»

70 Каневский З. М. ЕГО ДИССЕРТАЦИЯ — НА ВСЕХ КАРТАХ МИРА!

В первом ряду многочисленных исследователей Арктики по праву стоит Георгий Алексеевич Ушаков, руководитель знаменитых экспедиций 20-х и 30-х годов на остров Врангеля и архипелаг Северная Земля.

84 Литкенс Е. С. СЛУЖБА КИСЛОТНЫХ ДОЖДЕЙ

86 ВЕСТИ ИЗ ЭКСПЕДИЦИЙ Мерклин Л. Р., Березуцкий А. В., Терский Н. Ю., Свальнон В. Н., Богданов О. Ю. ГИДРОТЕРМЫ НА СКЛОНЕ ХРЕБТА РЕЙКЬЯНЕС?

88 НЕИЗВЕСТНЫЕ ПИСЬМА Ч. ДАРВИНА (Из переписки с В. О. Ковалевским 1867—1881 гг.)

Первая публикация фрагментов переписки Ч. Дарвина с крупнейшим русским ученым, основателем эволюционной палеонтологии В. О. Ковалевским проливает свет на многие вопросы, связанные с изданием трудов Дарвина в России, позволяет судить о его конкретных интересах и творческих планах, его знакомстве с русской наукой того времени.

95 Виленкин Н. Я. ФОРМУЛЫ НА ФАНЕРЕ

Репрессии, которым подвергались математики в России начиная с 1917 г., имели огромные последствия для развития всей советской математики.

105 НОВОСТИ НАУКИ

123 РЕЦЕНЗИИ

125 НОВЫЕ КНИГИ (67, 94)

126 ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ Бережной А. С. ОДИССЕЯ КАПИТАНА ГЕРНЕТА

РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ (49, 59)

CONTENTS

3 Karlov N. V. ON HUMANIZATION OF TECHNICAL MINDS

Paradoxically enough exact sciences lean on an ephemeral thing-intuitive choice of the model. This gives grounds for hope that technical minds can be humanized.

8 Ibraimov A. I., Mirrakhimov M. M. Q-HETEROCHROMATIN IN THE HUMAN GENOM

The true understanding of the role of this changeable part of the human genom is far away—still what we do know about it is used in practice.

15 Smirnov A. Yu. RESONANCE TRANSITIONS OF NEUTRINO IN A SUBSTANCE

Under certain conditions the type of neutrino may change according to changes in the density of a substance. A thorough study of such transitions may help to solve some fundamental problems of elementary particle physics and astrophysics.

25 Ruvinsky A. O. DID EVE REALLY EXIST?

A comparison of mitochondrial DNA of people of various races allowed a sensational conclusion—our common original mother lived in Africa about 160—290 thousand years ago.

RESONANCE

30 Buryakov V. Yu., Naumov A. D. AN ANTHROPOLOGICAL CATASTROPHE OR A RARE NATURAL PHENOMENON?

A detailed analysis of the sensational mass deaths of starfishes proved it to be a natural phenomenon.

NOTES, OBSERVATIONS

32 Konstantinov V. M., Khokhlov A. N. BIRDS ON CITY DUMPS

33 Khisina N. R. GEOLOGICAL SPEEDOMETERS

The rate of minerals' cooling after crystallization provide important information on their origins. The recently devised methods are especially effective when applied to the Moon and meteorites.

41 Sarapultsev B. I., Geraskin S. A. THE BIOLOGICAL MEANING OF RADIATION RESISTANCE

Radiation resistance is the degree to which the organism's genoms are reliable, and radiotaxonomy, in its turn, reflects the main stages of evolution of hereditary material.

50 THE RED BOOK Volovnik S. V. PAPILION MACHAON

54 Frank-Kamenetsky V. A., Kofov N. V., Gailo E. A.

METAMORPHOSES OF CLAY MINERALS

Model experiments have shown that structural specificities never disappear in various changes of such minerals.

60 Lazarev A. I., Sevastyanov V. I., Savinykh V. P.

NOCTILUCENT CLOUDS—VIEW FROM SPACE

Visual observations from the space have enriched our knowledge about noctilucous clouds the study of which gives information about the atmosphere on the heights of 80—85 km.

68 Blyum N. S., Sapharova S. A. FORECASTS ACCORDING TO "PALEO-CLIMATIC SCENARIOS"

70 Kanevsky Z. M. HIS DISSERTATION CAN BE FOUND ON ALL MAPS OF THE WORLD

Georgy Ushakov who headed the famous expeditions of the twenties and thirties to Vrangal Island and the Severnaya Zemlya archipelago is one of the prominent explorers of the North.

84 Litkens E. S. A SERVICE OF ACID RAINS

NEWS FROM EXPEDITIONS

86 Merklin L. R., Berezutsky A. V., Tersky N. Yu., Svalnov V. N., Bogdanova O. Yu.

ARE THERE THERMAL SPRINGS ON THE SLOPES OF REYKJANES MOUNTAIN RANGE?

88 UNKNOWN LETTERS OF CH. DARWIN (From 1867—1881 correspondence to V. O. Kovalevsky)

This is the first ever publication of fragments of the letters of Darwin to Kovalevsky, one of the giants of Russian science and founder of evolutionary palaeontology. It throws light on many questions connected with Russian editions of Darwin's works, allows a glimpse into his interests, plans and his knowledge about Russia and Russian science.

95 Vilenkin N. Ya. FORMULAS ON CARDBOARD (to be continued)

Persecutions of mathematicians in Russia after the 1917 Revolution affected the development of mathematics in our country.

105 SCIENCE NEWS

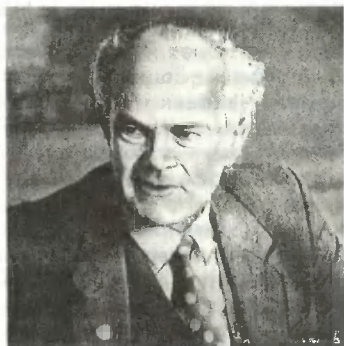
123 BOOK REVIEWS

125 NEW BOOKS (67, 94)

126 MEETING THE FORGOTTEN PAST Berezhnny A. S. CAPTAIN GERNET'S ODYSSEY

Ведать — весть — совесть (о гуманизации технических умов)

Н. В. Карлов



Николай Васильевич Карлов, член-корреспондент АН СССР, ректор Московского физико-технического института. Области научных интересов — статистическая радиофизика, квантовая электроника, взаимодействие лазерного излучения с веществом. Автор книг: *Квантовые усилители* (совместно с А. А. Маненковым). 1967; *Лазерное разделение изотопов* (совместно с С. С. Алимпиевым, Б. Б. Крынецким, Ю. Н. Петровым). М., 1980; *Лекции по квантовой электронике* (1-е изд. М., 1983; 2-е изд. М., 1988); *Интенсивные резонансные взаимодействия в квантовой электронике* (совместно с В. М. Акулиным). М., 1987. Лауреат Государственной премии СССР, почетный доктор Университета им. Януса Пяньоннуса (Венгрия).

ЗНАНИЕ и совесть в глубине народного подсознания тесно связаны между собой. И хотя в наше время наука, став прямой производительной силой, к сожалению, оторвалась от нравственного начала, наш язык еще хранит эту связь. Слова «ученый», «наука» несколько двусмысленны, в них содержится нечто вынужденное. Но если вспомнить глагол «ведать» в его исконном значении «знать, понимать, разуметь», вспомнить о Ведах классической индийской философии и поэзии, об Академии Вед Чехословакии, то легко построить диадду: веды — совесть, характерную по своей логике для всех языков индоевропейских народов. В родном языке нашем эта диада легко раскрывается в последовательность: ведать, весть, совесть, совет, привет...

Одна из проблем нынешнего этапа развития общества состоит в том, что престиж ученого-естественника, особенно в области так называемых точных наук, упал. Науки естественно-технического плана теряют свою притягательную силу. Как же быть? Перестройка остро ставит вопрос о подготовке кадров. Обществу нужны люди высокого профессионализма, высокой культуры и высокого уровня гражданственности. Нужны во всех сферах жизнедеятельности общества. Их нужно много, они нужны всюду.

Наука занимает здесь особое место, для нее важны не столько процесс добротного и тщательного тиражирования достигнутого, не столько способность освоить и в массовом порядке воспроизводить результаты всего того лучшего, чем овладело человечество, сколько поиск, творчество, стремление к еще непознанному, неизвестному, маняще новому и перспективному. Стремление понять природу вещей, постигнуть вещный мир и мир души человеческой, приложить это постижение для разработки новых способов преобразования мира, получения новых продуктов и новых технологий генетически присуще человечеству в целом, но далеко не каждому человеку. Люди по своей природе творческие, яркие и неординарные, мыслящие масштабно, по получению соответствующего образования

становятся той интеллектуальной элитой, которая работает на острие прогресса и определяет его темп и направленность.

Такие люди есть. И вырастают они из талантливых детей. Надо уметь находить таких детей и помогать им находить себя. В Московском физико-техническом институте уже давно сложилась система выявления даровитых ребят и их целенаправленного развития. Имеется в виду заочная физико-техническая школа. В ней учатся около 10 тыс. ребят. Заочное, по переписке, обучение ведется с каждым школьником индивидуально по системе все усложняющихся заданий. В результате они составляют лучшую часть абитуриентского корпуса МФТИ, давая около 70 % ежегодного приема на первый курс. Именно таким образом Физтех собирает талантливую молодежь со всего Союза ССР. Доля москвичей в приеме не превышает 20 %.

Здесь возникают интересные обратные связи. Разъезжаясь на каникулы, студенты МФТИ везут с собой задачи для физтеховских олимпиад разного уровня сложности. Они имеют полномочия проводить эти олимпиады в школах родимой округи, оценивать результаты и приглашать победителей в МФТИ, давать им официальные рекомендации для зачисления в заочную школу, для участия в физтеховских олимпиадах всесоюзного уровня и т. п. Так ширится круг тех, кто вовлекается в число готовящихся стать творцами научно-технического прогресса.

Важно заметить, что заочная физико-техническая школа работает не только на МФТИ, но и на другие вузы и факультеты естественно-научного профиля.

Будучи принят в институт, вчерашний школьник погружается в новый для него мир образования. Разрыв между школярством и студенческим образом жизни, как правило, переживается тяжело. Но если молодой человек был правильно профессионально ориентирован, он успешно справляется с возникающими трудностями.

И вот когда первичные учебные трудности, по существу, преодолены, возникает новое противоречие — между высоким уровнем подготовки в точных науках (получаемой в результате упорной, трудной, зачастую физически тяжелой умственной работы) и низким, практически нулевым уровнем гуманитарной подготовки. Студенты-старшекурсники, аспиранты, выпускники склонны опрокидывать, проецировать свое профессиональное, как правило высокопрофессиональное, понимание сложных вопросов современной физики и математики на

социальное. И, будучи в большинстве своем гуманитарно безграмотными, они часто приходят к неправильным выводам.

Социальное сложнее, во много раз сложнее естественнонаучного, инженерно-технического... Но оно должно быть если не изучено, то по крайней мере интуитивно понято, постигнуто. Это категорический императив времени. Абсолютно прав академик Д. С. Лихачев, говоря, что наука без морали погибнет. А вследствие гибели науки погибнет и человечество.

Жизнь социума складывается из жизни людей. Человек — основа всего, надо знать человека и развивать человеческое в нем. Гуманность — основание, сколько-нибудь стратегически перспективных человеческих отношений. Но традиционная схема подготовки научно-технического специалиста исключает возможность общекультурного, гуманитарного его развития, попросту не оставляя для этого времени. В результате велика вероятность формирования технократических, а то и просто циничных настроений, маргинального отношения к жизни и даже антиобщественных наклонностей.

Необходима гуманизация технического специалиста. Один из возможных путей этого — гуманитаризация его образования. Здесь есть сложности. Естественно, имеются в виду не технические сложности, связанные с поиском времени в учебном плане, с финансированием, хотя и они, конечно, важны. Дело в другом. Действительно, гуманитаризация образования, введение курсов теории и истории культуры и им подобных позволит ознакомить студента с фактической содержательной стороной, по крайней мере части «всех тех богатств, которые выработало человечество». Конечно, такие курсы должны быть построены в виде некоторого достаточно разнообразного набора читаемых лекций, сопровождаемых проводимыми в удобное время семинарами, с тем чтобы студент мог сделать свой выбор. Но выбрать какой-то курс из предлагаемого набора студент должен обязательно.

Все это покажет студенту-технику, студенту-естественнику другой, гуманитарный способ мышления, в принципе позволит ему как бы перекинуть мостик с левого полушария головного мозга на правое. Вот здесь-то и лежит основная трудность, главная сложность, сложность концептуального плана.

Дело в том, что люди, специализирующиеся по собственному осознанному выбору в точных науках, устроены так,

что им бывает трудно понять, постичь творческий метод гуманитария. Интересные мысли по вопросу о взаимном соответствии точных наук и наук о человеке развивает академик Б. В. Раушенбах¹ — заведующий кафедрой теоретической механики МФТИ, крупнейший специалист в вопросах теории управления космическими аппаратами.

Точные науки — математика, физика, другие естественнонаучные дисциплины — оперируют строгими определениями, исходят из точно оговоренных посылок, пользуются логическими категориями, делают логические выводы, приводят к проверяемому на опыте умозаключению, имеют предсказательную силу. Их сильная сторона — глубокое проникновение в предметную суть, слабая — модельность, т. е. приближенность, огрубленность, угаданность модели. Примеры хорошо известны. Это — механика Ньютона и Эйнштейна, электродинамика Максвелла, квантовая механика Шредингера. Таков логический, рационалистический метод познания. Его истинность проверяется практикой. При этом часто бывает так, что совершенно независимо развиваемые, возникшие при описании, казалось бы, друг с другом никак не связанных явлений модели неожиданно сливаются, соединяются друг с другом. Такое слияние — не только критерий правильности отражения объективно существующего мира, но и отправная точка дальнейшего прогресса. Примеры — слияние теорий электричества и света в единую теорию электромагнитных волн, объединение в теории колебаний достижений теории устойчивости планетных орбит и разработок радиогенераторов, создание квантовой электроники².

Но кроме логического метода познания существует еще и путь прямого созерцания, непосредственного проникновения в сущность явления, путь иррационального создания полного образа при наблюдении явления. Человеку свойственно не только рациональное, но и иррациональное знание, основанное на чувстве, а не на рассуждениях. Накопленный к настоящему времени запас рационального знания огромен. К сожалению, однако, сейчас наблюдается недостаток древнего образного, поэтического мировосприятия.

В гуманитарном знании есть две сос-

тавляющие — логическая (дискурсивная, описательная) и интуитивно-образная. Первой из них наиболее легко обучить, она наиболее конкретно осязаема и близка способу мышления технически ориентированного ума. Легко рассказать заинтересованному слушателю о Прокопии Кесарийском и его первых в письменных источниках сведениях о славянах. Гораздо труднее передать дух славянства, раскрыть содержание понятия «загадочная славянская душа». Обогащение молодых умов знанием истории Отечества, истории мировой и российской философской мысли, достижений литературы, музыки, изобразительных искусств, архитектуры и т. п. составляет суть гуманитаризации и абсолютно необходимо, но, к сожалению, далеко не достаточно. Можно привести пример Бенито Муссолини, который был гуманитарно хорошо образован, но которого гуманным назвать никак нельзя.

Тут мы должны вернуться ко второй составляющей гуманитарного знания — интуитивно-образной. Длительное начало становления человека разумного шло именно по этому пути. Именно на этом пути были сформулированы категории нравственного, прекрасного, доброго. Возвращение к ним, точнее, возрождение их сейчас объективно необходимо. Подобно тому как в глубокой древности революционный скачок от человека к человеку потребовал интенсивного развития всего человеческого в человеке через нравственно-образное понятие мира (религия с ее сводом этических норм), так и сейчас, когда запас точного знания и технических возможностей велик и мы снова, как и сотни тысяч лет назад, стоим перед вопросом: быть или не быть человечеству — необходимо снова, на новом уровне понимания вернуться к цельному образно-чувственному восприятию и вытекающим из него нравственным принципам.

Несомненно, основы нравственности закладываются в семье. Воспитание в этом смысле может идти только примером, только на основе подражания — одного из инстинктов, выработанного в ходе эволюции млекопитающих. Важно также понятие групповой морали. Вспомним дворянскую и офицерскую честь, честное слово коммерсанта, честь ремесленного цеха, разного рода корпоративные кодексы морали... Этому нельзя научить, эту сторону нравственности можно только воспитать.

Но существует другая сторона вопроса. Теория управления сложными системами, информатика, системный подход позволяют глубже, хотя и далеко не до конца,

¹ Раушенбах Б. В. // Вopr. философии. 1989. № 4. С. 110; Он же. // Коммунист. 1989. № 8. С. 89.

² См.: Карлов Н. В., Прохоров А. М. Квантовая электроника // Наука и человечество. 1968; Он же. // Вopr. философии. 1972. № 9. С. 86.

понять с точки зрения точных наук интуитивно-образную и нравственную составляющую гуманитарных наук. Гуманитарное знание, исходящее не из ограниченного числа точно определенных аксиом, основывающееся на чувстве, в том числе и на чувстве прекрасного («Красота спасет мир»), сближается, но не сливается с точным знанием. Так, например, всем работающим людям известен такой безошибочно действующий критерий истинности найденного решения, как красота полученной формулы, разработанной конструкции, выполненного эксперимента, да попросту, сделанного дела. Отсутствие точных определений и жесткого алгоритма исследований — на слабость, а специфическая сила гуманитарного творчества, присущая на самом деле в какой-то, иногда завуалированной, рудиментарной, а то и в явной форме и точным наукам, когда существует система аксиом. А выбор этой системы? Внимательный читатель мог заметить, что, когда говорилось выше о точных науках, об их модельности, отмечалась исходная угаданность модели. У истоков точной науки лежит нечто неточное. «Поэт настоящий вздувает заранее из искры неясной ясное знание», — писал В. В. Маяковский. Именно эта человеческая, т. е. природой и историей человека обусловленная, общность точного и неточного, рационального и иррационального, ведического и совестного позволяет надеяться на успех гуманизации технических умов с помощью гуманитаризации их образования.

Но нужны сознательные усилия. При подготовке специалистов наряду с освоением того, что целиком лежит в русле рационального познания мира, необходимо ознакомление со многими, если не со всеми, видами интуитивно-чувственного познания. Изучение студентами-естественниками истории и теории культуры — прямой путь к этому.

Здесь важно, пожалуй, отметить и еще одну сторону вопроса. Дело в том, что, как это уже отмечалось выше, сейчас во всем мире и в нашей стране нарастает, и закономерно нарастает, тенденция отхода интереса молодых людей от наук точных. Хотим мы того или не хотим, но факт остается фактом. Привлекательность гуманитарного знания, гуманитарных профессий растет. И здесь существует большая опасность. Хорошо, когда естествовик тянется к гуманитарному, плохо, когда гуманитарии отталкиваются от себя, отрицают с порога естественнонаучное, причем отрицают как конкретное естественнонаучное знание, так и саму методологию этого знания.

Знание законов сохранения, второго начала термодинамики, понимание необходимости возможно более полного учета не только внутренних динамических свойств рассматриваемой системы, но и начальных и граничных условий, в которых она находится, жизненно важны и гуманитарно. Кроме того, абсолютно необходимо владение основами математики. Не надо быть математиком, но нужно владеть ее языком, хотя бы «со словарем». По существу, любая предметная наука может быть сведена к совокупности математики и здравого смысла.

В реальной практической жизни так обидно бывает встречать экономиста, плохо владеющего понятием сложных процентов, финансиста, не умеющего рассуждать на языке алгебраических функций, юриста, не знающего основ математической статистики...

Но все это суть ламентации приземленного, низменного, хотя и жизненно важного уровня. Концептуально более важно другое, хотя и связанное со всем этим, обстоятельство.

Многие представители современного гуманитарного знания, в том числе и такие великопленные представители русской философской мысли, как Николай Бердяев, Сергей Булгаков, воспринимают точное естественнонаучное, техническое знание как образ внешнего мира — мира застывшего, стационарного, неразвивающегося.... Так, воспринимая научный образ мира, они не принимают его. И в этом они были бы правы, если бы математика, физика, химия, биология остановились бы в своем развитии на достижениях конца прошлого и начала этого века. Но вторая половина XX в. дала нам научные методы адекватного описания и глубокого понимания процессов развития того вечно живого мира, в котором «нельзя дважды войти в одну и ту же реку» и в котором (к счастью) мы и живем. Возникновение порядка из хаоса в процессах самоорганизации, хаоса из порядка в процессах стохастизации, возникновение режимов с самообострением, развитие неустойчивостей и катастроф, громадная революционная роль малых изменений внешних условий — все это сейчас составляет предмет исследований динамических систем, становление которого связано с именем Ильи Пригожина³.

Развитие этого направления открывает весьма серьезные перспективы и в изучении

³ Пригожин И. // Вopr. философии. 1989. № 8. С. 3.

процессов общественных, где важную роль, кроме всего прочего, играет и целеполагание¹.

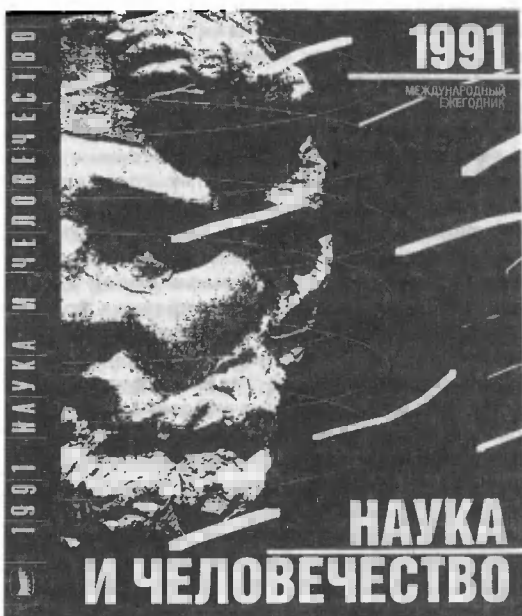
Совершенно очевидно, что без естественнонаучной фундаментализации классического гуманитарного образования всеми этими методами овладеть нельзя, хуже того, без соответственной специальной подготовки, полученной в молодые годы, их нельзя и понять, даже на уровне пассивного восприятия.

Таким образом, век грядущий требует от нас гуманитаризации естественнонаучного образования и естественнонаучной фун-

даментализации образования гуманитарного. Другого не дано.

Сейчас мы в МФТИ говорим о подготовке специалистов высочайшей квалификации, которые подойдут к пику своей творческой активности в XXI в. В них и им подобных будет сконцентрирована и персонализирована интеллектуальная мощь Отечества. Они должны быть не технократами, уходящими в свою специальность, а гражданами и патриотами, сильными, добрыми, нравственно чистыми, широко образованными и деятельными, быть творцами будущей культуры, будущего знания, будущих технологий и тем самым будущего своей Родины и активно участвовать в созидании будущего всего человечества.

¹ См.: Моисеев Н. Н. // *Вопр. философии*. 1989. № 8. С. 52.



От тома к тому международный ежегодник «Наука и человечество» становится ближе к широкому кругу читателей. Публикуемые в нем рассказы теперь намного живее, занимательнее, чем прежде, в них больше личного — из опыта, из жизни авторов — выдающихся ученых и молодых талантливых исследователей. Выпуск 1991 г. познакомит и с тем, что составляет заботу и тревогу ученых. Одной из такого рода проблем посвящена статья члена-корреспондента АН СССР Н. В. Кар-

лова «Ведать — весть — совесть (о гуманизации технических умов)», предлагаемая читателям «Природы» в сокращении.

В томе этого года выступают также академик А. В. Гапонов-Грехов и доктор физико-математических наук М. И. Рабинович с очень интересной и блестяще иллюстрированной статьей «О хаосе и порядке». Академик В. Е. Зуев написал о разработанных под его руководством уникальных методах лазерного мониторинга атмосферы; сотрудник штаб-квартиры Европейской южной обсерватории в Чили Р. М. Вест (Дания) — о родившихся там новых технологиях, новых открытиях, новых идеях; американский астроном Б. Т. Сойфер — об инфракрасном мире, открытом спутником «ИРАС»; заместитель председателя Астрономического совета АН СССР Б. М. Шустов — о диковинных структурах Вселенной: сверхоболочках, сверхпузырях, галактических фонтанах...

Несравнимо больше места, чем прежде, занимают гуманитарные науки — история народов, история культуры, искусства, религии. И еще одна особенность. В наши дни все больше напоминает о себе забытая была истина: фундаментальная наука не знает государственных границ. Это отражают и статьи, написанные для ежегодника в соавторстве учеными разных стран.

Ежегодник ушел от парадности, от демонстрации одних только достижений. Он рисует правдивую картину, говорит о трудностях науки, прежде всего советской науки, на конкретных примерах показывает, как важна, просто жизненно необходима для нее состязательность, свободная конкуренция идей.

Е. Б. Этингф, ответственный редактор международного ежегодника «Наука и человечество»

Q-гетерохроматин в геноме человека

А. И. Ибраимов, М. М. Миррахимов



Абыт Ибраимович Ибраимов, доктор биологических наук, кандидат медицинских наук, член Международной Ассоциации по биологии человека, заведующий лабораторией генетики человека НИИ кардиологии Минздрава Киргизской ССР. Основные научные интересы связаны с генетикой, адаптацией и конституцией человека.



Мирсад Мирхамидович Миррахимов, академик АМН СССР и АН Киргизской ССР, директор НИИ кардиологии Минздрава Киргизской ССР. Специалист в области высокогорной физиологии и медицины, экологической кардиологии и биологии горцев. Лауреат Государственных премий СССР и Киргизской ССР, Герой Социалистического Труда.

СЕЙЧАС, когда в мире развернулась работа над мегапроектом «Геном человека», куда брошены огромные средства, сопоставимые, пожалуй, лишь с суммами, затраченными на создание атомной бомбы и полет на Луну, любой биолог, не вовлеченный в эту программу, задумывается над тем, стоит ли ему продолжать собственные исследования. Инициаторы этой кампании так взбудоражили государственных мужей и средства массовой информации, что все сложнее убеждать руководство в необходимости других исследований, даже если они имеют отношение к геному человека.

Тем не менее, относясь с должным почтением к перспективам молекулярной биологии, немало генетиков продолжают изучать структуру и функции генома на микроскопическом уровне.

Все знают, что геном человека состоит из 46 хромосом (22 парные аутосомы и пара половых хромосом). После их специальной цитохимической обработки (дифференциальной окраски) хромосомы приобретают вид поперечно исчерченных структур. При этом чередование светлых и темных полос у каждой гомологичной пары метафазных хромосом (т. е. на стадии максимального сокращения) настолько индивидуально, что идентифицировать их не составляет труда.

Однако отдельные участки некоторых хромосом сильно меняются. Так, возле механического центра хромосом и на длинном плече Y-хромосомы с помощью дифференциальной окраски выявляют изменчивые по размерам участки. В научной литературе их называют C-гетерохроматиновыми сегментами (от англ. constitutive — структурный).

Наиболее же изменчивые участки хромосом можно обнаружить, применяя флуоресцирующие красители, например акрихин, акрихиниприт или пропилафихиниприт. В люминесцентном микроскопе на определенных участках некоторых хромосом, обработанных этими веществами, нередко видна яркая флуоресценция. Такие участки представляют собой один из видов структурных гетерохроматиновых сегментов и получили название Q-гетерохроматина (от англ. quina-

crine mustard — акрихин-иприт), а выявляющий их метод окраски, соответственно, Q-окраски.

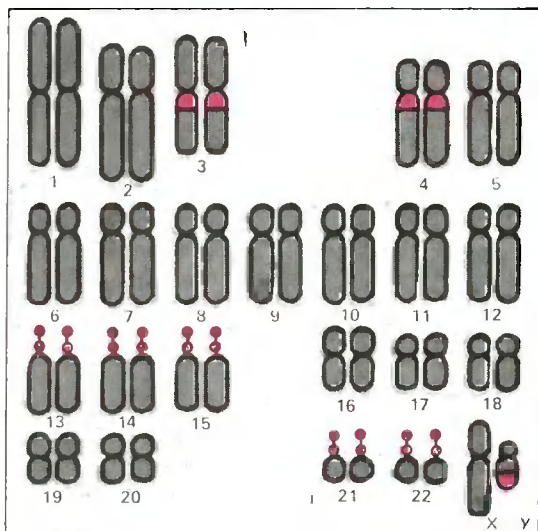
Именно дифференциальное окрашивание хромосом положило начало систематическому изучению генома человека на микроскопическом уровне. Но теперь уже мало кто и вспоминает о том, что, не будь этого метода, неизвестно, когда бы удалось приступить к программе «Геном человека»¹.

В геноме высших эвкариот лишь небольшая часть ДНК содержит генетическую информацию. Так, у человека всего 2—3 % ДНК в геноме кодируют не менее 100 тыс. белков и ферментов. Этого вполне хватает для нормальной работы человеческого организма. Загадка избыточности ДНК в геноме высших эвкариот и человека — едва ли не самая сложная в современной биологии².

Собственно, гетерохроматиновые, «инертные» участки, лишенные структурных (транскрибирующих) генов, обнаружены в хромосомах высших эвкариот еще 60 лет назад. Дифференциальная окраска лишь подтвердила фундаментальную эволюционно закрепленную их особенность — существование в них двух типов генетического материала: эухроматина и гетерохроматина. В эухроматине — консервативной части генома — сосредоточены транскрибируемые структурные гены. Гетерохроматиновая, изменчивая часть генома состоит преимущественно из повторяющихся последовательностей ДНК, и ее функция пока неизвестна. (ДНК в составе гетерохроматина называют «эгоистичной», «избыточной», а то и просто «мусорной».)

С-гетерохроматин присутствует в хромосомах растений, животных и человека и составляет от 10 до 60 % из генома (в геноме человека — 13 %)³. Q-гетерохроматин, напротив, встречается только в геномах человека, шимпанзе и гориллы.

С-гетерохроматин есть на всех без исключения 46 хромосомах человека, а Q-гетерохроматин — только в семи парах аутосом (3, 4, 13, 14, 15, 21 и 22), а также на Y-хромосоме. Удивительно, что как отсутствие, так и максимальное содержание Q-гетерохроматина в геноме не имеет заметных патологических или иных фенотипических



Хромосомный набор человека (схема). С помощью Q-метода дифференциальной окраски на 14 участках семи пар аутосом (3, 4, 13, 14, 15, 21 и 22) и на дистальной части длинного плеча Y-хромосомы можно обнаружить Q-гетерохроматин (выделено цветом).

проявлений, тогда как отсутствие С-гетерохроматина даже на одной хромосоме человека — явление чрезвычайно редкое.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ Q-ГЕТЕРОХРОМАТИНА

Широкая наследственная изменчивость Q-гетерохроматиновых участков хромосом человека (так называемых Q-вариантов) вызвана уникальными особенностями, прежде всего индивидуальной изменчивостью. Так, индивиды в популяции различаются числом (от 0 до 9), локализацией, размерами и интенсивностью флуоресценции Q-вариантов.

Вторая особенность заключается в том, что Q-гетерохроматин выявляется на любом из 12 изменчивых участков семи пар аутосом и на дистальном конце длинного плеча Y-хромосомы. Однако пока не удалось обнаружить ни одного человека, в геноме которого одновременно на всех этих локусах присутствовал бы Q-гетерохроматин.

Третья особенность — непрерывная изменчивость размеров участков Q-гетерохроматина. Под микроскопом они выглядят то крошечной точкой на грани разрешающей способности оптического микроскопа, то крупным образованием, сравнимым с короткими плечами некоторых хромосом. Для Q-гетерохроматина характерна и непрерывная изменчивость интенсивности флуорес-

¹ Подробнее см.: Захаров А. Ф., Бенюш В. А., Кулешов Н. П., Барановская Л. И. Хромосомы человека (атлас). М., 1982.

² Verma R. S. Heterochromatin: molecular and structural aspects. Cambridge (USA), 1988.

³ Подробнее см.: Прокофьева-Бельговская А. А. Гетерохроматические районы хромосом. М., 1986.



Мужской кариотип [46, XY]. У данного индивида Q-гетерохроматин средних размеров локализован вблизи центров обоих гомологов аутосомы 3, на коротком плече одного из гомологов аутосомы 13 и на длинном плече Y-хромосомы [указан стрелками].

ценции. Представить, сколь широк спектр изменчивости Q-гетерохроматиновых районов, можно на таком примере: в популяции нет двух индивидов (за исключением, разве монозиготных близнецов) с идентичным набором Q-вариантов в кариотипе⁴.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ Q-ГЕТЕРОХРОМАТИНА

Интерес к гетерохроматину объясняется разными причинами. Прежде всего, доступностью дифференциальной окраски хромосом, не требующей дорогостоящих оборудования и реактивов. Возможно, именно поэтому в данную область, в особенности в первые годы после введения в цитогенетическую практику методов С- и Q-окраски, устремился огромный поток исследователей в надежде понять роль гетерохроматина в геноме.

Чтобы придать проблеме некоторую академичность, привлекались необоснованные аргументы вроде того, что гетерохроматин локализован в жизненно важных участках хромосом.

Однако причины изменчивости гетерохроматина в популяциях человека оставались неясными. И это было самым сильным

аргументом против большинства созданных на скорую руку гипотез о биологической роли гетерохроматина.

Первая серьезная попытка понять биологическую роль Q-гетерохроматина принадлежит американским исследователям. В поисках связи между изменчивостью Q-гетерохроматиновых районов и интеллектом они сравнили представительные выборки подростков (негров и белых). И хотя искомая связь не обнаружилась⁵, они установили, что популяции негров и белых различны по частотам Q-гетерохроматиновых участков в некоторых аутосомах.

То, что индивиды в популяции отличаются по числу, локализации, размерам и интенсивности флуоресценции Q-вариантов, выяснилось сразу же после внедрения метода Q-окраски хромосом в цитогенетику человека. Позднее сравнительные популяционные исследования показали значительную гетерогенность популяций по всем количественным характеристикам Q-вариантов. В частности, было установлено, что существуют как межрасовые, так и возрастные различия⁶.

Интересное направление в изучении биологической роли Q-гетерохроматина, казалось, открыли многолетние исследования А. Микельсаара из Тартуского университета. Сравнивая среднее число Q-вариантов у рожденных в 1941—1945 гг., он заключил, что у женщин оно выше, а у мужчин ниже, чем до и после войны. Ему же принадлежит идея о связи между Q-вариантами некоторых хромосом (13, 21 и 22) и ростом у мужчин⁷. Однако эти исследования не получили дальнейшего развития.

Многочисленные попытки обнаружить связь между изменчивостью Q-гетерохроматиновых участков хромосом и какими-либо формами патологий пока не увенчались успехом.

Q-ГЕТЕРОХРОМАТИН И АДАПТАЦИЯ

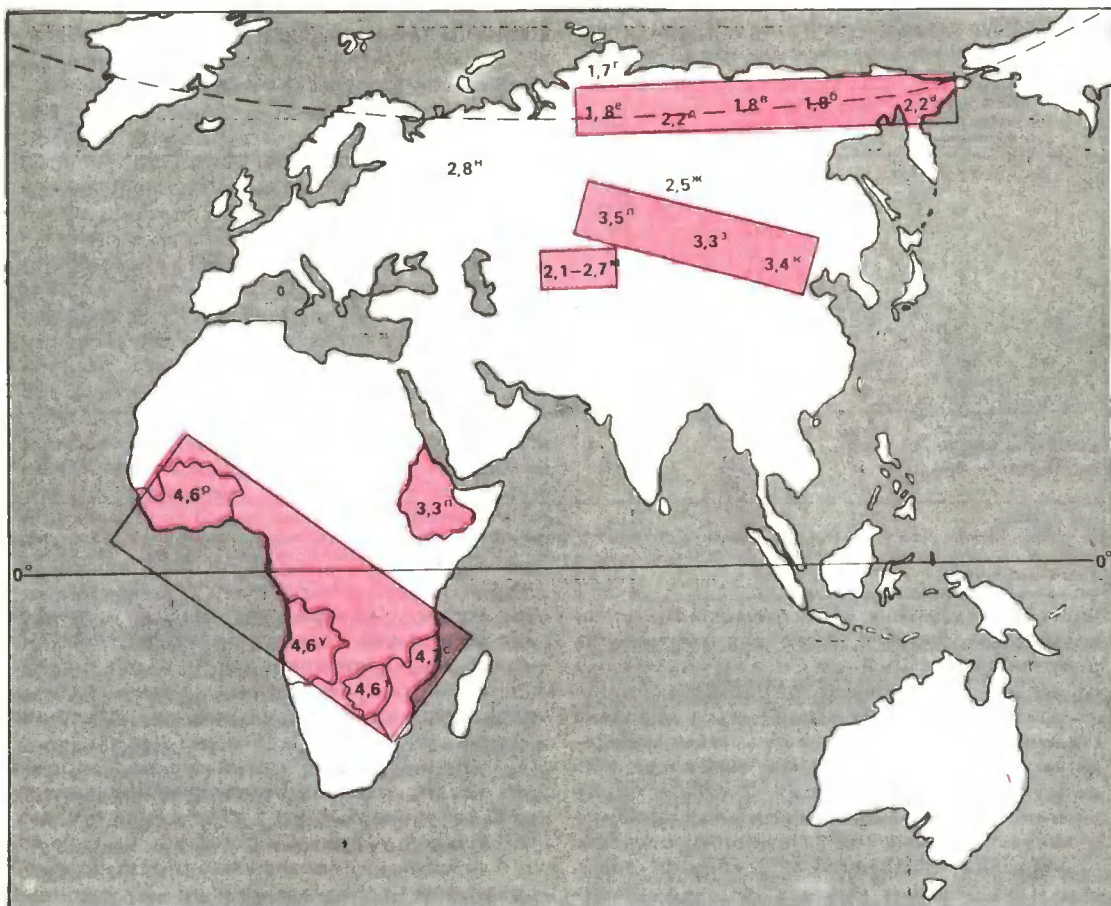
В нашем институте было начато систематическое изучение межпопуляционных различий Q-вариантов хромосом. Обследуя представителей некоторых расово-этнических групп, проживающих в различных климатогеографических условиях Старого Света

⁴ Подробнее см.: Ибраимов А. И., Миррахимов М. М. In progress and Topics in Cytogenetics, V. 6. The Y-chromosome. Pt. A. Alan R. Liss Inc. N. Y., 1985. P. 213—287.

⁵ Cubes G. A. et al. // Nature. 1977. V. 286. N 5621. P. 631—633.

⁶ Buckton K. E. et al. // Ann. Hum. Genet. 1976. V. 1. P. 99—112.

⁷ Микельсаар А. В. Н. Структурный полиморфизм хромосом человека. Автореф. докт. дис. М., 1979.



Значения среднего числа Q-вариантов хромосом в популяциях разных климатогеографических зон Старого Света (а — чукчи, б — якуты, в — селькупы, г — русские (буряты), д — немцы, е — ханты, ж — татары, з — монголы, к — китайцы, л — казахи, м — киргизы, н — русские, п — эфиопы Эфиопского нагорья, р — негры Гвинеи-Бисау, с — негры Мозамбика, т — негры Зимбабве, у — негры Анголы). Рамками очерчены значения, близкие по всем количественным характеристикам Q-вариантов.

(от Чукотки до Африки)⁸, мы обнаружили у них значительные различия изменчивости Q-вариантов хромосом. Скажем, количество Q-гетерохроматина в кариотипе индивидов достоверно снижалось с ростом широты и высоты места обитания популяции. При этом расово-этнические особенности популяций не имели большого значения.

Так, по крайней мере у монголоидов Азии и негроидов Африки в зависимости

от условий среды обитания количество Q-гетерохроматина в геноме меняется. В частности, среднее число Q-вариантов у аборигенов циркумполярного пояса Азии, как правило, низкое (хотя внутри популяции существуют популяционно-генетические различия). У постоянных жителей высокогорья, как монголоидов (киргизы Памира и Тянь-Шаня), так и негроидов (аборигены Мозамбика, Анголы, Зимбабве и Гвинеи-Бисау), среднее число Q-вариантов значительно ниже, чем у проживающих в степных зонах Центральной Азии (казахи, китайцы и монголы). Наши наблюдения показывают, что в близких климатогеографических условиях популяции независимо от расовой принадлежности имеют близкие количества Q-вариантов в геноме, а чем значительнее предполагаемое селективное давление факторов среды на популяцию, тем уже размах изменчивости Q-вариантов и ниже их содержание в геноме индивидов.

Очень низкие средние числа Q-вариантов характерны для спортсменов (альпи-

⁸ Ibrahimov A. I. et al. // Hum. Genet. 1982. V. 60. P. 1—7; V. 62. P. 252—257, 258—260, 261—265; V. 63. P. 380—383, 384—391.

Распределение индивидов по числу ярко светящихся участков хромосом (Q-гетерохроматина) в некоторых популяциях Евразии и Африки (I—VI)

Число участков Q-гетерохроматина на хромосомах	I (385)	II (529)	III (517)	IV (200)	V (297)	VI (263)
0	57	58	42	9	10	0
1	116	126	103	25	12	1
2	141	177	161	49	52	15
3	56	102	117	54	85	44
4	13	53	56	34	65	63
5	2	13	28	24	43	61
6	0	0	8	4	23	54
7	0	0	2	1	3	21
8	0	0	0	0	4	1
9	0	0	0	0	0	3
Среднее число Q-вариантов для индивида	1,63	2,01	2,32	2,86	3,49	4,66

I — альпинисты; II — монголоиды циркумполярного пояса Азии; III — монголоиды высокогорья; IV — русские; V — монголоиды степных зон Центральной Азии; VI — негроиды низкогорья (в скобках — численность выборов).

нистов), привычных к экстремальным условиям высокогорья, а также для нефтяников, работающих на Крайнем Севере, независимо от их расово-этнического происхождения⁹.

Насколько нам известно, у человека пока еще не обнаружен ни один специфический структурный ген, закрепившийся в процессе его адаптации к новой среде обитания. Этому можно найти вполне рациональное объяснение. Продолжительность пребывания человека и в северных широтах, и на больших высотах, с точки зрения эволюции, настолько мала, что специфический генотип, по-видимому, и не мог сформироваться. Тем не менее вид *Homo sapiens* сумел заселить всю ойкумену Старого и Нового Света.

Однако вправе ли мы ожидать, что геном человека не менялся в экстремальных природных условиях? Ведь есть немало наблюдений, свидетельствующих о значительных морфофизиологических отличиях аборигенов Севера и высокогорья от жителей умеренных зон. Эти различия, вероятно, детерминируются именно генами. Такие соображения побуждают исследователей искать изменения в гипотетическом северном или высокогорном генотипе. Но, предположив, что стратегия геномной адаптации человека к таким природным условиям заключалась не только в формировании специфических генных комплексов, мы вправе искать некоторые изменения в неструктурной (вариабельной) части генома, и прежде всего в гетерохроматиновых участках

хромосом. Нам представляется, что наиболее вероятным кандидатом на эту роль может быть Q-гетерохроматин в силу своей широкой популяционной изменчивости и подверженности селективному давлению среды.

Какие данные могли бы подтвердить это предположение? Во-первых, больше всего Q-гетерохроматина у аборигенов субэкваториальной Африки, постоянно проживающих в регионе, близком к предполагаемой прародине человека, а меньше — у исконных жителей Крайнего Севера и высокогорья. Во-вторых, у индивидов, успешно адаптирующихся к экстремальным условиям больших высот (альпинисты) и Крайнего Севера (буровики), Q-гетерохроматина в геноме почти столько же, сколько у аборигенов этих районов, но значительно меньше, нежели у их земляков — жителей умеренных зон. И, наконец, в популяциях, постоянно живущих в близких климатогеографических условиях (независимо от их расово-этнического происхождения), количество Q-гетерохроматина в геноме сопоставимо.

Если предположить, что Q-гетерохроматин действительно имеет некоторую селективную ценность, то возникает закономерный вопрос: важна ли для данного индивида локализация или доза Q-вариантов? (Под «дозой» мы понимаем число, размеры и интенсивность флуоресценции Q-вариантов, независимо от их расположения в той или иной хромосоме.)

Дело в том, что межпопуляционные различия среднего числа Q-вариантов, как правило, сопровождаются различиями абсо-

⁹ Ibid. 1986. V. 73. P. 147—150, 151—156.

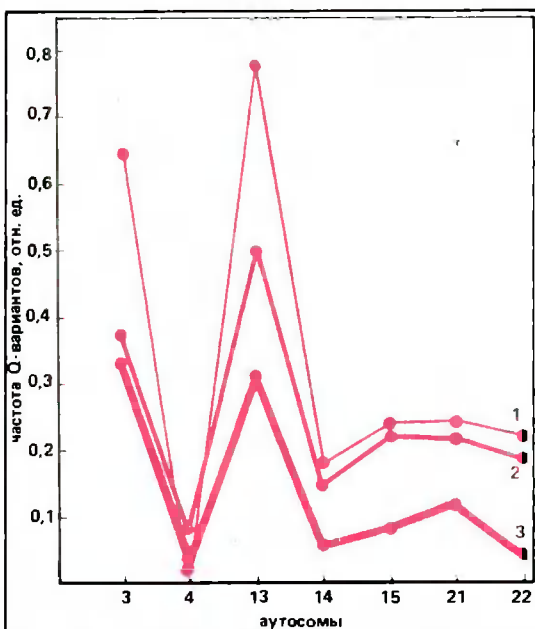
любных частот Q-вариантов в некоторых локусах семи Q-полиморфных аутосом. Из этого обычно делают вывод о функциональной гетерогенности Q-вариантов в разных локусах. В сущности, такой взгляд традиционен. Действительно, генные элементы, различающиеся локализацией, отличны и функционально.

Между абсолютными частотами Q-гетерохроматина в семи аутосомах и средним числом Q-вариантов существует простая зависимость: с увеличением среднего числа, как правило, увеличиваются и абсолютные частоты. В результате у популяций с высоким средним числом абсолютные частоты Q-вариантов по всем Q-полиморфным локусам повышены и наоборот. Такая закономерность наиболее четко проявляется по аутосомам 3 и 13, в которых присутствует примерно половина всех Q-вариантов, имеющих в геноме любой популяции. Кстати, веских доказательств молекулярных и структурных различий между Q-вариантами разной локализации пока нет. Поэтому мы полагаем, что нет и оснований считать точку зрения о специфичности расположения Q-вариантов единственно правильной.

Данные о поведении Q-вариантов в популяции говорят о том, что Q-гетерохроматин человека — это единая структурно-функциональная генетическая система. Другими словами, Q-варианты, расположенные на любой из семи аутосом, вполне «взаимозаменяемы».

Кроме того, отмечен ряд интересных зависимостей, также подтверждающих наше предположение об отсутствии специфичности положения Q-вариантов. Например, компенсация дозы Q-гетерохроматина, выражаемая в том, что у женщин в любой «природной» популяции в среднем больше Q-вариантов в аутосомах, чем у мужчин. Напомним, что мужчины имеют крупный блок Q-гетерохроматина на Y-хромосоме, отсутствующей у женщин. При этом у женщин абсолютные частоты Q-вариантов по всем аутосомам выше, и ни один локус в этом отношении не имеет «преимущества».

Конечно, мы отдаем себе отчет в том, что наша гипотеза о возможной связи количества Q-гетерохроматина в геноме с адаптивными свойствами организма не исчерпывает биологической роли этого материала. Многим, к тому же, покажется чересчур смелой мысль о связи между количественной изменчивостью определенной фракции гетерохроматина и способностью индивидов к адаптации в экстремальных условиях. Тем не менее это предположение нуждается в дальнейшей экспериментальной проверке.



Частоты Q-вариантов хромосом (в долях от числа проанализированных хромосом) для разных популяций (1 — значение среднего числа Q-вариантов индивида в популяции, N — объем выборки). Точки, относящиеся к одной популяции, соединены между собой, чтобы подчеркнуть согласованный характер изменения частот Q-вариантов в разных выборках. Видно, что популяции с высоким значением $\bar{X}$ по всем Q-полиморфным аутосомам имеют повышенную частоту Q-вариантов и наоборот. Наиболее сильная корреляция прослеживается для аутосом 3 и 13, содержащих больше половины Q-вариантов в геноме любой человеческой популяции. 1 — негроиды субэкваториальной Африки (N=263, $\bar{X}=4,66$), 2 — монголоиды степных зон Центральной Азии (N=597, $\bar{X}=3,49$), 3 — монголоиды циркулярного пояса Азии (N=529, $\bar{X}=2,01$).

Q-ГЕТЕРОХРОМАТИН И КОНСТИТУЦИЯ

Значительная количественная изменчивость Q-гетерохроматина позволяет нам обратить внимание еще на одно обстоятельство.

Известно, что упомянутые характеристики Q-вариантов в кариотипе человека не меняются в онтогенезе, значит, Q-гетерохроматин можно рассматривать как своего рода конституционный признак. (Обычно под конституцией понимают такие структурные, функциональные и поведенческие особенности индивида, которые на протяжении большей части его жизни не меняются¹⁰.)

А как соотносится такая «цитогенетическая конституция» с другими важнейшими

¹⁰ Харрисон Дж., Уайнер Дж., Тэннер Дж. и др. Биология человека. М., 1979.

признаками организма? Для клиницистов связь инфаркта миокарда с соматической конституцией несомненна. Обследуя больных инфарктом миокарда, мы, как и ожидали, не обнаружили патогенетической зависимости от количества Q-гетерохроматина в геноме. Но оказалось, что течение заболевания зависит от количества Q-гетерохроматина в геноме больного. По нашим наблюдениям, у больных с меньшим содержанием Q-гетерохроматина больше шансов выздороветь. Интересно проверить, существует ли связь между цитогенетическими особенностями и другими заболеваниями, развитие которых зависит от конституции человека.

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ

Даже то небольшое, что известно о Q-гетерохроматине, уже нашло применение на практике. Он оказался чрезвычайно удобным маркером в различных медико-биологических исследованиях.

Q-варианты в качестве хромосомных меток используются в медицинской экспертизе (например, при установлении отцовства), определении зиготности близнецов, в картировании генов на хромосомах, выяснении происхождения дополнительной хромосомы (скажем, при трисомии по 21-й хромосоме — синдром Дауна), при изучении мозаицизма, контроле за трансплантированными органами и трансфузированными клетками, идентификации происхождения клеток в культуре (в частности, определении материнских и плодных клеток при внутриутробной диагностике пола и патологии плода) и т. д.

Наши наблюдения позволяют рекомендовать Q-варианты не только как генетический маркер, но и как удобный тест при отборе лиц для работы в экстремальных природных условиях, учитывая количество Q-гетерохроматина в геноме¹¹.

Если подтверждаются наши данные по инфаркту миокарда, эти результаты также можно будет использовать в клинике.

Существует и еще одна важная проблема, в решении которой знания о Q-гетерохроматине были бы полезны. В некоторых высокогорных областях нашей страны, в особенности в Средней Азии, в связи с высокой рождаемостью и истощением природных ресурсов налицо избыток рабочих рук и острая нужда в рациональном трудоустройстве

населения. Казалось бы, самый простой выход из этой ситуации — направить рабочих на крупные промышленные объекты в низкогорных районах. Однако опыт показал, что даже у молодых горцев в новых условиях зачастую резко ухудшается здоровье и снижается работоспособность (даже у студентов).

Насколько нам известно, эта проблема пока официально не признана, так что не намечены и способы ее решения, как в социальном аспекте, так и в медико-биологическом, хотя обратная задача — адаптация жителей равнин к высокогорью — считается одной из первоочередных. Учитывая наш опыт прогнозирования возможной адаптации индивидов, можно было бы попытаться дать некоторые рекомендации и в таких случаях.

Возвращаясь к «проекту века», с обсуждения которого мы начали статью, напомним, что Q- и C-гетерохроматины, составляющие около 13 % генома человека, пока остаются камнем преткновения на пути к полному прочтению его генома. Как выяснилось, расшифровку ДНК можно автоматизировать, однако, к сожалению, существование в геноме ДНК с многократно повторяющимися последовательностями нуклеотидов затрудняет некоторые важные этапы этой процедуры¹². Но такие повторы и есть основная часть гетерохроматина.

Разумеется, спустя какое-то время мы получим стандартизированное среднестатистическое «изображение» генома человека — примерно 3 млрд. составляющих его пар азотистых оснований будут перечислены в строгом порядке. Но и при этом вряд ли мы заметен приблизимся к исчерпывающему пониманию биологической роли Q-гетерохроматина.

Впрочем, и цитогенетики не слишком преуспели в создании сколько-нибудь удовлетворительных построений на эту интригующую тему. Слабым утешением пока остается и то, что некоторые результаты мы все же научились предсказывать. Дабы оправдать затраченное читателем время, приведем в заключение слова одного мудрого биолога: «Некоторые вещи, использовавшиеся для предсказания, но не дававшие объяснения, были, несомненно, вполне хорошими»¹³.

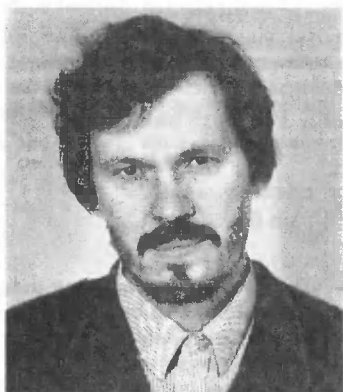
¹¹ Ибраимов А. И., Миррахимов М. М., Курманова Т. У. А. с. № 1588136-A1 СССР // Б. И. 1990. 22 апреля.

¹² Soeda E., Wada A. // J. Cell Biochem. 1989. N 13D. P. 9.

¹³ Рьюз М. Философия биологии. М., 1978.

Резонансные переходы нейтрино в веществе

А. Ю. Смирнов

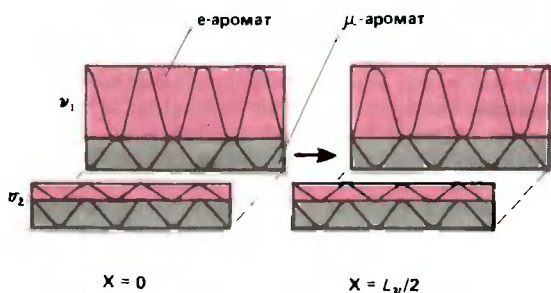


Алексей Юрьевич Смирнов, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Института ядерных исследований АН СССР. Специалист в области теории слабых взаимодействий, нейтринной физики и астрофизики.

НЕЙТРИНО — частице, придуманной В. Паули 60 лет назад, — отведена, по-видимому, особая, еще в значительной мере не понятая роль и в самой природе, и в нашем познании ее закономерностей. С этой частицей связано много необычного, парадоксального, загадочного. И в этом ряду резонансные переходы — необычные превращения нейтрино в вещество. Существование резонансных переходов (в литературе принят термин МСВ-эффект — эффект Михеева — Смирнова — Вольфенштейна) пока экспериментально не доказано; условием их реализации является наличие масс и смешивания нейтрино. Обнаружат резонансные превращения — измерят массы и смешивание, и таким образом будет решена старая нейтринная проблема, а это, в свою очередь, будет иметь фундаментальные следствия для всей физики частиц. Где осуществляются резонансные переходы? Есть веские основания считать, что они имеют самое прямое отношение к знаменитой проблеме солнечных нейтрино.

АРОМАТЫ, СМЕШИВАНИЕ, ОСЦИЛЛЯЦИИ

О каких превращениях идет речь? Как известно, существуют нейтрино трех типов, или, как сейчас говорят, ароматов: электронное (ν_e), мюонное (ν_μ) и таонное (ν_τ). Каждое из них ассоциируется с определенным заряженным лептоном: ν_e — с электроном (e), ν_μ — мюоном (μ), ν_τ — тау-лептоном (τ). Соответствие устанавливается по характеру взаимодействия этих частиц. Так, электронное нейтрино всегда взаимодействует в паре с электроном (или позитроном). Это соответствие описывается тремя лептонными зарядами, которые принимают одинаковые значения для частиц в парах (ν_e, e), (ν_μ, μ), (ν_τ, τ), но различны для разных пар. Состояния ν_e, ν_μ, ν_τ называются собственными состояниями слабых взаимодействий или состояниями с определенными ароматами. Так вот, МСВ-эффект — это весьма своеобразные превращения одного типа нейтрино в другой в процессе распространения этих частиц в



Осцилляции нейтрино. Прямоугольниками изображены волновые пакеты, соответствующие v_1 и v_2 . Высоты прямоугольников пропорциональны примесям (амплитудам) v_1 и v_2 в данном смешанном состоянии, а закрашенные части прямоугольников символизируют аромат (v_e — v_μ -состав) самих v_1 и v_2 . Пространственное разделение пакетов v_1 и v_2 на рисунке также условно, в действительности же они накладываются друг на друга (оба волновых процесса осуществляются в одних точках пространства) и при этом интерферируют, следствием чего являются осцилляции волн с одинаковыми ароматами из разных пакетов, т. е. из v_1 и v_2 . Характер интерференции изменяется со временем, и это связано с монотонным ростом разности фаз между волнами. В начальном состоянии [$X=0$] волны с μ -ароматом находятся в противофазе, т. е. гасят друг друга, и $v\{0\}=v_e$. На расстоянии $X=L/2$, где $L=4\pi E/\Delta m^2$ [E — энергия нейтрино, $\Delta m^2=m_2^2-m_1^2$], набирает дополнительная разность фаз $\Delta\varphi=\pi$, так что μ -волны оказываются в фазе, усиливая друг друга, а e -волны интерферируют деструктивно. На расстоянии $X=L$, которое называют длиной осцилляций, система возвращается в исходное состояние.

веществе, например v_e в v_μ или v_τ . Таким образом, резонансные переходы предполагают несохранение лептонных зарядов. Но как и где оно происходит, ведь обычное слабое взаимодействие — во всяком случае, в соответствии с теорией Вайнберга — Глэшоу — Салама — заряды сохраняет? И здесь мы подходим к «вечным» нейтринным проблемам о наличии масс и смешивании.

В эксперименте получены пока лишь верхние ограничения на массы. Возможно, нейтрино безмассовы, но если это не так, то у состояний с определенным ароматом (v_e , v_μ и v_τ), скорее всего, определенных масс нет вообще. Происходит то, что называется вакуумным смешиванием: v_e , v_μ и v_τ являются комбинациями других состояний v_1 , v_2 , v_3 с фиксированными массами m_1 , m_2 , m_3 . Такая гипотеза основывается на явном соответствии между кварками и лептонами — так называемой кварк-лептонной симметрии, а кварки — и это экспериментальный факт — смешиваются. Дополнительный к этому аргумент дают модели объединения электрослабых

и сильных взаимодействий, в которых кварки и лептоны фигурируют как разные состояния одной частицы.

Идея смешивания нейтрино, а точнее, нейтрино и антинейтрино, была предложена в 1957 г. Б. М. Понтекорво по аналогии со смешиванием нейтральных K -мезонов. В дальнейшем это предложение было обобщено (З. Маки и др.) на случай смешивания нейтрино с разными ароматами.

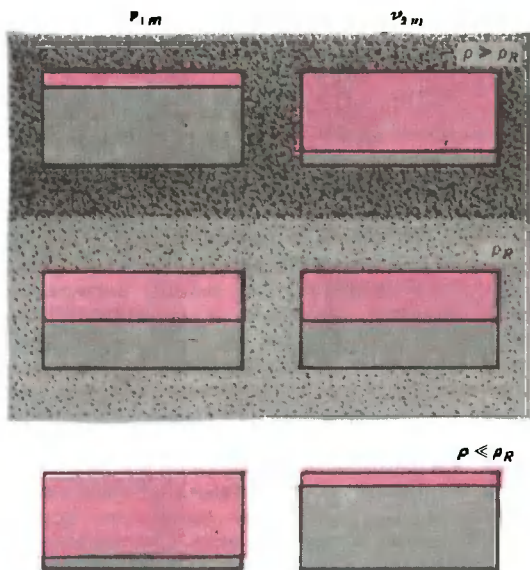
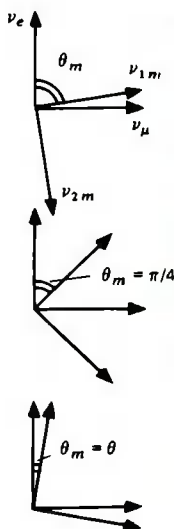
Ради простоты мы будем рассматривать смешивание только двух типов нейтрино v_e и v_μ , для которых упомянутые выше комбинации могут быть записаны в виде

$$\begin{aligned} v_e &= v_1 \cos \theta + v_2 \sin \theta \\ v_\mu &= -v_1 \sin \theta + v_2 \cos \theta \end{aligned}$$

θ называется вакуумным углом смешивания. По существу, природа возможного смешивания нейтрино (как и смешивания кварков) не установлена. И в этой связи можно лишь отметить, что смешивание вызывается некоторым новым (отличающимся от обычного слабого) взаимодействием, которое переводит v_e в v_μ и наоборот, тем самым явно нарушая сохранение лептонных зарядов. По-видимому, это взаимодействие имеет ту же природу, что и взаимодействие, порождающее массы частиц (то есть взаимодействие с «вакуумом» — скалярным классическим полем, заполняющим пространство). Но переход v_e в v_μ может индуцироваться также испусканием и поглощением виртуальных частиц. Смешивание может быть обусловлено и взаимодействиями с реальными частицами и полями. Пример последнего — смешивание левой (v_L) и правой (v_R) компонент нейтрино в результате взаимодействия с магнитным полем магнитного момента μ_ν нейтрино.

Следствием смешивания являются предложенные тогда же Понтекорво осцилляции — периодические (частичные или полные) переходы одного типа нейтрино в другой. Следствие смешивания — и резонансные переходы. Точнее, и осцилляции и резонансные переходы суть эффекты распространения смешанного нейтринного состояния. Как описывается такое состояние? Движение обычной частицы в квантовой механике представляется волновым пакетом — набором волн де Бройля с некоторой средней фазовой и групповой скоростями. Распространение смешанного состояния описывается двумя такими волновыми пакетами, соответствующими состояниям v_1 и v_2 с определенными массами. Из-за различия

Ароматы собственных состояний в среде (плотность точек — плотность среды). Слева — графическое представление смешивания. Угол смешивания θ_m образован базисом ароматов $\{\nu_e, \nu_\mu\}$ и базисом собственных состояний $\{\nu_{1m}, \nu_{2m}\}$. Справа — условное изображение волновых пакетов ν_{1m} и ν_{2m} (закрашенные части пропорциональны величине примесей e - и μ -ароматов соответственно). При изменении плотности от значительно, чем резонансная, до нуля угол смешивания в веществе уменьшается примерно от $\pi/2$ до вакуумного, который предполагается здесь малым. Соответственно, ароматы ν_{1m} изменяются практически полностью.



в массах пакеты ν_1 и ν_2 имеют различные фазовые скорости, значит, по мере распространения разность фаз $\Delta\varphi$ между ними монотонно изменяется, что и приводит к осцилляциям. Эта же картина с волновыми пакетами позволяет «увидеть» резонансные переходы.

Взаимодействие с веществом играет в МСВ-эффекте принципиально важную роль. На это впервые обратил внимание Л. Вольфенштайн, когда через 20 лет после первых работ Понтекорво продолжил аналогию с K^0 -мезонами, поставив вопрос об особенностях осцилляций нейтрино в веществе. Влияние среды в этом случае, как и в хорошо изученном процессе регенерации K^0 -мезонов, обусловлено упругим рассеянием нейтрино вперед на атомах среды. Эффекты рассеяния вдоль пути нейтрино складываются когерентно, и в результате у волн, описывающих его распространение, появляются индексы рефракции n_ν : $\exp[-i(Et - \mathbf{p}_\nu \mathbf{r}_\nu)]$, где $a = e, \mu$; E и $\mathbf{p}$ — энергия и импульс нейтрино. Все так же, как в оптике.

Необходимым условием влияния среды на осцилляции является различие в индексах рефракции n_e и n_μ . Среда должна быть несимметричной по отношению к ν_e и ν_μ , что фактически и реализуется в обычных условиях, поскольку в среде есть электроны, но нет мюонов, а амплитуды рассеяния ν_e и ν_μ на электронах различны. Разность индексов рефракции, пропорциональная концентрации электронов n_e , определяет длину рефракции $L_0 \sim 1/n_e$ — путь, на котором волны ν_e и ν_μ приобретают вследствие рас-

сеяния разность фаз 2π . Именно эта длина, кстати не зависящая от энергии нейтрино, фиксирует масштаб, на котором может проявиться влияние вещества. Длина рефракции намного меньше длины поглощения нейтрино (характерного параметра неупругих процессов), особенно при низких энергиях. Это означает, что обсуждаемые эффекты имеют место в прозрачных для нейтрино средах.

Л. Вольфенштайн получил уравнение, описывающее распространение смешанных нейтрино в среде, решив его для случая постоянной плотности. Результат: в однородных средах характер осцилляций по сравнению с вакуумом не меняется, но меняются их параметры — длина и глубина. Глубина осцилляций определяется смешиванием, а угол смешивания в среде θ_m (об этом речь дальше) отличается от вакуумного и зависит от плотности ρ . Именно это обстоятельство — зависимость θ_m от ρ — и лежит в основе МСВ-эффекта.

Возможность резонансных превращений нейтрино была рассмотрена С. Михеевым и автором в 1985 г.¹, а все началось с простого замечания: зависимость $\sin^2 2\theta_m$ от плотности среды ρ имеет резонансный характер.

¹ Михеев С. П., Смирнов А. Ю. // Ядерная физика. 1985. Т. 42. Вып. 6. С. 1441—1448; Резонанс в осцилляциях нейтрино // Природа. 1986. № 10. С. 106—107. Подробную библиографию по данной проблеме см.: Михеев С. П., Смирнов А. Ю. // Успехи физ. наук. 1987. Т. 153. Вып. 1. С. 3—58.

СМЕШИВАНИЕ В ВЕЩЕСТВЕ. РЕЗОНАНС. УСЛОВИЯ РЕЗОНАНСНЫХ ПЕРЕХОДОВ

Что же такое смешивание в веществе? Ключевым здесь является представление о «собственных состояниях нейтрино» в веществе ν_{im} — именно относительно них определяется смешивание. Состояния ν_{im} — обобщение состояний с определенными массами ν_i . Они играют в веществе ту же роль, что и ν_i в вакууме, т. е. имеют определенные энергии, фазовые и групповые скорости. Строго говоря, ν_{im} — это собственные состояния полного гамильтониана нейтринной системы, учитывающего всевозможные взаимодействия нейтрино в среде. Состояния ν_{im} не совпадают с ν_i (т. е. с учетом взаимодействий ν_i уже не являются собственными состояниями). Более того, свойства ν_{im} зависят от плотности среды.

Теперь о смешивании. Согласно приведенной выше формуле, смешивание фиксирует связь между состояниями с определенными ароматами и собственными состояниями в вакууме ν_1 и ν_2 . Это определение смешивания и обобщается на случай среды, с той лишь разницей, что в качестве собственных состояний фигурируют уже ν_{im} . Поскольку они не совпадают с ν_i и зависят от плотности, то угол смешивания в веществе θ_m не равен θ и соответственно является функцией плотности ϱ . Угол θ_m зависит также от разности квадратов масс $\Delta m^2 = m_2^2 - m_1^2$, вакуумного угла θ и энергии нейтрино E (θ_m как функция ϱ , Δm^2 , E , θ находится в результате решения стандартной квантово-механической задачи — отыскания собственных состояний гамильтониана). И теперь наиболее важное: приведенные выше формулы можно «обернуть», то есть выразить ν_{1m} и ν_{2m} через ν_e и ν_μ (и разумеется, θ_m). В таком виде они будут определять ν_e , ν_μ -состав, или, иначе говоря, аромат собственных состояний. При этом аромат будет зависеть от θ_m , а значит, от плотности среды.

Что же происходит при распространении смешанных нейтрино в среде с изменяющейся плотностью? Нейтринное состояние в произвольный момент времени t можно представить в виде

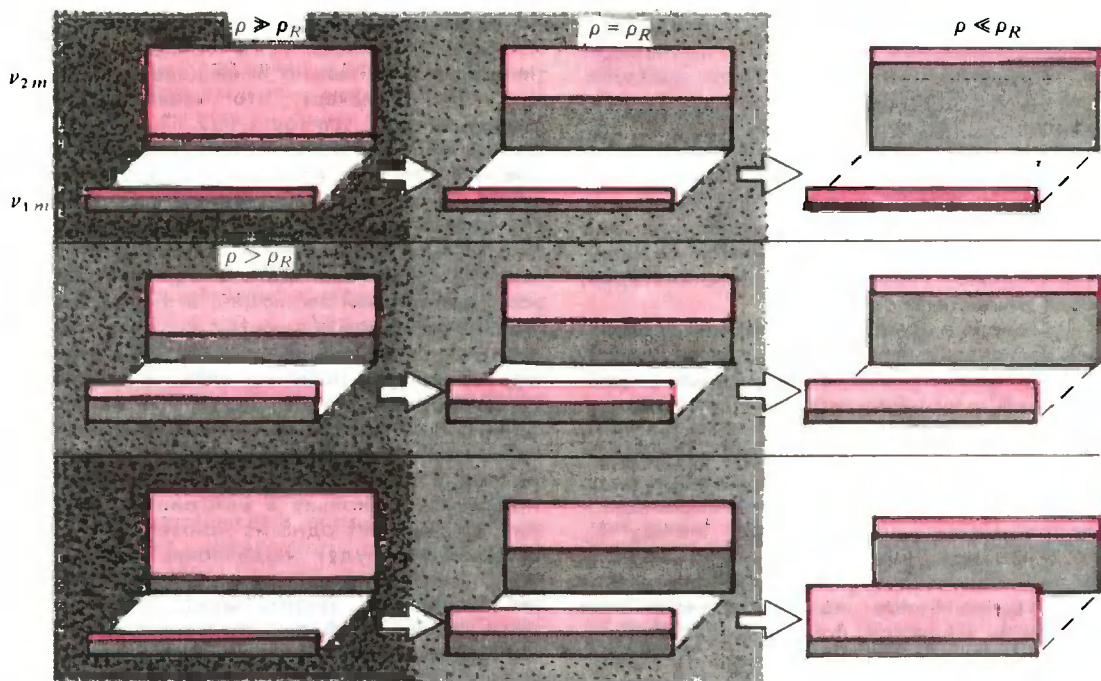
$$\nu(t) = \cos \theta_a \nu_{1m} + \sin \theta_a \nu_{2m} e^{i\varphi(t)},$$

т. е., на языке квантовой механики, разложить по собственным состояниям нейтрино в веществе. Здесь θ_a — угол, определяющий примеси собственных состояний, а $\Delta\varphi(t)$ — разность фаз между волнами ν_{1m} и ν_{2m} . Это

разложение, как и в случае вакуума, соответствует распространению двух волновых пакетов ν_{1m} и ν_{2m} , причем $\cos \theta_a$ и $\sin \theta_a$ характеризуют амплитуды волн в пакетах. Переходы одного типа нейтрино в другой эквивалентны изменению аромата (т. е. ν_e , ν_μ -состава) $\nu(t)$, и задача состоит в определении аромата $\nu(t)$ как функции времени. Согласно выписанной выше формуле, для решения задачи необходимо знать ароматы ν_{im} , величины примесей ν_{im} в $\nu(t)$ и фазу $\Delta\varphi(t)$. В процессе распространения нейтрино изменяется в общем все: и ароматы, и примеси и $\Delta\varphi$. Монотонный рост $\Delta\varphi$, как мы отмечали, дает осцилляции, а вот изменение ароматов ν_{im} (при слабом изменении примесей — об этом речь ниже) может приводить к резонансным переходам.

Итак, ароматы собственных состояний. Как уже подчеркивалось, они определяются углом смешивания θ_m , и мы обсудим теперь зависимость θ_m от ϱ . Оказывается, что при определенном значении плотности $\varrho = \varrho_R \sim \cos 2\theta \Delta m^2 / E$ смешивание становится максимальным, т. е. $\theta_m = 45^\circ$, причем это справедливо для сколь угодно малого θ . Среда может усиливать смешивание. Плотность ϱ_R называется резонансной и соответствует совпадению длины осцилляций в веществе L_m и длины рефракции L_0 ($L_m \approx L_0$). Происхождение термина «резонанс» связано с тем, что зависимость $\sin^2 2\theta_m$ от ϱ имеет вид характерного для физики частиц пика (его называют брейт-вигнеровским). Полуширина пика на полувысоте пропорциональна тангенсу двойного угла смешивания в вакууме: $\Delta\varrho = \varrho_R \tan 2\theta$. Итак, в резонансе $\cos \theta_m = \sin \theta_m = 1/\sqrt{2}$, и, значит, оба аромата представлены в собственных состояниях одинаково. Если вакуумное смешивание мало, то при уменьшении плотности от $\varrho \gg \varrho_R$ до $\varrho \ll \varrho_R$ собственные состояния изменяют свой аромат практически полностью. Наибольшее изменение происходит при пересечении весьма узкого резонансного слоя, где плотность лишь незначительно (на $\pm \Delta\varrho$) отличается от резонансной.

Какова физическая причина изменения θ_m с ϱ , а значит, и ароматов ν_{im} ? На языке энергий она выражается следующим образом. Влияние среды (рассеяние вперед) может быть описано с помощью потенциалов V_e и V_μ , в которых движутся нейтрино ν_e и ν_μ (потенциалы связаны с индексами рефракции соотношением $V_a = (n_a - 1)p$, $a=1,2$). Полная энергия E_a состояния ν_a является суммой кинетической энергии и потенциальной V_a . Вследствие линейной зависимости V_a от ϱ (следовательно, и E_a) при определенной плотности ϱ_R энергии ν_e и

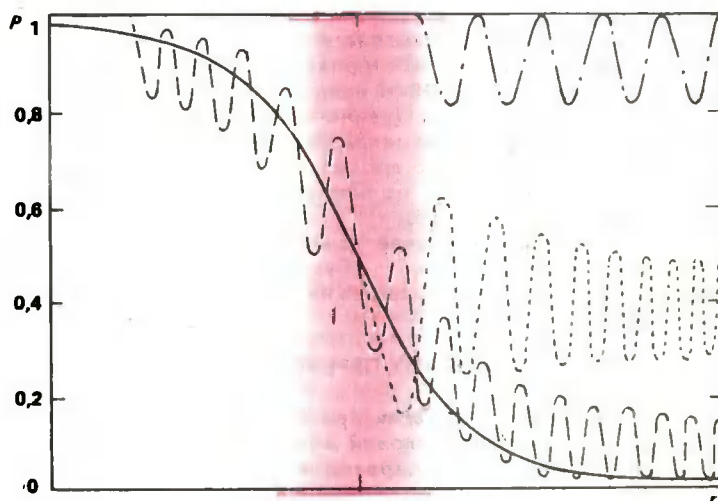


Резонансные переходы нейтрино. Эволюция волновых пакетов ν_{1m} и ν_{2m} смешанного нейтринного состояния при распространении в среде с уменьшающейся плотностью: вверху — безосцилляционный переход: примесь одного из собственных состояний (ν_{2m}) доминирует над другой (ν_{1m}), и эти

примеси (высоты прямоугольников) не меняются в процессе распространения; в середине — осцилляционный адиабатический переход: примеси ν_{1m} и ν_{2m} различаются не сильно (и сохраняются), поэтому существенны интерференционные эффекты (осцилляции); внизу — переход в режиме на-

рушения адиабатичности: примеси собственных состояний изменяются. Во всех случаях ароматы самих ν_{im} изменяются в соответствии с уменьшением плотности. Наиболее сильное изменение аромата всего нейтринного состояния — в случае безосцилляционного перехода.

Зависимость вероятности выживания P (вероятности перехода $\nu_e \rightarrow \nu_e$) от расстояния r в обсуждаемых режимах: безосцилляционный переход (сплошная линия), адиабатический переход (штриховая линия) и в режиме нарушения адиабатичности (пунктирная линия). Показана также пространственная картина осцилляций в однородной среде (штрихпунктирная линия). Цветной полосой выделен резонансный слой.



ν_μ сравниваются: $E_\mu(\varrho_R) = E_\mu(\varrho_L)$. Это и есть условие резонанса. В точке $\varrho = \varrho_R$ происходит то, что называют пересечением уровней. При $\varrho \gg \varrho_R$ полная энергия ν_μ больше энергии ν_μ , при $\varrho \ll \varrho_R$ наоборот, $E_\mu < E_\mu$. С этим изменением энергетических соотношений при наличии смешивания и связано изменение ароматов.

По существу, резонанс в системе смешанных нейтрино эквивалентен резонансу в системе слабосвязанных осцилляторов, когда их частоты совпадают.

Теперь о примесях собственных состояний. В начальный момент примеси фиксируются смешиванием в точке рождения нейтрино: $\vartheta_\mu^0 = \vartheta_\mu^0$. Дальнейшее их поведение зависит от характера пространственного изменения плотности. В однородной среде (как и в вакууме) примеси не изменяются. Каждое из собственных состояний эволюционирует независимо, переходов между ν_{im} нет. В неоднородной среде примеси, вообще говоря, непостоянны, и задача становится существенно более сложной. Однако если плотность меняется достаточно медленно, то изменением примесей можно пренебречь. Что значит медленно? Критерием является условие адиабатичности, которое в применении к данной проблеме формулируется следующим образом: в резонансном слое (пространственная ширина которого обратно пропорциональна скорости изменения плотности и прямо пропорциональна $\Delta\varrho$) должна уместиться хотя бы одна длина осцилляций. Если оно выполнено, то, как говорят, нейтрино эволюционирует в адиабатическом режиме — переходов $\nu_{1m} \leftrightarrow \nu_{2m}$ практически нет, амплитуды волновых пакетов не меняются. Если примеси постоянны (и эффектом изменения $\Delta\varphi$ можно пренебречь), то аромат всего нейтринного состояния, как и ν_{im} , становится однозначной функцией плотности. Меняется плотность — меняется аромат. И если плотность монотонно уменьшается (увеличивается) в достаточно широких пределах, охватывающих резонансный слой, то аромат $\nu(t)$ может измениться практически полностью. Это и есть резонансный переход.

И последнее. В случае изменяющейся плотности осцилляции, обусловленные ростом $\Delta\varphi$, будут накладываться на резонансный переход.

ТИПЫ РЕЗОНАНСНЫХ ПЕРЕХОДОВ

В зависимости от характера изменения плотности и начальных условий можно выделить три основных типа переходов.

Безосцилляционный переход. Он реа-

лизуется, если выполнено условие адиабатичности и плотность ϱ_0 в точке рождения нейтрино значительно превышает резонансную. Это означает, что начальный угол смешивания θ_m^0 близок к $\pi/2$. Поэтому если рождается электронное нейтрино, то начальное нейтринное состояние $\nu(0) = \nu_e$ практически совпадает с собственным состоянием ν_{2m} (примесь второго собственного состояния сильно подавлена). В силу адиабатичности $\nu(t)$ будет совпадать с ν_{2m} в процессе всей дальнейшей эволюции, а значит, будет менять свой аромат вместе с ν_{2m} . Если конечная плотность $\varrho_f \sim 0$, и, разумеется, нейтрино пересекает резонансный слой, а вакуумное смешивание мало, то ν_{2m} и $\nu(t)$ изменяют аромат практически полностью: вероятность «выживания», т. е. вероятность обнаружить нейтрино исходного типа, оказывается равной $\sin^2\theta$. Поскольку в нейтринном состоянии доминирует одна из примесей (ν_{2m}), то осцилляции будут подавлены. Отсюда и название перехода, представляющего собой МСВ-эффект в «чистом виде».

Осцилляционный адиабатический переход. Если начальная плотность не сильно отличается от резонансной ($\varrho_0 \gtrless \varrho_R$), то нейтрино содержит сравнимые по величине примеси собственных состояний и интерференционные эффекты будут заметны. В этом случае осцилляции накладываются на резонансный переход.

Заметим, адиабатичность, обеспечивая сохранение примесей ν_{im} , приводит к тому, что аромат нейтринного состояния (усредненный по осцилляциям) оказывается однозначной функцией плотности. В адиабатическом режиме система успевает подстраиваться за изменением внешних условий (в данном случае — фиксируемых плотностью).

Режим нарушения адиабатичности. При быстром изменении плотности вещества примеси собственных состояний не сохраняются. Даже если в начальный момент $\nu(t)$ совпадало с одним из ν_{im} , в дальнейшем появляется заметная примесь другого собственного состояния. При этом с усилением нарушения адиабатичности вероятность перехода уменьшается.

ОБОБЩЕНИЯ И АНАЛОГИИ. ДРУГИЕ РЕАЛИЗАЦИИ

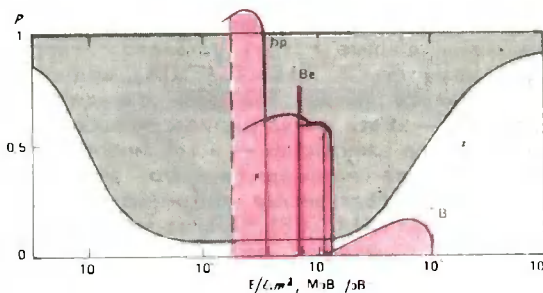
Условия резонансных переходов — смешивание, резонанс, адиабатичность — могут иметь различные реализации. В предыдущих разделах мы описали переходы, при которых изменяется только аромат нейтринного состояния.

В 1987—1988 гг. Ц. Лимом и В. Марчиано и независимо Е. Х. Ахмедовым были рассмотрены резонансные переходы с изменением одновременно и аромата и спиральности (т. е. проекции спина на направление движения нейтрино). В результате такой «резонансной прецессии спина и аромата», например, электронное нейтрино ν_{eL} переходит в $\bar{\nu}_{\mu R}$ — правое мюонное антинейтрино. Смешивание этих компонент обусловлено взаимодействием так называемого переходного магнитного момента μ_ν (связывающего нейтрино с разными ароматами) с магнитным полем B . Роль $\sin 2\theta$ здесь играет комбинация $(2\mu_\nu B) \cdot E/\Delta m^2$, как и в случае превращения аромата, в расщепление уровней дают вклады разность масс и взаимодействие с веществом, а «пересечение» уровней связано с изменением плотности на пути нейтрино. Возможен и чисто спиновый резонансный переход, когда меняется только спиральность, например левая компонента электронного нейтрино переходит в правую. Динамика этих процессов совпадает с рассмотренной выше. Различия — в конкретной форме условий резонанса и адиабатичности и их зависимости от энергии нейтрино.

Условия резонансных переходов реализуются и в других областях физики. Наиболее наглядна механическая аналогия — система слабосвязанных осцилляторов². Отметим также переходы между двумя уровнями молекул (атомов), обусловленные внешним воздействием, которое смешивает уровни и приводит к их пересечению; вращение плоскости поляризации света в оптически активных средах; переворот спина частицы во вращающемся магнитном поле и др.

Разные физические системы — разные проявления, но в основе, будь то пример из макро- или микрофизики, лежит одна и та же «идея», одна динамика, одинаковые закономерности...

Подытожим, что же такое резонансные переходы. По существу, это изменение аромата нейтринного состояния в среде с изменяющейся на пути нейтрино плотностью при адиабатическом пересечении резонансного слоя. В отличие от осцилляций, обусловленных изменением разности фаз $\Delta\varphi$ между собственными состояниями (при неизменных примесях и ароматах последних), МСВ-эффект — это следствие изменения ароматов собственных состояний, вы-



Зависимость фактора подавления $\bar{P}$ (усредненной по энергии вероятности выживания) потока солнечных ν_e вследствие резонансных переходов с изменением аромата от параметра $E/\Delta m^2$. Зависимость имеет форму ванны (ее так и называют «ванна подавления»). Ее левый край соответствует резонансу в центре Солнца и осцилляционным адиабатическим переходам, дно — безосцилляционному переходу, правый край — конверсии в режиме нарушения адиабатичности. Размер ванны по $E/\Delta m^2$ пропорционален $\sin^2 2\theta$. Взаимное расположение ванны и нейтринного спектра (заштрихован), зависит от Δm^2 . Обозначения у разных компонент спектра [pp , Be и др.] указывают на ядерные реакции, в которых они сформировались, показан цвет о.м. Изменяя $\sin^2 2\theta$ и Δm^2 , можно получать разные подавление и искажение спектра. При изображенном на рисунке расположении ванны и спектра достигается согласование данных трех действующих экспериментов и предсказаний стандартной солнечной модели (это так называемое неадиабатическое решение проблемы солнечных нейтрино, при котором спектр борных нейтрино — на неадиабатическом краю ванны).

званного изменением плотности. И еще одно важное отличие. Сильные эффекты вакуумных осцилляций возникают при больших углах смешивания θ . Наоборот, переход, обусловленный МСВ-эффектом может оказаться тем сильнее, чем меньше θ . Превращение аромата приводит к сильному нарушению сохранения лептонных зарядов, при этом вакуумное смешивание выступает как малый, «затравочный» эффект нарушения, который в несимметричной относительно лептонных зарядов среде может существенно усиливаться.

РЕЗОНАНСНЫЕ ПЕРЕХОДЫ И ПРОБЛЕМА СОЛНЕЧНЫХ НЕЙТРИНО

По существующим представлениям, центральные области Солнца являются источником электронных нейтрино. Их энергетический спектр имеет сложную структуру, формирующуюся в разных ядерных реакциях, и простирается до энергий 14 МэВ. Потоки этих нейтрино весьма определенно рассчитаны в так называемой стандартной солнечной модели.

² Модель механического аналога конверсии демонстрировалась С. Вайнбергом на Rochesterской конференции 1986 г.

Что дают эксперименты? К концу 1990 г. получены данные с трех установок: хлорного детектора Р. Дэвиса³ (США), водного черенковского детектора «Камиоканде II» (Япония) — здесь регистрируется рассеяние нейтрино на электронах — и галлиевого детектора советско-американского эксперимента САГЭ⁴ (Баксанская нейтринная обсерватория ИЯИ АН СССР). Во всех трех экспериментах обнаружен дефицит потока ν_e : отношения измеренных сигналов к предсказываемым в соответствии со стандартной солнечной моделью равны

$$R(\text{Cl—Ar}) \simeq 1/4 - 1/3,$$

$$R(\nu_e) = 0,46 \pm 0,08,$$

$$R(\text{Ga—Ge}) \lesssim 0,4.$$

Два замечания. Подавление в хлорном эксперименте, усредненное за все время наблюдений, сильнее, чем в опыте на установке «Камиоканде II». Однако если усреднять данные Дэвиса только за период работы «Камиоканде», т. е. с 1987 г., то $R(\text{Cl—Ar}) \simeq 0,36$ и различие в подавлении уменьшается. И второе: согласно предварительным данным САГЭ, сигнал от Солнца не обнаружен, и с учетом фона пока удается определить лишь верхнее ограничение на поток солнечных нейтрино.

Проблема солнечных нейтрино, возможно, не исчерпывается только малостью сигналов. По-видимому, сигналы изменяются со временем: скорость образования ³⁷Ar антикоррелирует с солнечной активностью. В активный период эта скорость в два-четыре раза меньше, чем в годы спокойного Солнца. Более того, в активный период прослеживаются полугодовые вариации. В то же время данные «Камиоканде II» не подтверждают сильных изменений со временем: они могут быть согласованы с постоянным нейтринным потоком.

Какова интерпретация этих результатов? Вполне вероятно, наблюдаемый дефицит солнечных нейтрино есть следствие резонансных переходов. Выходя из центральных областей Солнца, нейтрино пересекают слои вещества с плотностью, монотонно и

достаточно медленно меняющейся в широких пределах. Соответственно, условия резонанса и адиабатичности выполняются в большом (до четырех порядков) диапазоне значений Δm^2 и $\sin^2 2\theta$. Если часть потока ν_e превращается в поток ν_μ или ν_τ , то это подавляет сигналы в земных установках. Действительно, нейтрино ν_μ и ν_τ , по выражению Понтекорво, стерильны для радиохимических экспериментов (Cl—Ar, Ga—Ge): их энергии малы, для того, чтобы родить мюон или τ -лептон и при этом перевести Cl в Ar, Ga в Ge и т. п. Сигнал «Камиоканде» подавлен из-за малости сечения рассеяния $\nu_\mu(\nu_\tau)$ на электронах, которое в шесть раз меньше сечения ν_e -рассеяния. Причины те же, что и в случае вакуумных осцилляций, но есть и одно принципиальное отличие. Если для сильного подавления вследствие вакуумных осцилляций требуются большие углы смешивания, близкие к максимальному, то для резонансных переходов достаточно малого вакуумного смешивания — такого же, как, например, у кварков, что представляется более естественным.

МСВ-эффект зависит от энергии нейтрино, а точнее, от отношения $E/\Delta m^2$. Иными словами, происходит не просто подавление сигнала, но также искажение исходного энергетического спектра ν_e . В этой связи следует отметить три момента.

Во-первых, зависимость эффекта от энергии E означает, что в экспериментах, чувствительных к разным участкам нейтринного спектра (имеющих, например, разные пороги), подавление может быть различным; это, видимо, и наблюдается в хлор-аргоновом эксперименте и на установке «Камиоканде II».

Далее, резонансные переходы — далеко не единственно возможное решение проблемы. Ряд объяснений связан с астрофизикой — модификацией модели Солнца, изменением его параметров, и в первую очередь уменьшением центральной температуры. Однако все астрофизические механизмы, изменяя соотношения потоков от разных реакций, не искажают непрерывных спектров, например, от распада $^8\text{B} \rightarrow ^8\text{Be} + e + \nu_e$. Поэтому регистрация искажения спектра «борных» нейтрино явилась бы важнейшим аргументом в пользу резонансных переходов (или осцилляций).

Наконец, характер искажения спектра зависит от Δm^2 и $\sin^2 2\theta$, что позволяет, в принципе, измерить эти нейтринные параметры.

Существующие усредненные экспериментальные результаты могут быть вполне

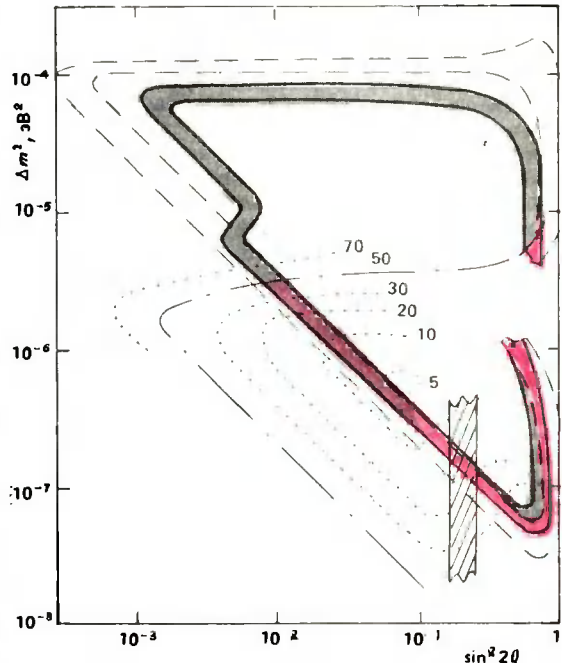
³ Подробнее о многолетнем эксперименте Дэвиса см. в подборке: Загадка солнечных нейтрино // Природа. 1983. № 8. С. 59—76. Последние данные докладывались на конференции в Брайтоне в январе 1991 г.

⁴ Gavrin V. et al. // Proc. of the 25 th Int. Conf. on High Energy Physics. Singapore. August, 1990. Подробнее о проводимых и планируемых нейтринных экспериментах см.: Домогацкий Г. В., Комар А. А., Чудаков А. Е. Подземные и подводные эксперименты в физике и астрофизике // Природа. 1989. № 3. С. 22—36.

естественно воспроизведены в рамках стандартной солнечной модели с помощью резонансного изменения аромата. При этом наиболее предпочтительной является неадиабатическая область параметров Δm^2 и $\sin^2 2\theta$: $\Delta m^2 = (3,6 \pm 1,0) \cdot 10^{-8} \text{ эВ}^2 / \sin^2 2\theta$; $\sin^2 2\theta > 3 \cdot 10^{-3}$.

В рамках резонансных переходов аромата довольно трудно объяснить сильные изменения сигнала в хлор-аргоновом эксперименте. Они могли бы быть вызваны временными вариациями профиля плотностей, которые влияют на степень адиабатичности и, следовательно, на результат превращения нейтрино. Однако относительные вариации плотности должны быть достаточно большими $\Delta \rho / \rho \gg (5-10) \%$, и при этом остается неясной связь с солнечной активностью.

Какова ситуация с другим типом резонансных переходов — с изменением спина и аромата? Она также может приводить к подавлению сигналов в экспериментах с солнечными нейтрино. Образующиеся потоки $\bar{\nu}_{\mu R}$ и $\bar{\nu}_{\tau R}$ стерильны для радиохимических экспериментов, а их сечение рассеяния на электроны в семь раз меньше сечения ν_e -рассеяния. Резонансная прецессия спина-аромата искажает энергетический спектр нейтрино, причем это искажение может в зависимости от конфигурации магнитных полей (которая, вообще говоря, неизвестна) как отличаться от того, что предсказывается изменением только аромата, так и быть сходным с ним. Более того, на качественном уровне прецессия спина-аромата позволяет вполне естественно объяснить антикорреляции нейтринных сигналов и солнечной активности. Связь здесь та же, что и в случае обычной прецессии спина нейтрино в магнитных полях Солнца, предложенной М. Б. Володиным, М. И. Высоцким и Л. Б. Окунем. Эффект при этом прямо пропорционален величине магнитного поля. Поэтому увеличение числа солнечных пятен, вызываемое, как считается, ростом поля в определенной области конвективной зоны Солнца, будет сопровождаться усилением эффекта переворота спина, а значит, подавлением потока левых ν_{eL} . Но не все так просто. Чтобы прецессия спина-аромата «работала», необходимы большие магнитные моменты нейтрино $\mu_{\nu} \gtrsim 3 \cdot 10^{-12} \mu_B$ (μ_B — магнетон Бора) и большие магнитные поля в конвективной зоне Солнца — $B \gtrsim 3 \cdot 10^4 \text{ Гс}$ (обычно считается, что B не превышает нескольких килогаусс). Кроме этого, сильное подавление сигналов и их временные вариации могут быть получены при весьма строгой и неестественной с точки зрения имеющихся представлений подгонке пространственной



Области параметров Δm^2 и $\sin^2 2\theta$, в которых достигается согласие с экспериментальными данными: сплошные линии — хлор-аргоновый эксперимент, штриховые — эксперимент на установке «Камиоканде II», штрихпунктирная — галлий-германиевый эксперимент (она соответствует существующему и настоящему времени верхнему ограничению на скорость образования Ge), пунктирные линии — линии равного подавления скорости образования Ge [цифры у кривых — значение этой скорости в единицах SNU]. Красным цветом отмечена область параметров, в которой могут быть согласованы данные всех трех экспериментов и предсказаний стандартной солнечной модели. Заштрихованная полоса выделяет область, в которой смешивание лептонов такое же, как и кварков (θ равен углу Кабиббо). В этой области масса $m_2 \simeq (3-5) \times 10^{-4} \text{ эВ}$, а для галлиевого эксперимента предсказывается скорость образования Ge 10–20 SNU. График носит в значительной мере иллюстративный характер, поскольку не были учтены астрофизические неопределенности.

структуры полей. Заметим, что требуемые величины магнитных моментов на несколько порядков превышают максимум, предсказываемый в стандартной теории; значения $\mu_{\nu} > 10^{-12} \mu_B$ могут быть получены ценой существенной модификации теории электро-слабого взаимодействия при энергиях порядка 100 ГэВ (необходимы новые взаимодействия и новые частицы с массами 100 ГэВ).

ЧТО ДАЛЬШЕ?

Обсудим перспективы. Важнейший результат должны дать галлиевые эксперимен-

ты — уже проводимый САГЭ и ГАЛЛЕКС, который начинается в 1991 г. Дело в том, что Ga—Ge-эксперимент чувствителен к потоку ν -нейтрино, который дает более половины вклада в скорость образования ^{71}Ge . Этот поток в предположении о тепловом равновесии связан непосредственно с известной полной (электромагнитной) светимостью Солнца. Поэтому если в экспериментах будет надежно установлено более чем двукратное подавление сигнала, то это исключит астрофизические решения проблемы и станет серьезным аргументом в пользу существования резонансных переходов. Кстати, МСВ-эффект может обеспечить более чем 20-кратное подавление.

Эксперименты по проблеме солнечных нейтрино следующего поколения будут проводиться после 1995 г. Уже получили финансовую поддержку проекты детекторов SUDBURY (Канада) и Суперкамиоканде (Япония), содержащих соответственно 1000 т тяжелой воды и 50 000 т обычной воды. Разрабатывается методика сцинтилляционного эксперимента BOREX (Гран-Сассо, Италия) на основе изотопа ^{11}B . На Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ АН СССР создается новый Cl—Ar нейтринный телескоп ХАНТ с массой рабочего вещества в пять раз больше, чем в эксперименте Дэвиса, и т. д. Основными задачами этих и ряда других планируемых экспериментов, кроме проверки существующих результатов, являются поиск временных вариаций сигналов и максимально полная спектроскопия солнечных нейтрино. Последняя включает непосредственное измерение спектра борных нейтрино электронными методами, проведение радиохимических экспериментов с разными порогами регистрации и т. д. Именно сопоставление сигналов, измеренных в разных экспериментах, причем как можно с большей точностью, позволит установить, осуществляются ли на Солнце резонансные переходы и каков их тип, а также зафиксировать Δm^2 , углы смешивания и (или) магнитные моменты.

Солнечными нейтрино не исчерпываются возможные приложения резонансных переходов. Превращение аромата, равно как и превращение спина и аромата, может осуществляться в коллапсирующих звездах⁵.

Здесь мощные потоки нейтрино из центральной части звезды пересекают слои вещества с огромным перепадом плотностей. Соответственно, огромными оказываются интервалы нейтринных параметров, в которых выполняются условия резонансных переходов. Их эффекты имеют свою специфику, обусловленную свойствами нейтринных потоков. Но об этом разговор особый. Другая возможная область приложений — реликтовые нейтрино в ранней Вселенной.

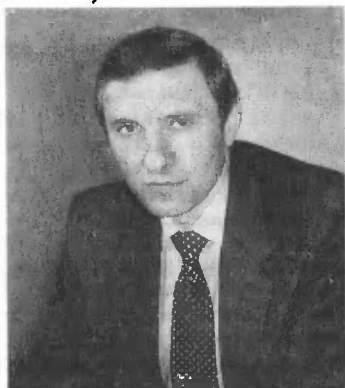
И последнее. Большой интерес к проблеме солнечных нейтрино, поискам эффектов резонансных переходов связан в значительной степени с возможностью определить нейтринные параметры: массы (Δm^2), смешивание, магнитные моменты. Нейтрино — особая частица, особая, как мы уже отмечали, по своим свойствам, ее роли в природе. Нейтрино — единственная частица на кварк-лептонном уровне, которая имеет нулевые сохраняющиеся заряды — электрический и цветовой. С другой стороны, нейтрино явно выделены по массам — они во всяком случае много меньше масс заряженных частиц из соответствующих поколений. Эти две особенности оказываются естественным образом связаны в механизме генерации масс, образно названном «качели» (see-saw); он предложен в 1979 г. М. Гелл-Манном, П. Рамоном и Р. Сланским и независимо Т. Янагидой. Согласно механизму «see-saw», $m_\nu \simeq m_D^2/M$, где m_D — характерная масса заряженных частиц данного поколения, а M — некоторый новый масштаб масс, возможно, связанный с Большим объединением, либо нарушением левой-правой симметрии, либо суперсимметрии. Определим m_ν — получим информацию об M . Кстати, при $M \simeq 10^{15} - 10^{16}$ ГэВ (характерным масштабом энергий моделей Большого объединения) величина $\Delta m^2 = m^2(\nu_\tau) - m^2(\nu_e)$ попадает в диапазон резонансной конверсии на Солнце.

Не исключено, что именно определение масс и смешивания нейтрино даст нам ключ к разгадке особенностей спектра масс кварков и лептонов, к новому, более глубокому уровню материи.

⁵ Михеев С. П., Смирнов А. Ю. // ЖЭТФ. 1986. Т. 91. Вып. 1. С. 7—13.

Была ли Ева?

А. О. Рувинский



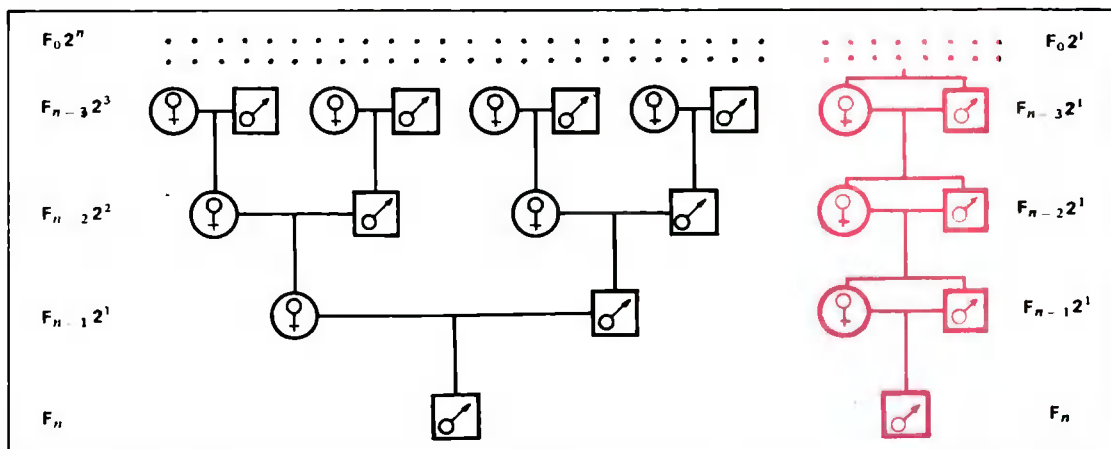
Анатолий Овсеевич Рувинский, доктор биологических наук, заместитель директора и заведующий лабораторией генетики животных Института цитологии и генетики СО АН СССР, профессор Новосибирского государственного университета. Область научных интересов — генетика и теория эволюции.

НА ПЕРВЫЙ ВЗГЛЯД, статья с подобным названием не может содержать серьезную научную информацию. Ведь не только атеисты, но и религиозные люди признают условность библейского мифа о сотворении мира и появления Адама и Евы в саду Эдема. Между тем факты, обнаруженные недавно, позволяют вернуться к этому вопросу не для упражнения в схоластике.

Исследования последних 50—70 лет привели к широко признанной схеме появления *Homo sapiens*. Согласно этой реконструкции, 2—3 млн. лет назад появился *Homo habilis* — человек умелый, вид, с достаточным основанием причисленный к роду людей. Позднее его сменил эволюционно более прогрессивный вид *Homo erectus* — человек прямоходящий, следы материальной культуры которого датируются периодом 500—800 тыс. лет до нашего времени. Спустя некоторое время и он, в свою очередь, уступил место виду *Homo sapiens* — человек мыслящий, к которому относимся все мы. Когда это произошло, как много было основателей, как протекало видообразование, расселение и расообразование — лишь часть интересных, но неразгаданных вопросов.

Каждый человек, как известно, обязан своим происхождением двум родителям, четьрем дедам, прадедам и т. д. И это совершенно точно! Однако уже через 100 поколений, т. е. через 2 тыс. лет (при 20 годах на поколение) число родственников у любого из нас достигнет $2^{100} \approx 10^{30}$ чел., что, конечно, совершенно невозможно. Выход из этого парадокса очевиден — существование родственных скрещиваний. При этом один и тот же индивидуум выступает, как говорится, «един во многих лицах». При близкородственном скрещивании можно построить родословную, когда и через 100, и через 1000 поколений будут только два пращура. Кстати, в династии Птоломеев, египетских фараонов, подобная родословная действительно существовала.

Если учесть, что численность человечества, по мере продвижения в глубину его истории, тем меньше, чем более удаленное



Родословная при неродственных (слева) и близкородственных браках (справа). В первом случае число предков у каждого из них с ростом числа поколений растет как 2^n , во втором — практически не меняется и составляет всегда 2^1 .

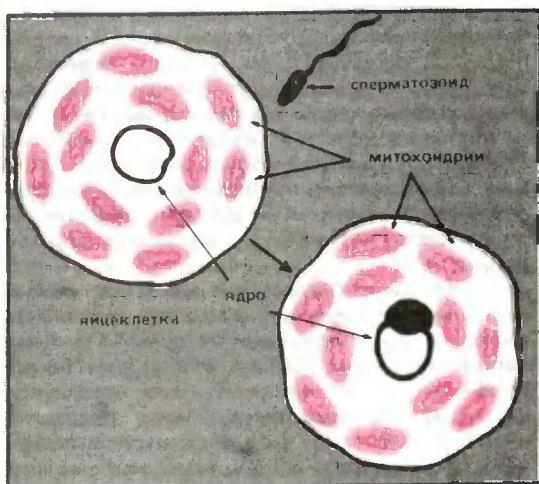


Схема оплодотворения, показывающая, что в следующее поколение митохондрии попадают только с материнской яйцеклеткой.

время рассматривается, мы неизбежно приходим к выводу о существовании значительной степени родства между людьми. Тезис «все люди — братья», несмотря на свою банальность, имеет достаточно глубокий смысл.

Современные молекулярно-генетические методы позволяют заглянуть в далекое прошлое и выяснить среди прочих

вопрос о существовании Евы. Для такого исторического экскурса есть вполне подходящий объект — ДНК клеточных органелл (митохондрий). Длина этой молекулы достаточно велика — 16 500 нуклеотидов. Интенсивность мутационного процесса здесь значительно превосходит соответствующий показатель ядерной ДНК и составляет 2—4 % за 1 млн. лет. Замены нуклеотидов в митохондриальной ДНК являют собой своеобразную летопись событий, имевших место в прошлом. Но самое главное — это способ передачи митохондриальной ДНК из поколения в поколение. В отличие от ядерной митохондриальной ДНК попадает в следующее поколение только через материнскую яйцеклетку; отцы никогда не передают свои митохондрии детям. Исходя из этих положений, группа американских генетиков исследовала образцы митохондриальной ДНК у людей различных рас. Одним из важных результатов этой работы явилось построение дерева сходства изученных молекул митохондриальных ДНК у обследованных¹. Общий принцип, используемый при построении и интерпретации таких молекулярно-генетических деревьев, состоит в том, что степень родства изучаемых организмов пропорциональна степени сходства сравниваемых молекул ДНК. Анализируя дерево митохондриальных ДНК человека, авторы сделали несколько неожиданные, даже сенсационные утверждения: общая прародительница всех людей жила 160—290 тыс. лет назад и, весьма вероятно, имела африканское происхождение. В пользу наибольшей древности африканской ветви сви-

¹ Cann R. L., Stoneking M., Wilson A. C. // Nature. 1987. V. 325. P. 31—46.

детельствует структура дерева: его компактность, протяженность ветвей и однородность части дерева, связанной с африканцами.

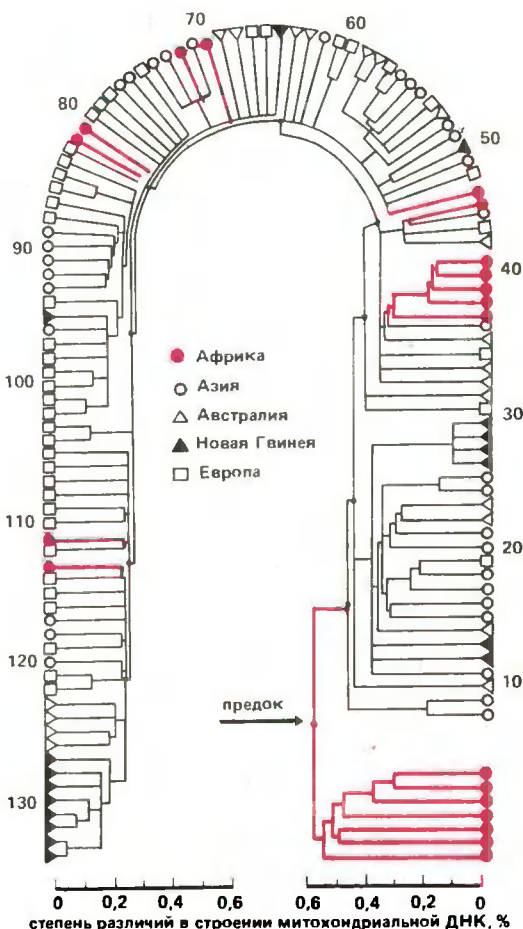
Древо действительно состоит из двух основных ветвей: в одну входят исключительно африканцы, другая включает все изученные пять популяций, каждая из которых (кроме африканской) имеет множественное происхождение.

Весьма характерны в этом отношении папуасы Новой Гвинеи: их представители обнаруживаются во всех ветвях дерева, за исключением чисто африканской. По мнению исследователей, район Новой Гвинеи, откуда были взяты образцы митохондриальной ДНК, подвергался колонизации по крайней мере семь раз. Последняя волна колонистов могла появиться сравнительно недавно, 28—55 тыс. лет назад, причем материнское происхождение колонистов во всех случаях неодинаково.

Выводы, к которым пришли американские исследователи, достаточно хорошо соответствуют археологическим оценкам, согласно которым архаичный тип людей трансформировался в современный 100—140 тыс. лет назад в Африке.

Вслед за упомянутой статьей появилось немало популярных сообщений о существовании в прошлом африканской Евы — родоначальницы людей современного типа. Такие высказывания некорректны. В лучшем случае можно говорить о существовании «митохондриальной» Евы, т. е. общей прародительницы, передавшей всем нам митохондриальную ДНК. С ядерной ДНК дело обстоит иначе, поскольку и способ ее передачи из поколения в поколение иной.

Здесь мы подходим к важной, но очень непростой проблеме — оценке размера популяции, в которой сформировался *Homo sapiens*. Эта задача сложна не только потому, что интересующие нас события отдалены, по-видимому, на 200 тыс. лет, но и потому, что до сих пор нет ясного ответа на вопрос о том, как в ходе эволюции возникают виды и что для этого необходимо. Согласно одному из наиболее распространенных представлений, точнее, по Э. Майру, видообразование протекает в изолированной группе, для которой на первом этапе характерна утрата генетической изменчивости. После возникновения значительных отличий у дивергирующей популяции и освоения ею новой экологической ниши уровень изменчивости восстанавливается. Таким образом, аллельное разнообразие (т. е. разнообразие вариантов генов) сна-



Генеалогическое древо, построенное для 134 образцов человеческой митохондриальной ДНК, состоит из двух основных ветвей: в одну входят исключительно африканцы, другая включает все изученные пять популяций, каждая из которых (кроме африканской) имеет множественное происхождение.

чала резко сокращается, а затем, по мере роста численности популяции, обретается вновь, благодаря мутационному процессу.

Прекрасную возможность для экспериментального изучения этой проблемы представляют гены главного комплекса тканевой совместимости (МНС), например, у человека. Их важное преимущество — беспрецедентно широкое аллельное разнообразие. Некоторые гены этой системы имеют до 100 аллельных вариантов. Поразительно и то, что аллели эти могут очень сильно различаться по нуклеотидному составу. В некоторых случаях для одного

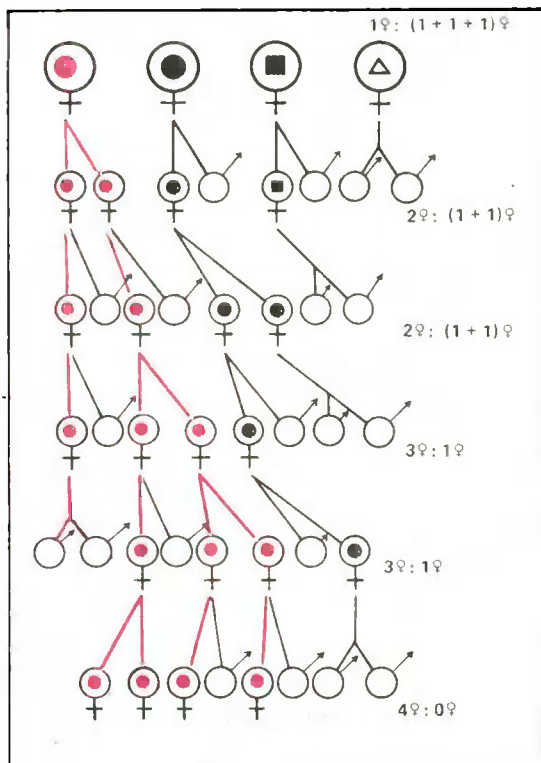


Схема случайной фиксации одного из четырех исходных вариантов митохондриальной ДНК. Благодаря случайному стечению обстоятельств спустя несколько поколений распространяется митохондриальная ДНК одного типа, а три другие исчезают.

гена возможно 90 нуклеотидных замен. Следовательно, количество аминокислотных различий в молекулах соответствующих белков может достигать 20—30. Сравнение 27 аллелей, принадлежащих гену HLA—DRB1 человека, с аллелем гомологичного гена (ChLa—DRB1) у шимпанзе показало, что часть аллелей человека ближе по структуре к аллелю шимпанзе, чем к другим аллелям своего гена. Объяснение столь необычной ситуации заключается, видимо, в том, что часть разнообразия унаследована человеком и шимпанзе от общего предка². Случайное сходство структур молекул ДНК и соответствующих белков у двух видов крайне маловероятно. Известно, однако, что общий предок если и существовал,

то многие миллионы лет назад. Зная скорость молекулярной эволюции можно оценить возраст некоторых аллелей «долгожителей» гена HLA—DRB1: для самых молодых — это, вероятно, 2,7 млн. лет, а для наиболее старых — 39,7 млн. лет. Существуют, конечно, и сравнительно недавно появившиеся аллели, уже после возникновения *Homo sapiens*, есть также аллели, которые унаследованы от *Homo erectus* и более далеких предков.

Выводы довольно ясны. Первый состоит в том, что современные люди получили от предкового вида большое число аллелей — по некоторым (особенно полиморфным) генам их десятки. Для передачи от одного вида другому, например, 20 аллелей какого-либо гена необходимо, чтобы размер связующей популяции был не менее 10 чел. Это простое соображение автоматически вытекает из того факта, что любой диплоидный организм, к каковому относимся и все мы, может нести одновременно не более двух аллелей одного гена. Но вероятность того, что 10 случайно выбранных индивидуумов, каждый из которых несет по два разных аллеля, будут иметь все 20 аллелей популяции, составляет 10^{-26} . Только при выборке в несколько сот человек вероятность передачи всех 20 аллелей в следующее поколение приближается к 1. Надо, однако, иметь в виду, что у человека полиморфных локусов достаточно много, и они могут передаваться в последующее поколение независимо. Следовательно, при переходе от одного вида к другому, количество индивидуумов, как правило, должно быть не ниже 10^3 — 10^4 . Но и этого сравнительно большого числа индивидуумов, видимо, недостаточно, чтобы сохранить аллельное разнообразие на протяжении многих сотен и тысяч поколений. Согласно компьютерному моделированию, даже при численности популяции порядка 10^4 индивидуумов количество аллелей за первую тысячу поколений резко уменьшается. Причина этого — хорошо известный в популяционной генетике феномен стохастического дрейфа генов. Поэтому предположение о селективной ценности многих аллелей и значительной численности популяций (не менее 10^4 особей) на ранних этапах формирования человека современного типа вполне вероятно.

Итак, с одной стороны, мы приходим к выводу о том, что размер популяций *Homo sapiens*, даже на самых ранних этапах, должен быть не менее десятков тысяч или, в крайнем случае, несколько тысяч человек; с другой стороны, изучение митохондриаль-

² Klein J., Gutknecht J., Fisher N. // Trends in Genetics. 1990. V. 6. P. 7—11.

ных ДНК указывает на возможность существования общей прародительницы всех живущих людей.

Возможно ли непротиворечивое толкование этих двух, на первый взгляд не соответствующих друг другу, утверждений?

Прежде чем ответить на этот вопрос, рассмотрим конкретный пример. Пусть имеются четыре особи женского пола, несущие митохондриальные ДНК четырех различных типов. И пусть каждая из них может иметь с равной возможностью двух сыновей, двух дочерей, либо сына и дочь. Благодаря случайному стечению обстоятельств спустя несколько поколений распространится митохондриальная ДНК одного типа, а остальные исчезнут. Несмотря на условность схемы, она хорошо отражает основные тенденции, наблюдаемые в реальных популяциях (естественно, при отсутствии значительных адаптивных преимуществ у каких-либо вариантов митохондриальной ДНК). Вероятность фиксации одного варианта $P = \frac{1}{N}$, где N — численность размножающихся особей женского пола. Время фиксации одного варианта пропорционально числу поколений $t \approx N$; при $N = 10^4$ оно составит $t \approx 10^4 \times 20 \approx 2 \cdot 10^5$ (20 лет — средний интервал между поколениями). Таким образом, получается, что хотя вероятность фиксации одного варианта митохондриальной ДНК из множества исходных очень мала, на протяжении длительного времени, (сотни тысяч лет) такое событие возможно.

Следовательно, существование большого числа основателей вида *Homo sapiens* и среди них одной особи, одарившей всех нас своей митохондриальной ДНК, возможно. Эти два утверждения не противоречат друг другу. Конечно, отсюда вовсе не следует, что и ядерные гены получены нами от «митохондриальной» Евы или какой-либо

иной женщины. Отнюдь нет! Как уже отмечалось, в чреде поколений, связующих нас с пращурами, численность размножающейся части популяции всегда составляла тысячи индивидуумов. Иначе передача аллелей «долгожителей» от предшествующих видов была бы невозможна.

Говоря столько о Еве, трудно обойти молчанием возможность существования Адама. Ответ на этот вопрос, как нам представляется, может быть таким же. Конечно, по соображениям, изложенным выше, невозможно представить себе существование одного патриарха, положившего начало роду человеческому. Однако вполне вероятно, хотя экспериментально еще не подтверждено, что 200—300 тыс. лет назад жил мужчина, чью Y-хромосому унаследовали ныне здравствующие особи мужского пола. Ведь Y-хромосома отцов, как известно, передается всегда только сыновьям и никогда дочерям, и хотя механизмы передачи Y-хромосомы и митохондриальной ДНК отличаются, их феноменология сходна. Следовательно, можно ожидать сходства в процессе их распространения и фиксации в популяциях человека. Современные молекулярно-генетические методы уже позволяют анализировать степень сходства разных хромосом. Нет сомнений, что в ближайшем будущем станет известно, из одного ли источника получена Y-хромосома.

Таким образом, ответ на вопрос, сформулированный в заглавии, ясен: весьма вероятно, что Ева была; не исключено, что существовал и Адам, хотя почти наверняка раньше или позже на несколько тысяч лет. Причиной же для выделения этих двух библейских персонажей из громадного числа наших предков может послужить их уникальный вклад в человеческий генофонд: подарок Евы — митохондриальная ДНК, подарок Адама — Y-хромосома.

Антропогенная катастрофа или редкое природное явление?

В. Ю. Буржков

А. Д. Наумов,

кандидат биологических наук
Зоологический институт АН СССР
Ленинград

В СЕРЕДИНЕ МАЯ прошлого года 40-километровый участок Летнего (западного) берега Двинского залива Белого моря между деревней Сюзьма и Красной горой буквально покрылся трупами морских звезд (*Asterias rubens*), выброшенных штормом. По разным оценкам, погибло от 4 до 20 млн. экземпляров. Кроме звезд в выбросах оказались крабы (*Hyas araneus*) и некоторые другие животные, а также значительное количество водорослей. Выбросы повторялись еще дважды, последний произошел в первых числах июня.

Беломорской биологической станцией Зоологического института АН СССР было принято несколько попыток выяснить причины этого явления. Первый рейс в Двинский залив состоялся еще в разгар событий — 27 мая, однако сильный шторм воспрепятствовал проведению бентосных исследований. Их удалось выполнить лишь в двух следующих экспедициях — с 30 июня по 1 июля, а затем с 26 по 29 июля. Чтобы сравнить состояние биоценозов морского дна, были привлечены материалы, собранные в этих же местах в 1981 г.

В результате выяснилось, что сообщества донных организмов находятся в нормальном состоянии, без каких-либо признаков деградации. Состав и биомасса биоценозов (в пределах ошибок) соответствовали установленным в 1981 г.; численность и биомасса примерно 70 видов животных и растений, обнаруженных при обследовании, не отличались от нормы. Следовательно, за прошедшее с 1981 г. время здесь не протекали никакие аномальные процессы. По-прежнему почти вдоль всего Летнего берега тянулось обшир-

ное и весьма изобильное поселение мидий (*Mytilus edulis*), морские звезды как обычно располагались на глубинах порядка 8 м по его нижнему краю. Их количество вполне соответствовало наблюдаемому в других районах Белого моря с аналогичными условиями обитания.

Результаты наших наблюдений позволяют выдвинуть гипотезу, что вынос звезд на берег был обусловлен естественными причинами и тесно связан с циклом развития мидиевой банки, о котором мы уже рассказывали на страницах «Природы»¹. Главная особенность большинства мидиевых банок в том, что все моллюски на них — практически сверстники. Они оседают в течение двух-трех сезонов и одновременно погибают в конце цикла развития поселения. Напомним, что гибнущая банка, как правило, подвергается нашествию морских звезд, интенсивно поедающих моллюсков в разреженном, ослабленном поселении. После завершения цикла, когда погибают последние мидии, звезды чаще всего откочевывают в другие места, однако возможны ситуации, в которых миграция по тем или иным причинам затруднена. Тогда хищницы погибают на месте.

Банки, на которых мы проводили наблюдения в прошлые годы, вступали в фазы своего цикла синхронно на всем протяжении. Этого нельзя сказать о поселении вблизи Летнего берега. Судя по результатам наших наблюдений, здесь заселение биотопа мидиями идет волнами, распространяющимися перпен-

дикулярно береговой линии. В результате в поселении существуют участки и с только что осевшими личинками, и с одно-двухлетней молодежью, и с половозрелыми особями, и, наконец, участки, на которых цикл заканчивается. В 1990 г. отмирала верхняя, ближайшая к берегу часть поселения: на глубинах около 2 м было множество раковин мидий в основном семилетнего возраста. Обычно последние моллюски на банке, цикл которой завершается, гибнут в конце зимы, в самое неблагоприятное по температуре и количеству пищи время. Скорее всего так было и на этот раз.

Как правило, лед в Двинском заливе сходит в середине мая, а сильные весенние шторма обычно бывают в июне, но случаются и один-два майских шторма после таяния льда. При скорости ветра 10 м/с в районе Летнего берега поднимается волна высотой около 2,4 м. Однако в 1990 г. лед сошел на две недели раньше обычного, а затем один за другим прошло шесть штормов, причем скорость ветра доходила временами до 14 м/с (волна, поднимаемая такой силы ветром может достигать 3,3 м). Таким образом, звезды, поедавшие мидиевую банку, несколько суток находились практически в полосе мощного прилива и были выброшены на берег. Очевидно, временное совпадение таких событий, как ранний сход льда, ветреный май и завершение цикла мидиевой банки на ее мелководном участке, случается достаточно редко, поэтому современное поколение не помнит плохого выброса морских звезд.

Этим можно было бы и закончить, если бы в прессе не обсуждалась совершенно другая гипотеза, по которой гибель

¹ Луканин В. В., Наумов А. Д., Федяков В. В. Поселения мидий: постоянное население // Природа. 1990. № 11. С. 56—62.



Штормовой выброс 27 мая 1990 г. Хорошо видны морские звезды и вал водорослей.

Фото Д. Лайуса

звезд объясняется их отравлением промышленными отходами или токсическими веществами, попавшими в воду в результате той или иной аварии. К сходному выводу пришла и правительственная комиссия. Ее заключение основано на том, что в начале мая в тканях рыб, выловленных в районе Летнего берега, концентрация серосодержащих соединений была повышена. Однако в дальнейшем такое содержание ни в

морских животных, ни в воде не подтвердилось. Проведенные анализы показали лишь обычное для Белого моря загрязнение, вряд ли способное вызвать столь внезапную и массовую гибель гидробионтов. Ссылки на нестойкость ядовитых соединений не выдерживают критики, так как выбросы звезд продолжались приблизительно три недели. Что же касается других животных, а также растений, составлявших основную массу штормовых выбросов, то их количество обычно для погоды с ветрами такой силы и продолжительности.

Остается добавить только, что правительственная ко-

миссия, изучавшая аномальный штормовой выброс, пришла к выводу о необходимости создания на Белом море экологической службы быстрого реагирования. Это было бы весьма рационально, так как нет никакой гарантии, что нарастающее антропогенное воздействие не приведет к самым печальным последствиям. В Белое море сбрасываются промышленные отходы, не исключено и захоронение в нем боевых отравляющих веществ. В связи с этим необходим тщательный контроль за состоянием морских биоценозов, которые представляют собой весьма тонкий индикатор экологической обстановки.

Птицы на городских свалках

В. М. Константинов,
кандидат биологических наук
Москва

А. Н. Хохлов,
кандидат биологических наук
Ставрополь

СВАЛКИ промышленных и бытовых отходов, карьеры, пустыри по соседству с городами и другими населенными пунктами стали своеобразными биотопами, которые создал человек. Обилие пищи привлекает на свалки различных животных, особенно зимой, когда здесь теплее, чем в городе из-за постоянного тления мусора, и доступнее корм. В последние годы численность синантропных птиц, да и других животных, резко выросла. И это неудивительно, поскольку, например свалки крупных городов Центрального Черноземья ежедневно пополняются 5—10 т пищевых отходов (30 % от массы всего мусора). Только хлеба собирается до 350 кг, а в послепраздничные дни вдвое больше.

В первую очередь свалки осваивают падальщики и всеядные животные (по их численности, кстати, можно судить о степени утилизации и потерях биологической продукции в городах), из птиц быстрее других — чайки и врановые. Они кормятся здесь в течение всего года, но особенно многочисленны стаи собираются осенью и зимой, когда вывелись птицы. Так, на центральной свалке (150 га) Одессы в феврале 1986 г. кормилось 54 тыс. птиц, из них 36 тыс. чаек (озерная, сизая, серебристая), 12,5 тыс. грачей, ворон, сорок, галок и 5 тыс. скворцов¹.

При устойчивом снежном покрове зимой 1984/85 г. на

свалке Ставрополя одновременно кормилось 10—15 тыс. грачей, около 2,5 тыс. домовых и полевых воробьев, несколько десятков обыкновенных скворцов; врановых, преимущественно грачей, зимовало около 140 тыс. особей.

В последние годы в 8 раз увеличилось число врановых, кормящихся на свалках вокруг Москвы, которых в самом городе и его окрестностях более 100. По зимним учетам (1985—1987 гг.) со свалок, полей орошения, с животноводческих комплексов и звероферм на ночевку в столицу прилетало больше 800 тыс. ворон, галок, грачей². Самый многочисленный поток — около 16 тыс. врановых — направился в город с Люблинских полей орошения и свалок юго-восточной части города.

Большие стаи птиц слетаются ранним утром и насыщаются, никем и ничем не потревоженные. Когда на свалку приезжают мусоровозы, количество птиц существенно возрастает. Как на пашне за трактором, на свалке они следуют за бульдозером, который разравнивает и уплотняет мусор.

У разных видов птиц здесь своя кормовая тактика. В Ставрополе вороны и грачи первыми исследуют свежий мусор — разворачивают свертки бумаги, пакеты из-под молочных продуктов, полиэтиленовые мешки. Домовые и полевые воробьи держатся отдельной группой, и в холодные

дни кормятся преимущественно около огня, где сжигают мусор. Воробьи и скворцы, выбирая оттаявший корм, держатся на некотором расстоянии от ворон и грачей, ловко избегают и сорок. Чтобы не стать добычей врановых, мелким птицам приходится быть осторожными.

На свалке же воробьи остаются и на ночевку, забиваясь в кучи деревянной тары, железобетонных плит, в ближайшие заросли кустарников и прочей растительности. Врановые ночуют в пригородных лесах, парках, преодолевая ежедневно значительное расстояние.

В середине дня численность птиц на свалках уменьшается, и наступает некоторое затишье. Часть их отдыхает на ветвях деревьев, возвышениях и холмах. В разгар зимы после 15 час. число птиц снова увеличивается, и только в густых сумерках свалка пустеет. Зимние стаи, питающиеся на свалках Европейской части СССР, распадаются в марте — начале апреля, начинается гнездовой период.

Таким образом, городские свалки стали играть важную роль в жизни зимующих синантропных птиц. Их массовая концентрация в городах и питание отбросами — сравнительно новое явление, следствие не столько хозяйственной, сколько бесхозяйственной деятельности человека.

В самом деле, синантропные птицы повреждают линии радио- и электропередач, наносят немалый ущерб сельскохозяйственным полям, складам, загрязняют и разрушают архитектурные памятники, распространяют инфекционные заболевания, беспокоят окрестных жителей. Может ли допустить такое хороший хозяин?

¹ Кошелев А. И., Пересадько Л. В., Березовский В. И. Оценка значения Одесской городской свалки для зимующих птиц // Влияние антропогенной трансформации ландшафтов на население наземных позвоночных животных. М., 1987. Ч. 2. С. 103—108.

² Константинов В. М., Вахрушев А. А. О массовом учете врановых птиц в Москве // Фауна и экология наземных позвоночных животных на территориях с разной степенью антропогенного воздействия. М., 1985. С. 17—21.

Геологические спидометры

Н. Р. Хисина



Наталья Рафаиловна Хисина, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института геохимии и аналитической химии (ГЕОХИ) им. В. И. Вернадского АН СССР. Специалист в области кристаллохимии и генетической минералогии, одна из создателей методов геологической спидометрии.

В ЗАДАЧИ петрологов и минералогов входит реконструкция физико-химических условий образования горных пород и слагающих их минералов. На основе экспериментальных и теоретических данных о природных равновесиях минералов разработаны методы оценки температур геологических процессов и их давлений. Об этом не раз уже писали в «Природе»¹.

Важную информацию о генезисе минералов несут и скорости их остывания, для определения которых разработаны методы геологической спидометрии, основанные на интерпретации кристаллохимических данных с позиций термической истории минералов. Исследования такого рода вот уже более 20 лет ведутся в лаборатории кристаллохимии нашего института, в том числе и автором этой статьи.

А началось все с небольшой порции лунного грунта...

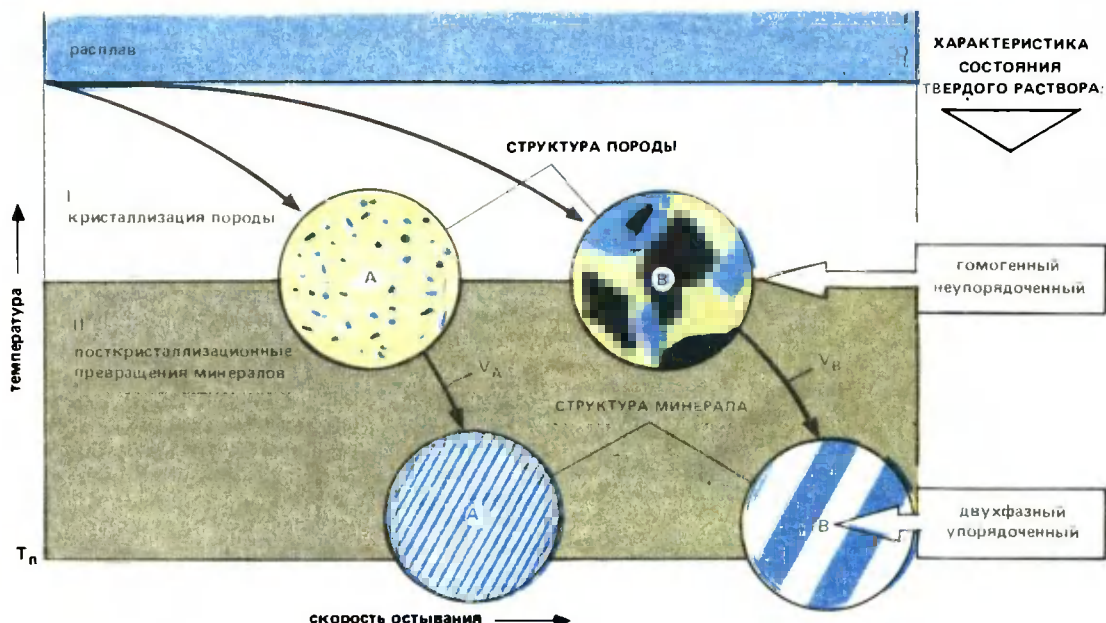
ЗАГАДКИ ЛУННОЙ ПЫЛИ

В 1970 г. автоматическая станция «Луна-16» доставила с поверхности Луны 101 г грунта, а точнее, пыли, поскольку максимальный размер частиц порядка 100 мкм, минимальный — меньше 1 мкм. Право на исследование лунного грунта получил ГЕОХИ АН СССР. Руководство взял на себя тогдашний директор института и вице-президент АН СССР А. П. Виноградов. Первые результаты предстояло доложить через месяц.

В институте начинается аврал. Все выходные в лабораториях отменены. Группа сотрудников, координирующих исследования и ответственных за разборку, сортировку, первичное описание и выдачу проб аналитикам, работает ежедневно до середины ночи. Потом дежурная машина развозит их по домам.

Многое вместило в себя то начало. Энтузиазм, близкий энтузиазму золотоискателей, вдохновленный таинственной красотой «лунного камня». У Коллинза и сохранив-

¹ См., например: Перчук Л. Л. Методы термометрии и барометрии в геологии // Природа. 1983. № 7. С. 88—97.



Две стадии формирования минералов при разных скоростях остывания. При быстром остывании (V_A) возникает мелкозернистая порода, минеральные составляющие которой отличаются относительно мелкими структурами распада и невысокой степенью упорядоченности, при медленном (V_B) — крупнозернистая порода с большим масштабом структур распада и большей упорядоченностью минеральных составляющих. T_n — пороговая температура, ниже которой посткристаллизационные превращения невозможны.

шийся несмотря на огорчительную невзрачность этих пылинок. Надежды на то, что именно следующие окажутся тем самым неизвестным науке «каменем», рождение которого невозможно в условиях Земли. Романтика исследований и техническая неоснащенность. Дикая спешка, азарт первооткрывателей и научная конъюнктура. Возможно, обо всем этом еще напишут. Но главное, то время было началом, точкой отсчета. И то, что теперь известно школьникам, тогда только предстояло узнать...

Лунная пыль (реголит) мощным чехлом покрывает низменные области лунной поверхности. Это было известно и до полета «Луны-16». Но как она образовалась, ведь земных аналогов у реголита нет? Что это: вулканический пепел — продукт невиданно мощной вулканической деятельности Луны — или же материал, образовавшийся при дроблении ее поверхности интенсивными метеоритными бомбардировками?

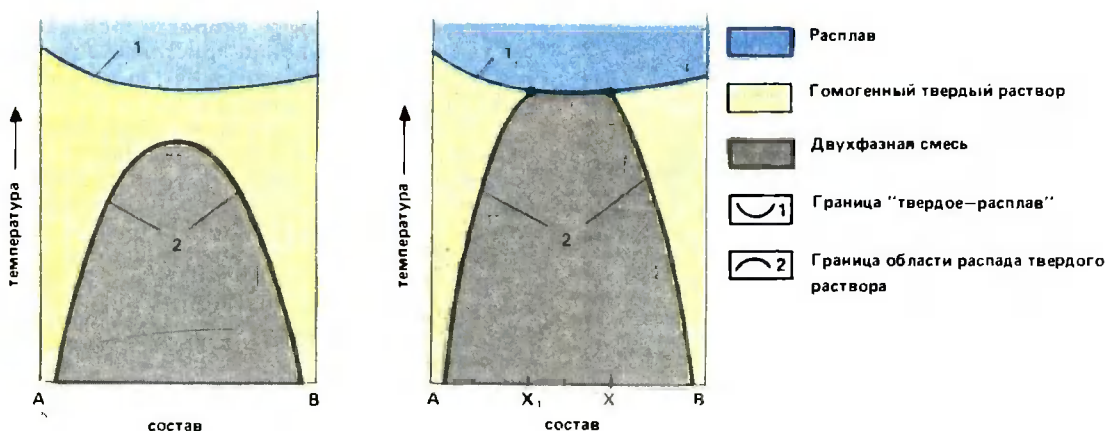
Верной оказалась гипотеза первых советских планетологов К. П. Флоренского, А. Т. Базилевского и их коллег: поверхность

Луны, не защищенная атмосферой, буквально перепажана метеоритными кратерами. Метеориты дробили, измельчали, плавили и снова дробили породы Луны, превращая их в реголит. Следовательно, лунная пыль — вторичное образование, результат переработки исходных пород. Что же это за породы?

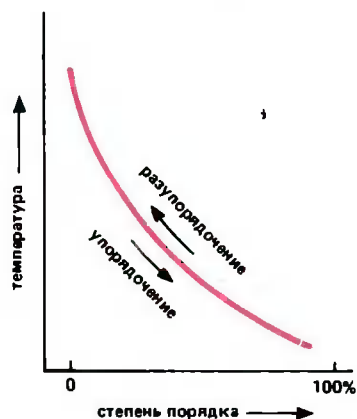
Понять это можно было, только сопоставляя лунную пыль с земными породами, т. е. решая обратную задачу.

На Земле набор породообразующих минералов не так уж широк. Это главным образом кварц (SiO_2), а также силикаты железа, магния, кальция, натрия и калия с примесью второстепенных элементов. От химического состава расплава, его объема и глубины локализации в земной толще зависят минеральный состав и структура кристаллизующейся горной породы. Так, породы, сформировавшиеся из родственных расплавов, сходны по составу, но в зависимости от глубины кристаллизации различаются по структуре: для глубинных пород (интрузивных, или плутонических) характерна крупнозернистая, а для кристаллизующихся из этого же расплава близ земной поверхности или на ней (эффузивных) — тонкозернистая структура.

Если имеются фрагменты земных пород А и В, то петрографическое их описание (форма и размер зерен, границы между ними, распределение примесей по разным минералам и т. д.) дает информацию об условиях образования каждой из них.



Фазовые диаграммы, показывающие зависимость меофазового распределения атомов при распаде природного твердого раствора от температуры (в условиях равновесия). Диаграмма с л е в а отвечает системе с неограниченной взаимной растворимостью компонентов А и В при температуре кристаллизации. Для системы, показанной с п р а в а, возможность кристаллизации твердых растворов ограничена составами А — X_1 и X_2 — В. В обеих системах с понижением температуры взаимная растворимость компонентов уменьшается.



Зависимость внутрифазового распределения атомов при распаде природного твердого раствора от температуры (в условиях равновесия). С понижением температуры упорядоченность в распределении разного рода атомов между позициями разного типа растет, при нагревании, — падает.

Ну а если породы А и В раздробить так, чтобы частицы после дробления стали меньше исходных зерен, перемешать, а затем отобрать из смеси отдельные зерна и их исследовать?

Здесь классические методы петрографии или минералогии уже не помогут решить, какие зерна прежде принадлежали породе А, а какие — породе В. Такой же механической смесью раздробленных (но неизвест-

но каких!) пород оказался реголит. Причем специфика объекта исключала обычный геологический подход к его исследованию. Отсутствие геологической привязки, непривычно малое количество вещества, уникальность каждой частицы размером в десятки микрометров — все заставляло искать новые пути к расшифровке геологической истории лунного вещества.

И они были найдены. Оказалось, что в некоторых характеристиках лунных минералов записана вся их биография от момента кристаллизации до того, как они стали пылинками реголита.

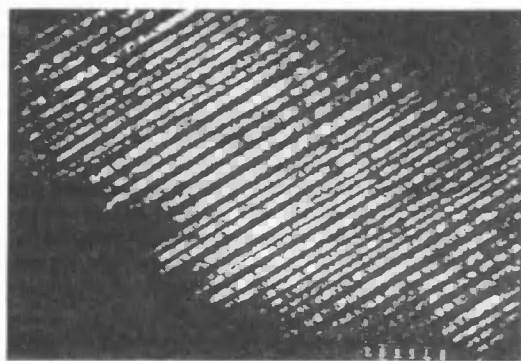
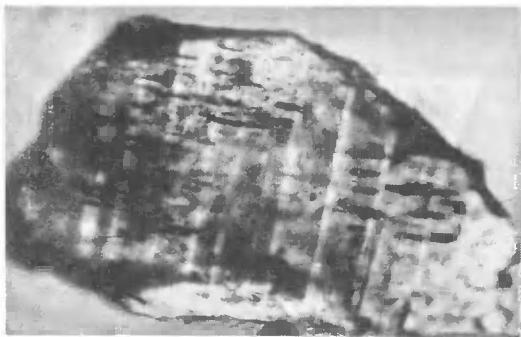
МИНЕРАЛЫ-ИНФОРМАТОРЫ

Жизнь минерала можно условно разделить на три периода. Первый — собственно кристаллизация, когда формирующийся минерал тесно взаимодействует с расплавом. Затвердевание расплава и кристаллизация из него минералов начинается при температурах выше 1000°C , причем для каждого минерального вида характерна своя температура начала и конца кристаллизации. И чем медленнее понижается температура, тем крупнее вырастают зерна.

Итак, размер кристаллов минерала в породе — функция скорости остывания расплава. Он может служить своего рода спидометром, показывающим, насколько быстро кристаллизовались породы. Однако такой спидометр полезен только при изучении быстро остывающих земных пород — базальтов и габбро и неприменим к реголиту, раздробленному на мономинеральные зерна и их фрагменты.

Чтобы понять особенности кристаллизации лунных базальтов², американские ис-

² Быстро излившиеся (эффузивные) породы Луны по аналогии с земными названы базальтами и габбро, хотя полного сходства между ними нет.



Структуры распада твердого раствора в клинопироксенах из реголита: светлые и темные пластинки соответствуют разным по составу фазам. Вверху — фрагмент медленно остывавшей породы (ширина светлых пластин ~ 20 мкм), внизу — быстро остывавшая порода (ширина светлых пластин $\sim 3 \cdot 10^{-2}$ мкм).

следователи провели лабораторные эксперименты, наблюдая за кристаллизацией небольших порций земных расплавов при разных скоростях остывания и сопоставляя структуру и зернистость образующихся пород с теми же характеристиками реголита. Оказалось, что лунные базальты кристаллизуются при скоростях остывания расплава 10^{-2} — 10^2 град/сут.

После кристаллизации минерала (расплав при этом может раскристаллизоваться полностью или частично) наступает посткристаллизационный этап его истории, который целиком определяется химическими и физическими процессами в твердом теле. Эволюцию минерала на этом этапе сопровождают фазовые и структурные превращения³, характер и степень которых зависят, с одной стороны, от особенностей состава и структуры самого минерала, а с другой — от тем-

пературы, давления и скорости остывания (от температуры в конце кристаллизации до температуры «замораживания» диффузионных процессов в минерале).

Особенно ярко такие превращения проявляются в минералах, представляющих собой твердые растворы. Именно они несут информацию о скоростях посткристаллизационного остывания и могут по праву называться геоспидометрами этого этапа, следующего за кристаллизацией минерала. К твердым растворам, кстати, относится большинство породообразующих минералов Луны (пироксены, оливины, полевые шпаты), что способствовало разработке методов геологической спидометрии в приложении к реолиту.

Твердый раствор, или изоморфная смесь, — это химическое соединение, в структуре которого атомы одного сорта замещаются атомами другого. Например, оливины с общей формулой $(\text{Fe}, \text{Mg}_{1-x})_2\text{SiO}_4$ могут менять состав от Fe_2SiO_4 (при $x=1$) до Mg_2SiO_4 (при $x=0$), образуя при этом непрерывный ряд твердых растворов. Оливины — типичный пример систем с неограниченной взаимной растворимостью компонентов при любых температурах — от температуры кристаллизации до комнатной. Другие минералы, например полевые шпаты, при температурах кристаллизации также образуют непрерывный ряд твердых растворов, но при более низких температурах их взаимная растворимость ограничена. Вообще, пределы взаимной растворимости компонентов в твердом растворе зависят от типа соединения, характера замещающих друг друга атомов и физико-химических параметров — давления и температуры.

Для методов геологической спидометрии наибольший интерес представляют системы с ограниченной взаимной растворимостью компонентов, поэтому остановимся на них подробнее. Для каждой из таких систем пределы растворимости можно изобразить линией сольвуса⁴ на равновесной фазовой диаграмме, построенной в координатах «температура — состав». Чем выше температура, тем шире пределы взаимной растворимости компонентов, и для некоторых минералов при температуре их кристаллизации (плавления) взаимная растворимость неограниченна. Такие минералы во всем диапазоне составов кристаллизуются в виде гомогенных твердых растворов.

В других системах полная взаимная

³ В дальнейшем фазовые и структурные превращения для краткости заменены термином «превращения».

⁴ Сольвус — граница на фазовой диаграмме между областью гомогенного твердого раствора и областью его распада на две фазы.

растворимость не достигается даже при температурах плавления, и возможность кристаллизации твердых растворов ограничена составами $A < X < X_1$ и $X_2 < X < B$. Дальнейшее понижение температуры при посткристаллизационном остывании сопровождается уменьшением взаимной растворимости компонентов, и гомогенный раствор распадается на две фазы (А и В), составы которых в условиях термодинамического равновесия зависят от температуры и определяются линией сольвуса. Твердый раствор как бы расслаивается: фаза А обогащается одним изоморфным компонентом, фаза В — другим. В результате образуются структуры распада, представляющие собой бесконечный «бутерброд» — чередование пластинчатых выделений фаз А и В.

Другой тип превращений, характерный для твердых растворов, — упорядочение изоморфных атомов. Если в кристаллической структуре твердого раствора больше одного типа позиций, в которых размещаются изоморфные атомы А и В, появляется возможность разного их размещения между типами, возникают эффекты «порядка — беспорядка». Полный «порядок» возникает, если один тип позиций заполняется только атомами А, а другой — атомами В. При полном «беспорядке» атомы обоих сортов распределяются между двумя типами позиций поровну.

Разумеется, полные «порядок» и «беспорядок» — крайние случаи, между которыми целый спектр состояний твердого раствора с разной степенью упорядоченности. В большинстве природных объектов реализуется некоторая промежуточная степень «порядка», причем с понижением температуры возрастает упорядоченность, а при нагревании идет процесс разупорядочения. Следовательно, при посткристаллизационном остывании твердого раствора должна возрастать степень упорядоченности в размещении изоморфных атомов.

Таким образом, кристаллизация приводит к образованию гомогенного неупорядоченного твердого раствора. Однако это состояние минерала не сохраняется в дальнейшем: при остывании после кристаллизации в нем образуются структуры распада, возрастает степень упорядоченности. Поэтому начальное и конечное состояния минерала различны. Изучая минерал, мы изучаем его конечное состояние, но в особенностях этого состояния зафиксирована и посткристаллизационная термическая история минерала. По степени превращений после кристаллизации можно, в частности, определить скорости его посткристаллизационного остывания. На этом и основан метод геоспидометрии.

КАК ИЗМЕРИТЬ СКОРОСТЬ ОСТЫВАНИЯ

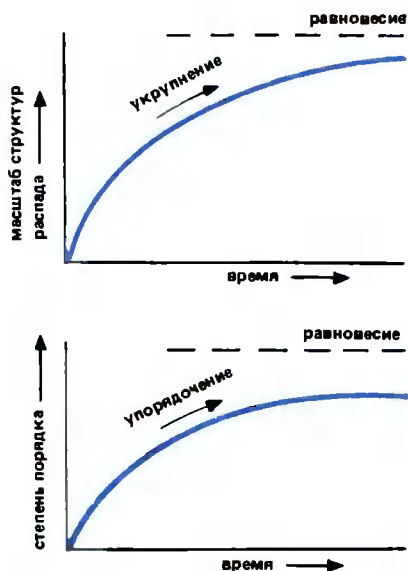
Итак, мы имеем данные о распаде и упорядоченности твердого раствора. Как на основе этих данных определить скорость посткристаллизационного остывания?

Дело в том, что распад твердого раствора и упорядочение изоморфных атомов — это процессы, определяемые диффузией атомов, так что для достижения равновесного состояния требуется определенное время, зависящее от скорости диффузии атомов в кристаллической структуре, температуры и энергии активации данного процесса.

Чем выше температура, тем выше скорости диффузии атомов и тем более короткое время требуется для достижения равновесия. Однако если исходное состояние твердого раствора очень близко к конечному (равновесному), скорости достижения равновесия становятся бесконечно малыми. Два этих конкурирующих обстоятельства приводят к тому, что данная степень посткристаллизационного превращения в минерале быстрее реализуется не при температуре равновесия, а при более низкой температуре. И вообще, чтобы превращение началось, должен сработать своеобразный спусковой механизм — системе нужно задать начальную энергию для преодоления энергетического барьера превращения — упомянутую энергию активации, величина которой зависит от типа и механизма превращения. Кинетика превращения данного типа определяется его механизмом и скоростью.

Для начала рассмотрим превращение в изотермических условиях. При распаде твердого раствора (если он протекает по механизму зарождения и роста фаз) образуются зародыши равновесных по составу фаз. Это начало процесса. В дальнейшем фазы «укрупняются» без изменения состава каждой из них. Зависимость кинетики изотермического распада от температуры легко представить в виде серии изолиний. Аналогичным образом можно проиллюстрировать и кинетику изотермического процесса упорядочения атомов.

Теперь перейдем к превращениям твердых растворов, которые осуществляются не в изотермических условиях, а при непрерывном остывании. Понятно, что если скорости остывания во всем диапазоне температур окажутся меньше скоростей превращения, результатом будет такое состояние твердого раствора, которое соответствует равновесию при минимальных (пороговых) температурах превращения. Такое состояние характеризуется наибольшей упорядочен-

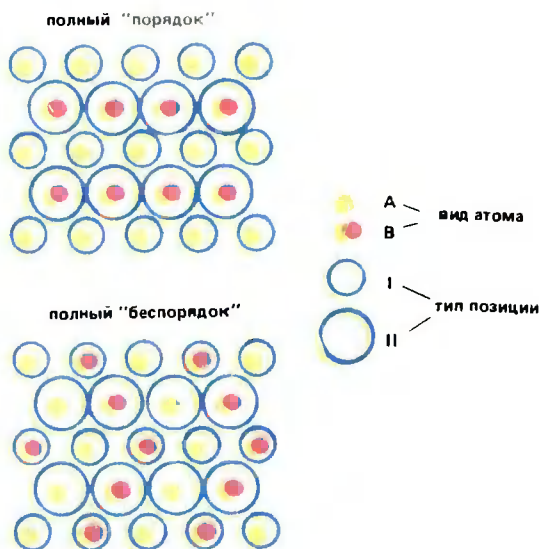


Кинетика превращения твердого раствора при нагревании с постоянной температурой. По мере приближения к равновесному состоянию структуры распада становятся крупнее (в в е р х у), увеличивается упорядоченность в распределении изоморфных атомов между разными структурными позициями.

ностью атомов и образованием крупных (десятки микрометров) структур распада. Составы фаз распада при остывании меняются в соответствии с линией сольвуса на фазовой диаграмме, оставаясь равновесными при любой температуре. Конечные составы образовавшихся при распаде фаз отвечают равновесию при пороговых температурах и определяются на фазовой диаграмме точками сольвуса, соответствующими этим температурам.

Если же посткристаллизационное остывание протекает настолько быстро, что скорость его оказывается больше скорости достижения равновесия в данном превращении, то в минерале фиксируется некоторое промежуточное состояние. В этом случае температура «замораживания» процесса превращения оказывается выше пороговой температур.

Зная кинетические характеристики такого превращения, можно рассчитать время достижения равновесия при данной температуре (изотермический процесс), а затем определить скорость посткристаллизационного остывания, при котором в минерале зафиксировалась данная степень превращения. Эту задачу можно решить расчетным



Расположение двух видов атомов в кристаллической структуре с двумя типами атомных позиций. При максимальной упорядоченности (в в е р х у) позицию I занимают только атомы А, а позицию II — только атомы В. При полном «беспорядке» половина атомов А находится в позиции I, а половина — в позиции II (это относится и к атомам В).

путем, используя кинетические уравнения при известных значениях кинетических параметров, или экспериментально, охлаждая минерал с заданной скоростью и определяя затем степень превращения: масштаб и состав структур распада, степень упорядочения атомов. Такие исследования проведены для пироксенов, полевых шпатов и амфиболов.

Применяя эти данные к изучению соответствующего природного объекта с известной «термической историей», можно решить обратную задачу — установить, при каких скоростях посткристаллизационного остывания могла зафиксироваться имеющаяся в минерале степень превращения. Собственно, в решении этой задачи и заключается геоспидометрия по скоростям посткристаллизационного остывания.

НЕ СЛЕДУЕТ УПРОЩАТЬ

Благодаря огромной продолжительности жизни минерала — от начала его кристаллизации и до момента, когда он становится объектом исследования, а также из-за сложности геологических процессов его термическая история обычно не ограничивается одним этапом. Уже после кристал-

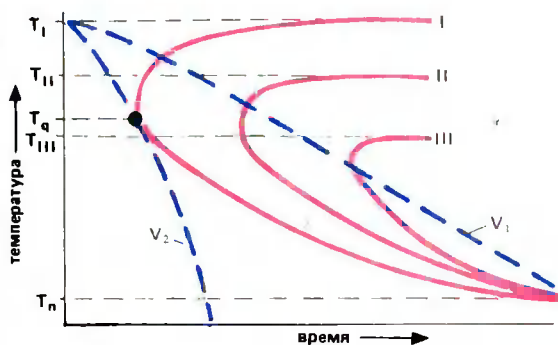
лизации, после полного или частичного его остывания на минерал могут воздействовать новые геологические процессы, которые принято называть наложенными. Такие процессы (метаморфизм, метасоматоз, гипергенные изменения) широко развиты в земной коре и сопряжены с повторным разогревом или замедлением скорости остывания пород. Повторный разогрев может частично или полностью стереть запись первичной термической истории минерала, так как при нагревании идут обратные превращения: структуры распада гомогенизируются, атомы упорядочиваются и т. д. Возможна даже полная перекристаллизация породы, после чего термическая история минералов пишется заново.

Наложённые процессы протекают не только на Земле, но и на Луне и других космических телах, лишенных атмосферы. Но там их природа совершенно иная. Метеоритная бомбардировка, вызывающая дробление пород, сопровождается их разогревом, степень которого зависит от масштаба ударного события. Причем параметры наложенной термической истории определяется не только силой ударного воздействия (и прежде всего степенью нагрева), но и тем, куда минерал будет «заброшен» в результате удара. Если он окажется на поверхности лишённой атмосферы космического тела, его ждет быстрое остывание — «закалка», если же будет погребен в толще выбросов, может медленно остывать, подобно интрузивным породам Земли.

Сила ударного воздействия крупных метеоритов настолько велика, что при их падении коренные породы плавятся — образуются так называемые ударные расплавы. Понятно, что в таком расплаве первичная информация о породе стирается. Но даже если температура плавления не будет достигнута, минерал все равно зафиксирует его вторичную термическую историю, наложившуюся на не полностью стертую запись посткристаллизационного остывания коренной породы. Расшифровать и разделить разные этапы термической истории минерала непросто. И все же в некоторых случаях это удается.

ГЕОСПИДОМЕТРЫ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Впервые такие геоспидометры были разработаны при изучении лунного грунта. Их применение позволило выявить гетерогенность источников вещества реголита. Оказалось, что в пробе грунта, доставленного станцией «Луна-20», присутствуют как пирок-



Зависимость времени твердофазового превращения в минерале от температуры. Каждая изотерма соответствует определенной степени превращения (например, состояние минерала, характеризующееся степенью превращения I, отвечает равновесию при T_I и т. д.). С понижением температуры основные характеристики степени превращения — масштаб структур распада и упорядоченность атомов — возрастают. При медленном остывании твердого раствора (со скоростью V_1) равновесное состояние достигается при пороговой температуре T_n . При быстром остывании (V_2) в минерале фиксируется промежуточное равновесие, соответствующее более высокой температуре T_q .

сены с чертами эффузивного происхождения (быстрое остывание), так и медленно остывавшие пироксены интрузивных пород.

Для первой группы характерен масштаб структур распада от нескольких десятков до нескольких сотен нанометров при составе фаз, соответствующем «закалке» при температуре около 1050—1100 °C. В пироксенах второй группы развиты структуры распада размером в десятки микрометров, а состав фаз соответствует равновесию при пороговых температурах распада (ниже 900 °C). Скорости остывания пироксенов первой группы — 10^1 — 10^2 град/ч, второй — 10^{-2} — 10^{-6} град/ч.

В месте посадки «Луны-20» преобладали медленно остывавшие породы, компонентами которых как раз и являются пироксены второй группы. Присутствие в пробе лунного грунта пироксенов из быстро остывавших пород может быть связано с ее «загрязнением» фрагментами пород из расположенных в стороне областей морского вулканизма. Эти данные свидетельствуют об интенсивной ударной переработке лунных пород, дроблении, перемешивании и перемещении реголита.

Методы геоспидометрии использовались при исследовании не только реголита, но и обломков лунных базальтов, доставленных американскими космическими кораблями серии «Аполлон». Параметры фазового и структурного состояний пироксенов этих пород дали информацию как о скоростях

посткристаллизационного остывания базальтов, так и о температурах их излияния на поверхность Луны. Более того, удалось разделить термическую субсолидусную историю лунных базальтов на два этапа и охарактеризовать каждый из них по скоростям остывания. Первый этап (так называемый доэруптивный) — время между кристаллизацией пироксена на глубине и последующим излиянием на поверхности. Второй (постэруптивный) — остывание пироксена в эффузивной толще.

Интересные результаты получены при изучении методами геоспидометрии метеоритов, в частности эвкритов, которые представляют собой разновидность ахондритовых метеоритов и близки по составу и структуре к базальтам. Эвкриты — наиболее древние из известных базальтов: согласно изотопным данным, со времени их кристаллизации прошло $4,54 \pm 0,02$ млрд. лет.

Принято было считать, что родительское тело (или тела) эвкритов имело планетарные размеры. Частичная дифференциация вещества внутри такого тела могла привести к формированию коры, которая рассматривается как источник вещества эвкритов. Остывание вещества эвкритов после его консолидации определялось режимом остывания самого родительского тела. В этой связи все вариации состава и структуры минералов в ахондритах интерпретировались в рамках модели одностадийной термической истории.

Однако недавние исследования пироксенов из эвкритовой брекчии Ветлуга и аналогичные данные по другим эвкритам показывают резкое несоответствие скоростей остывания пироксенов при их кристаллизации и в ходе посткристаллизационных процессов. Разница в скоростях составляет четыре порядка. Эти факты необъяснимы в рамках одностадийной термической истории эвкритов и заставляют предположить, что на каком-то ее этапе имел место длительный отжиг или повторный нагрев. Такая модель двухстадийной термической истории эвкритов подтверждается и изотопными данными.

Интересно, что в ряду эвкритов из метеоритных брекчий Ветлуга Juvinas — N. Loredo — Stappern закономерно меняется ряд характеристик: возрастают скорости кристаллизационного и посткристаллизационного остывания, а также степень восстановления элементов.

В целом обобщение данных, полученных методом геоспидометрии, позволило предложить следующую модель термической истории эвкритов: $4,44 \pm 0,54$ млрд. лет назад произошла консолидация вещества и

его кристаллизация в условиях быстрого остывания ($0,1—100$ град/ч), а $3,5—3,6$ млрд. лет назад имело место крупное ударное событие, сопровождавшееся относительно долгим разогревом пород родительского тела и приведшее к гомогенизации пироксенов, частичному восстановлению Ti^{4+} и Cr^{3+} , потере первичного радиогенного аргона. Последующее остывание происходило медленно ($10^{-2}—10^{-6}$ град/год), и в результате в пироксенах образовались крупные структуры распада твердого раствора. Повторный разогрев и последующее медленное остывание можно объяснить тем, что вследствие ударного воздействия породы эвкритов оказались погребены под мощными слоями ударных выбросов или расплавов, так что на второй стадии они остывали как плутонические породы.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Рожденный в период «лунного бума» и предназначенный для реконструкции термического прошлого лунных пород метод геоспидометрии получил развитие при исследовании земных пород. Он оказался полезен при изучении режимов остывания геологических тел, закалочных эффектов, при оценке температур подводного вулканизма.

Для геоспидометров на Земле используют полевые шпаты, титаномагнетиты, амфиболы, ромбические пироксены. Однако если сравнивать земные и лунные клинопироксены — самые популярные в геоспидометрии, то полной аналогии между ними нет. Химический состав клинопироксенов из лунных эффузивов оказывается «запрещенным» для клинопироксенов из земных базальтов, поэтому последние лишены структур распада и не могут дать информацию о скоростях субсолидусного остывания. Морфологические же характеристики распада земных клинопироксенов из медленно остывающих пород оказались очень далеки от тех, что обнаружены в лунных клинопироксенах, но имеют много общего со структурами распада в клинопироксенах из метеоритов.

Метод геоспидометрии, в основе которого лежат характеристики фазового и структурного состояний минералов, не вполне заслуженно носит приставку «гео». Своим рождением он, как уже отмечалось, обязан лунным минералам, да и применение его не ограничивается Луной и Землей. Будущее метода геологической спидометрии может быть связано с изучением вещества любых планет, имеющих твердую оболочку типа земной коры. Первый на очереди — Марс.

Биологический смысл радиационной устойчивости

Б. И. Сарапульцев, С. А. Гераськин

«Если кто-нибудь предложит более прекрасное объяснение сути вещей, мы будем приветствовать его не как соперника, но как друга правды».

Платон. «Тимей»



Борис Игоревич Сарапульцев, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории радиационной генетики Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной радиологии, директор Научно-исследовательского радиационно-генетического центра. Автор более 80 научных публикаций по радиобиологии, генетике, теории эволюции.

Станислав Алексеевич Гераськин, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник той же лаборатории. Автор более 30 научных работ. Область научных интересов — математические методы анализа биологических систем, радиобиология, теория эволюции.

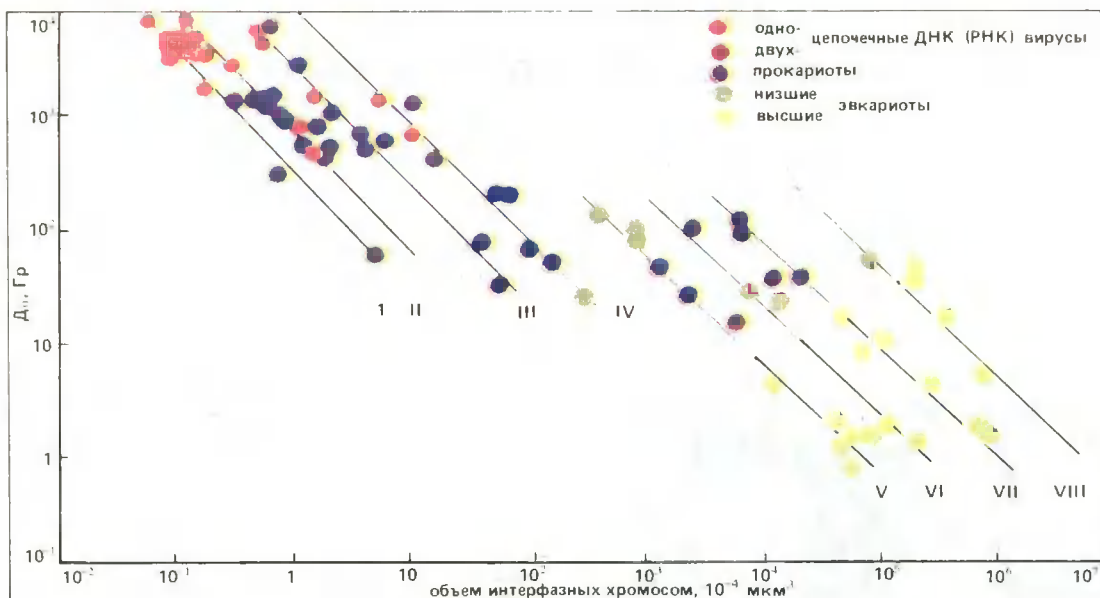
ИСТОЧНИКИ ионизирующих излучений стали серьезным фактором загрязнения окружающей среды — развивается атомная энергетика, внедряются радиационные технологии в промышленности и сельском хозяйстве. В результате растет техногенная составляющая радиационного фона биосферы, что в будущем может грозить непоправимыми потерями наиболее радиочувствительных видов живых организмов. Аварии на объектах атомной энергетики резко обострили интерес к проблеме радиационной устойчивости не только в среде профессионалов, занимающихся изучением механизма биологического действия ионизирующих излучений, но и у широкой общественности.

Что же представляет собой радиационная устойчивость организмов, каков механизм ее возникновения и истинное предназначение этого удивительного свойства живых систем? Является ли устойчивость к действию ионизирующих излучений лишь любопытным лабораторным феноменом или это одна из фундаментальных характеристик живых самовоспроизводящихся систем? Попробуем ответить на эти вопросы.

ПАРАДОКС ФЕНОМЕНА РАДИАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

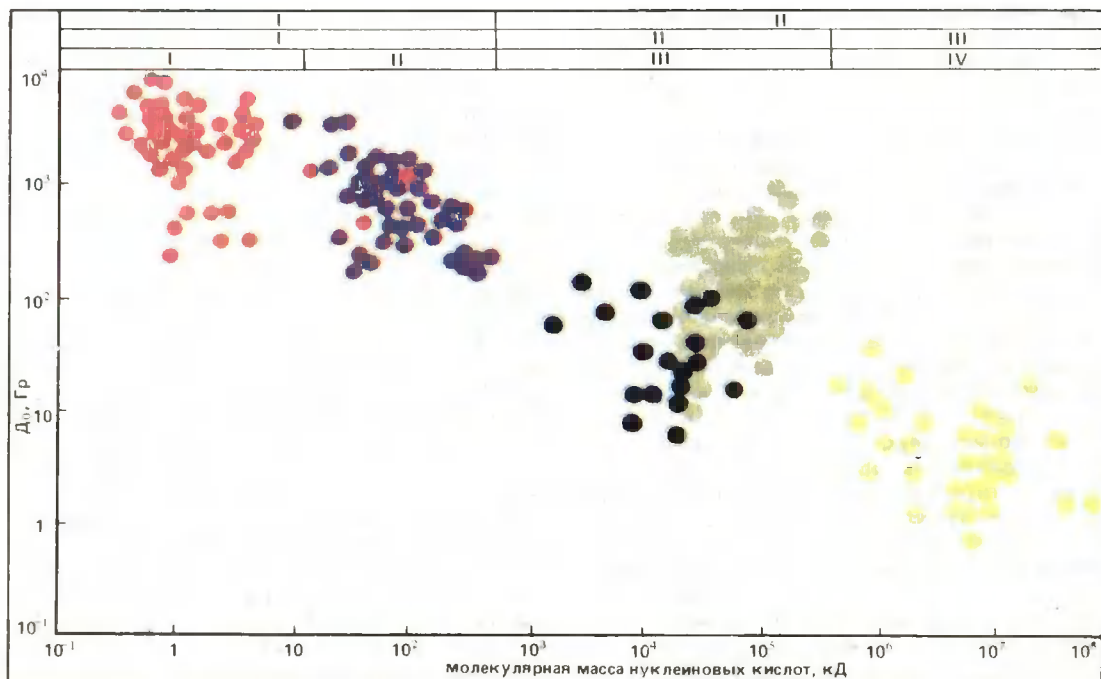
Радиационная устойчивость, обычно измеряемая дозами ионизирующих излучений, приводящими к 37 %-ной (D_0) или 50 %-ной (LD_{50}) гибели облученных организмов, экспериментально определена для представителей почти всех известных таксономических групп и меняется от 10^1 Гр (простейшие вирусы) до 1 Гр (клетки высших эвкариот). Однако при интерпретации этой обширнейшей радиобиологической информации упускается из виду один очень важный аспект: она получена не путем регистрации ответных реакций организмов в естественной среде обитания, а в лабораторных экспериментах с применением искусственных источников ионизирующих излучений, мощности которых в десятки и сотни миллиардов раз превосходят уровень естественного радиационного фона (ЕРФ) биосферы (10^{-7} Гр/ч).

Потому естествен вопрос: какую же характеристику организмов регистрируют радиобиологи, обозначая ее термином «радиорезистентность»? Может быть, это результат включения в экстремальных условиях ост-



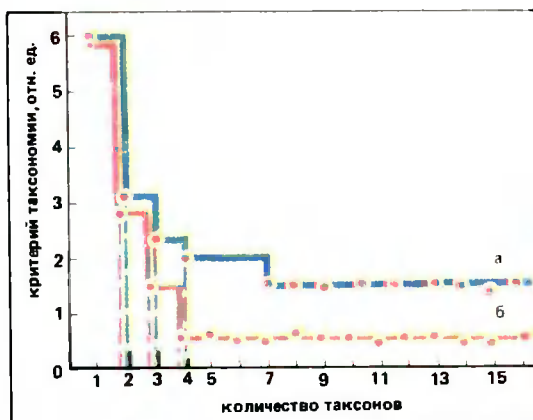
Радиорезистентность (D_0) и объем интерфазных хромосом 79 организмов [А. Спэрроу, 1967]. Очевидно несовершенство классификации, в которой выделено восемь радиотаксонов (обозначены римскими цифрами), так как организмы с одинаковым типом генома попали в несколько радиотаксонов, а организмы с принципиально разной его организацией оказались в одном. Цветовое обозначение организмов с разным типом генома дано авторами статьи.

Радиорезистентность (D_0) и масса нуклеиновых кислот в геноме 203 биологических объектов. По результатам компьютерной классификации выборку можно разделить на два, три или четыре радиотаксона, причем любое деление отражает качественные различия в структуре генома, т. е. имеет ясный биологический смысл. (Обозначения радиотаксонов и организмов те же, что на рис. сверху).



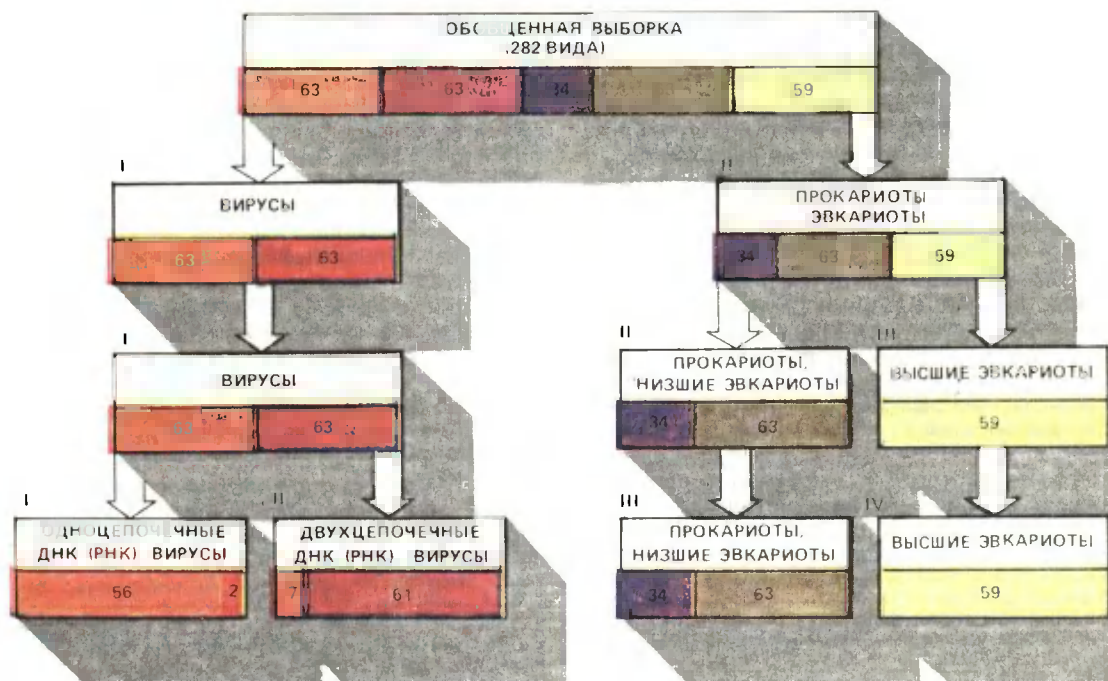
рого эксперимента некой рудиментарной защитной системы, сформировавшейся при адаптации организмов к аномально высокой радиации на ранних этапах зарождения жизни на Земле и не проявляющейся в фенотипе в современных условиях? Но увы! Даже если предположить, что ЕРФ на поверхности Земли бывал в 100 раз выше нынешнего, а в некоторые геологические эпохи случались радиационные катастрофы, это не даст ответа на вопрос. Действительно, поглощенные за клеточный цикл дозы радиации (10^{-3} — 10^{-7} Гр) не идут ни в какое сравнение с дозами, которые могли бы приводить к гибели (и обеспечить отрицательный отбор) даже наиболее радиочувствительных представителей вирусов (10^3 Гр), бактерий (10^2 Гр), дрожжей (10 Гр) и клеток высших эвкариот (1 Гр).

Но допустим — вопреки всем известным фактам, — что в какую-либо геологическую эпоху все же существовали фантастически высокие (в 10^7 и более раз превосходящие ныне регистрируемые уровни ЕРФ) радиационные нагрузки и под их действием сформировались адекватные системы радиостойчивости. Почему же тогда современные организмы не спешат избавиться от «балласта» ставшей бесполезной системы радиационной защиты? Ведь по крайней мере последние 500 млн. лет уровень ЕРФ на планете существенно не менялся (его можно



количество таксонов, выделяемых методом компьютерной классификации выборки Спэрроу [а] и авторов [б]. Выделение более четырех таксонов не оправдано ни в той, ни в другой выборке, хотя в первой выборке и выделяются семь таксонов, но только по внутреннему критерию качества классификации, внешним критерием такое выделение не подтверждается.

Распределение 282 видов организмов обобщенной выборки [79 из выборки Спэрроу и 203 — авторской] по радиотаксонам при двух-, трех- и четырехкластерных моделях. Цветовое изображение типов структурной организации геномов то же, что на с. 42.



рассматривать как одну из важнейших констант биосферы). За этот немалый даже в геологическом исчислении срок неоднократно менялись типы флоры и фауны, и тем не менее любой их современный представитель характеризуется чрезвычайно высокой (и бесполезной?!) радиационной устойчивостью. Абсурдность этого очевидна. Ситуация равносильна тому, что в настоящее время существуют организмы, сохраняющие жизнеспособность при температурах в десятки и сотни миллионов градусов, которую они приобрели при адаптации к условиям формирования земной коры, когда планета была раскаленным шаром. Значит, радиорезистентность не обусловлена рудиментарной системой защиты от аномально высокой радиации прошлых эпох.

Тогда, может быть, это проявление универсальной системы, обеспечивающей защиту организма от всего спектра повреждающих факторов окружающей среды? Такую версию разделяет большинство биологов, но и она не выдерживает серьезной критики. Действительно, если допустить, что радиорезистентность есть элемент неспецифической устойчивости, то организмы должны быть примерно одинаково стойки и к радиации, и к другим повреждающим агентам. Однако в природе такая закономерность отсутствует. Например, среди хвойных — наиболее чувствительных к ионизирующему излучению высших растений — виды, обитающие в разных климатических зонах, отличаются степенью устойчивости к отрицательным температурам (морозостойкие пихты, ель, сосна и теплолюбивый кипарис), а огромное большинство радиоустойчивых видов растений более (чем, скажем, пихта или ель) чувствительны к низким температурам.

Заметим, что в исследованной нами мировой коллекции пшеницы Всесоюзного научно-исследовательского института растениеводства им. Н. И. Вавилова мы не выявили каких-либо корреляций радиорезистентности сортов с их продуктивностью, регионом возделывания, устойчивостью к различным заболеваниям и вредителям. Не удивительно, что и среди новых сортов, проходящих государственные испытания и характеризующихся повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам среды, встречаются сорта с высоким, средним и низким уровнями радиорезистентности¹.

Подчеркнем, что механизмы биологического действия ионизирующих излучений

и большинства других экстремальных факторов принципиально различны. Некоторым сходством обладает лишь специфический класс химических соединений, используемых в качестве мутагенов, но это не меняет общей картины, ибо жизнь на планете формировалась в «экологически чистых» условиях, когда таких искусственных мутагенов не существовало. Иными словами, если а priori, еще до действия отбора, существовала некая универсальная система защиты организма от разнообразных повреждающих агентов, включая ионизирующие излучения, ее происхождение можно объяснить только божественным промыслом. Следовательно, регистрируемые в экспериментах уровни радиорезистентности — это и не результат отбора устойчивых к действию ЕРФ генотипов, и не проявление неспецифической устойчивости к повреждающим агентам. Не напоминает ли радиорезистентность знаменитую улыбку Чеширского Кота, появляющуюся отдельно от ее обладателя?

Гармония и удивительная взаимодополняемость, которые мы ежедневно наблюдаем в живой природе, — результат действия естественного отбора, миллионы лет «шлифовавшего» систему прямых и обратных связей между живыми существами и окружающей средой. Естественный отбор осуществляется в ходе взаимодействия генотипа со средой, а факторы внешней среды определяют его направленность. Этот тезис блестяще подтвержден В. И. Корогодиным с соавторами, показавшими, что гены, интенсивно работающие в данных условиях, чаще мутируют, давая обильный материал для отбора, нежели молчащие гены². С этих позиций особенно очевидна парадоксальность феномена радиационной устойчивости организмов: весьма сложные системы радиорезистентности, позволяющие восстанавливать жизнеспособность клеток после облучения дозами, в миллиарды раз превышающими ЕРФ биосферы, не могли возникнуть и сохраниться в ходе эволюции.

Если это не просто любопытный лабораторный феномен, то, возможно, радиобиологам действительно повезло иметь дело с одной из фундаментальных и до настоящего времени не понятых характеристик живых самовоспроизводящихся систем? Ответ на столь интригующий вопрос может дать понимание причин и механизмов формирования радиоустойчивости в процессе прогрессивной эволюции. Поскольку

¹ Корнеев Н. А., Сарапульцев Б. И., Моргунова Е. А. и др. // Радиобиология. 1985. Т. 25. № 6. С. 768—773.

² Корогодина В. И., Корогодина В. Л., Файс и Ч. Функциональная концепция мутагенеза // Природа. 1990. № 2. С. 5—12.

ку устойчивость организмов к действию высоких доз радиации не является прямым результатом естественного отбора, она может быть связана прежде всего с обеспечением устойчивой работы самих генетических систем. Если радиорезистентность отнести к фундаментальным характеристикам генетического аппарата, то распределение организмов по ее уровням не может быть случайным, а должно отражать основные этапы совершенствования систем надежности генома в ходе эволюции.

ПРОБЛЕМЫ РАДИАЦИОННОЙ ТАКСОНОМИИ

В основе современных представлений о действии ионизирующих излучений на биологические объекты лежат принципы попадания и мишени, исходящие из квантового и вероятностного характера поражения критических структур клетки. После того как была доказана ведущая роль ядра в процессах радиационной гибели клеток, стало ясно, что поиск соответствующих «мишеней» можно ограничить внутриядерными элементарными структурами. В соответствии с этой концепцией клетки с крупным ядром при прочих равных условиях должны быть более радиочувствительными, чем клетки с небольшим ядром.

В 1963 г. М. Терзи, а затем Г. С. Каплан и Л. Е. Мозес (1964) обнаружили корреляцию между уровнем радиорезистентности вирусов, бактерий, дрожжей, клеток растений и животных и содержанием в них нуклеиновых кислот. Оказалось, что все биологические объекты распределяются по группам: I — вирусы с одноцепочечной РНК или ДНК; II—III — вирусы с двухцепочечной ДНК, бактерии и гаплоидные дрожжи; IV — полиплоидные дрожжи и клетки высших организмов.

В дальнейшем А. Спэрроу, исследуя зависимость радиорезистентности (D_{01}) от объема интерфазных хромосом (интерфаза — часть клеточного цикла между двумя последовательными митозами), разделил выборку из 79 организмов на 8 групп, названных им радиотаксонами³. Однако в один и тот же радиотаксон попали организмы, принципиально различающиеся структурной организацией генома (например, вирусы, бактерии и дрожжи объединены в радиотаксон IV, а бактерии, дрожжи и клетки млекопитающих — в радиотаксон V). Напротив, сходные по генетической организации формы зача-

стую оказывались в разных радиотаксонах (разные штаммы *Escherichia coli* попали сразу в четыре радиотаксона: с IV по VII). В результате Спэрроу сделал вывод, что радиационная таксономия не имеет никакого отношения к биологической классификации видов и не отражает их филогенетических связей. Тем не менее идея радиационной таксономии не угасла.

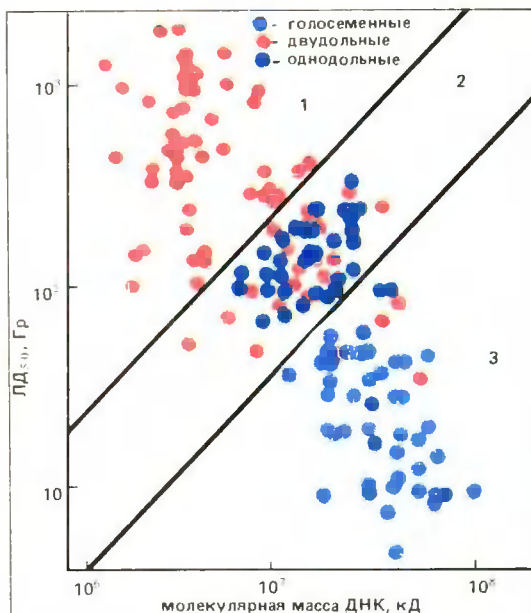
М. И. Шальнов на основе литературных данных о содержании нуклеиновых кислот, структурно-функциональной организации генома и радиорезистентности 112 организмов предложил выделять шесть радиотаксонов⁴. Принципиально они соответствовали эволюционным изменениям структуры генома, и Шальнов отметил, что Спэрроу поторопился с высказыванием о том, что радиотаксономия не имеет отношения к общеприкладной таксономии. Затем В. И. Корогодин, исключив из рассмотрения полиплоидные формы растений и мультиядерных простейших, выделил четыре радиотаксона⁵. Каждый из них достаточно четко соответствовал одному из типов структурной организации генетических систем: вирусы с одноцепочечными РНК или ДНК составили радиотаксон 1, крупные вирусы с двухцепочечными молекулами ДНК и бактерии — радиотаксон 2, эвкарियोты с гаплоидным набором хромосом в клетках — радиотаксон 3 и с диплоидным — радиотаксон 4.

Итак, получившие широкий резонанс в радиобиологии результаты радиационной таксономии не совпадали, разные авторы выделяли разное количество радиотаксонов — от трех (Каплан, Мозес) и четырех (Терзи и Корогодин) до шести (Шальнов) и даже восьми (Спэрроу). Это свидетельствовало, по меньшей мере, о субъективности использованных критериев. В самом деле, число радиотаксонов определялось в соответствии с разделяемой автором содержательной биологической концепцией, у каждого своей. Иными словами, поскольку критерий не был явно связан с изучаемой выборкой, основанная на нем классификация неизбежно оказывалась субъективной. Это стало причиной качественных различий в интерпретации результатов, что поставило под сомнение сам факт реального существования дискретных групп организмов со сходным уровнем радиорезистентности (радиотаксонов) и не позволило приблизиться к пониманию

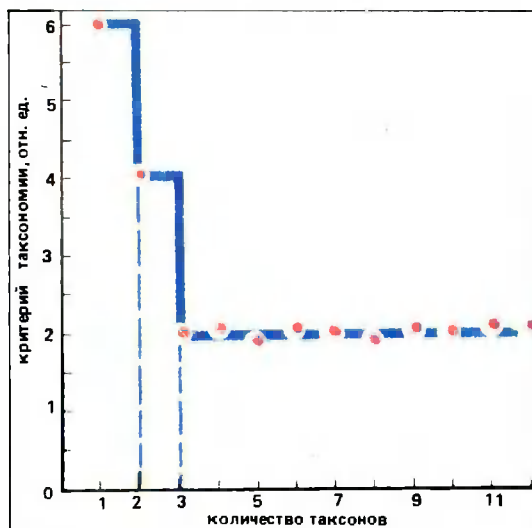
³ Шальнов М. И. // Радиобиология. 1977. Т. 17. № 5. С. 652—671.

⁴ Корогодин В. И. Кариотаксоны, надежность генома и прогрессивная биологическая эволюция // Природа. 1985. № 2. С. 3—14.

⁵ Sparrow A. H., Underbrink A. G., Sparrow R. C. // Radiat. Research. 1967. V. 32. P. 915—945.



Радиорезистентность семян ($ЛД_{50}$) и масса ДНК в геномах 149 представителей 99 видов высших растений. Голосеменные с их наименьшей радиостойкостью и крупным геномом образуют таксон 3, в который, однако, попадают некоторые наиболее древние представители двудольных и однодольных. Таксон 2 оказался довольно разнородным: при беспорном преобладании однодольных он содержит также и двудольные растения. Эволюционно молодые двудольные формируют таксон 1.



Количество выделенных таксонов при классификации 99 видов высших растений. По изменению критерия таксономии выборку можно разделить на два или три таксона.

биологической сущности феномена радиостойкости организмов.

Чтобы избежать субъективности в определении количества выделяемых радиотаксонов, мы воспользовались методом автоматической компьютерной классификации. Его методические аспекты подробно изложены в наших специальных публикациях, и любознательный читатель может ознакомиться с ними⁶. Здесь же мы введем лишь определения критериев таксономии, ибо они необходимы для дальнейшего изложения результатов классификации и их интерпретации. Классификационные решения оценивались по характеру изменения нормированной дисперсии внутри таксона (внутренний критерий). Внешним критерием качества, или критерием непротиворечивости, служило совпадение результатов классификации двух независимых выборок. Полученные решения тем точнее описывают структуру взаимосвязей исследуемых объектов, чем меньше величина нормированной дисперсии внутри таксона. Из решений, объясняющих равную долю дисперсии выборки, мы оставляли одно — с наименьшим числом таксонов.

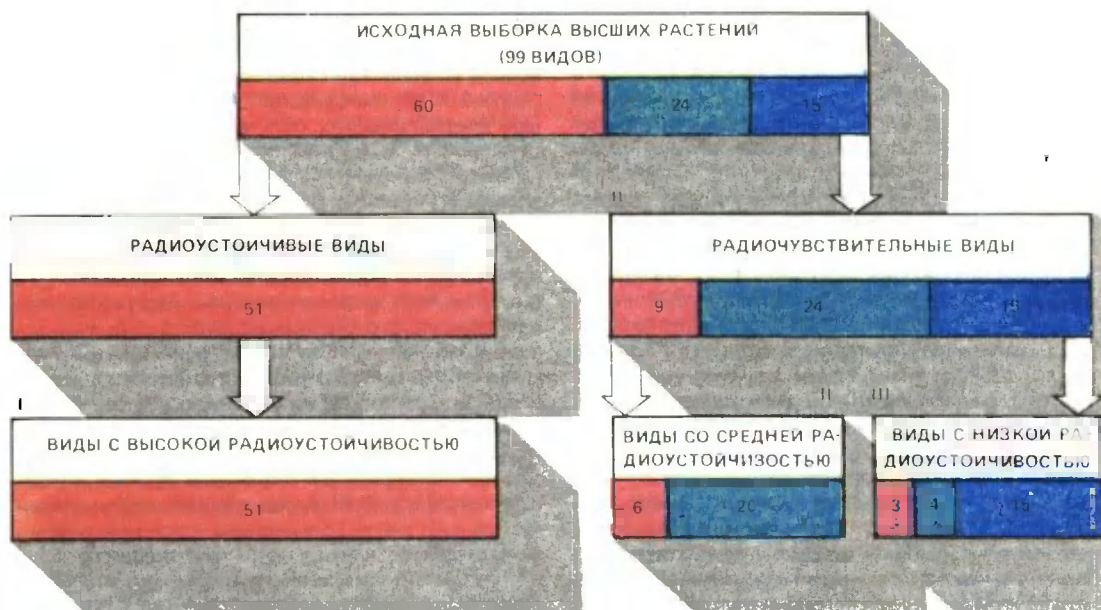
ИЕРАРХИЯ РАДИОТАКСОНОВ И ЭВОЛЮЦИЯ ГЕНОМА

Методом автоматической классификации мы проанализировали выборку Спэрроу и свою собственную, сформированную по литературным данным, в которую вошли 203 организма — от вирусов и бактерий до клеток высших эукариот.

Обнаружилось, что существуют несколько поддающихся интерпретации решений в виде двух, трех и четырех радиотаксонов, причем каждый удовлетворяет внутреннему и внешнему критериям качества классификации. Если выборку Спэрроу анализировать только по изменению внутреннего критерия, выделяется еще одно решение — в виде семи радиотаксонов. Однако такая классификация не подтвердилась внешним критерием и была, видимо, обусловлена относительно небольшим размером анализируемой выборки или специфичным подбором ее объектов. Предложенное же Спэрроу распределение организмов по восьми радиотаксонам не подтвердилось ни количественно, ни качественно, оно полностью противоречило и внутреннему, и внешнему критериям классификации.

В то же время полученные нами кластерные решения имеют ясный биологиче-

⁶ Сарапульцев Б. И., Гераськин С. А. // Радиобиология. 1988. Т. 28. № 2. С. 160—165.



Распределение 99 видов высших растений по радиотаксонам при двух- и трехкластерных моделях.

ский смысл. Так, два радиотаксона отражают деление на вирусы и все остальные организмы; при трехкластерной модели достаточно четко выделяются вирусы, прокариоты и эукариоты, а при четырехкластерной удается дополнительно выделить радиотаксоны вирусов с одно- и двухцепочечными молекулами нуклеиновых кислот.

Анализ результатов классификации двух независимых выборок с учетом их практического полного совпадения приводит к выводу о существовании иерархии радиотаксонов. Иными словами, выявлена серия последовательных кластерных решений, каждое из которых сохраняет ясный биологический смысл и связано с другими уровнями иерархии. Видимо, именно иерархическая структура радиотаксонов явилась причиной того, что авторы ранних исследований, каждый по-своему пытаясь найти единственное решение, выделяли разное число таксонов. Мы же в качестве результата радиационной таксономии предлагаем рассматривать не отдельные решения, а их иерархию, ибо любая таксономическая единица характеризуется не только сходством входящих в нее организмов, но и положением на древе биологической систематики. Примечательно, что выявленная автоматической компьютерной классификацией иерархия радиотаксонов отражает основные этапы структурных преобразований генома в ходе эволюции от «го-

лых» одно- и двухцепочечных молекул нуклеиновых кислот вирусного типа до организованных в нуклеоид геномных молекул прокариот и истинного ядра эукариот.

Такой результат, безусловно, служит весомым аргументом в пользу того, что радиорезистентность есть фундаментальная характеристика надежности генетических систем. Следовательно, изменение надежности генома в ходе эволюции определялось не колебаниями ЕРФ либо иных повреждающих факторов, а было обусловлено закономерностями саморазвития генетического аппарата клетки.

РАДИОРЕЗИСТЕНТНОСТЬ И ФИЛОГЕНЕЗ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

Выявленные эволюционные закономерности радиотаксономии позволяют предположить, что существуют и более низкие уровни иерархии радиотаксонов, которые отражают филогенетические связи групп в каждом из них. Эту гипотезу можно проверить на высших растениях — организмах с выраженным радиационным полиморфизмом. Для этой цели мы сформировали выборку из 149 экспериментальных характеристик размера генома и радиорезистентности (LD_{50}) 99 видов высших растений (в фазе покоящихся семян) и классифицировали их⁷.

⁷ Сарapultцев Б. И., Гераськин С. А. // Радиобиология. 1989. Т. 29. № 1. С. 94—99; 100—107.

Были обнаружены два уровня иерархии — в виде двух и трех кластеров. Все 15 видов голосеменных (наиболее древнего отдела высших растений) с их наименьшей радиорезистентностью и высоким содержанием ДНК в клеточном ядре строго ограничены рамками радиотаксона 3. С продвижением по филогенетическому древу радиополиморфизм растет: однодольные растения (класс отдела покрытосеменных) доминируют в радиотаксоне 2, однако их наиболее древние и радиочувствительные виды с высоким содержанием ДНК в геноме (лилия, лук, крокус) попадают в радиотаксон 3. Радиорезистентные виды двудольных формируют радиотаксон 1, в который попадают эволюционно молодые, высокоспециализированные формы (преимущественно травянистые) с низким содержанием ДНК в геноме. Представители же древних семейств (бобовых, пасленовых, мальвовых) обнаруживаются во втором и третьем радиотаксонах. Выявленные закономерности подтвердились и при классификации независимой выборки из 93 экспериментальных характеристик 64 видов высших растений по уровню их радиорезистентности в фазе вегетации.

Таким образом, результаты радиотаксономии высших растений свидетельствуют, что и в пределах радиотаксона можно выявить иерархичность, отражающую филогенетические связи систематических групп — отделов, классов, семейств и видов (дополним: возможна и внутривидовая классификация сортовых линий пшеницы по уровню их радиорезистентности при неизменных физических параметрах клеточного ядра⁸). Это может быть только следствием того, что дивергенция биологических таксонов неразрывно связана с изменчивостью радиорезистентности их представителей.

Итак, по результатам радиотаксономии можно сделать принципиально важный вывод: главный фактор распределения организмов по уровням радиоустойчивости (радиотаксонам) — структурная организация и размеры генома.

Известный афоризм К. Гельвеция гласит: знание принципов нередко возмещает незнание фактов. Действительно, знание принципов радиационной таксономии и систематического положения организмов позволяет достаточно точно оценить уровень их радиорезистентности без проведения сложных радиобиологических экспериментов. Од-

нако нам не хотелось бы, чтобы у читателя сложилось впечатление, что авторы изобрели новый способ прогноза или, тем более, хитроумный компьютерный метод классификации биологических объектов по радиорезистентности, желая поспорить с Аристотелем или К. Линнеем. С классификацией всего разнообразия органического мира прекрасно справляются вооруженные морфологическими, а ныне молекулярно-генетическими методами систематики-профессионалы. Цель нашего радиотаксономического исследования строго ограничивается доказательством особой смысловой нагрузки и информативности радиационной устойчивости организмов. Соответствие основных этапов структурных преобразований генома (от однопочечных молекул нуклеиновых кислот простейших вирусов до сложного хроматинового комплекса ДНК высших эукариот) экспериментально регистрируемым уровням радиорезистентности — отнюдь не простое совпадение. Какова же истинная природа выявленных закономерностей?

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ФЕНОМЕНА РАДИАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

Ключом к пониманию биологической сущности феномена радиационной устойчивости может служить сходство молекулярной природы спонтанных и индуцированных ионизирующим излучением повреждений геномных молекул и механизмов их репарации. Еще в 1927 г. Г. Меллер обратил внимание на то, что рентгеновское излучение вызывает точно такие же по внешнему проявлению мутации, как и спонтанные⁹. В 1935 г. Н. В. Тимофеев-Ресовский, К. Г. Циммер и М. Дельбрюк пришли к неожиданному, на первый взгляд, выводу: хотя частота мутаций под действием излучений во много раз повышается, темп спонтанного мутирования намного превосходит уровень, который мог бы быть связан с действием ЕРФ¹⁰. Это следствие термодинамической концепции мутагенеза полностью соответствует современным оценкам¹¹: скорость деградации ДНК за счет спонтанных одонитетивных размеров почти одинакова у вирусов, бактерий, и клеток млекопитающих (10^{-11} в секунду) и на шесть поряд-

⁹ Меллер Г. Дж. Избр. работы по генетике. М.—Л., 1937. С. 178—205.

¹⁰ Timofeeff-Ressovsky N. W., Zimmer K. G., Delbruck M. // Nachr. Ges. Wiss. Göttingen. Math.-phys. Kl. 1935. Bd. 6. S. 189—245.

¹¹ Виленик М. М. Нестабильность ДНК и отдаленные последствия воздействия излучений. М., 1987.

⁸ Сарапульцев Б. И., Гераськин С. А., Корнеев Н. А. // Докл. АН СССР. 1989. Т. 306. № 3. С. 736—738.

ков выше, чем обусловленная действием ЕРФ (2×10^{-17} в секунду).

Но тогда какие же факторы определяют достаточно высокий темп спонтанного мутагенеза? Дело в том, что потенциально летальные для клетки разрывы ДНК возникают не только под действием повреждающих агентов, но также и в ходе нормальных клеточных процессов — репликации, транскрипции, рекомбинации, репарации. Устранение таких повреждений чрезвычайно важно для поддержания целостности ДНК: геном не мог бы оставаться стабильным даже в течение суток, если бы спонтанные повреждения вовремя не устранялись системой репарации. Эксперименты по ингибированию систем репарации показали, что накопление одно- и двухнитевых разрывов ДНК вызывает гибель клеток, сходную по основным проявлениям с гибелью от радиационного воздействия.

Все это позволяет рассматривать биологическое действие редкоионизирующих излучений как адекватную модель естественного мутационного процесса, обусловленного не повреждающим действием ЕРФ либо

иных физических или химических агентов, а ошибками молекулярных механизмов передачи и коррекции наследственной информации, присущими любой самовоспроизводящейся системе. Кроме того, ионизирующие излучения благодаря их высокой проникающей способности и хорошо развитой дозиметрии представляют собой уникальный инструмент количественного исследования надежности генома.

Итак, радиорезистентность уже не воспринимается как некое лишенное смысловой нагрузки «лабораторное» свойство живых систем. Эта фундаментальная характеристика генетического аппарата клетки отражает его способность устранять спонтанные потенциально летальные повреждения кодирующих полимеров, возникающие в процессах нормальной жизнедеятельности. Такое понимание феномена радиорезистентности заставляет в ином ракурсе рассмотреть проблему генетического риска повышенных доз радиации и, пожалуй, с новых позиций оценить место радиобиологии в системе естественных наук.

РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

Вниманию всех, кому небезразлична
судьба «Природы»!

ЖУРНАЛ ИЩЕТ СПОНСОРОВ.

Спонсоры увековечат свое имя на страницах «Природы» и получают льготы при публикации рекламных материалов. Форма и масштабы поддержки могут быть различными.

Наш телефон: 238-24-56.

Бабочка махаон

С. В. Воловник

Государственный педагогический институт
Мелитополь

МЫ СВЫКЛИСЬ с мыслью, что самые яркие и необычные животные обитают где-то в далеких краях. Но бабочка махаон (*Papilio machaon*) из отечественной фауны яркостью узора, утонченностью форм, пожалуй, не уступит многим «инородцам».

Ее видовое название, данное К. Линнеем, заимствовано из древнегреческой мифологии: Махаоном звали одного из двух сыновей фессалийского царя и врача Асклепия (Эскулапия, впоследствии бога врачевания). Это имя встречается у Овидия, Вергилия, древние авторы писали о «махаоновом ремесле», «махаоновом снадобье».

Описание внешности бабочки можно найти во множестве определителей: ярко-желтые с черным узором крылья в размахе 65—85 мм, на задних крыльях синие пятна, обрамленные черной каймой, и два оранжевых. Передние крылья слегка вытянуты вперед, задние зубчатые, с изящными «хвостиками». Большинство читателей, уверен, видели это насекомое, простое созерцание которого доставляет истинное наслаждение.

Не чуждые эмоциональных, эстетических оценок, энтомологи пытаются выяснить, для чего так изощрялась природа, создавая рисунок. Исследования, начатые в 1954 г., показали: окраска крыловых чешуек махаона и других представителей семейства парусников (*Papilionidae*) обеспечивается неизвестной ранее группой пигментов, названных папилиохромами¹. Крылья бабочек важны для терморегуляции, их экранирование, например, снижает температуру туловища на 30 %. Основная роль в терморегуляции принадлежит основаниям крыльев,



Махаон и его гусеницы.
Фото Ю. В. Кармышева

и не случайно, считают, они черны и покрыты густыми волосками: сидящий с раскрытыми крыльями махаон интенсивнее поглощает солнечное тепло и тратит меньше энергии².

Несет ли какую-либо функциональную нагрузку эстетический рисунок махаоновых крыльев? Трудно сказать. Во всяком случае, когда вырацен-

¹ Umelachi Y. // Zool. Sci. 1985. N 2. P. 163—174.

² Wassertal L. T. // J. Insect. Physiol. 1975. V. 21. N 12. P. 1921—1930.

ным в неволе и, значит, никогда не видевшим махаона перепелам предлагали в качестве добычи гусениц и взрослых бабочек, птицы очень неохотно нападали на последних, даже проявляли признаки страха³.

Махаон обитает почти по всей Европе и Азии, а также на Аляске. В СССР его можно встретить всюду, кроме районов Крайнего Севера, на Памире он поднимается на высоту до 4 тыс. м. Махаон образует на территории Голарктики более 50 внутривидовых форм, например, с красивым пятном на передних крыльях, с укороченными «хвостиками» и т. д. Экология, географическое распространение, детальная морфология этих форм изучены крайне слабо. Так что с точки зрения таксономиста, комплекс *Papilio machaon* представляет непростую, но интересную задачу.

Понаблюдаем за порхающей бабочкой. Вот она присела на цветок, спираль хоботка развернулась и погрузилась в глубь венчика. Насытившись нектаром, махаон вспархивает и грациозно летит, как бы не торопясь скользит по воздуху. Одни внутривидовые формы — активные путешественники и без труда преодолевают, скажем, Ла-Манш. Другие оседлы. У британского махаона отмечена территориальность: самец имеет собственную территорию, в центре которой дерево или высокий куст, охраняемые от сородичей. Описан случай, когда махаон, патрулировавший свой 50-метровый участок вдоль тропинки с тростником и ивами на обочине, атаковал камышевок, вылетающих из придорожных зарослей. Атаки были столь яростны, что перепуганные птицы (размером с воробья!) немедленно прятались. Впрочем, камышевки, обнаружив гусениц махаона, не ограничиваются угрозами.

Список кормовых растений гусениц махаона включает несколько десятков видов. В основном это зонтичные (в том числе крайне ядовитая для человека цикута), а также рутовые, сложноцветные, изредка маревые, губоцветные, гармало-

вые. К. Вилкунд сопоставил рацион махаона и конкретные места его обитания в Фенноскандии⁴. Вырисовалась любопытная картина. Здесь в рационе гусениц свыше 20 видов растений, однако предпочтение отдается лишь трем: горечнику болотному (*Peucedanum palustre*), дуднику лесному (*Angelica silvestris*) и дягилю лекарственному (*A. archangelica*). В биотопах, где обычен горечник (болота, топи, влажные луга), махаон выбирает именно его, отвергая другие зонтичные; на морских побережьях развивается на подвиде дягиля — дягили прибрежном; на речных берегах, в сырых местах, где в изобилии другой подвид — дягили норвежский, гусеницы, как правило, лакомятся его листьями. Севернее 61-й параллели по берегам становится более обычным дудник. Легко догадаться, где искать гусениц махаона в этих местах.

Таким образом, несмотря на богатство видового рациона, конкретные популяции махаона проявляют довольно узкую пищевую специализацию. В других регионах дело обстоит, скорее всего, так же. Например, в высокогорных полных пустынях Восточного Памира махаон проходит цикл развития на полыни памирской (*Artemisia pamirica*). Такая жизненная стратегия характерна для обитателей более стабильных сообществ, здесь они лучше приспособляются к определенному типу пищи и полнее реализуют свой репродуктивный потенциал.

Однако, если бы все определялось столь жестко, махаон не смог бы осваивать новые районы обитания, где нет (или мало) привычных кормов. Огромный же ареал этого вида говорит об обратном. Оказывается, кроме «консерваторов», откладывающих яйца на испытанные кормовые растения, всегда имеются бабочки, склонные к риску. Даже при наличии предпочитаемого большинства растений-хозяина, они всегда откладывают яйца на несколько видов растений, среди которых могут быть и вовсе непригодные в пищу. Если за

счет первой группы вид закрепляется в наиболее подходящих местах, то благодаря вторым занимает новые. Ну а выбор каждой конкретной самкой того или иного растения диктуется генами, комплекс которых, видимо, у самок и гусениц различен⁵.

Опытный глаз без труда отличит беззаботно порхающего махаона-самца от самки, целенаправленно подыскивающей подходящее место, чтобы отложить яйца, по много большей частоте и амплитуде взмахов крыльев. Вероятно, вначале она ориентируется с помощью обоняния, а когда спускается к растению, — в основном за счет зрения. Самка не откладывает яйца в плотных зарослях, а выбирает отдельно стоящие растения, на них же — молодые сочные части. Сделав несколько кладок на один вид растения (как правило, доминирующий в биотопе), она, видимо, получает некий обобщенный поисковый образ и никогда не откладывает яйца на другое растение.

За день самка может отложить больше 100 яиц, но обычно 30—40. Свежеотложенные яйца бледно-желтые, по мере развития они темнеют, становясь коричневыми, а перед выходом гусениц — черными.

Вылупляясь они обычно через 5—7 дней. Крохотные, черные, со светлой полосой по середине гусеницы напоминают капальку птичьего помета. Они нередко оказываются жертвами пауков. Гусеницы едят, растут, четырежды линяют. Уже после второй линьки они начинают заметно преобразоваться, а взрослые 4—6-сантиметровые гусеницы становятся красивыми под стать бабочке: тело ярко-зеленого цвета с бархатисточерными поперечными поясками и круглыми оранжевыми пятнами на них. В жаркие и сухие периоды года они несколько светлеют.

Считается, что их броская внешность — предупреждение врагам о несъедобности. В опытах большие синицы, которым предлагали гусениц махаона и

³ Wicklund Ch. // Entomol. Scand. 1974. N 5. P. 151—160.

⁴ Ibid.

⁵ Wicklund Ch. // Entomol. exp. and appl. 1974. V. 17. P. 189—198.

желто-коричневых мучных червей, поначалу гораздо чаще (в 73 % случаев) нападали на гусениц, но затем избегали их, видимо, из-за неприятного вкуса⁶.

Если от насекомых птиц такая защита и эффективна, то от муравьев спасти не может: у них и зрение иное, и ведущие органы чувств — обоняние, осязание. Поэтому в арсенале гусениц есть и химическое оружие. Стоит гусеницу потревожить, как позади головы выпячиваются два ярко-красных рожка. Эта железа (осметерий) выделяет секрет, в составе которого резко пахнущие изомасляная и 2-метилмасляная кислоты. Для чего они образуются — точно не известно. Не исключено, что железа помогает обезредить какие-то токсины пищи или метаболиты. Но во всяком случае против муравьев эта защита вполне эффективна⁷. Впрочем, тело гусениц может служить местом обитания и пищевой личинкам наземника (ихневмониды) *Trogus lapidator*, мух из семейства тахин — *Buquetia fusca*, *Peletieria nigricornis*.

Срок жизни гусениц зависит от температуры и, видимо, иных факторов. Через 30—60 дней, на исходе личиночной жизни гусеница перестает есть и на 5—8 час. замирает. Когда комочек непереваренных остатков последней порции пищи покинет организм, она отправляется искать место для окукливания — на вскормившем ли гусеницу растении или на стеблях другого в нескольких сантиметрах над землей, или среди растительных остатков. Интересно, что окукливание происходит во второй половине дня — в 19—20 час., и никогда раньше 14.

Не единожды мне пришлось наблюдать за поведением окукливающейся гусени-

цы, и всякий раз с неослабным интересом.

Гусеницы махаона не плетут плотный кокон, который мог бы защитить куколку от невзгод. Найдя подходящее место, гусеница перво-наперво строит шелковистую подстилку с помощью прядильного «аппарата», расположенного в передней части головы, снизу. Двигая головой и передней частью тела вправо и влево и описывая неправильную кривую, она укладывает тончайшие нити шелка на субстрат беспорядочной сетью. Покрыв ею небольшой участок, она продвигается вперед, разворачивается, и операция повторяется. В конце концов ложе будущей куколки покрывается шелковой подстилкой, равной по длине телу гусеницы. Хотя она строит ее, как правило, без передышек, этот этап занимает львиную долю всего процесса окукливания — 2—3 час. По-видимому, в подстилке она может надежно зацепиться крохотными коготками брюшных ног во время последующих манипуляций. А они, надо сказать, не так просты.

Следующий этап — постройка опоры для брюшка. Гусеница двигает головой назад, вправо, влево, вытягивая короткие шелковые петли и каждую новую отодвигая передними грудными ногами немного назад. В итоге через 20—30 мин. образуется плотный комочек пряжи, состоящий из многих петель и прикреплённый к ложу. Гусеница разворачивается, сокращениями продольных мышц двигает кончик брюшка взад-вперед, пока его маленькие крючочки надежно не зафиксируются на сплетенной опоре.

Особенность куколки махаона (и других парусников) в том, что она прикрепляется к субстрату под углом. Быть может, так она кажется менее заметной у основания стеблей, среди остатков сломанных черешков. Однако чтобы удержаться в таком положении, одной точки опоры (кончик брюшка) мало. И гусеница приступает к плетению пояса: прикрепляет нить одним концом к ложу (на расстоянии примерно трети от головы), а затем симметрично с другой стороны тела. Получается охватываю-

щая туловище дуга примерно из 25 нитей, концы которых склеиваются. Вокруг гусеницы, между вторым и третьим члениками брюшка образуется узкий многонитчатый пояс, сплетенный немногим более чем за полчаса. Гусеница замирает.

Проходят почти сутки. Тепло ее начинает сжиматься и растягиваться. Наконец покровы позади головы лопаются, соскальзывают, и появляется куколка.

Происходящие внутри куколки процессы таковы, что ей нужны твердые, малопластичные покровы. Это делает куколку почти полностью неподвижной (редкие подергивания брюшком не в счет) и поэтому очень уязвимой. На куколку нападают птицы (скворцы, синицы, чайки, камешки, врановые и др.), изредка мелкие грызуны, землеройки. Правда, куколка, как и гусеница, сохраняет неприятный вкус, но фактически любое ее повреждение, в отличие от гусеницы, ведет к гибели. Так что едва ли яркая предупреждающая окраска спасала бы ее, как гусеницу. Природа нашла здесь иной выход.

Покровы махаоновых куколок могут быть окрашены в разные тона, чаще всего в желто-зеленые и серовато-коричневые (весь спектр — от почти белого до совершенно черного). Какие факторы определяют окраску куколки? Этот вопрос интригует специалистов с середины прошлого века, окончательно он не решен и поныне. Видимо, для каждой конкретной особи это определяется ее генотипом. Кроме того, опыты показали, что по крайней мере желто-зеленые куколки получаются в результате освещения гусениц перед окукливанием желтым, зеленым, оранжевым светом⁸. Следовательно, среди растительной зелени образуются обычно желто-зеленые куколки. Это имеет

⁶ Järvi T. et al. // *Oikos*. 1981. V. 36. N 3. P. 267—272. Правда, в природе взрослые гусеницы могут стать добычей камышовый овсянки, камышевки-бурсучка, усатой синицы (Dempster J. P. et al. // *Ecol. Entomol.* 1976. N 1. P. 73).

⁷ Барбье М. Введение в химическую экологию. М., 1978. С. 64.

⁸ Габричевский Е. // *Русск. зоол. журн.* 1922. Т. 3. Вып. 1—2. С. 98—118; Wicklund Ch. // *Naturwiss.* 1972. B. 59. N 2. S. 219. Однако аналогичные опыты давали и иные результаты: Harbich H. // *Entomol. Zeitschr.* 1979. B. 16. S. 177—182.

защитный эффект хотя бы для летних, незимуемых куколок (зеленый фон зимой — осенью желтеет, буреет). Вероятно, на темном фоне более защищены от нападения куколки серо-коричневых тонов.

Естественно, окраска не дает куколкам гарантий абсолютного выживания. Помимо хищников есть ведь еще жестокие морозы, паразиты. Поэтому и неудивительно, когда из найденной в природе куколки выберется не ожидаемый красавец-махаон, а посверкивающий слюдяными крылышками длинный и стройный наездник *Pimpla aethiops* или вылетит целая стайка (иногда несколько сот) крошечных, чуть более миллиметра длиной крылатых паразитов *Pteromalus puparum*.

Сигналом для подготовки к зиме, видимо, служит укорочение светового дня примерно до 16 час. (в Средней Европе). Тогда развивающиеся гусеницы превращаются в зимующих куколок⁹. Длительность этой последней стадии очень различна: от 6 (без зимовки) до чуть ли не 200 дней. В средней полосе Европейской части СССР махаон дает в году обычно два поколения, т. е. бабочки появляются в мае — июне и июле — августе, а в окрестностях Баку 4 поколения — нормальное явление. В Скандинавии успевает обычно развиться лишь одно поколение.

Интересный факт описан

азербайджанским энтомологом Р. М. Э. Эффенди. Из собранных им в конце апреля 100 куколок махаона бабочки выходили порциями — в начале мая, в июле, во второй половине августа; наиболее «упрямые» зимовали вторично и дали бабочек лишь в апреле следующего года. Наверное, такие суперпаузы в развитии — адаптация к нестабильному климату Апшерона с его неожиданными похолоданиями. Обычно же осенние холода губят и бабочек, и не успевших завершить развитие гусениц.

Еще в 30-х годах нашего столетия махаона считали вредителем и боролись с ним. Сейчас трудно сказать, насколько ощутим был ущерб, наносимый им культивируемым зонтичным (моркови, фенхелю, петрушке и др.). Во всяком случае в последние годы махаона в наших краях явно поубавилось. Несмотря на огромный ареал и высокую — местами — численность, виду угрожает опасность. Распашка земель, выпас, покос, применение ядохимикатов, рекреационный пресс — все это для махаона и многих других насекомых настоящие экологические катастрофы.

Несомненно, махаон заслуживает всяческого внимания и охраны как вид, украшающий природу. Кроме того, не исключено, что какие-то еще не открытые и не изученные его свойства смогут найти практическое применение. Быть может, вещества, отпугивающие муравьев от гусениц, что-то подскажут в борьбе с вредителя-

ми? Мы не можем предвидеть все потери, которые понесет человек от уничтожения хоть одного вида сегодня.

И вот махаон внесен во 2-е издание «Красной книги СССР», в Красные книги Белоруссии, Киргизии, Карелии. Он взят под охрану в Германии, Польше, Чехословакии, Швейцарии и других странах Европы. Основное направление охраны махаона (как и насекомых вообще) — сохранение местобитания.

Делаются попытки искусственно разводить редких, исчезающих бабочек, чтобы затем выпускать их в природу. Работы К. Кларка (Великобритания) открывают возможность получать в лаборатории большое количество взрослых бабочек в течение 1—2 сезонов. Английские специалисты попытались осуществить реинтродукцию махаона, из-за осушения земель в 1950 г. исчезнувшего в одной из болотистых местностей Кембриджшира. Сюда перенесли яйца, отложенные бабочками в лаборатории, высадив предварительно около 2 тыс. кустиков кормового растения — горечника. Увы, восстановить популяцию не удалось¹⁰. Видимо, знаний в экологии махаона не хватает.

Наблюдения за махаоном под силу не только специалистам. Свой вклад в изучение его биологии могут внести все, кто любит природу.

⁹ Harbich H. // *Atalanta*. 1977. Bd. 8. Hf. 4. S. 263—269.

¹⁰ Dempster J. P. et al. // *Int. Zoo Year Book*. V. 17. London, 1977. P. 71—84.

Метаморфозы глинистых минералов

В. А. Франк-Каменецкий,

доктор геолого-минералогических наук

Н. В. Котов,

доктор геолого-минералогических наук

Э. А. Гойло

кандидат геолого-минералогических наук

Ленинградский государственный университет

ЛЮБОЙ школьник в общих чертах представляет себе, как образуются глины, и было бы, видимо, неразумно еще раз рассказывать об этом на страницах солидного академического журнала.

Но что происходит с глинами, когда эти породы, образовавшиеся в корях выветривания на земной поверхности, погружаются глубоко в недра Земли, в область высоких температур и давлений? Как минералы глин взаимодействуют друг с другом? Какую роль при этом играют межпоровые растворы — остатки морской влаги, некогда насыщавшей глинистые осадки? Как кристаллохимические особенности строения глинистых минералов сказываются на их преобразовании?

Ответить на все эти вопросы удалось лишь в последние годы благодаря развитию модельного эксперимента, воспроизводящего в лабораторных условиях самые разные стадии минеральных изменений при высоких температурах и давлениях.

Конечно, сторонники классических методов в геологии могут возразить, что зачастую глубокая эрозия обнажает корни гор и тогда геологи имеют возможность детально изучать все превращения глинистых минералов в «природной лаборатории». Но, как правило, интерпретация одних только природных процессов ведет нас по пути гипотез, не позволяя раскрыть сущность минеральных изменений, механизмы реакций между минералами, выявить недостающие члены генетически связанных минеральных рядов. Особенно усложняют картину часто встречающиеся дефектные структуры и смеси трудно диагностируемых минералов.

Работы по экспериментальному моделированию физико-химических превращений минералов глин уже многие годы ведутся на геологическом факультете Ленинградского университета, где в сотнях экспериментов изучался механизм взаимодействия дисперсных слоистых силикатов, в том числе и глинистых частиц, с минерализованными растворами — аналогами природных вод. О некоторых из этих работ и пойдет речь в нашей

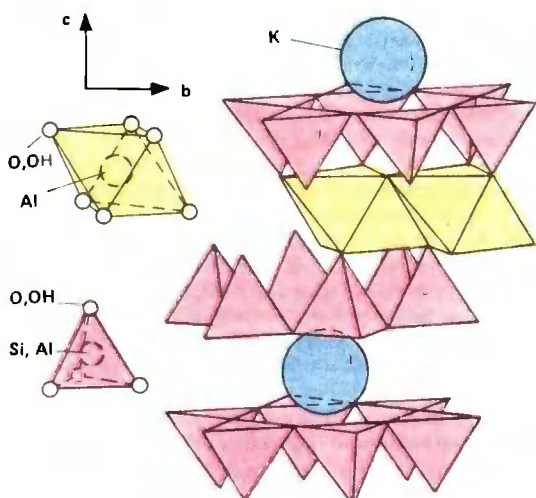
статье, но прежде — несколько слов о кристаллическом строении глинистых минералов.

КАК УСТРОЕНЫ МИНЕРАЛЫ ГЛИН

Глины — дисперсный материал, являющийся основой почв, грунтов, осадков, осадочных пород. Понять, как устроен мир глин, оказалось возможным только после открытия в 1912 г. знаменитым немецким физиком М. Лауэ дифракции рентгеновских лучей на кристаллах. Рентгеновские лучи, обладая короткой длиной волн, при прохождении сквозь кристаллическую структуру закономерно рассеиваются (дифрагируют) и создают сложные системы отраженных и рассеянных лучей, которые можно зарегистрировать и обработать на ЭВМ, получив данные об атомной структуре кристалла. На этом основан рентгеноструктурный анализ — самый надежный из современных методов изучения строения кристаллических веществ, в том числе и тонкодисперсных. Еще в 30-е годы, используя рентгеновский анализ, известный американский кристаллограф Л. Полинг установил, что в состав глин входят соединения кремнезема и глинозема с водой и некоторыми катионами (Na, K, Ca, Mg и др.), которые образуют разнообразные слоистые силикаты и алюмосиликаты. Это и есть минералы глин.

С развитием рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии в середине XX в. сложилось новое направление в науке — структурная минералогия. Общим достоянием стали крупнейшие кристаллохимические обобщения У. Брэгга, Л. Полинга и Н. В. Белова, основанные на расшифровке структур глинистых и других минералов.

Как оказалось, минералы глин обладают многими общими чертами строения. В частности, любому из распространенных глинистых минералов присущи три главных строительных фрагмента. Один из них — кремнекислородный тетраэдр, в центре которого располагается атом кремния (иногда заме-



Фрагменты структуры типичного слоистого силиката — мусковита (слева — алюмоокислородные октаэдры и кремнекислородные тетраэдры, входящие в кристаллические построения всех глинистых минералов). Две тетраэдрические сетки и расположенная между ними октаэдрическая образуют слой, соединяемые межслоевыми ионами калия. Для сопоставления этого объемного изображения с приводимыми далее схематическими сечениями даны направления кристаллографических осей b , c .

щаемый близкими по размеру атомами алюминия или трехвалентного железа), а по вершинам — атомы кислорода, общие для двух соседних тетраэдров. Другая важная строительная единица глинистых минералов — алюмоокислородный октаэдр. Внешне

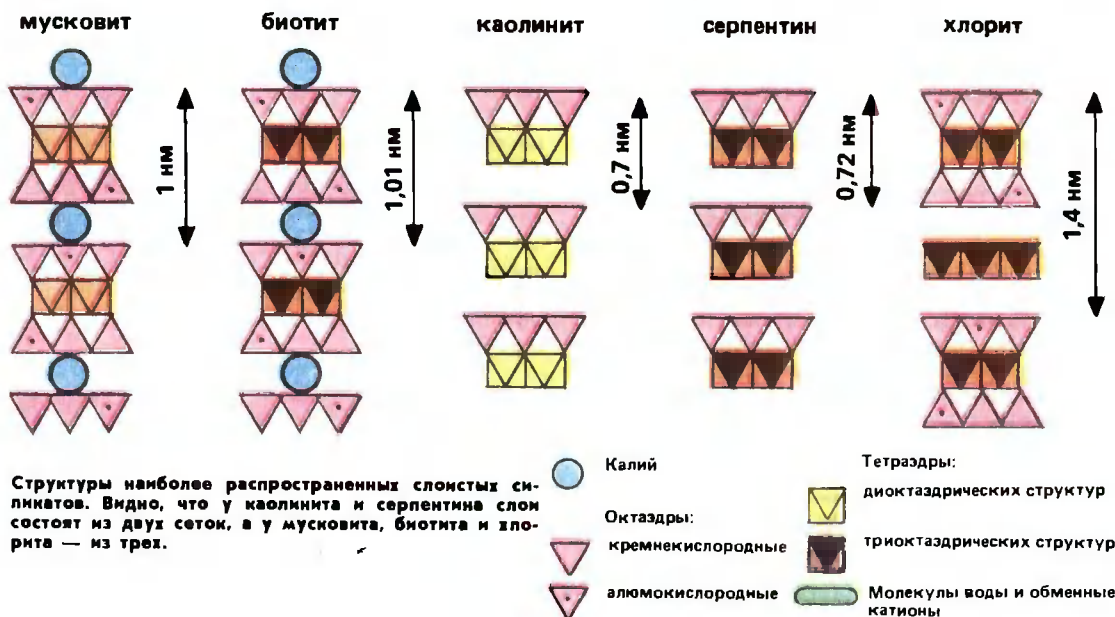
он сходен с известными каждому начинающему химику октаэдрами крупных кристаллов алюмокалиевых квасцов. Третья структурная единица — гексагональные и тригональные призмы, заполненные такими катионами, как калий, натрий и др.

Соединенные между собой, три этих фрагмента образуют правильный геометрический узор, характерный для структуры мусковита (белой слюды, которую в древности вставляли в оконные рамы). Главная особенность такой структуры — соединение атомных фрагментов в сетки: тетраэдров в тетраэдрические сетки, октаэдров — в октаэдрические.

Две тетраэдрические сетки с октаэдрической между ними образуют своеобразный слой, периодически повторяемый по перпендикулярной ему вертикальной оси c . Слои соединяются общими ионами калия — межслоевыми катионами, которые, подобно шарикам в подшипнике, располагаются в углублениях смежных пустот в тетраэдрических сетках.

Дифракция рентгеновских лучей позволяет определить период повторяемости структуры по оси c . Для мусковита, например, периодичность составляет около 1 нм. Вместе с тем по горизонтальной оси b структура также периодически повторяется, так что вертикальная плоскость bc является сечением элементарной ячейки кристалла.

Важные особенности слоистых силикатов проявляются и в горизонтальном сече-



Структуры наиболее распространенных слоистых силикатов. Видно, что у каолинита и серпентинита слой состоит из двух сеток, а у мусковита, биотита и хлорита — из трех.

нии ab , где тетраэдрические и октаэдрические сетки имеют разную размерность. В этой проекции хорошо видно, что сетки тетраэдров сходны по форме с пчелиными сотами. Внутри каждого шестиугольника «сотовой упаковки» могут уместиться два атома алюминия (диоктаэдрические слоистые структуры) или же три атома магния (триоктаэдрические аналоги). По своему электростатическому заряду такие группировки идентичны.

В заключение краткого рассказа о строении глин следует, видимо, отметить, что выделение основных фрагментов слоистых силикатов и их соединений не самоцель. Оно позволяет на единой структурной основе просто и наглядно сопоставлять различные минералы, анализируя, скажем, структурные мотивы мусковита, каолинита, хлорита и т. д. Кроме того, появляется возможность выражать различные преобразования кристаллических структур (например, минеральные замещения) на строгом «кристаллохимическом языке». В частности, можно говорить о замещении одних сеток другими, о дефектах в упаковке сеток и целых слоев, частичной или полной замене межслоевых катионов или их «выпадении» и т. д. Все это важно для дальнейшего изложения.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Эти преобразования давно привлекли внимание ученых. Еще в 30-х годах для их обозначения французский литолог Ж. Милло ввел термин «трансформация», который не имеет строгого кристаллохимического смысла (в отличие от тополитаксии — твердофазового превращения, известного в физике твердого тела и кристаллохимии). Под трансформацией Милло подразумевал преобразования, в которых помимо твердой участвуют жидкая и газовая фазы. Именно такие превращения долгое время оставались непонятными.

Чтобы выяснить их кристаллохимическую и геологическую сущность, были поставлены модельные эксперименты на слоистых силикатах при контролируемых температуре, давлении и концентрации взаимодействующих с ними растворов. При этом создавались условия, максимально близкие к природным. Так, гидростатическому давлению 10 тыс. атм в установках отвечают реальные глубины около 30 км. Как известно, температуры на этих глубинах очень высоки, и регулируемая печь позволяет воспроизвести их за считанные минуты. Конечно, используемые в экспериментах навески (10—20 мг)

несопоставимы с огромными массами минералов, участвующих в природных превращениях. Но в данном случае это неважно. Главное — получить преобразованное глинистое вещество в количестве, достаточном для идентификации с помощью рентгеновского анализатора и электронного микроскопа.

Как моделируют минеральные превращения, продемонстрируем на примере каолинита — наиболее распространенного минерала кор выветривания. Известно, что он образуется на земной поверхности, преимущественно при разрушении гранитов, но, попадая на глубину, в область высоких температур и давлений, становится неустойчивым и превращается в дисперсный мусковит — типичный минерал погребенных кор выветривания. Как же осуществляется такой переход? Что происходит при этом со структурой каолинита?

Уже первые опыты по моделированию преобразования каолинита в мусковит показали, что переход осуществим в калий-хлоридной среде при давлении около 1 тыс. атм и температуре около 400 °С. Масса вещества в ампуле оставалась неизменной, но каолинит, как показали рентгеновские исследования, полностью замещался мусковитом. Причем в электронный микроскоп было видно, что чешуйки образовавшейся слюды сохранили форму и размеры пластинок каолинита, т. е. возникли псевдоморфозы мусковита по каолиниту.

Более того, в опытах с разными экспозициями удалось выявить стадийность изучаемого процесса. Оказалось, что образованию слюды предшествовало формирование промежуточной фазы — бейделлита — с таким же строением слоев, как и у монтмориллонита. При этом кремний в тетраэдрах частично заменялся алюминием. Еще ближе к слюде неупорядоченная фаза со смешанными слоями, в которой одни пакеты (группы слоев) приобрели структуру слюды, а другие — сохранили структуру монтмориллонита. Иными словами, одни промежутки между слоями уже заполнились ионами калия, а в других еще присутствовали молекулы воды и обменные катионы, характерные для монтмориллонита.

Все это навело нас на мысль, что при переходе каолинита в мусковит какая-то часть исходной структуры остается неизменной, т. е. переход осуществляется при частичном сохранении формы исходных кристаллов. Возникли также отдаленные аналоги с процессами, в которых, согласно В. И. Вернадскому, участвует неизменная алюмосиликатная составляющая — «каолиновое ядро».

Затем мы изменили структурное со-

стояние исходного минерала, растерев каолинит в агатовой ступке. (Растирание приводит к беспорядочным смещениям слоев глинистого материала, так что полученное вещество не дает дифракционной картины.) Условия опытов сохранились, однако на этот раз в реактор помещались сразу две ампулы: одна с обычным каолинитом, вторая — с растертым. Оказалось, что в первом случае образуются совершенные по форме кристаллы слюды, а во втором — слюда с разупорядоченной структурой.

Таким образом, на продукты эксперимента влияет не только химический состав исходного глинистого минерала, но и степень совершенства его структуры. Дальнейшие опыты подтвердили этот вывод.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ПОЛИТИПНЫМИ МОДИФИКАЦИЯМИ МИНЕРАЛОВ

Давно известно, что несколько природных соединений (минералов) при разном строении могут иметь один и тот же состав. Таковы, например, каолинит, диккит, накрит и галлуазит — $Al_2[Si_2O_5](OH)_4$. Несмотря на общность состава, расположение атомов у них различное, что и дает основание выделять их как разные минералы. Исследователи глины легко различают подобные минералы по своеобразию дифракционных картин. Следующая серия наших опытов как раз и была посвящена моделированию преобразований политипных модификаций — глинистых минералов группы каолинита, имеющих общий химический состав и разное кристаллическое строение.

На этот раз в реактор одновременно помещали 4 ампулы: с каолинитом, диккитом, накритом и галлуазитом. В первом же опыте удалось получить 4 слюды единого состава, но с различной структурой, определяемой структурой исходного материала. Таким образом, можно говорить об унаследовании структуры исходных глинистых минералов в новообразованных и на этой основе строить генетические ряды последовательно преобразованных глинистых минералов.

В другой серии опытом мы попытались заместить в тех же минералах ион алюминия на ион магния. Получающиеся при этом триоктаэдрические аналоги минералов группы каолинита — серпентины — широко известны в природе. Однако никому еще не удавалось наблюдать переход сразу 4 диоктаэдрических минералов — каолинита, диккита, накрита и галлуазита — в их триоктаэдрические аналоги.

Чтобы понять, как осуществляется та-

кой переход, мы поместили 4 ампулы, заполненные смесью каолиновых минералов с добавкой $MgCO_3$, в реактор и выдерживали их там в течение 1—3 сут при температуре 500 °C и давлении 1 тыс. атм. Последующие рентгеновские исследования показали, что во всех ампулах образовались серпентиновые минералы. И что самое примечательное, характерные структурные особенности исходных минералов оказались запечатлены в новообразованных.

УНАСЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУР

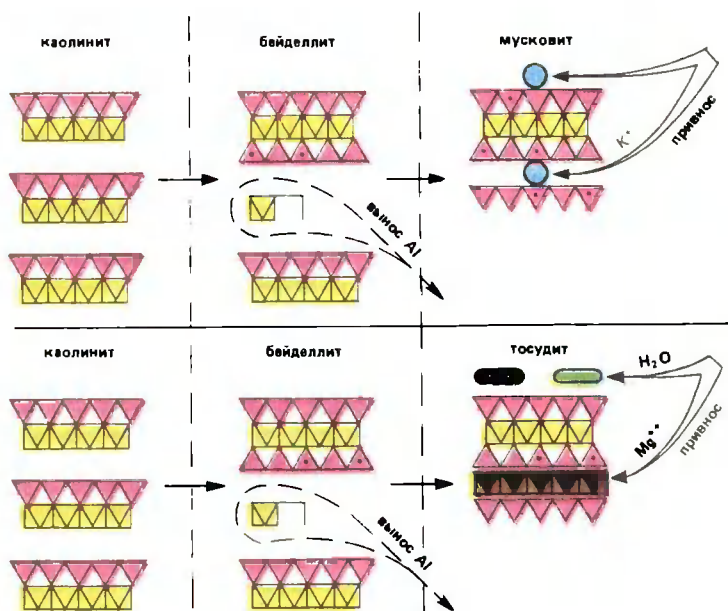
Итак, разные преобразования глинистых минералов — и те, что сопровождаются изменением типа слоистости (переход двухслойного каолинита в трехслойный мусковит), и те, где диоктаэдрические структуры переходят в триоктаэдрические (переход каолинита в серпентин) — убедили нас в структурной преемственности. И все же оставалось неясным, что происходит при этом с межслоевыми катионами: могут ли они наследоваться при структурных преобразованиях минералов глин?

Ответ был получен в «решающем» эксперименте по преобразованию диоктаэдрической слюды — мусковита $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ — в триоктаэдрическую — флогопит $KMg_3[AlSi_3O_{10}](OH)_2$. В реактор помещался синтетический мусковит, меченный тяжелым изотопом калия — ^{41}K , добавлялось избыточное количество раствора $MgCO_3$, обогащенного изотопом ^{39}K . Температура в реакторе достигала 600 °C, давление — 1 тыс. атм (условия, характерные для гидротермальных процессов).

Дальше мы рассуждали следующим образом. Если мусковит, как было принято считать, распадается при реакции на отдельные ионы и атомы, то в образовавшемся флогопите преобладал бы ^{39}K . Избыток же тяжелого изотопа калия означал бы, что целые блоки меченного им мусковита сформировали структуру нового минерала.

Расчеты показали, что в ходе реакции примерно 30 % ^{41}K перешло из мусковита во флогопит. (И это при температуре 600 °C, когда мусковит, казалось бы, должен был полностью раствориться.) Следовательно, межслоевые катионы также могут наследоваться при структурных преобразованиях минералов глин.

Итак, рассмотренные нами разнообразные варианты преобразования глинистых минералов позволяют заключить, что ни в одном из них структурные изменения не ведут к полному распаду материала на отдельные ионы и атомы перед «сборкой»



Преобразования слоистых силикатов под действием минерализованных гидротермальных растворов. Эксперименты показали, что в присутствии раствора хлорида калия каолинит трансформируется в бейделлитоподобную фазу и затем переходит в мусковит. При добавлении же раствора хлорида магния он преобразуется в бейделлитоподобную фазу и в тосудит. [Обозначения те же.]

новых структур, как считали многие минералоги¹. Лишь весьма агрессивные среды (щелочи или кислоты), растворяющие силикатную матрицу минерала, могут подавить структурное унаследование, но такие среды крайне редки в природе.

НЕМНОГО О ПЕРСПЕКТИВАХ

В результате проведенных модельных экспериментов, часть которых рассмотрена в данной статье, установлена неизвестная ранее закономерность преобразования глинистых минералов в гидротермальных условиях. Она, как уже отмечалось, состоит в сохранении структурных фрагментов матриц исходных минералов при формировании новых за счет миграции ионов при взаимодействии слоистых силикатных минералов с раствором.

Наиболее значительным приложением выявленной закономерности представляется направленный синтез слоистых минералов в условиях, характерных для гидротермальных процессов. Такой синтез позволит в лабораториях, а в дальнейшем и на технологических линиях, «конструировать» минералы с нужными свойствами.

Перспективным представляется и но-

вый подход к систематизации слоистых структур. Имеющиеся классификации достаточно формальны, поскольку проводятся по геометрическим особенностям (сходству структурных элементов-полиэдров и т. д.). Однако необходима и генетическая систематика слоистых силикатов, создать которую невозможно, не зная реального механизма перехода одних структур в другие.

Проведенные опыты заметно дополнили наши представления о минералах глин. В частности, получили объяснение такие загадочные слоистые структуры, как смешаннослойные с необычно большим (десятки нанометров) периодом повторяемости по оси с. Оказалось, что эти химеры минерального царства — лишь промежуточные постройку в процессе преобразования одних простых по структуре минералов в другие.

Яснее стали и некоторые превращения, сопровождающие образование руд. Например, стало понятно, что происходит с железосодержащими слоистыми силикатами, когда они взаимодействуют с содержащими серу и мышьяк гидротермальными растворами, экстрагирующими железо из силикатной матрицы при рудообразовании. Слоистые силикаты при таком взаимодействии, как выяснилось, очень долго (гораздо дольше, чем предсказывает термодинамика) сохраняют слоистость структуры. Но это уже тема отдельного обсуждения.

¹ Подробнее см.: Франк-Каменецкий В. А., Котов Н. В., Гойло Э. А. Трансформационные преобразования слоистых силикатов. М., 1983.



**Организатор и Генеральный спонсор
МЕЖДУНАРОДНАЯ
АКЦИОНЕРНАЯ КОМПАНИЯ**



совместно с

Научно-техническим центром «Технология-2000»,
Всесоюзной общественной организацией «За социальную экологию человека через массовое творчество» — Синее движение,
Правлением Московской организации Союза научных и инженерных обществ СССР,
Московским правлением Всесоюзного агропромышленного НТО

ОБЪЯВЛЯЮТ КОНКУРС

на лучшие отечественные конкурентоспособные технологии
по производству, хранению и переработке экологически
чистой сельскохозяйственной продукции

К участию в конкурсе ПРИГЛАШАЮТСЯ предприятия, научно-исследовательские организации, высшие и средние учебные заведения, временные творческие коллективы, отдельные специалисты.

На конкурс ПРИНИМАЮТСЯ защищенные и охраноспособные разработки технологий и технологического оборудования, в том числе содержащие «ноу-хау».

ГАРАНТИРУЕТСЯ сохранение конфиденциальности представленных на конкурс документации, информации, знаний и опыта в соответствии с действующим законодательством.

Для победителей учреждаются следующие премии:

первая — 20 000 рублей,

две вторых — по 10 000 рублей,

пять поощрительных — по 2000 рублей.

Авторы, чьи технологии и технологическое оборудование будут рекомендованы к внедрению, смогут вложить их в уставной капитал компании «ЧЕТЕК» с соответствующей оценкой и предоставлением права на приобретение акций компании.

ВНИМАНИЮ СПОНСОРОВ!!

Оргкомитет конкурса ПРИГЛАШАЕТ руководителей организаций, заинтересованных в применении новейших технологий по производству, хранению и переработке сельскохозяйственной продукции, принять участие в финансировании конкурса. Ваши вклады дадут Вам преимущественный доступ к технологиям и оборудованию, рекомендованным к внедрению.

Желающие стать спонсорами конкурса, подают заявку с указанием размера взноса и получают гарантии на широкую рекламу своей деятельности и продукции.

Подведение итогов конкурса с награждением победителей будет широко освещено средствами массовой информации.

Материалы направлять до 1 сентября 1991 г. по адресу: 103012, Москва, ул. Варварка (Разина), 15. Международная акционерная компания «ЧЕТЕК», на конкурс. Тел: 206-57-35.

Серебристые облака: ВЗГЛЯД ИЗ КОСМОСА

А. И. Лазарев, В. И. Севастьянов, В. П. Савиных



Александр Иванович Лазарев, доктор технических наук, главный научный сотрудник Государственного оптического института им. С. И. Вавилова. Разработал первые программы оптических исследований с пилотируемых космических кораблей. Участник подготовки экипажей орбитальных научных станций к проведению визуально-инструментальных наблюдений оптических явлений из космоса. Автор нескольких монографий. Один из авторов открытия вертикально-лучевой структуры (горизонтальной неоднородности) светящегося слоя атмосферы.

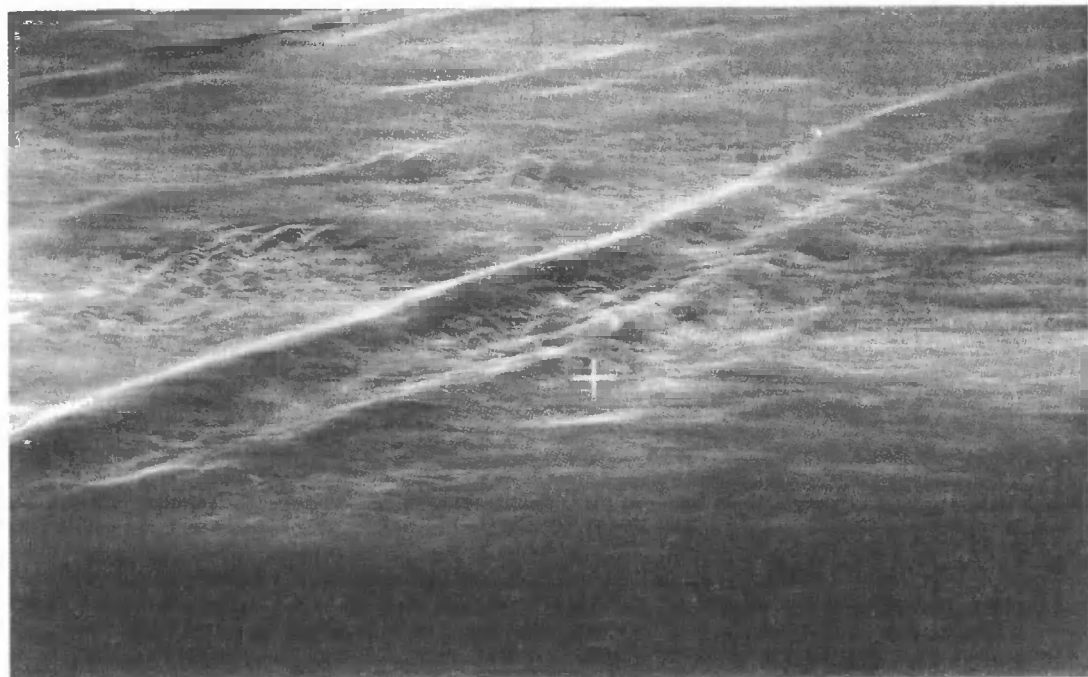
Виталий Иванович Севастьянов, кандидат технических наук, летчик-космонавт СССР, дважды Герой Советского Союза, участник полетов на космическом корабле «Союз-9» (1970) и на орбитальном научно-исследовательском комплексе «Союз-18 — Салют-4» (1975). Соавтор ряда монографий в области космических исследований. Один из авторов того же открытия. Действительный член Международной академии астронавтики. Лауреат Государственных премий СССР и ЭССР, лауреат премии Ленинского комсомола. Удостоен медали им. К. Э. Циолковского АН СССР.

Виктор Петрович Савиных, доктор технических наук, ректор Московского института инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии, летчик-космонавт СССР, дважды Герой Советского Союза, участник полетов на орбитальных станциях «Салют-6» (1981), «Салют-7» (1985) и «Мир» (1988). Соавтор монографии «Визуально-инструментальные наблюдения с «Салюта-6» (Л., 1983). Лауреат Государственной премии СССР. Удостоен медали им. К. Э. Циолковского АН СССР.

НОЧЬЮ 12 июня 1885 г. астроном Московской обсерватории (а впоследствии ее директор) В. К. Цераский увидел на сумеречном горизонте необычно яркие светящиеся образования с тонкой волокнистой структурой. Открытое им явление Цераский назвал ночными светящимися облаками (впоследствии за ними закрепилось название, данное немецким ученым О. Иессе, — серебристые облака). Как потом выяснилось, серебристые облака наблюдали Т. Бакгауз в Киссенгене 8 июня и В. Ласка в Праге 10 июня 1885 г. (публикации об этом появились несколько лет спустя). Цераский продолжал наблюдать серебристые облака и в последующие ночи, а через две недели с А. А. Белопольским на

основании наблюдений из двух пунктов удалось определить, что облака находятся на высоте 79 км.

Именно место расположения серебристых облаков определило тот особый интерес, который они до сих пор вызывают у исследователей земной атмосферы. Слой, в котором они появляются, один из наиболее интересных. Он расположен в D-области ионосферы (50—90 км). Здесь же находится область максимального поглощения радиоволн, нижняя граница мощных полярных сияний, область температурной инверсии (с минимумом температуры 115—120 К), чуть выше — нижняя граница альфвеновских волн и др. Все это привлекает внимание к серебристым облакам, присутствие кото-



Структурные образования — яркие полосы, волны, флер — в серебристых облаках при наблюдении с поверхности Земли.

рых позволяет изучать атмосферу на этих высотах наиболее наглядными оптическими (в том числе фотографическими) методами.

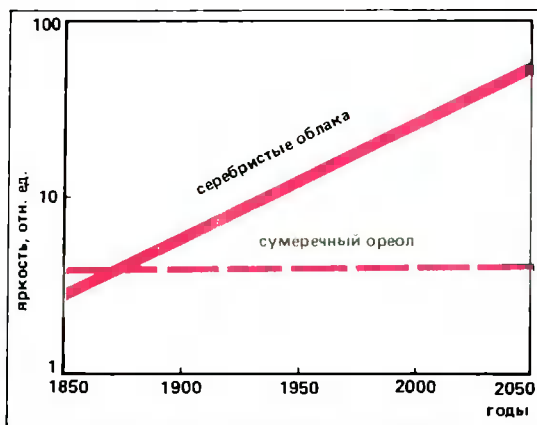
До начала космических полетов серебристые облака изучали, пользуясь, в основном, наземными и самолетными наблюдениями на сумеречном горизонте Земли, а также с помощью геофизических ракет, запускаемых на высоту более 90 км. На основании этих экспериментов сформировались представления о пространственно-временном распределении, структуре и природе серебристых облаков.

Серебристые облака чаще всего наблюдают на высотах 80—85 км, т. е. в мезопаузе — слое атмосферы на высоте 80—90 км. Они видны обычно севернее 45° с. ш. и южнее 52° ю. ш. Единичные наблюдения между 45° с. ш. и 52° ю. ш. рассматривались как аномальные события. В результате многолетних наземных наблюдений установлено, что на одних и тех же широтах серебристые облака одинаково часто появляются на любой долготе. В Северном полушарии чаще всего они появляются в полосе $50\text{—}65^\circ$ с. ш., при этом зона между 53 и 57° с. ш. оптимальна по условиям их обнаружения: южнее

сумерки непродолжительны, севернее — слишком светлы.

Начало сезона наблюдения серебристых облаков в Северном полушарии относится к первой половине марта, а конец выражен менее четко и приходится на октябрь—ноябрь. При этом до 90 % наблюдений проводилось в июне—августе. Чаще всего серебристые облака наблюдались через две—четыре недели после летнего солнцестояния. Чем ближе к северу, тем позже отмечается сезон наиболее частого наблюдения серебристых облаков. В Южном же полушарии максимум наблюдения приходится на январь. Серебристые облака видны от нескольких минут до четырех часов и более. Они имеют тенденцию появляться несколько дней подряд (серии облаков). Результаты наземных наблюдений позволили выявить 11-летнюю периодичность в появлении серебристых облаков (максимальное количество наблюдается через два года после года спокойного Солнца).

Различают следующие структурные формы серебристых облаков: флер, полосы, волны и вихри. Флер — это однородная форма, напоминающая туман. Она присутствует почти всегда и обычно заполняет пространство между другими формами. На фоне флера выделяются размытые полосы. Резко очерченные полосы с более высоким контрастом называют струями. Волны так-



Расчетные значения яркости серебристых облаков [расчеты выполнены для длины волны 555 нм и угла наклона Солнца 11°]. Из графика видно, что яркость серебристых облаков превысила яркость сумеречного ореола примерно 100 лет назад.

же обычно достаточно отчетливо видны на фоне флера. Чаще преобладают волны с длинами 3—12, 20—100 и свыше 100 км, но бывает, они достигают 250—280 км. Вихри по форме напоминают известные образования в тропосферных облаках. Их диаметр меняется от десяти до сотен километров. Толщина серебристых облаков не превышает 2 км, а амплитуда волн в их полосах составляет 0,5—3 км.

Из чего состоят серебристые облака? Первые их наблюдения в июне 1885 г. связывали с извержением вулкана Кракатау

Серебристые облака антропогенного (слева) и естественного происхождения. Фото П. Кальва. Таллинн, 1988 (27 июня 23 час. 09 мин. и 31 июля 01 час 00 мин.).

в Индонезии ($6^\circ 06'$ ю. ш., $105^\circ 25'$ в. д.) в августе 1883 г. Это было исключительно мощное извержение, в котором, по оценкам вулканологов, объем выброшенного пепла составлял 18 км^3 , масса вещества 25—55 Мт, а высота столба пепла и газа достигала 70—80 км. Так возникла пылевая гипотеза, по которой серебристые облака состоят из вулканической пыли. Яркие серебристые облака и светлые ночи наблюдались 30 июня — 2 июля 1908 г. — после падения Тунгусского космического тела. В эти дни поле серебристых облаков, беспрецедентное по яркости и протяженности, занимало не менее 5 млн. км^2 , а серебристые облака зарегистрировали на 34 станциях. Ничего подобного ни до, ни после этого не наблюдалось. Это позволило дополнить вулканическую пылевую гипотезу метеоритной.

С 20-х годов стала развиваться ледяная (конденсационная) гипотеза. В 1926 г. Л. А. Кулик высказал предположение, что метеорные частицы в мезопаузе играют роль ядер конденсации при образовании серебристых облаков. Однако тогда не были известны значения температуры и влажности в мезопаузе, и это предположение не получило дальнейшего развития.

Оно вновь возникло после шведско-американских ракетных экспериментов 1962 г., когда в ловушки попали частицы, содержащие твердые ядра, окруженные предположительно водной оболочкой. При этом в соответствии с прежней гипотезой считалось, что ядра конденсации образованы вулканическими и метеорными пылевыми частицами.

В последнее время в генезисе серебристых облаков все больше внимания уделяется ионизации. Высказываются предположе-



ния о том, что большие заряженные кластеры $H^+(H_2O)_n$ с $n \geq 15$ могут служить как дополнительными ядрами конденсации, так и исходным материалом для образования частиц серебристых облаков. Однако единого взгляда на природу серебристых облаков пока нет.

В наземных спектрофотометрических и поляриметрических исследованиях размеры частиц серебристых облаков были оценены от 0,1 до 1 мкм. Тогда их объемная плотность в серебристых облаках средней яркости составляет примерно 10 см^{-3} . А это означает, что в поле серебристых облаков размером $100 \times 100 \text{ км}^2$ и толщиной 1 км находится лишь несколько десятков литров воды (или другой жидкости, из которой они, возможно, состоят).

Серебристые облака наблюдают с Земли около 100 лет. Почему же их не видели раньше? Ответить на этот вопрос попытались американские ученые, предположившие, что одним из источников водяного пара, из которого состоят серебристые облака, является метан. Образующийся в приземном слое атмосферы метан постепенно переносится через тропосферу в стратосферу и мезосферу. По мнению американских ученых, окисление метана дает около половины паров воды над тропосферой. По их данным, содержание метана в атмосфере непрерывно возрастает и увеличилось за последние 100 лет примерно вдвое. А это ведет к росту концентрации водяного пара в мезосфере и, следовательно, к повышению плотности и яркости серебристых облаков.

Известно, что с поверхности Земли серебристые облака можно наблюдать только на фоне сумеречного ореола, яркость которого зависит от состояния атмосферы

и угла погружения Солнца за горизонт. Яркость серебристых облаков и сумеречного ореола зависит от времени, причем, по расчетам, яркость серебристых облаков превышает яркость сумеречного ореола примерно 100 лет назад. Эти оценки позволили американским ученым ответить на вопрос, почему история наблюдений серебристых облаков насчитывает немногим более 100 лет.

Как показывает опыт визуальных наблюдений и фотографических исследований с Земли, в образовании рассеивающих слоев в мезопause могут участвовать и источники антропогенного происхождения, связанные, в основном, с запусками ракетно-космических систем. Приведем некоторые данные, подтверждающие это предположение.

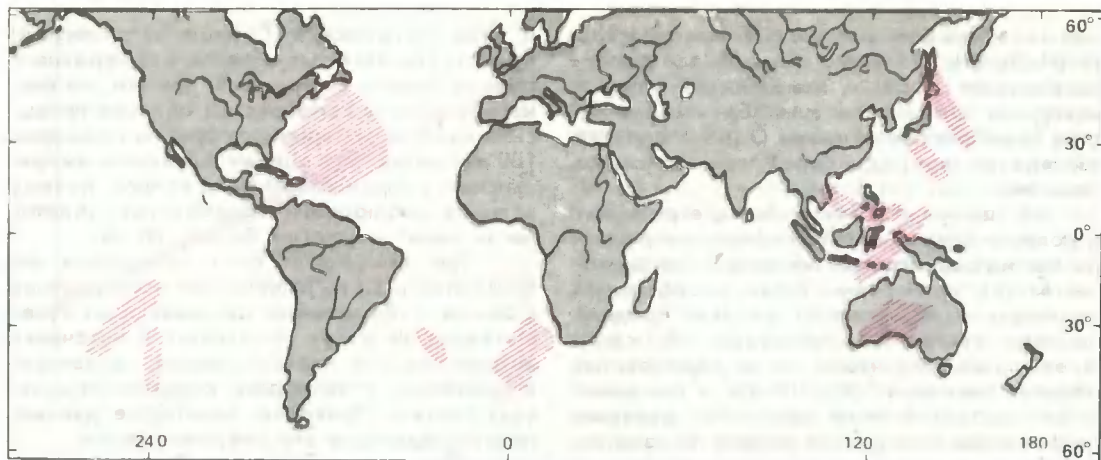
28 октября 1987 г. К. Вальдмаа сфотографировал след от продуктов сгорания двигателей ракеты «Минитмен II», запущенной в США с базы военно-воздушных сил Ванденберг. Съемка велась из Лос-Анджелеса, где Солнце уже зашло, но след был так высоко, что еще освещался им. На одном из опубликованных снимков¹ след зарегистрирован после запуска, на другом — через несколько минут, когда ветер уже изменил его форму. Видно, как часть следа, локализованная в мезопause, постепенно превращается в рассеивающий слой, похожий на серебристые облака.

28 апреля 1988 г. аналогичные снимки были получены вскоре после захода Солнца с вершины холма в Сан-Диего (Калифорния)². На них хорошо видны следы запуска ракеты с базы Ванденберг. Как и в предыдущем

¹ Sky and Telescope. 1988. V. 75. N 3. P. 336.

² Ibid. 1988. V. 75. N 4. P. 441.





Зафиксированные экипажем «Салюта-6» районы, где наблюдались из космоса серебристые облака [март — май 1981 г.].

случае, следы сохранились, в основном, в мезопаузе и образовали рассеивающие структуры, которые можно принять за полосы и вихри в серебристых облаках.

В ночь с 27 на 28 июля 1988 г. очень яркие рассеивающие образования в мезопаузе сфотографировал с 17-го этажа гостиницы «Олимпия» в Таллине один из участников Международного семинара по серебристым облакам. Аналогичные снимки получены в ту же ночь в Финляндии.

Появление этих рассеивающих образований также связано с запусками ракет.

Все эти фотографии получены летом. На них характерно значительное увеличение размеров и оптической толщины следов в мезопаузе (ни выше, ни ниже этот эффект не наблюдается). Возможно, это связано с конденсацией паров воды, углекислого газа и серосодержащих газов на кластерах и мельчайших частицах конденсированной фазы в следах — летняя температура в мезопаузе (120—140 К) благоприятна для конденсации.

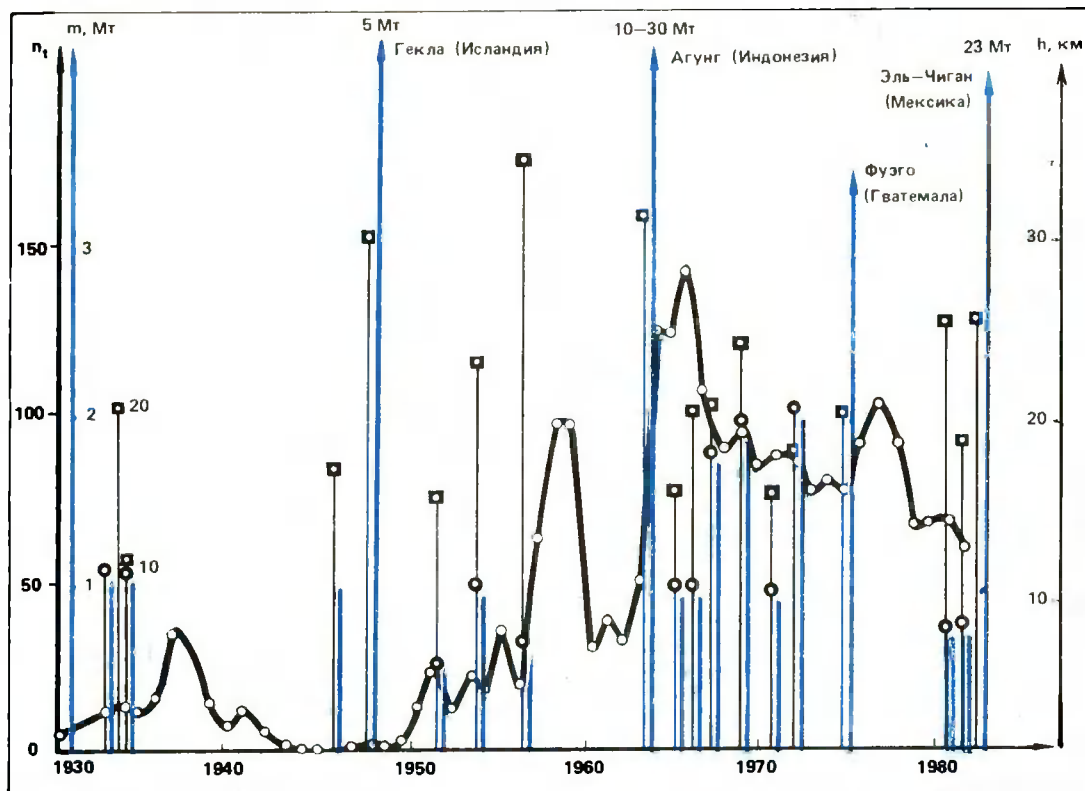
Новую эру в изучении серебристых облаков открыли визуальные наблюдения и инструментальные исследования с пилотируемых космических кораблей и беспилотных космических аппаратов. В СССР эти исследования проводились с пилотируемых кораблей и орбитальных станций, в США — в основном, с беспилотных аппаратов.

Первые наблюдения из космоса, проведенные одним из авторов (В. И. С.) с «Сою-

за-9» 9 июня 1970 г., подтвердили данные наземных исследований и продемонстрировали принципиальную возможность изучения серебристых облаков из космоса на сумеречном горизонте Земли. В дальнейшем разработанная одним из авторов (А. И. Л.) программа оптических исследований, включавшая изучение серебристых облаков, выполнялась на «Салюте-4, -6» и «Мире» в 1975—1988 гг. С 12 июня по 23 июля 1975 г. П. И. Климук и В. И. Севастьянов 27 раз наблюдали серебристые облака и несколько раз фотографировали и проводили их спектрометрический анализ. Особенно протяженные поля серебристых облаков наблюдались 3—4 июля 1975 г. на девяти витках полета подряд. В эти дни наблюдения велись и с наземных станций. Результаты космических и наземных наблюдений 3—4 июля 1975 г. подтвердили предположение о том, что серебристые облака могут образовывать сплошную полосу севернее 45° с. ш. (аналогичный эффект южнее 52° ю. ш. отмечен Ю. В. Романенко и Г. М. Гречко в январе 1978 г. на «Салюте-6»).

Космонавты наблюдали и многослойную структуру серебристых облаков. Иногда это было двух- и даже трехъярусное поле, что позволяло судить о тонкой структуре мезопаузы, т. е. о более мелкомасштабном распределении в ней температуры и влажности. Космонавтов поразил перламутровый цвет серебристых облаков.

Однако оставалось неясным, существуют ли серебристые облака на низких широтах. В связи с этим для второй экспедиции на «Салюте-6» один из авторов (А. И. Л.) разработал программу наблюдений серебристых облаков на всех широтах, и В. В. Коваленок и А. С. Иванченков за 140 суток наблюдений обнаружили серебристые обла-



Количество ночей n_1 с серебристыми облаками в 1930—1982 гг. На графике отмечены значения высоты h выброса пепла и газов и массы m изверженного вещества для наиболее мощных извержений за тот же период.

ка на всех широтах, в том числе и на самых низких. Эти результаты подтвердились в третьей и четвертой длительных экспедициях на «Салюте-6», но особенно интересные результаты удалось получить в пятой экспедиции, когда В. В. Коваленок и В. П. Савиных в марте—мае 1981 г. большую часть наблюдений серебристых облаков вели над районами активного вулканизма (западное побережье Тихого океана, Яванская дуга и т. д.). Это позволило вернуться к гипотезе о влиянии вулканической деятельности на образование серебристых облаков.

Из сопоставления данных о частоте появления серебристых облаков и о наиболее мощных извержениях вырисовывается определенная корреляция между серебристыми облаками и вулканической активностью (более частое появление серебристых облаков отмечается через один—три года после мощных вулканических извержений). Ко-

нечно, эти выводы предварительные. При более детальном анализе должны учитываться и другие факторы. Но данные о серебристых облаках сегодня нельзя признать удовлетворительными. Скажем, в отдельные периоды число ночей с серебристыми облаками могло оказаться на самом деле больше или меньше из-за менявшегося числа наблюдателей. Тем не менее прослеживается отчетливая корреляция между частотой наблюдения серебристых облаков и вулканической активностью.

Как известно, при извержениях в атмосферу (преимущественно в стратосферу) выбрасываются не только пылевые частицы, но и углекислый газ и пары серосодержащих соединений. Образующиеся в стратосфере аэрозольные слои содержат немало сернокислых соединений (в основном серной кислоты). Нам представляется, что и серебристые облака вулканического происхождения состоят не только из пыли и льда, но также из серной кислоты и углекислоты. Это подтверждается и отмеченным космонавтами перламутровым цветом серебристых облаков.

В. П. Савиных во время полета на орбитальной станции «Салют-7» посчастливилось

наблюдать уникальный случай возникновения и развития аэрозольных образований в стратосфере, мезосфере и мезопаузе из газотепловой колонны, сопровождавшей мощное извержение вулкана Руис (5400 м) в Колумбии. Поскольку это явление наблюдалось впервые, расскажем о нем немного подробнее.

В первый день 14 ноября 1985 г. аэрозольные образования типа облаков были видны от поверхности Земли до высоты мезопаузы (80—85 км). Они имели четкую верхнюю границу в районе мезопаузы (т. е. на высоте серебристых облаков) и от нее плавно достигали приземных слоев, переходя в обычные тропосферные облака. Протяженность аэрозольных образований по горизонту составляла примерно 2500 км, а рядом с аэрозольными образованиями был виден обычный голубоватый ореол дневной атмосферы. Наблюдения проводились днем, Солнце было со стороны, противоположной направлению наблюдения.

На следующий день аэрозольные образования были видны над Тихим океаном и Колумбией. На 611-м витке полета около 19 час. 30 мин. в течение примерно двух минут над океаном был виден аэрозольный слой протяженностью 2000 км в мезосфере на высоте около 60 км. На следующих витках аэрозольный слой был виден уже в стратосфере на высоте около 40 км во всем поле обзора иллюминатора. В этот день аэрозольный слой в мезосфере и стратосфере не имел видимых разрывов, его толщина составляла около 2 км, а максимальная протяженность примерно 4000 км. Все наблюдения 15 ноября 1985 г. проводились на дневной стороне Земли.

На третий день, 16 ноября, стратосферный аэрозольный слой на высоте около 40 км имел толщину примерно 1 км и был не сплошной, а с разрывами, протяженность отдельных участков достигала 1000 км. На следующий день в этом районе аэрозольный слой вообще не был виден. А еще через два дня над Кубой образовался мощный циклон, который, перемещаясь в юго-восточном направлении, вскоре достиг Венесуэлы.

Вполне возможно, что аэрозольный слой в мезопаузе (на высоте серебристых облаков) существовал не только 14 ноября 1985 г., а и в последующие дни. Однако в связи с уменьшением плотности этого слоя, а следовательно, и его яркости, его не было видно, так как наблюдения проводились в дневное время, когда яркость иллюминатора значительно превышает яркость обычных серебристых облаков.

Таким образом, вулканическая деятельность является источником не только серебристых облаков, но и других аэрозольных образований, таких как стратосферные аэрозольные слои и, возможно, радужные и перламутровые облака. Необходимы комплексные эксперименты по изучению рассеивающих образований в стратосфере, мезосфере и мезопаузе. Здесь особенно велика роль наблюдений с пилотируемых космических кораблей, сопровождаемых фотографической и спектрометрической регистрацией.

В связи с результатами космических наблюдений высказывались предположения о различной природе рассеивающих слоев в мезопаузе на разных широтах. В частности, утверждалось, что в высоких и средних широтах рассеивающий слой в мезопаузе, мол, имеет конденсационное происхождение и это и есть «настоящие» серебристые облака, а в низких широтах космонавты, дескать, наблюдали не серебристые облака, а скопление метеорной пыли в мезопаузе. Вместе с тем нельзя полностью отбросить связь рассеивающих слоев в мезопаузе с вулканической деятельностью.

Все это позволяет выдвинуть более общее предположение о природе рассеивающих слоев в мезопаузе. Вероятнее всего, они могут быть пылевыми, конденсационными или смешанными. Пылевая составляющая этих слоев может иметь космическое (метеорное) или земное (преимущественно вулканическое) происхождение. Вулканы, циклоны и тайфуны также способны стать источником паров воды, а вулканы, кроме того, и источником углекислого и серо-содержащих газов, ответственных за возникновение конденсационных или смешанных рассеивающих образований в мезосфере. Естественно, существуют и другие источники водяного пара в мезосфере, в том числе космического и антропогенного происхождения. С этой точки зрения, выбор названия рассеивающих образований (пылевого, конденсационного или смешанного состава, космического или земного происхождения) — мезосферные облака, серебристые облака, рассеивающие слои в мезопаузе и т. д. — скорее, дело вкуса.

Тем не менее ныне рассеивающие образования в низких и экваториальных широтах принято называть экваториальными мезосферными облаками (ЕМС), в средних — серебристыми облаками (NLC), в высоких и околополярных широтах — полярными мезосферными облаками (РМС).

В настоящее время обсуждается гипотеза о преимущественном образовании

серебристых облаков в околополярных широтах, основанная, главным образом, на результатах инструментальных исследований с американских беспилотных кораблей OGO-6 и SME. Серебристые облака с геофизического спутника OGO-6 исследовались в видимой области спектра, а с корабля SME — в ультрафиолетовой (в двух полосах с центрами около 265 и 296 нм). Из этих результатов следует, что в полярных широтах, на высотах, характерных для серебристых облаков, очень часто, а в отдельные периоды почти ежедневно формировались слои повышенной яркости. При этом, по данным с SME, размеры рассеивающих частиц составляли $\sim 10^{-7}$ — 10^{-8} м. В связи с этими данными высказано предположение о широтном распределении плотности серебристых облаков. Наиболее плотные поля серебристых облаков располагаются в околополярных широтах, а к экватору их плотность постепенно уменьшается.

Результаты космических наблюдений серебристых облаков позволили заметно расширить представления и об их пространственном распределении. Прежде всего, было подтверждено существование серебристых облаков там, где их наблюдали с Земли, — севернее 45° с. ш. и южнее 52° ю. ш. Кроме того, появилась возможность наблюдать серебристые облака в низких и экваториальных широтах. Таким образом, космические результаты позволяют сделать вывод о том, что серебристые облака могут появляться практически на всех широтах.

Почему же в наземных измерениях не установлен этот факт? В полярных районах серебристые облака невозможно обнаружить, потому что летом в высоких широтах не бывает сумерек, в это время там полярный день. К тому же эти районы практически не заселены. А в низких широтах сумерки столь коротки, что мало времени, удобного для наблюдений. К тому же с поверхности Земли серебристые облака на фоне сумеречного ореола можно обнаружить, только когда они имеют ярко выраженные неоднородности. Из космоса же, «с ребра», они видны и тогда, когда представляют собой однородный слой. Наблюдениям серебристых облаков из космоса не мешают плотные слои атмосферы, а из-за того, что их можно видеть «с ребра», их яркость оказывается почти в 100 раз выше, чем при наблюдении с Земли.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Васильев О. Б., Виллманн Ч. И., Гаврилов Н. В., Коваленок В. В., Лазарев А. И., Фаст Н. П. ИССЛЕДОВАНИЕ СЕРЕБРИСТЫХ ОБЛАКОВ ИЗ КОСМОСА. Л., 1987.

Лазарев А. И., Коваленок В. В., Савинных В. П. ВИЗУАЛЬНО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ С «САЛЮТА-6». Л., 1983.

НОВЫЕ КНИГИ

Океанология

Л. Лобье. ОАЗИСЫ НА ДНЕ ОКЕАНА / Пер. с франц. М. А. Долголенко под ред. К. Н. Несиса с предисл. Ж. М. Переса. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 156 с. Ц. 65 к.

Книга, рассчитанная на широкий круг читателей, посвящена жизни, кипящей в районах выхода горячих и холодных минерализованных источников на дне Тихого и Атлантического океанов. Открытие невероятно богатой фауны этих подводных оазисов, в основе существования которых лежит не поток органического веще-

ства с поверхности, а бактериальный хемосинтез (использование бактериями химической энергии, почерпнутой из веществ, вынесенных гидротермальной циркуляцией), — одно из замечательных открытий XX в.

Автор — известный французский гидробиолог, профессор Океанографического института в Париже и сотрудник Французского института исследования морей. Специалист по многощетинковым червям, он счастливо сочетает высокие профессиональные качества зоолога, подводника, не раз работавшего в подводных обитаемых

аппаратах, и администратора, что позволило ему занять достойное место среди лидеров в сложных океанографических исследованиях.

Книга снабжена словарем терминов, библиографией и двумя приложениями: «О биологических глубоководных исследованиях с помощью подводных обитаемых аппаратов» (Л. И. Москалев), «Ландшафтные исследования гидротермалей» (С. В. Галкин); проиллюстрирована рисунками, черно-белыми и цветными фотографиями.

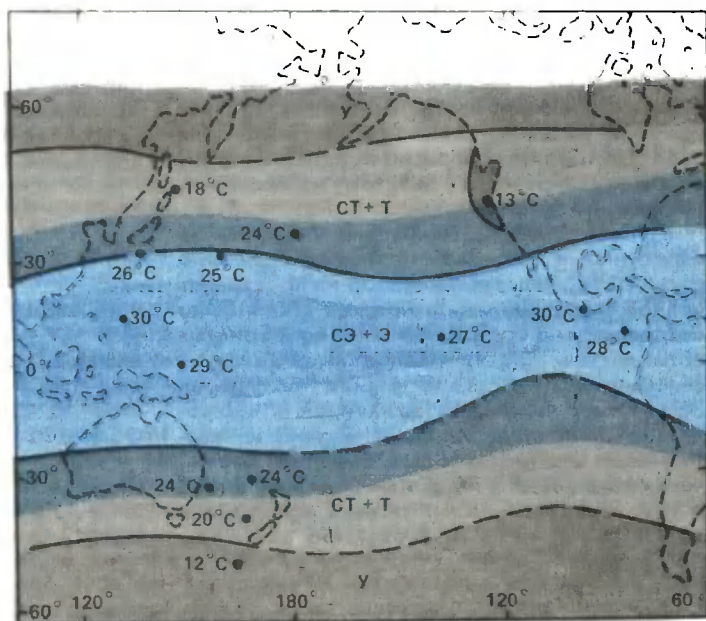
Прогнозы по «палеоклиматическим сценариям»

Н. С. Блюм,
кандидат географических наук
Московский государственный университет им.
М. В. Ломоносова

С. А. Сафарова,
кандидат биологических наук
Институт океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР

ДЛЯ ПРОВЕРКИ и уточнения прогнозных моделей климата используются «палеоклиматические сценарии» прошлых геологических эпох (т. е. реконструкции количественных параметров климатической системы — температуры, влажности, объемов и площадей оледенений, альбедо и пр.)¹. Многие исследователи полагают, что аналогом климата середины XXI в. можно считать оптимум плиоцена. В связи с этим предпринят совместный советско-американский проект, цель которого — создание ландшафтных карт суши и океана для этого времени. Ученые Института океанологии и Московского государственного университета, в числе которых и авторы этого сообщения, разработали новые методы оценки палеотемператур океанских поверхностных вод и реконструкции климатической зональности древних океанов².

Изучив распределение планктонных фораминифер, спор, пыльцы в плиоценовых отложениях Тихого океана и окружающей суши, авторы подтвердили прежние заключения специалистов, что климатический оптимум действительно приходится на ранний плиоцен (3,7—4,5 млн. лет назад), но при этом пришли к выводу, что климатическая ситуация плиоценового оптимума в Тихоокеанском регионе не может являться прямым аналогом климата близкого будущего. Для этого



Климатическая зональность 3,7—4,5 млн. лет назад. Здесь и на следующем рисунке: У — умеренная, Т — тропическая, Э — экваториальная, СТ — субтропическая, СЗ — субэкваториальная зоны.

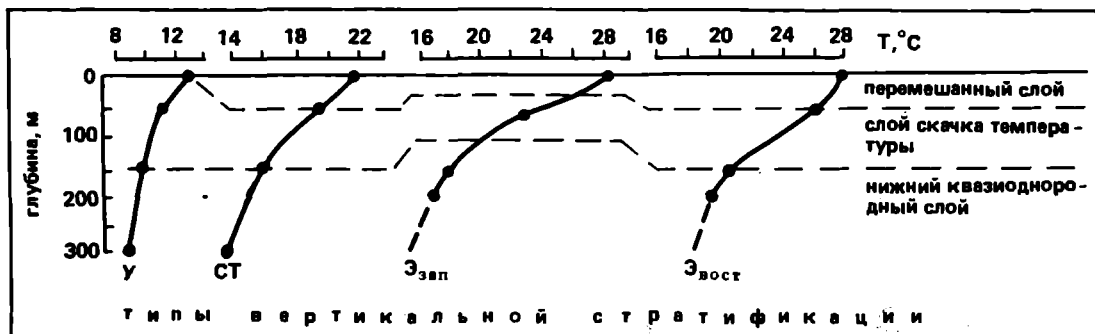
временного среза была построена схема климатической зональности Тихого океана и его континентального обрамления и предпринята попытка оценить палеотемпературы поверхностных водных масс и приземного воздуха.

Положение границ природных зон, смещенных во время оптимума к полюсам, свидетельствует о значительно более теплом, чем сейчас, климате. И в Северном, и в Южном полушарии вплоть до 60° отсутствовали температурные условия, характерные для современ-

ной субполярной зоны. Арктика, по данным Д. Кларка (1971), вероятно, была свободна от постоянного льда. Граница между умеренной и субтропической зонами проходила по 45—50° северной и южной широт (сейчас — по 35—40°). Субэкваториальная и экваториальная зоны распространялись сплошным поясом от 30° с. ш. до 20—25° ю. ш. (в современном океане имеются лишь отдельные фрагменты этих зон). Среднегодовые палеотемпературы верхнего перемешанного слоя экваториальных вод, определенные по видовому составу планктонных фораминифер и изотопно-кислородным данным, равнялись 29—30°C (сейчас максимальная температура вод на экваторе 28°C). Термическая структура поверхностных водных масс,

¹ Подробнее см.: Голицын Г. С. Парниковый эффект и изменения климата // Природа. 1990. № 7. С. 23.

² Неоген-четвертичная палеоокеанология по микропалеонтологическим данным. М., 1989.



Термическая структура поверхностных водных масс.

изученная по новой методике³, показала, что температура верхнего квазиоднородного слоя на разных широтах была такой же или на 1—2 °C выше современных. Термоклин (слой скачка температур) в тропико-экваториальном пространстве отличался очень резким вертикальным перепадом и располагался на меньших глубинах — в западной и на больших — в восточной части Тихого океана (сейчас наблюдается обратная картина). Причина такого вертикального строения экваториальных вод пока не ясна, как и соотношение температуры и солености поверхностных вод (распределение плотности) в раннеплиоценовом океане.

На прилежащих к Тихому океану территориях произрастали те же растительные сообщества, что и теперь, но границы растительных зон были смещены к полюсам. Методом аналогий нами оценены температура и влажность различных районов: так, в вечнозеленых экваториальных лесах температуры составляли 26—29 °C, а количество атмосферных осадков — 5000 мм/год, что заметно превышает современные значения.

Таким образом, климат Тихого океана в то время был

очень теплым, особенно в низких широтах, играющих огромную роль в тепловом балансе Земли. Пока недостаточно данных для определения среднеширотных и средней по всему океану палеотемператур, что важно для прогнозов климата. Однако даже при максимальном предполагаемом к середине XXI в. повышении глобальной температуры ($3,5 \pm 1,5$ °C) нельзя ожидать такого прогревания вод и воздуха, как в раннем плиоцене, поскольку образование после оптимума Панамского перешейка (около 3,5 млн. лет назад) кардинально изменило океанскую циркуляцию.

Сходный с современным, но более теплый климат предвидится к концу XX — началу XXI в. В недавнем геологическом прошлом аналогом этой ситуации считается оптимум последнего межледникового (около 125 тыс. лет назад). Существует мнение, что среднеглобальная температура в то время была на 1—1,5 °C выше, чем сейчас. Наши исследования показали, что для океанов во время этого оптимума было характерно чередование закономерно (по широтам) расположенных акваторий с положительными и отрицательными температурными аномалиями, а средняя температура поверхностных вод Мирового океана была тогда всего на 0,28 °C больше современной⁴. Самым теплым был Тихий

океан — на 0,66 °C теплее, чем ныне. Границы природных зон занимали то же положение, что и сейчас, за исключением более обширной субэкваториально-экваториальной области. В Северном и Южном полушариях до 50—55° господствовали условия субполярной и полярной зоны. Границы умеренных зон в обоих полушариях располагались около 40°, а субэкваториальная и экваториальная области протягивались от 20° с. ш. до 15° ю. ш. в западном секторе и от 15° с. ш. до 5° ю. ш. — в восточном. Прибрежные и экваториальные апвеллинги были слабыми, поэтому их охлаждающее влияние сказывалось в низких широтах гораздо меньше, чем сейчас. Максимальные температуры в западно-экваториальном регионе составляли 29—30 °C, что на 1—2 °C выше современных, а средняя по океану температура была равна 20,4 °C. Растительные палеоландшафты окружающей суши свидетельствуют в целом о большей влажности, чем в настоящее время.

По нашему мнению, климат оптимума межледникового в Тихом океане был не таким теплым, какой можно ожидать к концу нашего столетия при условии неизменных темпов антропогенного загрязнения атмосферы.

³ Николаев С. Д., Блюм Н. С., Николаев В. И. Палеогеография океанов и морей в кайнозое по изотопным и микропалеонтологическим данным. М.: ВНИИТИ, ИНТ, 1989.

⁴ Оськина Н. С., Блюм Н. С., Иванова Е. В. Сравнение тенденций позднечетвертичных палеогеографических изменений в Атлантическом, Тихом и Индийском океа-

нах // Тез. докл. VII Всесоюз. совещ. «Четвертичный период: методы исследования, стратиграфия и экология». Таллинн, 1990. Т. 3. С. 37—38.

Его диссертация — на всех картах мира!

З. М. Каневский



Зиновий Михайлович Каневский, гляциолог, участник арктических экспедиций, почетный полярник, член Союза писателей СССР. Автор многих научно-популярных и научно-художественных книг, посвященных исследователям Арктики и Антарктики. Неоднократно публиковался в «Природе».

В ПЕРВОМ РЯДУ имен многочисленных исследователей советской Арктики по праву стоит имя Георгия Алексеевича Ушакова, которому в этом году исполнилось бы 90 лет. Его личности, его феномену и посвящен этот очерк.

МИТИНГ НА ДОМАШНЕМ

Июнь 1982 г. На о. Домашнем архипелага Северная Земля идет торжественный митинг — 50 лет назад здесь завершила работу одна из самых замечательных в полярной истории экспедиций. Ею руководил Ушаков. На Домашнем он и похоронен.

Этот маленький остров стал своеобразным полярным мемориалом из трех каменных надгробий. Самое первое и скромное — могила механика И. И. Шенцова, умершего от голода и болезней в 1943 г. Той зимовкой из трех человек руководил в течение двух отчаянно трудных и опасных военных лет ветеран Арктики Борис Александрович Кремер¹. В 1965 г. именно он установил на Домашнем урну с прахом Ушакова, завещавшего похоронить его в этой насквозь промерзшей земле. А через десяток лет и сам Борис Александрович лег рядом со своим старшим товарищем, ибо «землю, с которой вместе мерз, вовек разлюбить нельзя».

На митинг собралось человек пятьдесят — они прибыли на вездеходах с соседнего о. Среднего, где аэропорт, с дальнего о. Голомянного, на котором сейчас полярная станция, много лет назад переведенная сюда с Домашнего. Произносятся речи об Ушакове и его товарищах, о Георгии Алексеевиче вспоминают его жена Ирина Александровна, дочь Маола Георгиевна.

...Полвека прошло после экспедиции Ушакова. В такие мгновения в первую очередь думаешь о том, что было и что стало, вспоминаешь о Москве, покинутой лишь вчера, о том, что весь воздушный путь до

¹ Б. А. Кремер (1908—1976) — на протяжении многих лет занимался историей Арктики, был другом и автором нашего журнала. См. о нем: Каневский З. М. Полярник // Природа. 1976. № 5. С. 52—63. — Прим. ред.

аэропорта Средний с посадками в Ухте и Диксоне занял около 11 час. В аэропорту есть гостиница и множество прочих зданий, на полярной станции «Остров Голомянный» — центральное отопление, автомат с газировкой, цветной телевизор, а 50 лет назад экспедиция Ушакова с трудом принимала сигналы точного времени, столь необходимые для расчета географических координат тех пунктов, на основании которых они «строили» свою уникальную карту архипелага Северная Земля!

В 1930—1932 гг. здесь работала Североземельская экспедиция, и островок с таким «домашним» названием входил в состав архипелага, однако каков тот архипелаг, велика ли его общая площадь, до каких широт и долгот простираются его границы — обо всем этом еще в 1930 г., когда сюда явилась четверка Ушакова, не ведала ни единая душа в мире. Более того, они высадились на Домашнем вслепую, по капризу льдов, не пустивших судно дальше. Коренные берега архипелага лежали где-то восточнее, в тумане, и предстояло прежде всего добраться до тех берегов, заложить там продуктовые склады, чтобы уже потом, во время маршрутных изысканий, опираться на эти вспомогательные депо (так называют подобные пункты в Арктике и Антарктике)

Митинг окончен, и вертолет взмывает над Домашним, унося нас к побережью центрального и самого крупного острова архипелага — Октябрьской Революции: здесь, на мысе Серпа и Молота, и был заложен основной склад ушаковцев. Через несколько минут впереди показались заснеженные берега, те самые, до которых исследователям начала 30-х годов всякий раз приходилось преодолевать по 50—60 км «холостого» маршрута по опасным дрейфующим льдам, с торосами, трещинами, подвижками и прочими прелестями Арктики. А мы летим себе в МИ-8 и любуемся пейзажами!

Размышления, понятно, не бог весть какие свежие, но я не хочу от них избавляться: слишком дорогую цену платили полярные путешественники прошлого, причем совсем недавнего, за каждый штрих на географической карте, а именно она была главной целью экспедиции Ушакова. Дело в том, что Северную Землю открыли, в общем-то, случайно: это произошло в сентябре 1913 г., когда на трассе Северного морского пути работала Гидрографическая экспедиция Северного Ледовитого океана под началом Б. А. Вилькицкого². С борта двух изыскатель-

ских судов, «Таймыра» и «Вайгача», были усмотрены только южные и восточные берега обнаруженной суши, названной Землей Николая II (в 1926 г. ее переименовали в Северную Землю). Суда попытались пройти вдоль восточного побережья на север, но через 180 миль льды застопорили им путь. Земля как была, так и осталась таинственной, неведомой, неизвестно было даже, состоит ли она из нескольких островов либо являет собой единый крупный остров, подобное Гренландии.

Обо всем этом говорилось на митинге. О том, что благодаря экспедиции Ушакова мы теперь прекрасно знаем Северную Землю, отдельные «земли», слагающие ее, — острова Большевик, Октябрьской Революции, Комсомолец, Пионер и целую россыпь островков помельче, вроде Домашнего, как бы примыкающих к главному «телу» архипелага. Знаем ее карту, ее природу, нрав ветров и льдов, животный и растительный мир, геологическое строение недр. А в недрах тех немало богатств. Не случайно, например, один из мысов был назван первопроходцами архипелага Оловянным — там обнаружили признаки оловоносности. Но главным сюрпризом стало сравнительно недавнее открытие здесь золота³.

Не стану лукавить, утверждая, будто именно тогда, в июне 1982 г., на Домашнем мне во всей полноте открылся герой этого повествования. Нет, уже давным-давно я прочел почти все написанное о нем, а главное, две его книги, не раз выходившие в разных издательствах: «Остров метелей» и «По нехоженой земле». Мне восторженно рассказывал о нем его младший товарищ по Арктике Б. А. Кремер, еще студентом я слышал немало добрых слов об Ушакове от своих коллег по экспедициям на Таймыр и Чукотку — Георгий Алексеевич был в 50-е годы ученым секретарем Института мерзлотоведения АН СССР. И, конечно, каждый из них с удовольствием пересказывал ставший классическим эпизод с присуждением Ушакову степени доктора географических наук по совокупности его выдающихся работ. Тогда, в 1950 г., директор Института мерзлотоведения В. А. Обручев, отвечая на фальшиво-недоуменный вопрос одного из «доброжелателей» насчет того, где, мол, диссертация соискателя, сказал: «Его диссертация — на всех географических картах мира!»

Один раз я видел Ушакова, слышал его подробное повествование о Северной Земле — наша кафедра северных полярных

² Бережной А. С. «Таймыр» и «Вайгач» в морях Арктики // Природа. 1988. № 10. С. 95—101.

³ Известия. 1991. 3 января.

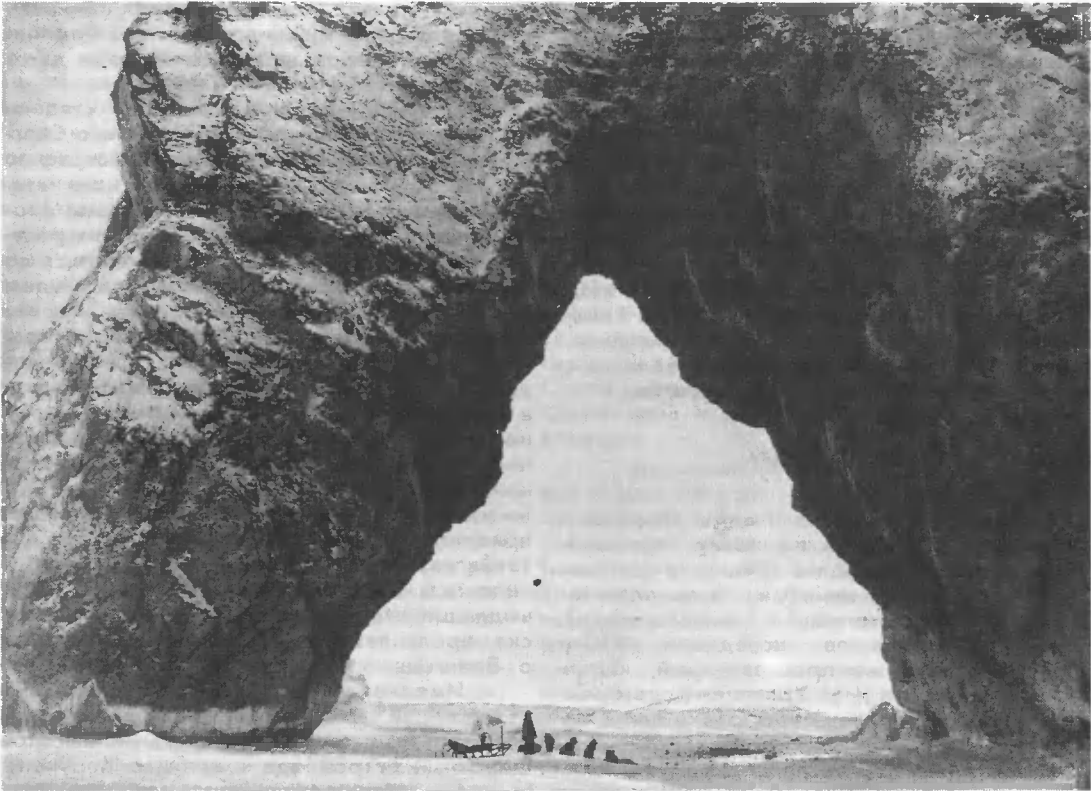


На о-ве Врангеля. 1926 г.

Фото и зарисовки Г. А. Ушакова

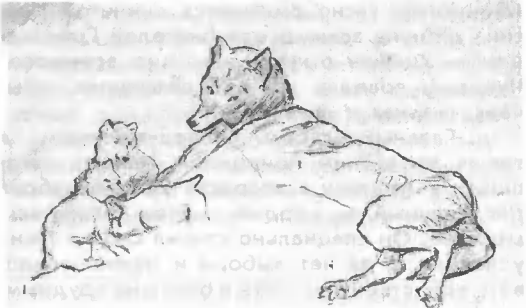


Колонисты острова.



Мыс Хобот

1



стран географического факультета МГУ выдвигала его книгу «По нехоженной земле» на Сталинскую премию, и он наверняка получил бы ее, если бы не умер основатель этого почетнейшего в ту эпоху приза. С книгой той связана поистине драматическая история, унесшая у Георгия Алексеевича много здоровья и нервов.

Словом, личность Ушакова казалась мне достаточно понятной; долгие десятилетия я, как, смею думать, и все, кто знал его или читал его книги, находился под большим обаянием личности Георгия Алексеевича, однако лишь теперь, на Домашнем, я по-настоящему глубоко проникся величием этого человека и всего содеянного им.

ИЗ ПЛЕАДЫ СЛАВНЫХ

Он происходил из плеяды Нансена и Амундсена, тех, кого по праву считали и считают поныне наиболее крупными арктическими путешественниками (мореплавателями, исследователями, зимовщиками). Один из участников экспедиции 1930—1932 гг., такой же прославленный, как и Ушаков, полярник Н. Н. Урванцев (о котором у нас еще пойдет разговор, равно как и об их сотоварищах) писал, что Североземельская экспедиция была последней полярной экспедицией эпохи Нансена — Амундсена, когда основным в работе были выносливость и упорство, соединенные с точным расчетом, при минимуме технических и материальных средств.

Ушакову посчастливилось вобрать в себя многие нансеновские, т. е. наилучшие, черты и качества человека, исследователя и даже литератора: он как бы унаследовал писательский дар Нансена, и обе его книги являют собой образцы научно-художественной классики, признанные лучшими в нашей географической литературе. К слову, он, как и Нансен, был великолепным иллюстратором своих произведений. Даже тематическая книга «Остров метелей», например, во многом тесно смыкается с книгой Нансена «Жизнь эскимосов» (жителей Гренландии) — Ушаков открыл нам мир эскимосов Чукотки, поведав об их верованиях, обычаях, сказках и легендах.

Главным своим экспедиционным, а также житейским принципом Нансен, явившийся в Арктику в возрасте 27 лет, избрал рискованный и гордый метод «сжигания мостов». Он специально ставил себя в такие условия, когда нет выбора и нужно следовать единственным, хотя и безумно трудным, путем — только вперед, к спасению и непре-

менному успеху задуманного. В точности так же всю свою жизнь действовал в Арктике и Георгий Ушаков, пришедший сюда даже раньше своего кумира — в 25 лет.

Конечно, он ни в малейшей степени не копировал Нансена, да и канва его биографии меньше всего походила на биографию норвежца. Выходец из семьи амурского казака, Ушаков первые свои университеты прошел в дальневосточной тайге. Еще подростком ему посчастливилось познакомиться со знаменитым путешественником и писателем В. К. Арсением и даже принять участие в одной из его экспедиций. Ушаков партизанил в годы гражданской войны, красногвардейцем участвует в боях в Приморье, учится в Дальневосточном университете, но учебу не завершает и становится сотрудником дальневосточного Госторга. Выражаясь «американским» языком, юноша из глухой тайги всю жизнь «сам себя делал» — и сделал в итоге, превратившись в высокообразованного, интеллигентного, пытливого исследователя и человека, с задатками, не побоюсь сказать, выдающегося организатора, что во всем блеске проявилось уже в 1926—1929 гг. на о. Врангеля.

Именно в 1926 г. он сжег первый в своей жизни «арктический мост», добровольно отправившись на необитаемый высокоширотный остров, где ему было поручено (впрочем, он сам страстно желал этого) создать оседлую эскимосскую колонию, помочь поселенцам организовать охоту, начать регулярные научные наблюдения и постараться сделать первую надежную географическую карту острова. А для начала следовало угорворить поехать туда вместе с ним совершенно не знакомых ему людей, представителей дикийинного, загадочного племени аборигенов Чукотки, чьих обычаев и верований, языка и быта молодой энтузиаст в ту пору абсолютно не знал.

Когда я упомянул о «сожженном мосте», то имел в виду не в последнюю очередь то обстоятельство, что Ушакову не удалось раздобыть подходящую радиостановку, и он отправился зимовать без радиосвязи, а сама зимовка длилась целых три года — вечность по арктическим меркам! Но его воля и талант руководителя-исследователя обеспечили невиданный успех предприятия, казавшемуся многим на Большой земле гибельной авантюрой. Шестьдесят колонистов, среди которых преобладали эскимосы, прочно обосновались на о. Врангеля, и теперь его успешно обживает уже третье или четвертое поколение. Ушаков, по существу в одиночку, обошел вокруг и неоднократно пересек в разных направлениях этот немалый

(7 тыс. км²) участок полярной суши, составив в итоге точную его карту. Он собрал здесь первые коллекции минералов и горных пород, образцы фауны и флоры, положил начало регулярным гидрометеорологическим наблюдениям. Многие из того, что испытал и пережил Ушаков на о. Врангеля, не может не восхитить, поразить, а чаще потрясти. Не заладилось дело с охотой на медведя и морского зверя, и колонисты оказались перед угрозой голода, ибо привезенных с материка припасов никак не могло хватить надолго. Самое обидное заключалось в том, что на противоположной, северной стороне острова — Ушаков успел там побывать — были благоприятные условия для охоты, но эскимосы ни за что не хотели переселяться или хотя бы снарядить туда охотничью партию: они панически боялись злого духа Тугнага, и Ушаков был, естественно, не властен мгновенно покончить с их страхами и суеверием. Мало того, как раз в это критическое время он оказался тяжело болен — не прошло бесследно вынужденное купание в ледяной воде, куда во время очередной поездки по острову он угодил вместе с тремя своими спутниками. В мокрой одежде, мгновенно превратившейся в ледяные панцири, они прошли 70 км до своего поселения, где пришлось ножами срезать с них меховые кушанья. Начальник и один из эскимосов тяжело заболели, эскимос умер, а у Георгия Алексеевича началось острое воспаление почек, преследовавшее его всю оставшуюся жизнь. И вот в этот самый момент стало ясно, что в колонии начинается голод. Так Ушаков оказался перед очередным выбором между жизнью и смертью.

Качаясь от слабости, страдая от боли в пояснице, он все же уговорил товарищей по зимовке снарядить его в дорогу. Отринув их советы и стенания, он в одиночку на собачьих нартах отправился на охоту в глубины острова, в поездку, которая должна была стать либо гибельной для него, либо спасительной для всех. Через несколько часов Ушаков убил и с колоссальным трудом освежевал крупного белого медведя, после чего, уже совсем теряя силы, привязал себя ремнями к нартам и командовал собакам: «Домой».

Он очнулся только на третий день, в собственной постели, окруженной участливыми друзьями, русскими и эскимосами, которые наперебой тараторили о том, что как только «умилык» (то бишь хозяин, богатырь, начальник) поправится, они все дружно отправятся туда, куда он скажет. Так была в корне подорвана вера эскимосов в Тугнага, хотя понадобилось время, чтобы они оконча-

тельно избавились от страха, а их всемогущий шаман Аналько «сменил профессию», став заправским морским охотником!

Та злосчастная ледяная ванна еще не раз приносила Георгию Алексеевичу лютые мучения, и с особой силой проявилось это на Северной Земле несколько лет спустя. Там почечные приступы одолевали Ушакова во время сверхдлинных и сверхдолгих арктических маршрутов. Однажды, когда он и двое его спутников отошли от базы на Домашнем километре на двадцать, ночной приступ буквально уложил Ушакова, выбравшись из спального мешка и подняться самостоятельно на ноги он просто не мог. Но до мыса Серпа и Молота оставалось 40 км, и Ушаков сказал себе и товарищам: «Надо двигаться вперед!»

Я внимательно вчитываюсь в дневниковые записи той поры. Ищу вполне в общем-то понятную «полярную браваду», молодую удаль (ведь на Северной Земле ему только-только стукнуло 30) — и не вижу ни малейших их признаков. Да он и сам скуп, но исчерпывающе все объясняет: заканчивается апрель, дело идет к весне, пусть еще не очень скорой и жаркой, но она в любом случае принесет распутицу, начнет «киснуть» снег под собачьими лапами и лыжами людей, рано или поздно вскрыется море, и Домашний окажется намертво отрезан от остального архипелага, походы придется прервать — значит, нужно любой ценой продолжать маршрут.

Друзья помогли Ушакову встать на ноги, заботливо обули и одели его, уложили на нарты, поудобнее обложив его спальными мешками, и двинулись дальше. «Сани, ударяясь о заступы, постукивали полозьями. И малейший удар, каждый толчок отзывались у меня в пояснице. А таких ударов было самое меньшее по одному на каждом метре на протяжении всего 40-километрового пути. Они следовали друг за другом, сливались, и жестокая боль была непрерывной. Когда становилось невмоготу, я давал сигнал к остановке и просил... дать передышку собакам. Товарищи, конечно, понимали, что вызывало мою повышенную заботливость о собаках, но не высказывались на этот счет и старались казаться спокойными»⁴. Из всего арсенала лечебных средств экспедиции располагала для такого случая уротропином, поэтому приходилось просто-напросто стискивать зубы и терпеть, что Ушаков и делал на протяжении всей двухлетней экспедиции при пе-

⁴ Ушаков в Г. А. Остров метелей. По нехоженой земле. Л., 1990. С. 391.



На Северной Земле. 1932 г.
Фото Г. А. Ушакова

Ушаковская четверка. Слева направо: Н. Н. Урванцев, Г. А. Ушаков, С. П. Журавлев, В. В. Ходов.
Фото Р. Л. Самойловича

Североземельский этюд Г. А. Ушакова.





риодически повторяющихся жестоких приступах. Терпел и ехал в нартах, терпел и шел, перепрыгивал через трещины во льду, продирался сквозь нагромождения торосов, карабкался на прибрежные скалы с геологическим молотком, негнувшимися обмороженными пальцами заноса в полевой дневник результаты всевозможных наблюдений и измерений. Откуда в подобных обстоятельствах берутся у человека силы и выдержка? Честно отвечу: не знаю, но, по счастью, там же Арктика знает людей, подобных Ушакову.

НЕСКОЛЬКО СЛОВ О ГУМАНИЗМЕ

Наверное, терпение и мужество он воспитал в себе еще в ранней молодости, постигая исполненную риска повседневную жизнь, обучаясь по умным и добрым книгам, видя перед собой замечательные человеческие образцы. Владимира Клавдиевича Арсеньева, например, или Николая Николаевича Миклухо-Маклая, чьими дневниками он зачитывался в детстве. Помните эпизод, как Маклай встал перед острым копьём туземца, вознамерившегося узнать, смертен ли «человек с Луны», выдержит ли он удар копы в сердце? Маклай тогда с улыбкой сказал: «А ты попробуй!» — и тот попробовать поосте-

регся. Аналогичный эпизод случился и в жизни Ушакова.

Направляясь в 1926 г. на о. Врангеля, он на судне «Ставрополь» зашел в бухту Провидения на Чукотке, чтобы взять на борт эскимосские семьи. Едва Георгий Алексеевич высадился на берег, как увидел, что из ближайшей яранги выбежали две перепуганные девушки-эскимоски, за которыми с гарпуном в руке мчался разъяренный пожилой мужчина, оказавшийся их отцом. Когда он поравнялся с Ушаковым, тот подставил ему ногу, и эскимос с размаху полетел на землю. Поднявшись, он подобрал вылетевший из рук гарпун и занес его над головой, целя в обидчика. Их глаза встретились, и Ушаков понял, что не имеет права выказать на лице страх. Все вокруг замерли в ожидании неоправимого. Но эскимос неожиданно спросил на ломаном русском:

— Ты всегда так делаешь?

— Всегда, — ответил Ушаков.

— Может быть, ты хорошо делаешь, — философски заметил его соперник, медленно опустил острие гарпуна вниз и удалился в ярангу.

Йерок — так звали эскимоса — после этого происшествия сумел уговорить других соплеменников ехать на остров, потому что

«умилык — хороший человек». Он стал самым преданным и надежным другом Ушакова, его неизменным спутником по врангелевским кочевьям. (К несчастью, Йерок умер, не выдержав ледяного купания, о котором уже рассказывалось.) Копье новогвинейского туземца и эскимосский гарпун — не правда ли, аналогия напрашивается сама собой: выдержка и добрая вера в человека сплели жизнь и Миклухо-Маклаю, и Ушакову. Последний, к слову сказать, с юности мечтал не только о полярных странах, но и о южных коралловых морях, о Новой Гвинее, о Гавайях. (Он и дочку назвал полинезийским именем Маола.) В 1947 г. возглавил экспедицию на теплоходе «Грибоедов», отправившуюся к берегам экзотической Бразилии наблюдать за очередным солнечным затмением.

Трехлетнее пребывания на о. Врангеля и приключений, выпавших там на долю Ушакова, любому другому вполне хватило бы на всю жизнь — но не ему! Возвратившись в 1929 г. на материк, он уже в следующем году отправился на Северную Землю, причем составленный им план будущей экспедиции оказался наилучшим среди всех проектов. Молодой полярник предложил организовать экспедицию-зимовку предельно малыми силами и на исключительно оригинальных, чтобы не сказать больше, условиях — самофинансирования и самоокупаемости, а проще: Ушаков брал у Госторга республики в кредит на два-три года минимум снаряжения и продовольствия (кое-что выделило правительство), с тем чтобы по возвращении расплатиться с кредиторами... шкурами убитых медведей (и таковых оказалось более 100 плюс десятки шкур песцов и морского зверя)!

Здесь необходимо разъяснение. В наши дни не требуется специально говорить об экологии, важности охраны природы, строгих запретах на охоту в ряде регионов страны, в том числе и в Арктике. Поэтому всех читающих сегодня книги Ушакова и его современников хочу предупредить: никакими браконьерами, безжалостными истребителями всего живого они ни в коем случае не были. Просто в 20—30-е годы мало кто задумывался над экологическими проблемами. К тому же местное северное население даже в наши дни имеет право добывать зверя и птицу для собственного пропитания или в качестве собачьего корма. А экспедиция 1930—1932 гг. из четырех человек могла по праву приравняться к обычной семье местных жителей. И есть нечто глубоко символическое в том, что именно на о. Врангеля, где годами жил и охотился вме-

сте со своими товарищами Ушаков, вот уже много лет действует Государственный заповедник РСФСР, один из, увы, немногих пока в Арктике. Здесь охраняют и изучают белых медведей, гнездовья гусей, лежбища моржей, разводят удивительное животное — овцебыка (он же мускусный бык), завезенного сюда и на Таймыр из Арктической Канады.

Что же касается истинного отношения Георгия Алексеевича к животным, в первую очередь к собакам, то здесь находятся воистину уникальные, отсутствующие в книгах самых именитых полярников примеры. И, нужно сказать, пожалуй, в этом одном Ушаков оказался не последователем, а как бы даже оппонентом самого Нансена!

Дело в том, что подавляющее большинство самых громких полярных экспедиций прошлого строилось на том, что на корм собакам, помимо непрямого мяса морского зверя, добываемого охотой, а также пеммикана (брикеты сушеного и растертого в порошок мяса, смешанного с жиром и соком), шли их ослабевшие или травмированные сородичи. Нансен, как и другие арктические и антарктические первопроходцы, особенно те, кто ставил перед собою цель достичь полюсов Земли, в своих планах неизменно рассчитывал, сколько собак будет скормлено их более везучим товарищам по упряжке. Разве что Р. Скотт, возглавлявший британскую экспедицию, достигшую в 1912 г. Южного полюса и погибшую на обратном пути к побережью Антарктиды, не был приверженцем подобной методики (что, кстати, было поставлено ему в вину уже посмертно и названо главной причиной гибели его отряда).

То, как относились к собакам на Северной Земле, заслуживает особого разговора. Начать с того, что в планы экспедиции вовсе не входил «естественный собакооборот», в них и речи не шло о скормливании одних ездовых псов другим (а было их добрых полсотни). Уже во время первых дальних маршрутов по ледяному морю и заснеженным, усеянным каменными обломками берегам стало ясно, что собаки немилосердно ранят лапы о бугристый лед, об острые камни. Поэтому во время передышек между походами люди шли специальную «обувь» для своих верных друзей. Но и это еще не все.

Дневники Ушакова переполнены словами признательности собакам и сострадания к ним. И одновременно рассказами о том, как люди помогали четвероногим, переносили ослабевших животных через трещины во льду, клали их, измученных, на нарты, а сами впрягались в сани, чтобы дать псам хотя бы



На Аляске с С. А. Леваневским и М. Т. Слепневым. 1934 г.

небольшую передышку. Лапы, несмотря на «обувь», стирались у многих до кости, не одна собака падала мертвой прямо в упряжке, едва останавливались нарты... «Собаки смотрят на нас выжидающе. Но что мы можем дать? Пеммикан вчера кончился. Я подстрелил пролетающую чайку, собрал остатки сливочного масла... пеммикана и

весь оставшийся шоколад, который мы так и не съели, и, поделив все на маленькие порции, отдал собакам. Чайку, масло и пеммикан они моментально проглотили, а от шоколада большинство отказалось, для самих нас осталась одна кружка риса»⁵! И таких образцов ушаковского гуманизма немало.

Впрочем гуманизм прежде всего ха-

⁵ Там же. С. 489.



Во время встречи челюскинцев в Москве с В. С. Молоковым и В. И. Ворониным. 1934 г.

Фото ТАСС. Публикуется впервые

рактирует отношение человека к человеку, и вот в этом смысле фигура Георгия Алексеевича становится поистине величественной. Вспомним хотя бы, где и как проходило его становление и мужание: в дальневосточной тайге, в обстановке революции и гражданской войны, в сверхсложных экспедициях, походах, плаваниях (а потом и на ответственной «кабинетной» работе в Академии наук, требовавшей и немалых нервов, и недюжинного таланта дипломата). Ушаков прямо-таки должен был «по определению» предстать перед нами в облике этакого лихого комиссара в кожанке, властного, громогласного, жесткого, готового применить оружие не только на охоте! Он же остался человеческим, мягким, душевным и добрым.

НЕХОЖЕНАЯ ЗЕМЛЯ

В наибольшей полноте незаурядные качества характера и свойства души Геор-

гия Алексеевича проявились на Северной Земле. Там, как известно, их было всего четверо. Он сам, геолог Николай Николаевич Урванцев, каюр и охотник Сергей Прокопьевич Журавлев и радист Василий Васильевич Ходов.

Насколько же все четверо были разными, насколько «несовместимыми» и по возрасту, и по образованию, и по психологии, и по наклонностям! Ушакову было 30, Урванцеву и Журавлеву около 40, Ходову едва перевалило за 20, и он, кроме своего Ленинграда, по сути, еще нигде не бывал и Арктику видел впервые. Здесь его ждало суровейшее житейское испытание: в течение многих месяцев оставаться в полном одиночестве на главной базе, обеспечивая надежную связь с Большой землей и постоянную готовность по первому сигналу прийти на помощь товарищам. И он великолепно справился со всеми заданиями и заботами, а помог ему в этом, в первую очередь, его начальник.

Колоритнейшей и весьма разносторонней личностью был Журавлев. Этот русский абориген Севера, участник многочисленных зимовок, знаменитый новозе-

мельский охотник-промысловик, человек неприхотливый и грубый, самоотверженный и умелый, он всю жизнь тянулся к знанию. И на Северной Земле, усилиями Ушакова, взявшего с собой прекрасную библиотеку, Журавлев пристрастился к чтению самых «высоких» книг. Во время пребывания на базе, в промежутках между изнурительными маршрутами он с упоением читал Шекспира, Шиллера, Мольера, греческих философов, регулярно заносил в дневник, который вел годами, исключительно образные и глубокие мысли-впечатления от прочитанного.

В экспедиции произошел эпизод, превосходно характеризующий почти всех ее участников (Урванцев волей случая оказался в стороне). Однажды на Домашний пришла радиограмма из родного города Журавлева, Архангельска. В ней сообщалось, что опасно заболели его дети, мальчик и девочка. Ходов прежде всего показал радиограмму Ушакову. Решили подождать следующего сообщения, не говоря ни слова Журавлеву. А тут, как на зло, прервалась связь с Большой землей, и Ходову, предпринимавшему поистине героические усилия, так и не удалось связаться с материком. Однако кружным путем, через Землю Франца-Иосифа, связь была восстановлена, хотя утешения это не принесло: в следующей радиограмме сообщалось, что дети умерли...

Ушаков ждал момента, чтобы остаться с Сергеем один на один, чтобы тот пережил случившееся без лишних свидетелей. «Вдали от базы, наедине со мной ему легче будет пересилить горе. К тому же трудности перехода, огромное физическое напряжение неизбежно будут отвлекать его мысли от беды», — примерно так думал Георгий Алексеевич.

Невозможно переоценить такт, дальновидность и глубокое понимание людей, какие проявил в те дни 30-летний начальник экспедиции, не обладавший дипломом психотерапевта или хотя бы педагога. Понятна поэтому та теплота, с какою всегда и неизменно относились к нему окружающие.

Всем человеческим качествам Ушакова была в начале 50-х годов уготована, как говорится, проверка на прочность, причем как раз в связи с Северной Землей (вернее, с книгой «По нехоженой земле»). Дело в том, что в конце 30-х годов подвергся жестокой репрессии Урванцев. Его, первооткрывателя медно-никелевых богатств Норильска, сыгравших огромную роль во время Отечественной войны, обвинили во вредительстве и пос-

ле нескольких лет мучений в других лагерях сослали в тот же Норильск, где он, уже «на правах» совершенно бесправного заключенного, продолжал геологические изыскания. Только благодаря тогдашнему начальнику Норильского горно-металлургического комбината А. П. Завенягину ученый остался жив. Но его доброе имя на целых 17 лет было вычеркнуто из истории Арктики, из истории страны. Естественно, его было запрещено упоминать в какой бы то ни было литературе. А Ушаков это сделал.

Он написал свою книгу о Североземельской экспедиции максимально полно и честно. Урванцев остался в ней Урванцевым, достойным уважения полярным геологом и первоклассным путешественником. Ушакову прямо заявили, что в таком виде книга не выйдет. Он был готов отказаться от самого замысла, однако его предупредили, что «сделают» книгу за его спиной, без его участия. Он предпринял несколько попыток спасти «своего» Урванцева — ничего не получилось, и книга вышла без упоминания крамольного имени.

Можно не сомневаться: он тяжело переживал происходящее. Тем более, что находились люди, вполне уважаемые, любимые Ушаковым и любящие его, которые этот поступок не одобрили, даже не пытались разобраться в нем. Это не могло не ранить Георгия Алексеевича, мешало ему жить и работать. Но пришло время, Урванцев получил полную и, к счастью, прижизненную реабилитацию. В середине 50-х годов они встретились в Москве на заседании Географического общества. По свидетельству Кремера, они, заключив друг друга в объятия, долго молча стояли, не тая слез... К чести Николая Николаевича, он ни разу ни в чем не попрекнул своего товарища.

Их Североземельская экспедиция завершилась триумфом. Пройдя за 152 маршрутных дня не менее 5 тыс. км, они составили карту архипелага общей площадью 37 тыс. км², и уже в 1932 г. эта карта поступила в распоряжение полярных судоводителей, работавших на трассе Северного морского пути: отныне навигации в Арктике планировались с учетом реальной, точно отображенной на карте Северной Земли. А еще — метеонаблюдения и изучение льдов, соленых и пресных, сбор всевозможных коллекций, геологические исследования (и, наконец, оплата экспедиционных расходов охотничьими трофеями) — вот чем в самом первом приближении были те два года, с 1930 по 1932 г.

За освоение о. Врангеля Ушаков получил в 1929 г. орден Трудового Красного



Первые руководители Главсевморпути О. Ю. Шмидт и Г. А. Ушаков. 1934 г.

Знамени, один из двух имевшихся в ту пору в стране орденов.

В 1932 г. этим орденом были награждены за Северную Землю Журавлев и Ходов, Ушакову же и Урванцеву вручили высшую награду — орден Ленина. До учреждения звания Героя Советского Союза оставалось еще два года, и можно не сомневаться: существуя это наивысшее звание в 1932 г., Ушаков и участники его экспедиции были бы первыми кандидатами на него. Но первыми Героями стали пилоты, спасшие весной 1934 г. сто с лишним челюскинцев. Причем Георгий Алексеевич имел к челюскинской эпопее самое непосредственное отношение.

Когда во льдах Чукотского моря погиб «Челюскин» (это произошло 13 февраля 1934 г.), в Москве создали Правительственную комиссию во главе с В. В. Куйбышевым. Ее особым уполномоченным стал заместитель начальника Главсевморпути Ушаков. Очевидно, было принято во внимание многое: его полярный опыт, его знание Чу-

котки, местных обычаев, а главное — его замечательные качества, так ярко проявившиеся в ходе двух крупнейших арктических предприятий. Уже 16 февраля он отправился в США, где были закуплены два аэроплана. Затем вылетел с С. А. Леваневским на Чукотку, к месту главных событий. В районе пос. Ванкарем Леваневский потерпел аварию, получил травмы, машина вышла из строя. А оставшийся невредимым Ушаков, оказав пилоту первую медицинскую помощь и доставив его на чукотских нартах в ближайший поселок, приступил к руководству полетами в ледовый «Лагерь Шмидта». Более того, он и сам отправился туда на борту машины М. Т. Слепнева (и едва не попал при посадке в очередную аварию). Проведя трое суток с челюскинцами на льдине, Георгий Алексеевич вместе с тяжело заболевшим руководителем челюскинцев О. Ю. Шмидтом вылетел в США, а оттуда — на родину, где его ожидал третий орден — Красной Звезды.

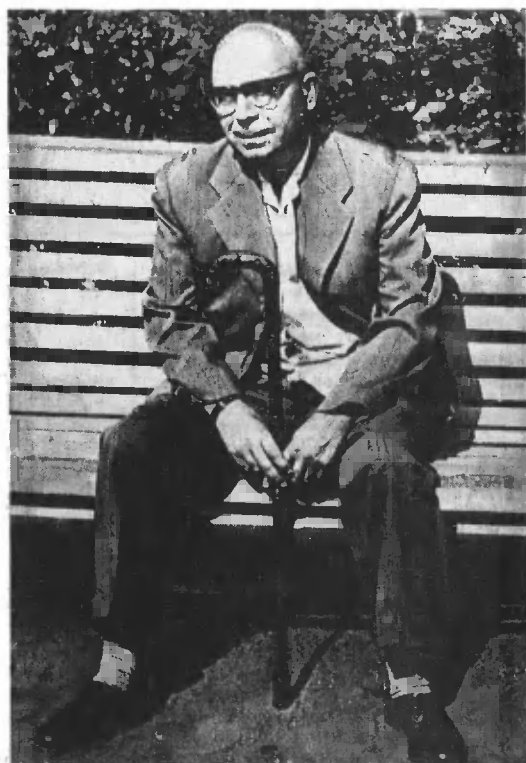
В 1935 г. Г. А. Ушаков простился с Арктикой и сделал это достойно и красиво, возглавив рейс на ледокольном пароходе «Садко» в высокие северные широты. «Сад-

ко» впервые в истории полярного мореплавания преднамеренно, а не по воле льдов и течений вышел в Центральную Арктику, на большие глубины, где провел комплексные океанографические и геофизические исследования, что явилось научным преддверием изысканий в околополюсном пространстве и в точке Северного полюса.

Во время плавания «Садко» в северной части Карского моря у 81° с. ш. был обнаружен невысокий, покрытый сплошной шапкой глетчерных льдов остров. По единодушному желанию полярников, ему было присвоено имя Ушакова (это же имя носят мыс и поселок на о. Врангеля, ледник, река и мыс на Северной Земле, горы в Антарктиде, оно — на борту океанских кораблей «Георгий Ушаков» и «Остров Ушакова»). И есть великий смысл в том, что с о. Ушакова и с островов Северной Земли стартуют ныне к Северному полюсу группы энтузиастов-лыжников и крупные научно-исследовательские экспедиции — прямые наследники Ушакова, его заветов, его мечты.

После работы в Главсевморпути Ушаков стал первым начальником Гидрометеослужбы СССР. В послевоенные годы Георгий Алексеевич работает в учреждениях АН СССР, много делает для организации советского научно-исследовательского флота. Именно Ушакову мы во многом обязаны тем, что в Мировой океан вышел легендарный «Витязь».

Слово «романтика», кажется, еще ни разу не прозвучало на этих страницах, а между тем при воспоминании о Георгии Алексеевиче оно более чем уместно. Потому что он был тем самым романтиком, рыцарем, певцом и героем Арктики, на каких, в сущности, и стоит этот удивительный, с древнейших времен занимающий особое место и в истории, и в географии край — край света, о котором так проникновенно писал когда-то Ушаков: «Он существует не только в сказках. Каждое поколение имеет свой край света. И каждое поколение отодвигает край света все дальше и дальше... На нашу долю — я имею в виду старшее советское поколение — выпала почетная, а вместе с тем трудная задача раздвинуть рамки мира в пределах земного шара. Это в первую очередь относится к Арктике. В Арктике



В 60-е годы.

Фото И. А. Ушаковой. Публикуется впервые

теперь нет точки, недоступной для человека»⁶.

Что греха таить, романтика ныне чаще всего покорно отступает под безжалостным напором будничного, пошлого, рваческого. Рассказы о беззаветных, самоотверженных, преданных делу, бескорыстных людях встречается, как правило, недоверчиво-презрительная ухмылка. Тем дороже каждая очередная, пусть нечастая, встреча с такими людьми, как Георгий Алексеевич Ушаков. Он умер, когда ему было немногим за 60, оставив многочисленным читателям его книг, мечту о нехоженных землях, об исхлестанных метелями, окутанных туманами островах и кочующих в северном океане полярных льдах. И мечте этой суждено жить до тех пор, пока живет на Земле человек.

⁶ Виноградов С. Во льдах его дороги. М., 1981. С. 125.

Служба кислотных дождей

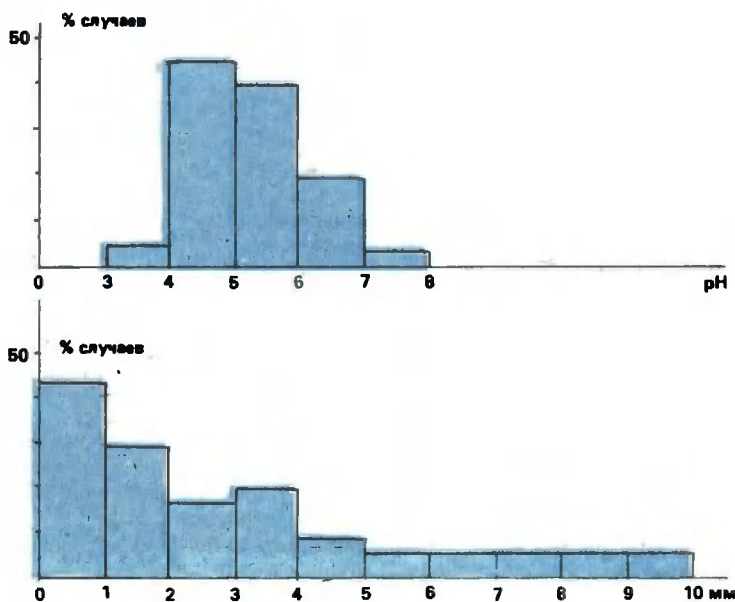
Е. С. Литкенс,
кандидат технических наук
Приокско-Террасный заповедник
Серпухов

ПАГУБНОЕ воздействие кислотных дождей на все живое человечество ощутило более 20 лет назад. В ходе развития индустрии ежегодно увеличивается потребление энергии, а значит, и количество сжигаемого топлива (в основном угля и нефтепродуктов). При сгорании топлива, содержащего серу, образуются такие газообразные соединения, как диоксид углерода и диоксид серы. Последняя, взаимодействуя с влагой атмосферы, образует серную кислоту. Так возникают кислые дожди и туманы.

Концентрация кислоты в осадках бывает достаточно высокой, почти как у столового уксуса. Кислые осадки оказывают сильное воздействие на растительность, наносят прямые ожоги листьям, снижают фотосинтетические способности растений, и в первую очередь хвойных сосны, ели, можжевельника¹. По данным Всемирного фонда защиты дикой природы, в Великобритании, Бельгии, Нидерландах, Чехословакии, Швейцарии гибнет от 50 до 60 % хвойных и около 30 % — в Норвегии, Швеции, Финляндии, Франции, Испании, Австрии².

Картина погибших лесов ужасающа, огромны размеры материального ущерба. Но это лишь видимая, а не главная часть трагедии — нарушается структура микрофлоры и почвы, сокращается численность беспозвоночных, гибнут грибы, мхи, лишайники, нарушается обмен веществ в природе и плодородие почвы.

Все эти тревожные процессы изучаются и контролируются



Распределение осадков по кислотности (вверху) и количеству (внизу).

ются в Западной Европе и Северной Америке. Выяснилось, что от кислотных дождей страдают также тропические леса Нигерии и Китая, растительность Японии и Канады. Только в нашей стране, судя по публикациям, с кислотными дождями благополучно. В национальном докладе о состоянии природной среды за 1989 г. утверждается, что у нас их нет³.

Правда, в ежегодных отчетах Госкомгидромета СССР упоминается, что фрагментарно встречаются слабокислые осадки и среднемесячные (I) значения pH на уровне 4,2—5,3. (Кстати, такие или близкие значения

кислотности осадков отмечались в странах, где наблюдается массовая гибель лесов.) Недоверчивое население, собственными глазами наблюдавшее, как желтеют листья огурцов после дождя, уже давно не моет голову дождевой водой.

Специалисты Института почвоведения и фотосинтеза АН СССР и Приокско-Террасного заповедника усомнились в корректности методики, применяемой метеорологами при измерении кислотности осадков. Мы предположили, что контроль кислотности усредненных проб (собранных за неделю, декаду или месяц) не дает необходимой информации для определения подлинной кислотности осадков. Действительно, если после небольшого, но сильно-кислотного дождя пройдет средний или обильный слабокислотный (и тем более нейтральный или щелочной), то в пробе они смешиваются и показатель кис-

¹ Карнаухов В. Н., Арикс Пулидо У., Лисовский А. Е. Клеточный мониторинг // Природа. 1989. № 6. С. 57—60.

² WWF Special Report. Gland, Switzerland, 1989. N 2.

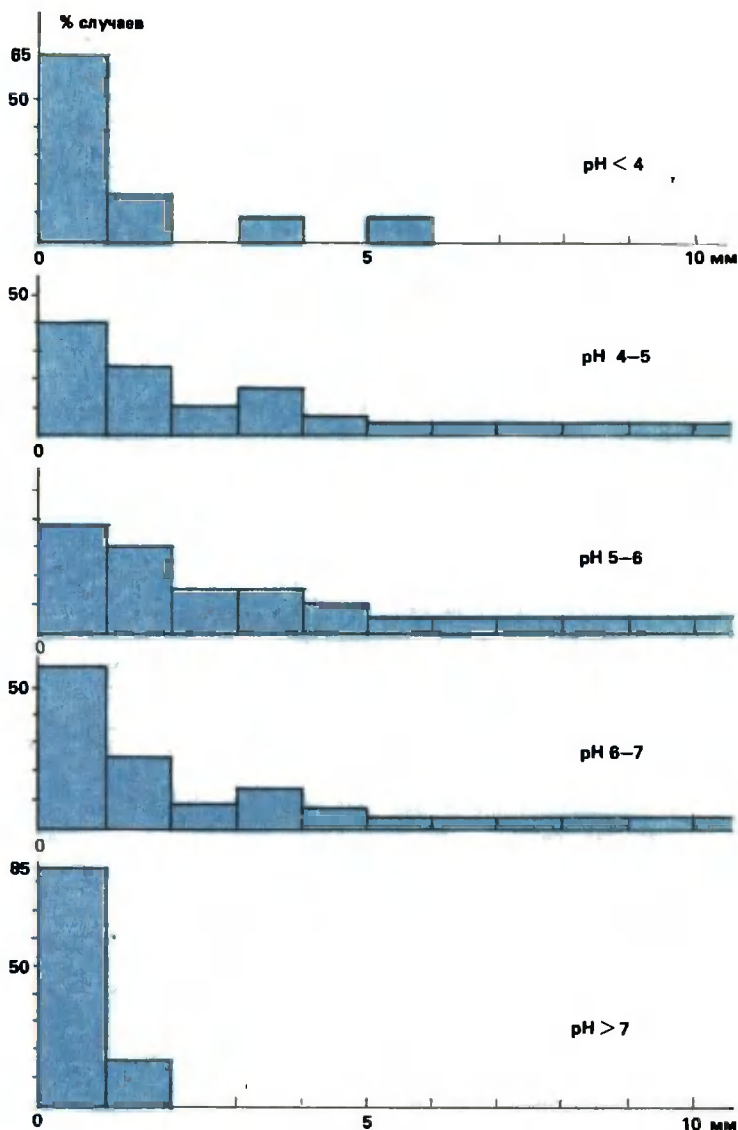
³ Национальный доклад о состоянии природной среды в СССР // Природа и человек. 1989. № 12.

лотности кислотного дождя не выявит. А между тем он нанесет ожоги растениям. Так что кислотность усредненной пробы дает не больше информации, чем средняя температура больных в госпитале. Помимо этого, как показал анализ, само хранение проб ведет к их нейтрализации (усреднение за декаду предполагает, что первые порции в пробе могут храниться 10 дней).

Для выяснения истины мы в Приокско-Террасном заповеднике решили организовать «службу каждого дождя» и круглосуточно контролировать кислотность всех атмосферных осадков, какими бы слабыми они ни были. Эта трудоемкая и кропотливая работа ведется непрерывно с мая 1989 г. К концу ноября 1990 г. зафиксированы 420 случаев выпадения снега и дождя. По этим данным построены распределения, показанные на рисунках. (При pH 5—5,5 раствор считается нейтральным; от 4 до 5 — слабо-кислым, от 3 до 4 — сильно-кислым, при pH 2 раствор представляет собой кислоту, при $\text{pH} \geq 6$ — имеет щелочные свойства¹.)

Больше всего выпадает действительно слабокислотных и слабощелочных дождей (этим и объясняется практическая нейтральность усредненных проб), но в то же время около 5 % приходится на сильнокислотные и сильнощелочные осадки, которые метеорологи не регистрируют.

Из 420 случаев 200 приходятся на очень слабые осадки (до 1 мм), из них половина — совсем незначительные (0,2—0,4 мм). Если же проанализировать отдельно сильнокислотные и сильнощелочные осадки, то на слабые (менее 1 мм) приходится 65 % и 85 %. В усредненных же пробах они, как отмечалось, маскируются обильными слабокислотными, ней-



Распределение осадков разной кислотности по количеству.

тральными или слабощелочными осадками.

Эти данные заставляют сделать следующие выводы: система экологического контроля должна регистрировать и анализировать кислотность всех осадков, какими бы слабыми они ни были;

методика отбора усредненных проб непригодна, нужен

анализ каждой индивидуальной пробы (от 0,1 мм);

для наблюдений за кислотными дождями необходимы специальные автоматизированные приборы, регистрирующие кислотность каждой пробы.

В заключение отметим, что очень важен контроль кислотности туманов (эта работа требует создания особой аппаратуры и пока не ведется). Не исключено, что кислотные туманы воздействуют на растительность не меньше, чем дожди.

¹ Классификация водородного показателя в атмосферных осадках отличается от общепринятой, где нейтральным считается раствор с pH 7. См.: Лавренко Ф. Ф. О закономерностях pH в атмосферных осадках // Атмосферная диффузия и загрязнение воздуха. Л., 1971.

Гидротермы на склоне хребта Рейкьянес?

Л. Р. Мерклин,

кандидат технических наук

А. В. Березуцкий, Н. Ю. Терский, В. Н. Свальнова, О. Ю. Богданова

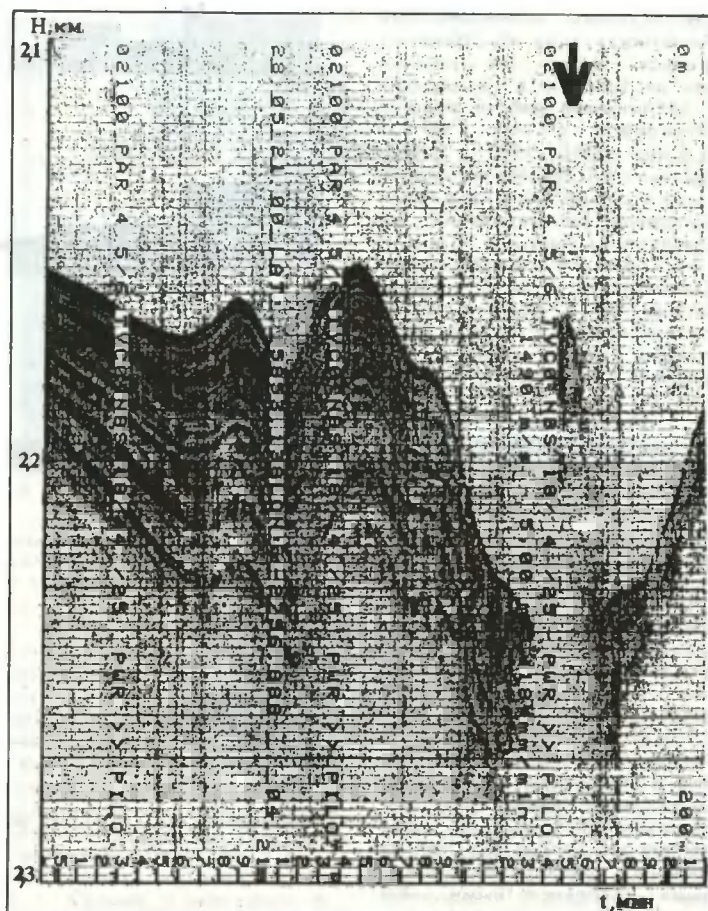
Институт океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР

Москва

С О ВРЕМЕНИ открытия в середине 70-х годов на дне океана гидротермальной деятельности различные ее аспекты привлекают все большее внимание исследователей. Уже выявлены и изучены гидротермальные проявления в осевых частях срединно-океанических хребтов и в задуговых бассейнах, т. е. в районах с активной магматической камерой и современным спредингом. Однако до сих пор не было данных о подобных проявлениях на склонах океанических хребтов, в значительном удалении от оси спрединга. Предлагаемая информация, видимо, — первое свидетельство возможности гидротермальной деятельности в таких областях.

В 3-м рейсе научно-исследовательского судна «Академик Иоффе» во время маршрутов вдоль восточного склона хр. Рейкьянес было отмечено совпадение сильной аномалии поведения звукорассеивающих слоев в верхней 200-метровой водной толще (проявлявшейся на записях эхолотов) с наличием выступа конусообразной формы высотой около 70 м на дне впадины глубиной 2220 м. Этот выступ мог быть вулканической постройкой и — при значительной активности — источником факела, вызывающего указанную аномалию.

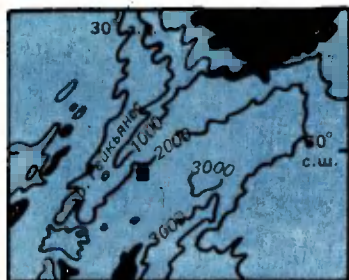
В районе аномалии ($58^{\circ}50'$ с. ш., $27^{\circ}56'$ з. д.) по данным съемки многолучевым эхолотом выявлены еще несколько холмов высотой от 40 до 130 м и шириной в основании от 0,5 до 1,5 км, расположенных цепочкой вдоль оси впадины. Эта цепочка тектонически связана с субмеридиональной депрессией, параллельной оси хребта



Пример записи параметрического профилографа «Парасаунд» (частота 4,5 кГц) на восточном склоне хр. Рейкьянес. Стрелкой показано положение вулканического холма; цифры в вертикальных строках обозначают дату, время, географические координаты; по осям — глубина океана H и время t (при скорости судна 12 узлов t мин соответствует расстоянию около 360 м).

и отстоящей от нее примерно на 150 км. На записях высокочастотного узколучевого профилографа «Парасаунд» основания холмов четко прослеживались внутри осадочной толщи по крайней мере на 40–50 м.

Геологическое опробование показало, что у подножия одной из построек ($58^{\circ}49,4'$ с. ш.,

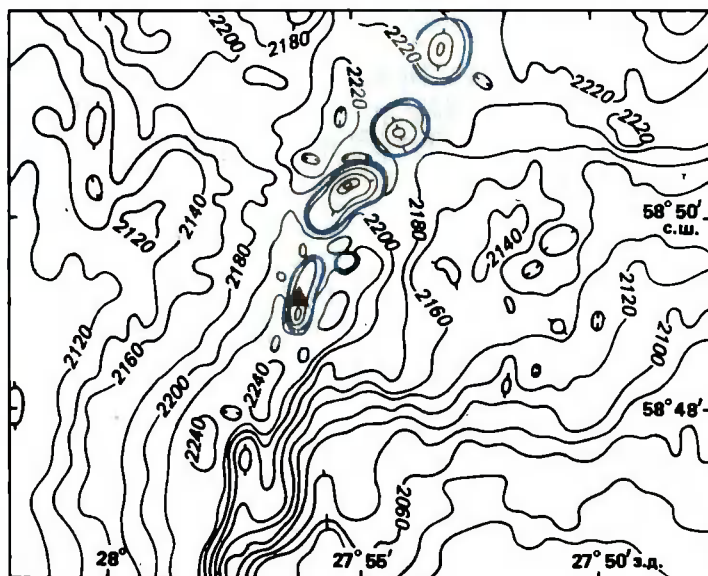


Местоположение исследованного участка на хр. Рейкьянес.

Батиметрическая карта участка восточного склона хр. Рейкьянес по данным многолучевого эхолота. Треугольником обозначено положение того же холма, что и на записи параметрического профилографа. Здесь проводились STD-зондирование (соленость, температура, давление) и геологическое опробование.

27°56' з. д.) распространены гемипелагические известково-глинистые (кокколито-фораминиферовые) илы с обломками кварца, покрытые пленкой оксидов железа, и фрагменты гидротермально измененной магматической породы. На вершине того же холма подняты глыбы амфиболитизированных долеритов, покрытые рудной корочкой толщиной около 2 мм, щебенка базальтов, а также сильно карбонатизированных и окварцованных магматических пород. Нижняя часть корки сложена оранжево-бурым охристым веществом, представленным слабо кристаллизованными оксидами железа, среди которых иногда можно выделить ферроксицит. Буровато-черная верхняя часть корки состоит из лепидокрокита с небольшой примесью ферроксигита.

По минеральному составу охристое вещество нижней части рудной корки близко к изученным ранее низкотемпературным гидротермальным железистым образованиям срединно-океанических хребтов, формирующимся на заключительных стадиях проявления гидротермальных систем. Верхняя же часть корки резко отлична от изученных прежде гидротермальных образований и седиментационных железомарганцевых корок, раз-



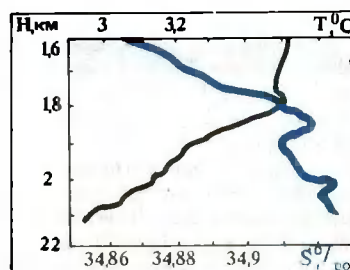
○ Вулканические постройки

▲ Район зондирования

витых на подводных гайотах в различных районах Мирового океана. Весьма оригинальный состав корок свидетельствует, по-видимому, о дополнительном приносе вещества (включая титан) в район их распространения.

В окрестности того же холма были проведены контрольные гидрофизические измерения. На фоне естественного падения температуры воды на глубинах 1800 и 2100 м наблюдались придонные положительные инверсии температуры (0,06 и 0,03 °C) и солености (0,015 и 0,01 ‰) с вертикальными масштабами 150 и 50 м соответственно. Подобные величины инверсий характерны, в частности, для гидротермальных плюмов в районе хр. Хуан-де-Фука в Тихом океане.

Совокупность батиметрических, сейсмических, геолого-минералогических, гидрофизических и акустических данных позволяет интерпретировать обнаруженные структуры как активные в новейшее время вулканы типа off-ridge (т. е. вне рифтовой долины), которые могут нести гидротермальные по-



Профили температуры T и солености S воды над холмом.

стройки. Эти результаты свидетельствуют о том, что на восточном склоне хр. Рейкьянес, в 150 км от рифтовой долины обнаружена область гидротермальных проявлений, несколько отличных от уже изученных в осевых зонах срединно-океанических хребтов.

Поскольку сильные аномалии в поле объемного рассеяния звука в приповерхностном слое океана над аналогичными холмами наблюдались нами на нескольких участках склона, можно предположить, что гидротермальная деятельность на хр. Рейкьянес распространена более широко.

Неизвестные письма Ч. Дарвина

(Из переписки с В. О. Ковалевским 1867—1881 гг.)

ЭПИСТОЛЯРНОЕ наследие Ч. Дарвина — предмет пристального внимания историков биологии. Интерес к нему с годами не ослабевает. Общение Дарвина с многочисленными корреспондентами — совершенно особый вид творческой работы, позволявший «даунскому отшельнику» активно участвовать в жизни мирового научного сообщества, быть в курсе всех передовых идей. В последние годы в Англии предпринята попытка издания полной переписки Ч. Дарвина¹. Несмотря на то, что письма Дарвина собирались по всему миру в течение многих лет, можно предположить, что и в этом издании будут пробелы — слишком широк был круг общения великого натуралиста. Поэтому обнаружение неизвестных писем Дарвина — всегда открытие для историка науки.

Известный историк биологии А. Е. Гайсинович (1906—1989), работая над творческим наследием братьев Ковалевских (эмбриолога Александра Онуфриевича и палеонтолога Владимира Онуфриевича), установил, что письма Ч. Дарвина В. О. Ковалевскому, считавшиеся ранее утраченными², целы. Хранятся они в архиве его жены Софьи Васильевны Ковалевской (первой русской женщины-математика) в Институте Миттаг-Леффлера Шведской академии наук в Стокгольме. Хранитель этого архива К. Бромс любезно предоставил Гайсиновичу ксерокопии 17 писем Дарвина Ковалевскому. Расшифровав многие из них с помощью историка науки и знатока английского языка Г. Э. Фельдмана, Гайсинович, к сожалению, не успел их опубликовать. Эти интересней-

шие материалы проливают свет на многие вопросы, связанные с изданием трудов Дарвина в России, позволяют судить о его конкретных интересах в области палеонтологии и эмбриологии, о его знакомстве с русской наукой и творческих планах тех лет.

Переписка основателя эволюционной палеонтологии В. О. Ковалевского (1842—1883) с Ч. Дарвином началась в конце 60-х годов прошлого века, о чем свидетельствуют письма Владимира Онуфриевича к своему брату³. Личное знакомство В. О. Ковалевского с Дарвином состоялось в 1867 г., когда Ковалевский впервые посетил Даун. 22 августа 1867 г. Дарвин пишет Лайелю: «Здесь один русский, который переводит мою новую книгу на русский язык, и он говорит, что Вас необычайно много читают в России...»⁴

Начиная с 1864 г. В. О. Ковалевский активно занимается издательской деятельностью, причем занимается увлеченно, со свойственной ему широтой. Он становится переводчиком, редактором переводов и издателем наиболее выдающихся сочинений иностранных авторитетов естествознания того времени. Тем самым он отвечал запросам отечественной публики, устремившейся к изучению естествознания в 60-е годы — пору надежд и ожиданий российской интеллигенции.

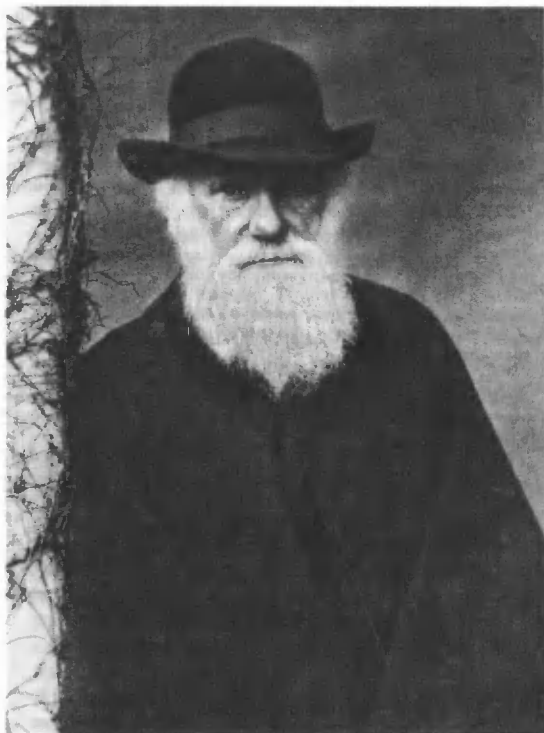
В 1867 г. В. О. Ковалевский предпринимает издание нового двухтомного труда Ч. Дарвина «Прирученные животные и возделанные растения». Дарвин, очевидно, только после личного знакомства дал согласие высылать корректурные листы своей книги по мере их набора, и Ковалевский загорелся желанием издать книгу Дарвина в русском

¹ К настоящему времени вышли уже четыре тома (1985—1988).

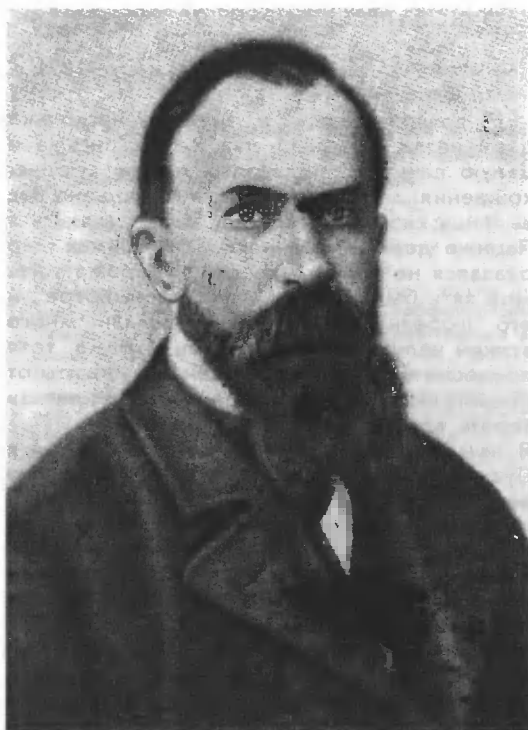
² До настоящего времени было найдено и опубликовано лишь одно письмо Дарвина к В. О. Ковалевскому от 21 мая 1873 г., сохраненное А. О. Ковалевским. (См.: Давиташвили Л. Ш. В. О. Ковалевский. М., 1951. 2-е изд. С. 158—163.)

³ См.: А. О. и В. О. Ковалевские. Переписка 1867—1873 гг. / Ред. А. Е. Гайсинович. М., 1988.

⁴ Дарвин Ч. Избранные письма / Ред. А. Е. Гайсинович. М., 1950. С. 198.



Ч. Дарвин на веранде дома в Дауне. 1881 г.



В. О. Ковалевский. 1881 г.

переводе одновременно с выходом оригинала в Англии (1867). Он выполнил эту задачу, опередив даже английское издание. С этого времени и началось активное общение Ковалевского с Дарвином.

Письма В. О. Ковалевского на английском языке, бережно сохраненные Дарвином, в настоящее время находятся в библиотеке Кембриджского университета (Великобритания). Их фотокопии (более 30 писем) имеются в музее Ч. Дарвина в Москве и были любезно предоставлены нам дирекцией музея для изучения и публикации. На русском языке письма В. О. Ковалевского, представляющие собой самостоятельную ценность, публикуются впервые. Написанные в форме своеобразных научных отчетов учителю и другу, они позволяют по-новому оценить не только круг научных интересов Ковалевского. Многолетнее интенсивное научное общение с Дарвином, с которым, как видно из писем, Владимир Онуфриевич делился всеми своими творческими замыслами и сомнениями, безусловно, помогло Ковалевскому в поразительно короткий срок стать основателем эволюционной палеонтологии.

Дарвин питал живой интерес не только к научным работам В. О. Ковалевского. Он испытывал к нему неподдельные теплые чувства, принимал искреннее участие в его личных делах. Во время пребывания в Англии Ковалевский неоднократно бывал в Дауне, где обговаривались многие научные вопросы. Кроме того, Дарвин давал Ковалевскому возможность посещать библиотеки и знакомиться с коллекциями, которые без его рекомендации были бы недоступны для молодого ученого. Изучение этой переписки невольно вызывает в памяти образное высказывание Луи Долло, назвавшего В. О. Ковалевского «гениальным и несчастным, другом и гостем Дарвина».

Полная публикация переписки Ч. Дарвина и В. О. Ковалевского еще ждет своего часа. Это предмет большого самостоятельного исследования. Для данной предварительной публикации мы выбрали четыре расшифрованных письма Ч. Дарвина (1871—1874 гг.). Соответственно подобраны письма В. О. Ковалевского (даются с сокращениями), отражающие многие важные события его насыщенной жизни тех лет.

В. О. КОВАЛЕВСКИЙ — Ч. ДАРВИНУ

Берлин, 14 марта 1871 г.

Дорогой сэр,
возвратившись в Берлин несколько дней назад, я нашел два Ваших письма и целую пачку корректурных листов «Происхождения...»¹ и, как всегда, я благодарю Вас за Ваши хлопоты обо мне. Мы оставались в Париже дольше, чем ожидали, так как мир оказался не таким прочным, и, кроме того, мой зять был избран мэром Монмартра², и его любезные сограждане делали много всякой чепухи, кроме обороны холма, хотя принесли ему шесть винтовок для защиты от правительства. Не имея больше возможности терять время, мы вернулись в Берлин. <...> Я немедленно выслал Вам чистые листы в Суэц³, откуда письмо идет сухопутно верблюдами или кораблем до Торы⁴. Перевод и печатание русского издания⁵ продвигается, но временно я не могу печатать ничего кроме I тома, так как наше цивилизованное правительство запретило Вашу новую работу. Когда перевод первого тома будет напечатан, он будет проходить цензуру министерства юстиции, и я надеюсь подать апелляцию в Судебную палату⁶ — против цензуры; я очень надеюсь на успех, так как Судебная палата часто выносит решения против постыдных мер министерства. Но результат сомнителен, и я не буду пока печатать работу целиком, так как, если палата подтвердит решение министерства, мои убытки будут очень значительными. <...> Я надеюсь, что съезд нашего Общества естествоиспытателей, который состоится в августе этого года, вынесет протест против этой поистине постыдной акции министерства, тем более, пока еще есть надежда, что палата может отменить ее⁷.

Мои планы на весну пока еще не ясны. Я намереваюсь поехать на юг Франции попытаться решить вопрос о пресноводных отложениях... и таких же меловых отложениях в долинах Пиренеев, но перестрелка между французами продолжается и может перерасти в войну⁸, и тогда мне придется ждать до осени.

Искренне Ваш
В. Ковалевский.

Комитетов защиты и бдительности. В качестве помощника мэра работал в 18-ом округе — Монмартре. В период провозглашения Парижской Коммуны Жаклар был выдвинут кандидатом в ее члены от этого округа.

³ Суэц — город и порт, расположенный у одноименного канала.

⁴ Тора — арабское поселение на восточном берегу Красного моря на Синайском полуострове. Там в это время находился А. О. Ковалевский, переправлявший корреспонденцию брата в Россию.

⁵ Имеется в виду «Происхождение человека...».

⁶ Судебная палата в России — вторая, апелляционная инстанция для окружных судов по делам, решавшимся без присяжных, и первая — по более важным делам. В частности, к ее подсудности относились государственные, должностные и ряд религиозных преступлений.

⁷ Очевидно, хлопоты В. О. Ковалевского увенчались успехом. I том «Происхождения человека...» вышел под редакцией И. М. Сеченова в 1871 г., II том — в 1872 г.

⁸ Имеется в виду борьба коммунаров с правительством А. Тьера, обосновавшимся в Версале. Изучение пресноводных меловых отложений занимало Ковалевского на протяжении многих лет. Исследование на эту тему было опубликовано им в 1875 г.

Ч. ДАРВИН — В. О. КОВАЛЕВСКОМУ

Даун, 3 мая 1871 г.

Дорогой сэр,
я хочу попросить Вас об услуге сделать копию, а еще лучше перевести небольшой отрывок из немецкой книги, которую я не могу найти на английском. Ее автор Франц Кёрте «Die Strich-Zug-oder Wanderheuschrecke» (Берлин, 1829, С. 33). По утверждению Кёппена, отрывок имеет отношение к случаям полового отбора у саранчи или кузнечиков, что очень меня интересует.

Боюсь, что Вы еще ничего нового не знаете о Вашем русском переводе моей книги. Я чрезвычайно сожалею о тех неприятностях, которые это Вам причинило.

Когда будете писать, пожалуйста, сообщите новости о себе и мадам Ковалевской².

Искренне Ваш
Ч. Дарвин.

¹ Речь идет о русском переводе книги Ч. Дарвина «Происхождение человека, подбор по отношению к полу» (1871).

² Жаклар Шарль-Виктор (1840—1903) французский революционер, деятель Парижской Коммуны, муж Анны Васильевны Корвин-Круковской (1843—1887), сестры С. В. Ковалевской. В период осады Парижа немцами был избран членом ЦК 20 округов, так называемых

¹ Кёппен Ф. П. (1833—1908) — русский зоолог, автор сводки «Вредные насекомые», изданной в 1858 г. на немецком языке в Санкт-Петербурге.

² В. О. Ковалевский с женой с 8 апреля 1871 г. жили в Париже, проникнув туда через немецкую линию фронта, рискуя жизнью.

Ковалевская С. В. (1850—1891), первая русская женщина-математик, получившая степень доктора в Геттингенском университете (1874), член-корр. Петербургской АН (1889), профессор Стокгольмского университета (1884).

В. О. КОВАЛЕВСКИЙ — Ч. ДАРВИНУ

Париж, 10 мая 1871 г.

Дорогой сэръ!

...Я нахожусь здесь¹ со своей женой и буду здесь некоторое время, чтобы изучить эоценовую и миоценовую фауну позвоночных Франции из коллекций Ботанического сада и Ecole du Minér. Путаница в этой части палеонтологий действительно достойна сожаления, роды и подроды возникают каждый день, основанные на чрезвычайно небольших различиях, и я видел многих их творцов, включая самого господина Жерве², который не видит причин, почему все новые и новые формы не могут возникать внутри рода.

Сейчас действительно настало время, чтобы кто-то из хороших сравнительных анатомов провел критический анализ материала и пролил свет на этот клубок. Днем раньше я посетил лабораторию господина Жерве. Жан, его сын, молодой медик, успешно занимается искусственным оплодотворением яиц *Axolotls* спермием *Triton*; его первые эксперименты были сделаны в прошлом году, и он получил несколько гибридов *Axolotl*—*Triton*, которые, к сожалению, не жили более 6 недель. Молодые особи не отличались от родителей внешне, но до сих пор не проведено исследование, которое могло бы установить различия в строении зубов и т. д. Этой весной он с успехом скрестил самца *Triton* с самкой *Axolotl*, и личинки свободно плавают, есть надежда, что они будут жить. Если он продолжит свои опыты, они прольют свет на многие вопросы.

Наблюдая Париж, который сейчас в руках «разбойников», убийц, социалистов и т. п., можно удивляться той относительно спокойной жизни, которая течет здесь. К несчастью мсье Тьер намеревается спасти нас от воображаемых разбойников и наводит порядок с помощью артиллерии. Его снаряды взрываются днем и ночью непрерывно, но мы привыкли к этим звукам, они кажутся нам естественными. Гуляя по Елисейским полям, я видел два снаряда в десяти ярдах от меня, к счастью, они не взорвались. Когда мы гуляли с женой и ее сестрой дней 10 тому назад, снаряд взорвался в 50 ярдах от нас, не причинив нам никакого вреда. Я не думаю, что версальцы когда-нибудь войдут в Париж, даже если их будет поддерживать артиллерия *Mont-Valerien* и большие батареи *St. Cloud*³. Войска не будут иметь успеха, так как улицы сплошь покрыты баррикадами и вооружены всем на свете. Кажется, что под давлением вновь избранного муниципалитета версальцы заключат мир...

Пожалуйста, передайте привет миссис Дарвин и дамам.

Искренне Ваш
В. Ковалевский.

Р. S. Я надеюсь вернуться в Бёрлин через несколько дней, поэтому мой адрес тот же — Анатомический музей.

¹ В. О. Ковалевский находился в Париже с 18 марта по 12 мая 1871 г.

² Жерве Ф. (1816—1879) — французский зоолог и палеонтолог, профессор в Монпелье и Сорбонне (Париж).

³ Непрерывный артиллерийский обстрел Парижа войсками А. Тьера начался 19 апреля 1871 г., а 21 мая 1871 г. они ворвались в город. Коммунары продолжали борьбу до 28 мая 1871 г. Ковалевские успели уехать за 10 дней до взятия Парижа, в полной уверенности, что версальцы не войдут в город. С. В. Ковалевская очень переживала за сестру и ее мужа. (См.: А. О. и В. О. Ковалевские. Переписка... Письмо 85, с. 126.)

Ч. ДАРВИН — В. О. КОВАЛЕВСКОМУ

Даун, 17 мая 1871 г.

Дорогой сэръ,
большое спасибо за Ваше интереснейшее письмо от 10 мая. Какую удивительную и странную жизнь Вы с мадам Ковалевской вели на протяжении последних 6 месяцев в окружении таких знаменательных событий <...>

Хочу сказать Вам, что около месяца тому назад я писал Вам с просьбой помочь достать мне отрывок из одной немецкой книги и рассказать о Вашем переводе «Происхождения человека». Письмо было отправлено по Вашему старому адресу (я забыл название улицы, и сейчас пишу не из дома: оно начиналось, по-моему, на «С»). <...> Если Вы его не получили, пожалуйста, сообщите. Мне срочно нужен немецкий отрывок. <...>

Кажется, Вы очень упорно и настойчиво занимались палеонтологией: Вы готовите себя для будущих замечательных исследований.

Искренне Ваш
Ч. Дарвин.

Ч. ДАРВИН — В. О. КОВАЛЕВСКОМУ

Даун, 2 июня 1871 г.

Дорогой сэръ,
большое спасибо за Кёрте, однако мне очень жаль, что Вы взяли на себя риск послать книгу по почте. Я также высылаю ее Вам

обратной почтой и уповаю на небеса, чтобы она благополучно дошла¹.

Мне кажется, я нашел причину отсутствия отрывка: должно быть, в 1829 г. вышло 2-е издание, так как Кёппен приводит именно эту дату и ссылается на 2-ю часть..., которой не было в издании 1828 г.

Вы не должны больше затруднять себя, но если вдруг Вы найдете в какой-нибудь библиотеке издание 1829 г., пожалуйста, посмотрите с. 33 и, возможно, Вам удастся найти короткий отрывок, который для меня очень важен.

Я совершенно согласен с Вами относительно дикой жестокости Версальской армии, но с другой стороны, я должен сказать, что армия коммунаров также имеет позорную известность².

Буду очень рад видеть Вас в Англии. Сегодня я не в форме. Еще раз большое спасибо.

Искренне Ваш
Ч. Дарвин.

¹ Речь идет о письме В. О. Ковалевского, очевидно, утерянном, которое он послал вместе с обещанной книгой. Посылка была отправлена Дарвину между 17 мая и 2 июня 1871 г.

² В письме к брату от 28 мая 1871 г. В. О. Ковалевский писал: «Лучшие и энергичные люди расстреливались на всех углах; солдаты, ожесточенные пожарами, не давали пощады никому». (Переписка..., с. 126). Вероятно, об этом он писал и Дарвину.

В. О. КОВАЛЕВСКИЙ — Ч. ДАРВИНУ

Мюнхен, 17 мая 1873 г.

Дорогой сэр,
я пишу Вам с необычной просьбой, и буду чрезвычайно признателен, если Вы согласитесь выполнить ее. Целую зиму я был занят сочинением о роде *Anthracotherium*¹, по которому я нашел очень большой материал в различных коллекциях; многие виды могут быть восстановлены, и даже скелет может быть полностью изучен. Выполняя просьбы некоторых друзей-палеонтологов, особенно профессора Рютимейера², я попытался написать обобщающий обзор по всем известным *Ungulata*³ и предложил их естественную классификацию... Несомненно, здесь можно доказать постепенную эволюцию и происхождение всех современных форм от ограниченного числа эоценовых и миоценовых типов. Я сейчас печатаю это сочинение в *Palaentografia*, но, поскольку объем около 20 листов, оно выйдет не раньше, чем через 10 или 12 недель. Если бы Вы разрешили мне,

дорогой сэр, посвятить его Вам, поскольку это первая положительная попытка в эволюционном направлении, основанная на большом фактическом материале, полученном на основании изучения целого скелета. Я был бы очень счастлив, если бы посвящение было сделано Вам, как основателю эволюционной теории...⁴

Я могу сообщить Вам хорошие новости о моем брате, он уехал в La Call, недалеко от побережья Туниса⁵ и занимается комплексным исследованием брюхоногих моллюсков — *Argiope* и *Thecidium*. *Argiope* имеет личинку очень похожую на *Sagitt a*...

Когда я покидал Англию, Ваше здоровье было не очень хорошим, я надеюсь, что зима прошла лучше и сейчас все в порядке. Более 1000 экземпляров Вашей книги⁶ уже продано в России, и как только издание разойдется, мой брат будет счастлив отослать Вашу часть выручки.

Пожалуйста, передайте привет миссис Дарвин и дамам.

Искренне Ваш
В. О. Ковалевский.

P. S. Вы, конечно, читали сообщение, опубликованное в марте, о хвостатой птице с зубами на обеих челюстях и с позвоночником рыбы⁷. И *Dinoceras*!⁸ Поистине, счастлив тот, кто занимается палеонтологией позвоночных⁹.

¹ Один из родов ископаемых копытных.

² Рютимейер Карл Людвиг (1825—1895) — швейцарский палеонтолог и зоолог, профессор Базельского университета, иностранный член-корр. Петербургской АН (1882), друг В. О. Ковалевского.

³ *Ungulata* — копытные, надотряд млекопитающих.

⁴ До сих пор не было известно, когда именно Ковалевский попросил разрешения Дарвина посвятить ему свой труд. Речь идет о работе, опубликованной в 1873—1874 гг. на немецком языке «Монография рода *Anthracotherium* и опыт естественной классификации ископаемых копытных», посвященной Дарвину. В посвящении, в частности, говорится: «С самого начала моих занятий Вы были для меня лучшим учителем и самым добрым другом; всем моим работам Вы всегда уделяли полное внимание и создавали все возможности для моих исследований во время моего более продолжительного посещения Англии». (См.: Д а в и т а ш в и л и Л. Ш. В. О. Ковалевский. М., 1951. С. 148.) Теперь можно считать установленным точно, что единственное сохранившееся письмо Дарвина от 21 мая 1873 г. является ответом на письмо Ковалевского от 17 мая 1873 г. Это подтверждает и письмо В. О. брату от 25 мая 1873 г., где он пишет: «Я совершил одну нескромность, именно написавши Дарвину, что я желаю посвятить ему мою новую работу, я сообщил, что тебе удалось сделать по брахиоподам, и сказал, что личинка *Argiope*, кажется, похожа на личинку *Sagitt a*». Пересылаю тебе его милое письмо, которое не потеряй, а пришли обратно. Если можешь, напиши ему по-французски или по-немецки о том, что его заинтересует. (См.: А. О. и В. О. Ковалевские. Переписка ... Письмо 175. С. 260.)

⁵ А. О. Ковалевский находился в это время в Алжире.

⁶ Речь идет о «Происхождении человека...».

⁷ Очевидно, здесь говорится о находке скелета археоптерикса. Первый скелет был найден в 1861 г.

⁸ *Diposagata* — отряд вымерших копытных, не давший никаких новых форм.

⁹ В ответе на это письмо Дарвин 21 мая 1873 г. писал Ковалевскому: «Посвящение, о котором Вы говорите, будет для меня очень приятным, и я смотрю на него как на великую честь. Очень признателен Вам за то, что Вы сообщаете мне о работах Вашего брата... Открытие птицы с зубами и двояковыгнутыми позвонками — поистине великое открытие. Некоторые из наших палеонтологов думают, что *Diposagata* был настоящим копытным; если это так, он должен быть отнесен к области Ваших исследований... Мне ясно, что Вам и Вашему брату предстоит великое будущее, каждому в своей области». (См.: Дарвин и Л. Ш. В. О. Ковалевский, с. 163.) Слова Дарвина оказались пророческими.

В. О. КОВАЛЕВСКИЙ — Ч. ДАРВИНУ

Берлин, 20 января 1874 г.

Дорогой сэр,

уже очень долгое время я не имею от Вас никаких известий, что усиливает повод послать Вам мое сочинение, которое Вы так любезно согласились разрешить посвятить Вам¹, и узнать новости о Вашем здоровье. Первая часть моей статьи, в основном, посвящена остеологическому анализу с точки зрения происхождения всех ископаемых копытных. Специальное описание *Anthracotheria* последует вскоре. Прошлым летом и этой зимой я занимался геологией, и я надеюсь весной быть в Англии, чтобы посмотреть некоторые большие меловые коллекции, так как мел — это формация, которая больше всего меня интересует...

Как обстоят дела с Вашей новой книгой? Во время моего пребывания в Англии, Вы занимались оплодотворением растений. Могу ли я просить, если что-нибудь намечается к публикации, не забывать меня как своего переводчика². Книга «О выражении ощущений...» уже продана в количестве приблизительно 2000 экземпляров... Моя жена чувствует себя хорошо и передает Вам привет, она много работает над очень запутанной темой о стабильности колец Сатурна, но предмет настолько сложен, что мы не можем найти литературу. Клерк Максвелл³ написал обстоятельное сочинение на эту тему в 1859 г., но мы не нашли его даже в Берлинской обсерватории. Я собираюсь просить Муррея⁴ поискать мне экземпляр в Англии.

Я надеюсь, что Ваша семья в порядке, и прошу Вас передать привет миссис Дарвин и мисс Дарвин.

Искренне Ваш
В. О. Ковалевский.

¹ Таким образом установлено и время отправления Ковалевским своего сочинения Дарвину — 20 января 1874 г.

² Ковалевский перевел следующие труды Ч. Дарвина: «Изменения животных и растений вследствие приручения». Т. 1, 2 (1868, 1869); «О выражении ощущений у человека и животных» (совместно с М. А. Семеновым). 1872.

³ Максвелл Джеймс Клерк (1831—1879) — выдающийся английский физик.

⁴ Муррей Джон (1802—1892) — издатель сочинений Ч. Дарвина в Англии.

Ч. ДАРВИН — В. О. КОВАЛЕВСКОМУ

Даун, 24 января 1874 г.

Дорогой сэр,

я распорядился, чтобы мой книгопродавец послал Вам книгу, напечатанную издательством «Макмиллан и К^о». Полагаю, она дойдет до Вас через несколько дней. Пожалуйста, вручите ее от моего имени мадам Ковалевской¹.

Jan. 24th
Down.
Darwin.
My dear Sir
I have ordered my bookseller
to send (under Mr. Murray's)
book to you & I suppose it
will reach you in a few
days. - Please present it for
me to Mr. Kowalevsky.
My wife says Mr. Huxley
has lately published a new
book; "On the Dynamics
of the Earth's Crust"
and it best interests
you in every
(Ch. Darwin)
Believe me to be

Письмо Дарвина В. О. Ковалевскому от 24 января 1874 г.

Максвелл говорит, что М. Хирн недавно выпустил книгу на ту же тему, но «динамика там, в лучшем случае, средняя».

Искренне Ваш
Ч. Дарвин

Р. С. Я вложил открытку².

¹ Как видно из переписки, Дарвин часто обращался к Ковалевскому с просьбами по поводу тех или иных научных материалов. Эти просьбы незамедлительно выполнялись. Это письмо показывает, что сам Дарвин также ответственно и внимательно относился к просьбам Ковалевского. В январе 1874 г. В. О. Ковалевский писал брату: «От Дарвина получил два ужасно милых письма...» Настоящее письмо, безусловно, одно из них.

² К письму прилагается открытка, посланная из Кембриджа Дж. К. Максвеллом сыну Дарвина Говарду (1845—1912) — астроному и математику. Очевидно, после получения письма Ковалевского Дарвин незамедлительно через сына обратился к Максвеллу с просьбой дать название его книги. 23 января 1874 г. Максвелл послал Говарду Дарвину открытку следующего содержания:

Кембридж, 23 января 1874 г.

Говарду Дарвину, Даун.

«О стабильности в движении колец Сатурна», Макмиллан и К^о, 1859 г.

М. Хирн, известный термодинамик, также недавно опубликовал работу у Мальхаузена или где-то еще. Динамика там, в лучшем случае, средняя.

В этот же день открытка была получена в Дауне, и ее последнюю фразу Дарвин процитировал в письме Ковалевскому. Так С. В. Ковалевская буквально из рук Дарвина и с помощью самого Максвелла получила столь необходимую ей для работы книгу.

В. О. КОВАЛЕВСКИЙ — Ч. ДАРВИНУ

Берлин, 27 января 1874 г.

Дорогой сэр,

я отсутствовал пару дней и нашел Ваше любезное письмо только вчера, вернувшись назад. Вы действительно очень добры, и мне стыдно, что я причинил Вам беспокойство с сочинением Максвелла о Сатурне, но книга действительно редкая, даже президент Парижской Академии господин Фай¹, предоставивший тезисы другой статьи о Сатурне, никогда не видел этой книги Максвелла, кроме упоминания о ней в одном журнале. Действительно, со стороны Вашего сына было очень любезно написать профессору Максвеллу, и я благодарю его от всей души.

Я очень надеюсь быть в Англии весной и повидать Вас, если здоровье Вам позволит принимать посетителей.

С наилучшими пожеланиями.

Искренне Ваш
В. Ковалевский.

Публикация Е. Б. Музруковой

¹ Фай Эрве (1814—1902) — французский астроном, член Парижской АН. В 1843 г. открыл комету, названную его именем.

НОВЫЕ КНИГИ

Этноботаника

Б. Н. Головкин. ПО ДЕДОВСКИМ РЕЦЕПТАМ. М.: Агропромиздат, 1990. 208 с. Ц. 40 к.

В книге рассказано о культуре и опыте отношений человека и растений от самой древней истории земледелия на территории нашей страны, уходящей корнями в трипольскую культуру III—IV тыс. до н. э., до времен еще недавних, но уже нечетко различимых в густом смоге индустриализации сельского и лесного хозяйства.

Ошеломленный читатель узнает о том, что еще 300 лет назад в открытом грунте под Москвой росли сладкие дыни, а в теплицах во второй половине XVIII в. среди змеек выращивали душистые ананасы, вишни, сливы и груши (часто прямо на деревце в горшке!).

Менее экстравагантны, но полезны сведения о старорусских сортах плодовых растений, травах, корнях и коре деревьев, которые заменяли хлеб в голодные годы, о способах сохранения овощей и фруктов — соленьях, моченьях, вареньях,

сушеных, включая и... засол картофеля в кадках или огурцов внутри крупных тыкв (!), об истории «растительной кухни» на Руси.

Оказывается, на каждые лапти нужен был «луб» с трех лип, так что экологическая дилемма «природа или лапти» возникла еще в древности.

Безусловно, книга — вклад в воссоздание культурного наследия россиян, история которых тесно переплетена с историей растительности и растений.

Формулы на фанере

Н. Я. Виленкин,

доктор физико-математических наук

Московский государственный заочный педагогический институт

БУДУЩЕМУ исследователю окажется очень трудно восстановить некоторые страницы истории советской математики. В первую очередь он, несомненно, возьмется за биобиблиографические справочники «Математика в СССР за сорок лет, 1917—1957» и «Математика в СССР за пятьдесят лет, 1958—1967» и с удивлением обнаружит, что перерывы в научных публикациях длились у некоторых ученых по 15—20 лет, хотя в их биографических сведениях говорится, что в эти годы они благополучно работали. Он сможет установить дату рождения ряда математиков, дата же их смерти отсутствует. А имен некоторых ученых он не найдет совсем, хотя из других источников узнает, что они жили и работали в СССР. Поразит его и то, что второй справочник состоит из двух выпусков второго тома, а какие-либо следы первого отсутствуют.

Когда же этот историк попытается установить причину таких странностей, то выяснит, что многих разязняющих документов в архивах нет, вместо них он услышит неясные предания, в которых аббревиатуры ГУЛАГ, НКВД, ОГПУ перемежаются со словами «донос», «тройка» и «посмертная реабилитация». Вот обо всем этом, т. е. о репрессиях, которым подвергались ученые, и о том влиянии, которое эти репрессии оказали на развитие математики в нашей стране, и пойдет речь в статье. Труднодоступность документов, находящихся до сих пор в различных архивах и спецхранах, вынуждает автора во многих случаях заменить строго документированное научное исследование дошедшими до него устными сообщениями, а иногда и предположениями, в чем-то уподобляясь палеонтологу, пытающемуся по одной сохранившейся кости восстановить историю развития того или иного вида. Полагаю все же, что этот рассказ окажется полезным будущим исследователям, подсказывая им, где и какие документы искать.

ПЕТЕРБУРГСКАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ШКОЛА

Накануне революции общепризнанным центром математической науки в России был, несомненно, Петербург. В этом городе творили такие выдающиеся ученые, как академики А. А. Марков (старший), А. М. Ляпунов, В. А. Стеклов, А. Н. Крылов и их ученики. Петербургская математическая школа, основанная великим русским математиком П. Л. Чебышевым, вела свои традиции от члена Петербургской академии наук Л. Эйлера, гениального математика, который большую часть своей творческой жизни провел в городе на Неве.

После революции положение ученых стало весьма тяжелым. В опубликованных письмах П. Л. Капицы рассказано, как его тестя А. Н. Крылова, встретившись на улицах Петрограда с И. П. Павловым, попросил, чтобы тот зачислил его в свой институт на должность... собаки — знаменитому физиологу отпускаясь корм для экспериментальных животных. Сын одного из петербургских математиков рассказывал мне, что его отец видел в 1917 г., как подвыпивший кронштадтский матрос шатался по Васильевскому острову (району, где жили ученые) и поливал стены домов свинцом, а из подворотни с укоризной смотрел на это зрелище А. М. Ляпунов. Вскоре вместе с большой туберкулезом женой Ляпунов уехал в Одессу, где после ее смерти покончил с собой 3 ноября 1918 г. Говорят, супруги дали друг другу слово одновременно уйти из жизни. Однако существует и иное объяснение самоубийства — Александр Михайлович происходил из древней дворянской семьи, а потому ему было невыносимо жить в условиях начавшейся гражданской войны.

В 1922 г. из Советской России была выслана большая группа видных ученых, многие из которых не приняли новую власть,

среди них — первый демократически избранный ректор Петроградского университета известный алгебраист Д. Ф. Селиванов.

Многие математики в 20-е годы эмигрировали или же не вернулись из зарубежных командировок. Известным ученым Я. Д. Тамаркину и А. С. Безиковичу в 1925 г. пришлось нелегально перейти границу. До революции Тамаркин был социал-демократом (меньшевиком) и подвергался преследованиям охраны. После революции его преследовали чекисты. В некрологе, помещенном в одном из американских журналов, рассказывалось, как после перехода границы измазанный болотной грязью ученый предстал перед американским консулом в Риге. Тот счел Тамаркина саможванцем и, поскольку сам когда-то кончил технический колледж, для проверки предложил вычислить несколько несложных интегралов. И только когда известный в России аналитик без труда справился с этим «испытанием», консул поверил ему.

Рассказывают, что похожему «экзамену» подвергся и оказавшийся в США после гражданской войны один из самых выдающихся специалистов России в области сопротивления материалов и теории упругости почетный академик С. П. Тимошенко. Хозяин фирмы, куда он хотел устроиться на работу, предложил проверить расчеты какого-то моста. На другой день взволнованный ученый заявил: «По этому проекту мост строить нельзя — он рухнет». В ответ он услышал: «Мост уже рухнул, приступайте к работе».

Что же касается Безиковича, он уехал в Англию, где с 1927 г. преподавал в Кембриджском университете, а в 1934 г. стал членом Лондонского королевского общества.

Некоторые математики, например Я. А. Шохат, переехали в сопредельные государства, получившие самостоятельность после революции (Польшу, Латвию, Литву и т. д.). За рубежом оказались старейшие члены Московского математического общества В. Г. Алексеев, П. П. Граве, Д. С. Мириманов, А. Н. Цивет и многие другие.

Во время гражданской войны почти прекратилась работа большинства математических обществ. В 1920 г. возрождается деятельность Петроградского математического общества, во главе которого с начала 20-х годов встали академик Я. В. Успенский и профессор Н. М. Гюнтер, в 1922 г. избранный членом-корреспондентом АН СССР. Однако недоверие к «старорежимным» ученым привело к тому, что в высших учебных заведениях стали преподавать люди, не сдавшие даже магистерских экзаменов,



Николай Максимович Гюнтер (1871—1941).

причем многие из них автоматически получили звания профессоров. Автору еще в 50-е годы приходилось сталкиваться с подобными «профессорами», безграмотность которых в области математики была поистине ужасающей. Чаще всего они занимались методикой преподавания. Думаю, многие беды, связанные с преподаванием математики, в значительной степени объясняются именно этим.

В 1922/23 учебном году группа таких свежеспеченных «профессоров» (А. Г. Вальнер, И. П. Каменщиков, К. А. Кржишковский, Л. А. Лейферт и А. П. Пинкевич) обследовала деятельность физико-математического факультета Петроградского университета. В результате преподавательский состав был пополнен новыми «силами», изменены целевые установки и учебный план, введены новые методы преподавания, которые к концу 20-х годов привели к развалу все школьное преподавание (метод проектов, бригадный метод, Дальтон-план и т. п.). Начали сказываться и результаты классового отбора при приеме в вузы, закрывавшего двери в науку детям дворян, священников, купцов и т. д., расширение контингента учащихся при одновременном снижении требований к поступающим.

После подобной «перестройки» в Ленинградском университете сложились три довольно прочные и устойчивые группировки. К одной, которую ее противники называли «правой», относились видные ученые Н. М. Гюнтер, В. И. Смирнов, Г. М. Фихтенгольц и другие. Их поддерживало Ленинградское физико-математическое общество, а в Академии наук — Я. В. Успенский. Другую, «левую» группировку составляли преподаватели, не имевшие каких-либо научных заслуг (Л. А. Лейферт, А. Д. Дрозд, А. Р. Кулишер и другие), но претендовавшие на то, что представляют в университете марксистскую науку. Эта группа опиралась на отобранную по классовым признакам часть студенчества и вне университета поддерживалась партийными и профсоюзными организациями, в том числе ленинградским губкомом ВКП(б). Была и промежуточная группировка (И. М. Виноградов), которая по некоторым педагогическим и организационным вопросам поддерживала «левых».

Развернувшиеся в 1928 г. в Ленинграде события позволили «левой» группе укрепить позиции — началась кампания по выборам в Академию наук, состоявшимся в 1929 г. Поскольку было отмечено требование, чтобы академики проживали в Ленинграде (где в то время находилась Академия наук), конкуренция обострилась. Кроме ленинградских ученых И. М. Виноградова и Н. М. Гюнтера, баллотировались москвичи Д. Ф. Егоров, Н. Н. Лузин, киевляне Н. М. Крылов, Д. А. Граве и харьковчанин С. Н. Бернштейн, а также другие ученые. По прогнозам, действительным членом Академии должен был быть избран Гюнтер и членом-корреспондентом — Виноградов. Окончательной ясности не было, поскольку в Академии уже был представитель теории чисел — Успенский, тогда как некоторые из влиятельных академиков весьма скептически относились к этой области математики, казавшейся им далекой от каких-либо практических приложений. Что же касается Виноградова, то он тогда еще не получил столь прославивших его впоследствии результатов по проблеме Гольдбаха; напротив, вклад Гюнтера в теорию уравнений математической физики оценивался весьма высоко (по сути дела, некоторые из его результатов предвосхитили созданную в 40-х годах теорию обобщенных функций).

На ходе выдвижения кандидатов в Ленинграде сказалась энергичная поддержка кандидатуры Виноградова «левыми». Была организована повсеместная травля Гюнтера, сопровождавшаяся угрозами в адрес поддерживавших его ученых. Многих удалось

запугать, и в итоге Гюнтера поддержало лишь Ленинградское физико-математическое общество, тогда как ленинградское бюро секции научных работников и ВАРНИТСО (Всесоюзная ассоциация работников науки и техники для содействия социалистическому строительству)¹ отвели эту кандидатуру. В то же время Виноградова выдвинули совет ЛГУ, бюро секции научных работников, Политехнический институт, Электромеханический институт им. В. И. Ленина и то же Ленинградское физико-математическое общество. В 1929 г. он был избран действительным членом Академии наук. (Другой видный специалист по теории чисел — переехавший из Киева в Ленинград Б. Н. Делоне — на тех же выборах стал членом-корреспондентом.)

Итак, позиции «левой» группы, к которой примкнул и Б. И. Сегал, в отличие от других «леваков» имевший математические результаты, укрепились. Ее приверженцы решили, что теперь необходимо перевести борьбу на «более высокий теоретический уровень» — внести дух диалектического материализма в древнейшую из наук. Поэтому было организовано «Общество математиков-материалистов при Ленинградском отделении Коммунистической академии». На рабфаке ЛГУ, в самом университете, в Горном институте члены этого общества читали лекции на тему «Математика и классовая борьба». Сопротивление настоящих ученых разгулу безграмотности было фактически сломлено. С сегодняшних позиций их, конечно, могли бы обвинить в слабости; но не нужно забывать, что то было время «Шахтинского дела», процессов Промпартии и Трудовой крестьянской партии, разгрома группы виднейших ученых-историков в Академии наук, время, когда закладывались основы трагедии, разыгравшейся в конце 30-х годов.

Острые схватки продолжались и на I Всесоюзном съезде математиков, состоявшемся в 1930 г. в Харькове. Хотя Гюнтер присутствовал на заседаниях, ему не позволили выступить от имени Ленинградского физико-математического общества. Поскольку съезд математиков совпал с XVI съездом ВКП(б), было внесено предложение послать приветствие в Москву (известные мне версии несколько расходятся: по одной, приветствие посылалось только в адрес съезда, по другой — и лично Сталину). Однако несколько участников (академик С. Н. Бернштейн, чле-

¹ Подробнее об этом см.: Тугаринов И. А. История ВАРНИТСО, или Как ломали Академию в «год великого перелома» // Природа. 1990. № 7. С. 92—101.

ны-корреспонденты Д. Ф. Егоров и Н. М. Гюнтер, профессор Р. О. Кузьмин и другие) не согласились с этим предложением. Рассказывают, что Бернштейн громко сказал: «Математика по фамилии Сталин я не знаю»; по другой версии, эти слова произнес Кузьмин. В конце концов приветствие все же было послано.

А дальше начались печальные события, хорошо знакомые старшему поколению. Многие профессора, примыкавшие к Гюнтеру, выступили с покаянными речами, появилось письмо самого Гюнтера, в котором он признал ошибки в своей практической деятельности и сообщал о желании отказаться от кафедры в университете. Осуждению подверглись скончавшийся незадолго до того А. В. Васильев и С. А. Богомолов за идеалистическую направленность их книг по истории и методологии математики. И, конечно, бурю негодования вызвал Я. В. Успенский, во время научной командировки в США женившийся на американке и приславший в Академию наук письмо, в котором сообщал о выходе из ее состава (в настоящее время он восстановлен в АН СССР). Более того, даже давно скончавшийся В. А. Стеклов был подвергнут критике за идеалистические взгляды, что весьма удивительно, так как Стеклов (племянник Н. А. Добролюбова по матери) всегда придерживался материалистических взглядов² и одним из первых среди математиков встал на путь сотрудничества с Советской властью.

Некоторые из этих позорных «обличающих» документов приведены в сборнике «На ленинградском математическом фронте», опубликованном в 1931 г. под редакцией Л. А. Лейферта, Б. И. Сегала и Л. И. Федорова.

Но, как говорится, «судьба играет человеком». Согласно спискам участников II Всесоюзного съезда математиков, Л. А. Лейферт в 1934 г. уже проживал в Ростове-на-Дону, и вряд ли этот переезд был добровольным. В дальнейшем он поменял несколько городов и в конце 30-х годов оказался в Воронежском университете, где продолжал заниматься травлей ученых. По дошедшим до автора рассказам, Лейферт пытался преследовать известного советского геометра Н. В. Ефимова, работавшего тогда в Воронеже. Однако ночью накануне собрания, где должно было разбираться дело офицерского сына Н. В. Ефимова, Лейферт был арестован и, судя по всему, расстрелян,

так как был связан с учениками Н. И. Бухарина из Коммунистической академии.

Весьма резким нападкам подвергся и видный специалист в области истории и философии математики профессор Ростовского университета Д. Д. Мордухай-Болтовской. Но, к счастью, все обошлось, поскольку в молодости в доме его родителей работал Миша Калинин, который ко времени описываемых событий стал Всесоюзным старостой. Он и защитил ученого от нападков.

МОСКОВСКАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ШКОЛА

Центральными фигурами московской математической жизни 30-х годов были члены-корреспонденты АН СССР Д. Ф. Егоров и его ученик Н. Н. Лузин, президент Московского математического общества, директор Института математики и механики МГУ, руководитель знаменитой «Лузитании», объединявшей многих талантливых молодых математиков.

Надо сказать, что партийная прослойка среди университетских математиков была в то время незначительной — два члена партии, один кандидат и несколько комсомольцев. Однако в конце 20-х годов положение стало меняться. Как говорил автору когда-то один из его учителей член-корреспондент АН СССР В. В. Степанов, «на мехмат МГУ военный коммунизм пришел с опозданием на 12 лет». В отличие от ленинградских, московские «левые» были далеко не безграмотными людьми. Проявлявшие особую активность руководители комсомольской организации математического факультета Л. А. Тумаркин, Д. А. Райков, А. А. Космодемьянский и Н. А. Слезкин в дальнейшем стали серьезными учеными.

Весьма колоритной фигурой тех лет был эмигрант из Чехословакии Эрнст (Арношт) Кольман, работавший в Коммунистической академии, а потом занявший пост заведующего Отделом науки МК ВКП(б). Он был одним из тех, кто мнил себя творцом марксистской философии математики, хотя и не знал основ науки, философию которой пытался строить. Кольман писал и о философии математики, и о роли теории вероятностей, и об истории математики. Разумеется, он яростно восставал против применения теории вероятностей в генетике (одна из его статей была даже помещена в печально знаменитом журнале Т. Д. Лысенко «Яровизация»). Хорошо памятна его статья «Вредительство в науке», опубликованная в журнале «Большевик» (1931, № 2), в которой одним из признаков вредительства считается

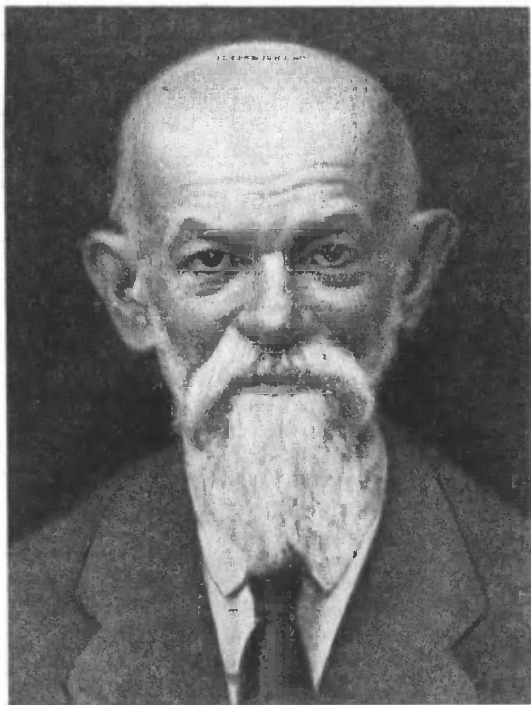
² См., например, его книгу: Математика и ее значение для человечества. Берлин, 1923.

«исключительное обилие математических вычислений и формул, которыми так и пе-
стряты вредительские работы». Резкой крити-
ке Кольман и С. А. Яновская³ подвергали
статьи по математике, помещенные в первом
издании БСЭ. Их авторами были Н. Н. Лузин,
О. Ю. Шмидт (стоявший во главе есте-
ственнаучной части энциклопедии),
В. Ф. Каган и другие. Всем им инкримини-
ровался «идеализм», отсутствие ссылок на
работы Ленина, Маркса и Энгельса и прочие
аналогичные грехи. Активное участие Коль-
ман и Яновская приняли и в «разоблачении»
книг А. В. Васильева и С. А. Богомолова.

Эти нападки не остались, к сожалению,
без последствий. О. Ю. Шмидт занялся в
конце концов иной областью деятельности
и стал выдающимся полярным исследовате-
лем (впрочем, и на льдине он написал одну
из работ по математике), а В. Ф. Каган в
1931 г. был арестован, но, к счастью, через
полгода освобожден.

КАМПАНИЯ ПРОТИВ Д. Ф. ЕГОРОВА

Еще в конце 20-х годов разыгралось
одно из печальнейших событий в истории
советской математики. Упомянутая выше
группа университетских партийных и комсо-
мольских деятелей развернула активную
кампанию против Д. Ф. Егорова и «егоров-
щины». Видимо, ее начало сврпало с выбора-
ми в Академию наук, о которых я упоминал
в начале статьи. В Москве одни научные
организации поддержали кандидатуру
Д. Ф. Егорова, другие — Н. Н. Лузина. На
стороне Егорова выступил профессор мате-
матики В. А. Костицын, в те годы начальник
Главнауки Наркомпроса, в конце 20-х годов
эмигрировавший во Францию. Разумеется,
комсомольских и партийных деятелей инте-
ресовали не научные заслуги соперников,
а, например, то, что Егоров был глубоко
верующим христианином и занимал долж-
ность церковного старосты одного из мо-
сковских приходов; поэтому они выступали
против него. В итоге в Академию наук был
избран Н. Н. Лузин, причем по ряду сообра-
жений ему пришлось первоначально стать
членом Отделения философии, и лишь после
исключения Я. В. Успенского он перешел
в Отделение математики. Д. Ф. Егоров был
избран почетным академиком.



Дмитрий Федорович Егоров (1869—1931).

После упомянутой выше истории на
харьковском математическом съезде Егоро-
ва арестовали и сослали в Казань (по одной
из версий, за сбор денег в пользу репрес-
сированных единоверцев — он принадлежал
к религиозному течению «христовославцев»).
Некоторые из его учеников, например,
В. В. Степанов, ездили к нему. По дошед-
шему до автора рассказа видного казан-
ского алгебраиста Н. Г. Чеботарева, Дмитрий
Федорович объявил голодовку, сильно подо-
рвавшую его здоровье. Он был помещен в
больницу, и, хотя его изолировали, Че-
ботареву удалось проникнуть к нему и побес-
едовать. В 1931 г. Егоров умер в возрасте
62 лет. Травле подвергались и некоторые
его ученики, например известный геометр
С. П. Фиников.

Документы той эпохи малодоступны.
Но, видимо, на посту президента Москов-
ского математического общества Егорова
сменил... Э. Кольман (позднее президентом
стал известный тополог П. С. Александров,
ученик Лузина). Директором же НИИ мате-
матики и механики при МГУ еще в 1929 г.
был назначен О. Ю. Шмидт, в дальнейшем
заменивший А. Я. Хинчиным.

³ С. А. Яновская училась и работала в Коммунисти-
ческой академии, занималась изучением математиче-
ских рукописей Маркса; впоследствии работала в об-
ласти математической логики и способствовала публи-
кации книг в этой области, что было весьма непросто
в те годы.

ДЕЛО ЛУЗИНА И ФЛОРЕНСКОГО

Вскоре после избрания в Академию Н. Н. Лузин стал председателем ее Математической группы, еще раньше — вице-президентом Московского математического общества. Но в те годы расстояние между высоким кабинетом (даже члена Политбюро) и тюремной камерой было короче воробьиного носа. Лузин же позволял себе поступки, казавшиеся недопустимыми. Так, он отказался подписать письмо с осуждением папы римского в связи с объявленным «крестовым походом» против СССР — Лузину было ясно, что письмо отрицательно скажется на только еще начинавших налаживаться контактах с западной наукой. После этого ему пришлось покинуть Московский университет и полностью перейти на работу в Академию наук.

В 1933 г. был арестован знаменитый русский философ, теолог и математик отец П. А. Флоренский. Это был уже второй арест, первый раз его арестовали в 1928 г., но тогда заключение оказалось кратковременным, он был освобожден, получив печально знаменитые «минус шесть», т. е. запрещение проживать в шести крупнейших городах страны (Москве, Ленинграде, Харькове, Киеве, Одессе, Ростове-на-Дону) и соответствующих областях. Вскоре ему позволили вернуться в Москву, но через пять лет снова арестовали. Его обвинили в сотрудничестве с некоторыми арестованными к тому времени историками (с которыми он не был даже знаком), и вскоре в деле появилась «Схема структуры национал-фашистского центра», написанная Флоренским под диктовку следователя — методы, применявшиеся тогда на допросах, теперь хорошо известны. По замыслу следователя, во главе центра находился сам Флоренский, от него на схеме тянутся линии к крестикам, помеченным фамилиями Лузина и правоведа Гидулянова. А дальше видна фамилия С. А. Чаплыгина — видного математика и аэродинамика. Идет линия от Лузина и к известному механику А. П. Минакову.

Истиной во всем этом нагромождении выдумок было лишь то, что Лузин и Флоренский действительно были давно знакомы. Еще в университетские годы они состояли членами студенческого научного кружка на математическом отделении физико-математического факультета МГУ, причем Флоренский был председателем кружка, а Лузин — секретарем. В дальнейшем они много переписывались, обмениваясь научными идеями. Тесные связи были у Лузина и с Чаплыгиным — он исследовал чаплыгинский метод приближенного решения дифференциаль-



Николай Николаевич Лузин (1883—1950).

ных уравнений. Впрочем, интерес к личности Чаплыгина мог возникнуть у следователей и потому, что до революции тот бы активным членом московской организации кадетской партии, а позже участвовал в похоронах юнкеров, погибших в Москве во время Октябрьской революции.

30 июня 1933 г. обвинительное заключение было утверждено, однако материалы о Лузине и Чаплыгине были выделены особо с пометкой: «Окраска: контрреволюционная интеллигенция». К суду их не привлекали, и не известно, допрашивали ли их по этому делу. Более того, за работы по аэродинамике Чаплыгин был удостоен ордена.

Для Флоренского процесс кончился трагически: он получил «плюс десять», т. е. 10 лет исправительно-трудовых лагерей. Первоначально он оказался в Бамлаге, а через год был переведен в Соловки, где в разгар ежовщины 8 декабря 1937 г. его расстреляли.

Лузину еще предстояло испытать чашу страданий. В середине 30-х годов он стал жертвой ожесточенной кампании: в «Правде» появились статьи «О врагах в советской математике» и «Традиции работорговли», в которых ему предъявлялись тяжелые обвинения. Говорилось о том, что он печатает в советских

журналах лишь второстепенные статьи, а лучшие отсылает на Запад, что он клеветает на советскую науку, недобросовестен в отзывах на научные работы и т. д. Формулировки обвинений были весьма грозными, причем организаторы травли искусно играли на противоречиях и спорах о приоритете между Лузиным и некоторыми из его учеников. Есть серьезные основания полагать, что одним из организаторов травли был все тот же Кольман.

Над Лузиным нависла реальная угроза исключения из Академии наук — тон принятых на некоторых собраниях резолюций очень напоминал тот, что звучал на позорных собраниях по делам Пастернака, Ахматовой, Зощенко и других. Но Лузина поддерживали представители дореволюционной интеллигенции — А. Н. Крылов, С. Н. Бернштейн; письмо в правительство в защиту ученого написал П. Л. Капица, поддержал его и Чаплыгин. Дело кончилось снятием Лузина со всех академических постов и переводом в Отделение технических наук, где решающим было слово А. Н. Крылова. С сожалением надо сказать, что поведение ряда учеников Лузина и других математиков более молодого поколения в значительной степени отражало дух этой трагической эпохи. Некорректно вел себя и О. Ю. Шмидт.

РЕПРЕССИИ 30-Х И 40-Х ГОДОВ

Весьма интересной темой исследования по истории науки был бы анализ связи дела Лузина с общей обстановкой, воцарившейся в науке в 30-е годы. Ведь одновременно из Академии были исключены выдающиеся химики В. Н. Ипатьев и А. Е. Чижибин, физик Г. А. Гамов, работавшие тогда за границей, началась позорная травля знаменитого кардиолога Д. Д. Плетнева, закончившаяся тем, что он был осужден по процессу Н. И. Бухарина, А. И. Рыкова и других; разворачивалась кампания против историка Е. В. Тарле, был лишен советского гражданства Н. В. Тимофеев-Ресовский, подвергся травле, а позднее аресту (в 1940 г.) один из крупнейших наших генетиков Н. И. Вавилов. Создается впечатление, что именно в эти годы Сталин решил нанести окончательный удар по интеллигенции.

Был арестован и погиб специалист по применению математических методов в электротехнике, один из организаторов Московского энергетического института Я. Н. Шпильрейн. Из-за излишней откровенности с близким человеком был осужден на 10 лет лагерей видный московский тополог В. А. Ефремович, недавно скончавшийся в



Лев Генрихович Шнирельман (1905—1938).

возрасте 86 лет. Чрезвычайно тяжелой потерей, которую понесла отечественная математика в те годы, было самоубийство в сентябре 1938 г. одного из талантливейших ученых 33-летнего Л. Г. Шнирельмана. Утверждают, что он принял решение открыть газ на кухне после того, как был вызван на Лубянку и получил предложение «освещать» одного из видных партийных деятелей, в дом которого был вхож. Друг Шнирельмана Л. А. Люстерник сказал мне однажды, что видел предсмертную записку Льва Генриховича (и, насколько я помню, хранил ее). Было бы весьма интересно найти ее.

Был арестован и погиб в заключении специалист в области комбинаторики С. Е. Аршон, работавший в Математическом институте АН СССР. Созданные им методы позволяли решать весьма сложные комбинаторные задачи. Лишь спустя несколько десятилетий после его гибели аналогичные методы были переоткрыты на Западе. При аресте погибла подготовленная им книга, содержащая изложение этих методов, и теперь мы можем судить о них лишь по немногим опубликованным кратким сообщениям. Родственники Аршона, с которыми я беседовал, полагают, что причиной ареста послужила его

переписка с отцом, оказавшимся после гражданской войны за рубежом, причем письма зачастую были криптограммами (оба любили головоломки).

И все же, как ни значительны были потери московской математической школы, самые страшные события разыгрались в Ленинграде. Волна репрессий, поднявшаяся после убийства в декабре 1934 г. С. М. Кирова, не могла не задеть ленинградских ученых. У меня, к сожалению, нет документальных данных о довоенном периоде. Но на печальные размышления наводит тот факт, что после 1935 г. обрывается список научных работ Л. П. Радзишевского, причем в справочнике, где перечислены его статьи, отсутствуют какие-либо биографические сведения о нем самом, а в четырехтомной «Истории отечественной математики» он совсем не упомянут.

Но то были лишь предвестники грозы. Гроза же разыгралась во время ленинградской блокады. На умиравших от голода и холода людей надвинулась неслыханная до толе волна репрессий. 13 января 1942 г. были приговорены к расстрелу член-корреспондент АН СССР В. С. Игнатовский и его жена; доцент матмеха ЛГУ Н. А. Артемьев; профессор того же факультета К. И. Страхович; помощник директора Ленинградского оптического института по научно-исследовательской работе С. М. Чанышев и инженер того же института К. А. Лобов. Ввиду абсурдности некоторых обвинений, предъявленных Страховичу, Военная коллегия Верховного суда СССР заменила ему расстрел 10 годами лишения свободы с поражением в правах на 5 лет. По тому же делу был расстрелян и ленинградский математик В. И. Милинский. Всем обвиняемым инкриминировалась шпионско-вредительская деятельность, причем распускались слухи, что они то ли намеревались создать в Ленинграде правительство в случае падения города, то ли объявить Ленинград открытым городом. (28 мая 1955 г. все подсудимые были посмертно реабилитированы определением Военной коллегии ВС СССР, необоснованные судебные решения отменены, а дело прекращено.)

ПОДПОРУЧИК КИЖЕ ОТ МАТЕМАТИКИ

После процесса Игнатовского в Ленинграде состоялись другие, аналогичные процессы; ученых обвиняли в том, что они являются членами некоего «Союза старой русской интеллигенции». Судя по всему, «Союз» был выдуман в тех же кабинетах

на Лубянке. Об одном из этих дел мы расскажем подробнее.

В романе А. И. Солженицына «В круге первом» выведен профессор математики Владимир Эрстович Челнов. Как отмечает в предисловии к роману автор, все действующие лица имеют реальные прообразы⁴. О прообразе Челнова я узнал так. Занимаясь теорией специальных функций, я заинтересовался опубликованной в 1949 г. издательством АН СССР книгой Н. С. Сергеева «Исследование одного класса трансцендентных функций, определяемых обобщенным уравнением Римана». Когда же я захотел познакомиться с другими публикациями того же автора, то выяснил, что их не существует — ни до этой книги, ни после нее Сергеев не опубликовал ни одной строчки по математике. В справочнике «Математика в СССР за сорок лет, 1917—1957» приведены лишь выходные данные книги, а о биографии автора ни полслова. Сергеев оказался каким-то математическим подпоручиком КИЖе.

Тем не менее я продолжал поиски, и вот как-то на очередные расспросы получил совершенно неожиданный ответ, что Н. С. Сергеев — это псевдоним члена-корреспондента АН СССР Николая Сергеевича Кошлякова, осужденного в 1942 г. на 10 лет. В дальнейшем мне удалось выяснить, что Николай Сергеевич получил по приговору право переписки. Воспользовавшись этим, его сын Владимир (в то время студент-первокурсник, а сейчас член-корреспондент АН УССР, специалист в области гироскопии) взял несколько оттисков работы отца и послал их ему вместе с галошами и ватником. Оттиски были настолько удачно подобраны, что Кошляков смог вернуться к прерванным исследованиям (по состоянию здоровья он был освобожден от работ на лесоповале). Разумеется, у него не было ни бумаги, ни грифельной доски, так что все черновые вычисления приходилось делать гвоздем на листе фанеры, «стирая» потом выцарапанные знаки куском стекла.

Каким-то чудом случилось так, что лагерное начальство позволило Кошлякову оформить работу в виде рукописи, которая была переслана в ГУЛАГ, а оттуда с запросом о ее значимости поступила в Математический институт АН СССР им. В. А. Стеклова (МИАН), разумеется, с оторванным титульным листом — для пущей секретности. Руководители МИАНа (директор И. М. Виноградов и его заместитель М. В. Келдыш),

⁴ В романе рассказана и история Мордухая-Болтовского, лекции которого Солженицын слушал, обучаясь в Ростовском университете (фамилия ученого изменена).



Николай Сергеевич Кошляков (1891—1958).

ознакомившись с содержанием работы, догадались, кто ее автор, и направили рукопись С. Н. Бернштейну. Работа произвела на них столь сильное впечатление, что кроме положительного отзыва на запрос НКВД было решено опубликовать ее в виде статьи. Разрешение на это было получено, и рукопись передали на редактирование видному представителю ленинградской математической школы Ю. В. Линнику. Сделать это было совершенно необходимо, так как не надо забывать, в каких экстремальных условиях писалась работа. Для спокойствия решили все же не печатать на обложке фамилию автора, а заменили ее довольно прозрачным псевдонимом. Те, кому довелось жить и работать в те годы, думаю, оценят смелость и самопожертвование, проявленное учеными, чтобы помочь коллеге⁵.

После прихода отзыва из МИАНа отношение к Николаю Сергеевичу в лагере улуч-

⁵ В заключении Кошляков написал еще две математические работы; одна из них была опубликована уже после его освобождения, другая, которую он считал самой лучшей, была взята ведущим его дело следователем якобы для передачи семье, однако до сих пор не известно, куда тот ее дел. Когда в 1955 г. Николай Сергеевич был вызван на очную ставку с попавшим за свои преступления в тюрьму следователем, он спросил его о судьбе рукописи, но удовлетворительного ответа не получил. К сожалению, сам Кошляков не смог восстановить тонких рассуждений, содержащихся в работе.

шилось, и вскоре он был направлен в подмосковную «шарашку», где, видимо, и познакомился с Солженицыным. После того, как он сделал там работу, имевшую оборонное значение, его выпустили на волю на полгода раньше срока. Впоследствии Кошляков был даже удостоен Сталинской премии.

Во время всех злоключений, постигших Кошлякова, большую помощь его нуждающейся семье оказывал В. И. Смирнов. Процесс, по которому был осужден Кошляков, также относился к числу дел, связанных с «Союзом старой русской интеллигенции». По нему были осуждены Б. И. Извеков, работавший профессором высшей математики в ЛГУ и ЛЭТИ — Ленинградском электротехническом институте (в справочниках не упомянута ни одна из его работ!), и умерший во время этапирования профессор-гидродинамик Н. В. Розе, один из авторов книги «Теоретическая гидродинамика», написанной им совместно с Н. Е. Кочинным и И. А. Кибелем (Розе скончался в тюрьме — по одной из версий, в результате рожистого воспаления, вызванного избиениями при допросах), профессора ЛЭТИ В. А. Тимофеев и Г. Т. Третьяк, ряд доцентов.

Среди осужденных был и А. М. Журавский, незадолго до войны работавший в Отделе прикладной математики АН СССР и преподававший в ленинградском Горном институте. В конце 50-х годов мне довелось несколько раз беседовать с ним. Хотя о причине ареста и годах заключения он предпочитал умалчивать, было весьма интересно слушать рассказы о том, как после освобождения ему удалось устроиться лишь на должность лаборанта Сыктывкарского пединститута, где, несмотря на столь скромное служебное положение, он читал все математические курсы. Это продолжалось до той поры, пока ему не были возвращены все ученые степени и звания и дана возможность вернуться в родной город.

Была среди арестованных и женщина — Н. И. Постоева, ученица В. И. Смирнова, незадолго до этого защитившая кандидатскую диссертацию и преподававшая математику в ЛЭТИ. По вымыслу НКВД, ей предстояло стать министром просвещения в правительстве будущего Свободного Российского государства. Только что похоронив умершую от голода мать, сама дистрофик, она оказалась в печально знаменитых «Крестах». Только чудо, а затем человеческие солидарность и доброта помогли ей пережить все ужасы тюрем, лагерей, ссылок и вернуться в 1955 г. в Ленинград, где она нашла приют в семье В. И. Смирнова, помогавшего ей в течение всех ее «странствий».



Михаил Федорович Кравчук [1892—1942].

ДАЛЕКО ОТ МОСКВЫ

Значительные потери понесла советская математика в ходе борьбы с «буржуазным национализмом» в союзных республиках. Один из крупнейших украинских математиков, действительный член АН УССР М. Ф. Кравчук подвергся преследованиям за то, что в одной из статей похвалил работы своего сотрудника по Институту математики АН УССР Можара, к моменту опубликования статьи объявленного «врагом народа». Кроме того, Кравчука обвиняли в попытках установить научные связи с западноукраинскими математиками В. О. Левицким и Н. А. Чайковским (в то время Западная Украина входила в состав Польши). В вину ему ставились и переговоры с Чайковским, приведшие к переезду последнего из Львова в Одессу, где он был впоследствии репрессирован. После войны Чайковский был реабилитирован и вернулся во Львов (звание профессора он получил в возрасте 74 лет). Судьба же самого Кравчука оказалась более трагичной — он был осужден на 10 лет лагерей и умер в одном из них. Сейчас открытый им вид ортогональных многочленов дискретного переменного называют его именем; они

широко используются в теории вероятностей и математической статистике, теории представлений групп и иных областях теоретической и прикладной математики.

По дошедшим до меня сведениям, в те же годы были арестованы одесские ученые — 75-летний историк математики И. Ю. Тимченко (выпущен перед смертью после годичного заключения) и Д. А. Крыжановский, единственной виной которого была переписка с немецким математиком, с которым он когда-то учился в одном из германских университетов. Было бы весьма интересно выяснить, подвергался ли репрессиям харьковский профессор М. Н. Марчевский — в списке его научных работ есть лакуна с 1937 по 1956 г. В Белоруссии был арестован и осужден математик В. К. Дыдырко.

Видимо, в те же годы погиб и Г. Г. Максудов, окончивший в 1919 г. Константинопольский университет и работавший потом в Казанском и Самаркандском университетах. Его последняя опубликованная научная работа относится к 1934 г., а именно тогда в Среднеазиатских республиках шла кампания по борьбе с «буржуазным национализмом», изымались книги, написанные по-арабски, а их владельцы подвергались репрессиям.

Много жертв было и среди ученых, которые переселились в СССР, спасаясь от нацистских преследований. В Минске был арестован и расстрелян видный специалист по дифференциальной геометрии, действительный член АН БССР Ц. Л. Бурстин, переехавший туда из Австрии. В Томске погиб эмигрант из Германии Ф. Нетер, брат знаменитой алгебраистки Эмми Нетер.

Советская математика несла потери не только от непосредственных репрессий. Многие были в 20-е и 30-е годы лишены работы из-за социального происхождения. Например, рассказывают, как во время чистки в Саратовском университете в 1930 г. на вопрос о социальном происхождении профессора В. В. Голубев ответил: «Мое социальное происхождение такое же, как у Николая Гавриловича Чернышевского. Только его отец был саратовский протопоп, а мой — просто поп». За столь «дерзкий» ответ ученый был уволен из университета; к счастью, ему удалось устроиться в Москве сначала научным сотрудником в ЦАГИ и профессором в МГУ, а потом перейти в Военно-воздушную академию им. Н. Е. Жуковского, где ему было присвоено звание генерал-майора инженерно-технических войск. В дальнейшем он был избран членом-корреспондентом АН СССР.

Большой урон понесла советская математика и во время Великой Отечественной войны.

(Окончание в следующем номере)

Космические исследования

Запуски космических аппаратов в СССР: январь — февраль 1991 г.

В этот период в Советском Союзе было запущено 19 спутников, в том числе 15 — серии «Космос».

Автоматический корабль «Прогресс М-6» доставил на «Мир» грузы, необходимые для нормального функционирования комплекса.

«Информатор-1» оборудован аппаратурой, обеспечивающей оперативную связь, сбор и передачи информации в интересах Министерства геологии СССР и других отраслей народного хозяйства, а также развития радиолобительской связи.

Очередной спутник связи «Молния-1» предназначен для эксплуатации системы дальней телефонно-телеграфной радиосвязи и передачи программ ЦТ на пункты сети «Орбита»; «Радуга», выведенная на близкую к стационарной орбиту, также имеет аппаратуру для телефонно-телеграфной радиосвязи и передачи телевизионных программ.

Все запуски осуществлены ракетами «Космос», «Союз», «Молния», «Протон».

Продолжаются научные исследования на обсерватории «Гамма». С помощью телескопов «Гамма-1» и «Пульсар X-1» получена информация о рентгеновских и гамма-источниках в созвездиях Лебеда, Геркула, Тельца, Парусов и в центре Галактики. Так, установлено, что гамма-пульсар (остаток сверхновой в созвездии Парусов) — один из самых активных и переменных среди известных источников гамма-излучения.

7 февраля в 6 час. 47 мин. московского времени орбитальный комплекс «Салют-7» — «Космос-1686» вошел в плот-

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		перигей, км	апогей, км	наклонение, град	период обращения, мин
«Прогресс М-6»	14.1	192	224	51,6	88,4
«Космос-2121»	17.1	177	275	82,6	88,7
«Космос-2122»	18.1	413	432	65	92,8
«Информатор-1»	29.1	1000	1000	83	104,8
«Космос-2123»	5.11	981	1019	82,9	104,9
«Космос-2124»	7.11	194	337	62,9	89,6
«Космос-2125—2132»*	12.11	1452	1495	74	115,1
«Космос-2133»	14.11	35 941	35 941	2,3	1444
(серия «Прогноз»)					
«Космос-2134»	15.11	201	331	64,8	89,5
«Молния-1»	15.11	471	39 113	62,8	702
«Космос-2135»	26.11	944	1044	82,8	104,6
«Радуга»	28.11	34 994	34 994	1,4	1396

* Восемь спутников запущены одной ракетой-носителем «Космос».

ные слои атмосферы над Южной Америкой и прекратил свое существование. Свой последний радиосигнал он подал на высоте 88 км, в точке с координатами 34,9° ю. ш. и 63,8° з. д. По сообщениям зарубежных информационных агентств, «Салют-7» упал в Андах, близ границы Чили и Аргентины; при полете в атмосфере станция почти не разрушилась, скорость удара о Землю достигла 27 тыс. км/ч. Напомним, что «Салют-7» был запущен 19 апреля 1982 г.; на его борту работало 10 экипажей, в том числе два международных.

корабль «Прогресс М-6», доставивший все необходимое для нормального функционирования комплекса. 23 января космонавты вторично вышли в открытое космическое пространство; они установили на внешней поверхности комплекса и испытали специальное устройство для монтажных работ. Это раздвижная телескопическая система с механизмами поворота во взаимно перпендикулярных плоскостях, она позволяет размещать в космосе конструкции больших размеров и масс. Космонавты раздвинули телескопическую стрелу на 14 м и сориентировали ее в направлении модуля «Квант-2». Кроме того, с приборного отсека модуля дооснащения была снята аппаратура «Феррит» с образцами ферромагнитных материалов, на место которой установлен спектрометр «Спрут-5» для измерения потоков элементарных частиц.

Время пребывания в открытом космосе составило 5 ч 33 мин.

Третий выход в открытый

Космические исследования

Работа на станции «Мир»

В январе—феврале космонавты В. М. Афанасьев и М. Х. Манаров продолжили исследования на орбитальном комплексе.

16 января с «Миром» состыковался автоматический

космос состоялся 26 января. В этот период экипаж установил опоры для солнечных батарей. Время пребывания в открытом космосе составило 6 ч 20 мин.

Продолжались исследования по космическому материаловедению. Завершены очередные технологические процессы на установке «Галлар»: в условиях микрогравитации получен монокристалл арсенида галлия с улучшенными структурными и электрофизическими характеристиками.

С помощью аппаратуры «Оптизон» получены монокристаллы кремния методом бестигельной зонной плавки — сфокусированным потоком лучистой энергии.

Особенности теплообмена в модельных жидкостях в невесомости изучались на аппаратуре «Пион»; определялось влияние динамических возмущений на эти процессы при различных значениях виброускорений.

Проводились также эксперименты по измерению спектральных характеристик космического излучения и оценке состояния образцов конструкционных материалов после длительного пребывания в открытом космосе.

Космонавты систематически вели наблюдения и видеосъемки земной поверхности для оценки экологического состояния отдельных регионов страны.

С. А. Никитин
Москва

Астрономия

Станет ли астероид спутником Юпитера

25 октября 1990 г. К. Шумейкер и Д. Леви (С. Shoemaker, D. Levy) с помощью 46-сантиметрового телескопа Паломарской обсерватории (штат Калифорния, США) между созвездиями Рыб и Овен обнаружили астероид, получивший название 1990 UL₃. Он принадлежит к редкому классу небесных тел, пересекающих орбиту Юпитера, в то время как большинство находится в главном поясе астероидов между орбитами Марса и Юпитера.

Проанализировав эфемериды 1990 UL₃ и рассчитав его дальнейшую траекторию, Г. Уильямс (G. Williams; Гарвард-Смитсоновский астрофизический центр, Кембридж, штат Массачусетс, США) определил, что у этого небесного тела диаметром несколько километров орбита сильно вытянута. За время оборота вокруг Солнца (9,3 земного года) астероид то подходит к светилу на 1,8 а. е., то удаляется от него на 7 а. е. (Для сравнения: Марс находится в 1,5 а. е. от Солнца, Юпитер — в 5,2 а. е., Сатурн — в 9,5 а. е.) Тем самым при максимальном сближении с Солнцем 1990 UL₃ оказывается между орбитами Марса и Юпитера, а при максимальном удалении — между орбитами Юпитера и Сатурна.

Сейчас известны более 100 астероидов, орбиты которых лежат внутри орбиты Юпитера (Троянцы), тех же, что выходят за ее пределы, единицы.

Особо интересны астероиды, пересекающие орбиту Юпитера, поскольку они могут столкнуться с планетой или ее многочисленными спутниками. По мнению специалистов, кратеры на «лунах» Юпитера объясняются как раз такими столкновениями.

Кроме того, притяжение Юпитера настолько велико, что планета может захватить астероид и превратить его в дополнительный спутник. В таком происхождении «подозревают» четыре внешних спутника Юпитера, обращающихся в направлении, обратном тому, в котором движется большинство тел Солнечной системы. Вполне реально, что такая участь когда-нибудь постигнет и 1990 UL₃.

New Scientist. 1991. V. 129. N 1751. P. 34 (Великобритания).

Астрономия

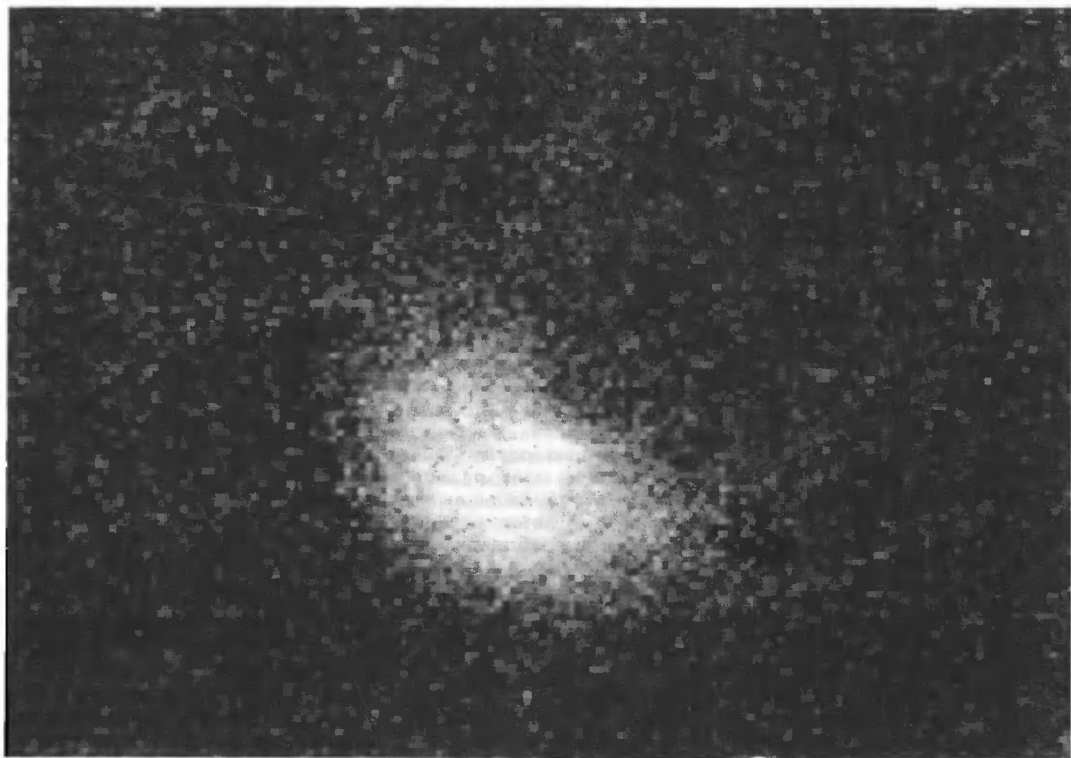
Гигантская «вспышка» на комете Галлея

О. Хейнаут и А. Смет (О. Hainaut, A. Smette; Южная европейская обсерватория, Чили), закончивая 12 февраля с помощью 1,54-метрового дат-

ского телескопа обзор небольшого участка неба в созвездии Гидры (в соответствии с программой наблюдений знаменитой кометы Галлея), с удивлением обнаружили вместо слабого пятнышка света, которое регистрировали многие телескопы в 1990 г., протяженную «туманность», чья яркость возросла более чем в 300 раз. Чтобы исключить ошибку (в поле зрения телескопа могла попасть какая-то туманность в Млечном Пути или другая комета, наблюдаемая в том же направлении, что и комета Галлея), была проведена повторная регистрация с более короткой выдержкой. Она показала, что «туманность» движется в том же направлении и с той же скоростью, что и комета Галлея. Сомнения рассеялись — действительно зарегистрирована знаменитая комета, на которой происходит интенсивное испарение вещества.

Сообщение вызвало переполох среди кометологов, поскольку до сих пор еще ни у одной кометы, находящейся на таком удалении от Солнца, не наблюдалось столь бурного испарения вещества с поверхности ядра. Детальные наблюдения ядра кометы Галлея в 1986 г. в рамках нескольких международных проектов («Вега», «Джотто» и др.) показали, что оно в основном состоит из смеси водяного льда и частиц пыли различного размера. Некоторые частицы имеют минеральный состав, а многие содержат органические вещества. Поразительно темная окраска поверхности ядра (отражает лишь 4 % падающего света), судя по всему, объясняется тем, что ядро покрыто тонкой органической пылевой коркой.

Когда комета проходит вблизи Солнца, темная поверхность ядра усиленно поглощает солнечное излучение и ее температура резко повышается. Лед на поверхности и под коркой сублимирует, вокруг ядра образуется облако газа, а в окружающее пространство начинают вырываться частицы пыли. Вскоре плотное облако (кома) полностью скрывает ядро. Почти одновременно формируется один или несколько «хвостов», в которых молекулы газа выталкиваются наружу быстрыми час-



Грандиозная вспышка на поверхности ядра кометы Галлея в 2140 млн. км от Солнца и 2002 млн. км от Земли. Синтез 8 изображений с общей экспозицией около 7 ч. Ядро (яркое пятно в центре) полностью скрыто комой, размер центральной части которой превышает 30".

тицами солнечного ветра, а частицы пыли остаются позади при движении кометы по орбите. Вблизи Солнца яркость кометы может периодически меняться в результате внезапного взрывного «извержения» высокоскоростных струй газа и пыли. Но по мере удаления от Солнца активность кометы постепенно снижается и температура поверхности падает. Через некоторое время все замерзает, прекращается выделение газа и пыли, а вещество комы быстро рассеивается в пространстве, обнажая «голое» ядро.

Именно так до последнего времени и вела себя комета Галлея: уже в 1988 г. вокруг ее ядра наблюдалось только слабое облако, которое еще было различимо в 1989 г., но в 1990 г. было видно только

ядро. После этого комету объявили «уснувшей», и лишь немногие астрономы надеялись увидеть что-то кроме слабого пятнышка света до ее возвращения в 2061 г.

Однако действительность превзошла все ожидания. Предварительный анализ структуры облака вокруг ядра свидетельствует о том, что «вспышка» должна продолжаться еще некоторое время. Поскольку нет заметного различия между изображениями, полученными за пять дней наблюдений, облако, похоже, непрерывно «подпитывается» новым веществом с поверхности ядра.

Напомним, что в момент наблюдений комета находилась примерно посредине между Сатурном и Ураном. На столь большом удалении от Солнца температура ее поверхности примерно равна -200°C , т. е. там так холодно, что снег, лед и пыль должны быть заморожены до твердого состояния. Как в подобных условиях может происходить столь громадное испарение вещества, объяснить сложно.

Возможны три механизма: столкновение с другим неизвестным малым телом; высвобождение большого количества энергии, каким-то образом запасенной внутри ядра; взаимодействие с частицами высоких энергий из солнечного ветра. О заселении малыми телами внешних областей Солнечной системы известно крайне мало. Возможно, их больше, чем предполагается сейчас, но вероятность столкновения с ядром сравнительно малых размеров пренебрежимо мала. И совершенно не ясно, как подобное катастрофическое событие способно вызвать явно устойчивое и продолжительное извержение вещества. Мало определенности и в наших знаниях о химических и физических свойствах смеси льда и пыли, но ни одна из теорий не в состоянии объяснить, как столь большое количество тепла или механической энергии может быть вначале запасено во время пролета вблизи Солнца, и лишь значительно позже выделено в окружающее пространство. И наконец, даже если предположить, что Солнце

находится сейчас в максимуме активности, испуская огромное количество частиц высоких энергий, весьма сомнительно, чтобы они так нагрели поверхность, что наблюдается столь грандиозное испарение вещества.

Пока же ясно, что специалисты должны пересмотреть существующие модели строения кометных ядер. А комета Галлея еще раз подтвердила, что достойна называться самой знаменитой. Сейчас за ней следят телескопы многих обсерваторий. Как показали фотометрические наблюдения, проведенные в Южной европейской обсерватории, цвета комы кометы и солнечного гало похожи, т. е. облако в основном состоит из частиц пыли, отражающих солнечный свет. Это подтвердил и спектр комы, полученный 22 февраля: в нем нет эмиссионных линий, которые свидетельствовали бы о присутствии в коме газовой составляющей. При этом установлен абсолютный рекорд в кометной астрономии — никогда раньше не удавалось получить спектр комы кометы, находящейся так далеко от Солнца.

ESO Press Release. 1991. 03/91

Планетология

Есть ли у Марса магнитное поле?

Окончательный ответ на этот вопрос будет получен лишь после намеченного на 1992 г. запуска межпланетной станции «Марс обсервер». Однако уже сейчас К. К. Махаджан и Х. Дж. Мэйр (К. К. Mahajan, H. G. Mayr; Центр космических полетов им. Р. Годдарда НАСА, Гринбелт, штат Мэриленд, США) пришли к выводу, что если у Марса и есть магнитное поле, оно пренебрежимо мало.

Известно, что давление солнечного ветра подвержено сильным вариациям, действующим на ионосферу любой планеты, что меняет ее высоту и плотность. Только сильное собственное магнитное поле планеты может противостоять солнечному ветру.

В 1971—1972 гг. «Маринер-9», а в 1976 г. орбитальные отсеки «Викингов» облетели Марс, и хотя в его ионосферу они не входили, радиосигналы, направленные ими на Землю, должны были пронизывать ее многократно. В ионосфере ультрафиолетовое излучение Солнца ионизует нейтральные атомы, причем тем сильнее, чем интенсивнее излучение. «Викинги» подходили к Марсу, когда Солнце было вблизи минимума 11-летнего цикла активности, поэтому перепады в ультрафиолетовом излучении были относительно малы; «Маринер-9», наоборот, сблизился с планетой в момент солнечного максимума.

Проанализировав данные о прохождении этих радиосигналов, авторы пришли к выводу, что солнечный ветер распространялся почти «свободно», не испытывая влияния со стороны магнитного поля Марса. Следовательно, Марс либо совсем не имеет магнитного поля, либо интенсивность его крайне мала.

Science News. 1990. V. 138. N 2. P. 31 (США).

Планетология

Природа полос на Тритоне

По данным «Вояджера-2», температура поверхности Тритона, крупнейшего спутника Нептуна, около -233°C ; а его разреженная атмосфера состоит главным образом из азота. Темные полосы на поверхности спутника породили различные предположения, согласно одному из которых это первичные углеводороды, сформировавшиеся 5 млрд. лет назад при образовании Солнечной системы и сходные с веществом ядер комет.

Но поскольку температура на поверхности спутника подвержена резким сезонным перепадам за «тритонийский год», равный 165 земным, новый слой снега и льда должен был бы перекрывать «древние» полосы.

По другой гипотезе, полосы связаны с гейзерами на поверхности Тритона, которых

обнаружено уже четыре. Но как они действуют при столь низких температурах, неясно.

Как считает планетолог Л. Содерблом (L. Soderblom; Геологическое управление США, Флагстафф, штат Аризона), поверхность Тритона покрыта слоем азотного льда толщиной около 1 м, под которым скапливаются темноокрашенные органические полимеры, периодически нагревающиеся под воздействием солнечных лучей. При потеплении на 4°C под покровом льда давление возросло бы в 10 раз и произошел бы взрывообразный выброс на высоту в несколько километров. Разработана модель гейзера диаметром 20 м, выбрасывающего газы и пылевые частицы с интенсивностью до 5 кг/с. Наблюдаемые темные полосы он способен породить за земной год, испарив около $0,1 \text{ км}^3$ азотного льда.

По мнению Р. Керка (R. Kirk; Геологическое управление США), выбрасываемые газы могут поступать в «слабую» точку ледяного покрова с площади радиусом около 1 км через трещины в нижележащих породах. Это весьма внушительная активность для небесного тела, на поверхности которого плотность энергии солнечного излучения составляет всего около 1 Вт/м^2 .

Э. Ингерсолл и К. Трайка (A. Ingersoll, K. Tryka; Калифорнийский технологический институт, Пасадена, США) составляют выбросы на Тритоне со смерчами, или атмосферными воронками, наблюдаемыми в пустынях, в присутствии неустойчивого воздушного слоя, возникающего из-за большой разницы в температурах подстилающей поверхности и прилегающего слоя воздуха. (Подобные смерчи характерны и для Марса.)

На Тритоне вблизи точек, обращенных к Солнцу, образуются области «размораживания», в которых и могут возникать смерчи, так как температура здесь намного превышает температуру окружающего снега и льда. Скорость движения подобных смерчей могла бы достигать 20 м/с.

Science. 1990. V. 250. N 4979. P. 410—437 (США).

Химия атмосферы

Умеренный рост концентрации «парниковых» газов

В Лаборатории климатического мониторинга и прогноза Национального управления по исследованию океана и атмосферы (Боулдер, штат Колорадо, США) оценили изменение за 1987—1990 гг. концентрацию в атмосфере газов, от которых в наибольшей степени зависит «парниковый эффект». К ним относятся двуокись углерода, метан, закись азота и два хлоруглеводорода — ClF^{11}C и ClF^{12}C .

Установлено, что содержание углекислого газа возрастало в среднем на 0,5 % в год, причем скорость роста значительно менялась на протяжении четырехлетнего периода (в конце 1987 г. после развития процесса Эль-Ниньо в Тихом океане она достигала почти 1 %).

Концентрация метана ежегодно увеличивалась приблизительно на 0,8 %. Однако есть основания считать, что за исследуемый период эта скорость несколько снизилась.

Содержание закиси азота росло со скоростью около 0,25 % в год, хлоруглеводородов — 4 % (что особенно тревожно из-за их воздействия на озоновый слой).

Bulletin of the American Meteorological Society. 1990. V. 71. P. 1477—1478 (США).

Химия атмосферы

Озонной дыре положен предел

Наблюдения с борта американского космического аппарата «NIMBUS-7» с помощью прибора «TOMS» (Total Ozone Mapping Spectrometer — спектрометр для картирования общего содержания озона) показали, что в 1989 г. истощение озона над Антарктидой сравнялось с рекордным, зарегистрированным в 1987 г.

К середине сентября 1989 г. южнополярная озоновая дыра занимала площадь в 19 млн. км², т. е. 7,5 % всего Южного полушария. 7 октября был отмечен минимум концентрации озона — 111 единиц Добсона (при норме 300 ед. Д.).

Подходит к концу срок службы прибора «TOMS», проработавшего в космосе 11 лет. В 1990 г. он заново откалиброван; теперь его результаты совпадают с показаниями наземных инструментов с точностью 1 %. Следовательно, весь 11-летний объем наблюдений со спутника можно использовать для анализа эволюции озоновой дыры, в частности, выявлен двухлетний цикл развития дыры с максимумом, приходящимся на нечетные годы (так, именно в 1987 и 1989 гг. практически исчез весь озоновый слой на высотах между 10 и 26 км над Антарктидой). Данные 1989 г. показывают, что в последующем масштабы озоновой дыры уже вряд ли будут большими, чем в 1987 и 1989 гг.

Сейчас общепринята теория истощения атмосферного озона из-за химических реакций, происходящих при низких температурах на поверхности ледяных частиц в облаках полярной стратосферы. По мнению Р. Столярского (R. Stolarski; Центр космических полетов им. Р. Годдарда НАСА), размер озоновой дыры в значительной мере зависит от того, где холода достигают соответствующей отметки и существуют такие обычные низкотемпературные системы.

Geophysical Research Letters. 1990. V. 17. P. 1267 (США).

Физика

Вода вновь замерзает при 0 °C

Привычное представление о том, что вода замерзает при 0 °C, справедливо не для всякой воды. Абсолютно чистая вода, например, замерзает при —40 °C. Достаточно чистая вода, образующая облака над Землей, замерзает при температуре около —10 °C. Чтобы вызвать искусственный дождь, необходимо повысить температуру замерза-

ния в облаках примерно до 0 °C (такова температура облаков). Для этого в облака вводят примеси, создавая центры кристаллизации и конденсации; обычно применяют йодистое серебро, однако оно поднимает температуру замерзания только до —8 °C.

В Научно-исследовательском институте им. Х. Вейцмана (Рехово, Израиль) проводятся эксперименты по изменению температуры замерзания воды с помощью спиртов. Обычно спирты используются как антифризы, чтобы понизить температуру замерзания, но некоторые из них могут и повысить ее.

В экспериментах удалось повысить температуру замерзания абсолютно чистой воды почти до 0 °C. Спирт образует на поверхности капли воды тонкую пленку. Ее рентгеноструктурный анализ показал, что при охлаждении пленка состоит из шестиграников, напоминающих кристаллы льда; они действуют как затравка, стимулируя в капле цепной процесс, ведущий к образованию льда.

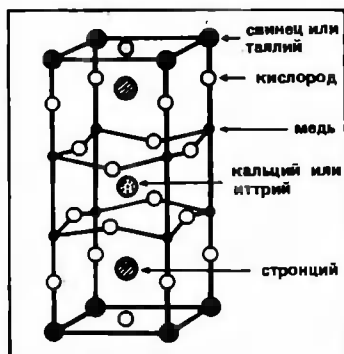
Интересно, что бактерии также могут повышать температуру образования льда. Считают, что мембраны на их поверхности при охлаждении выполняют те же функции, что слой спирта на поверхности капель воды. Именно эти бактерии ответственны за ночные заморозки на почве при достаточно высокой температуре воздуха.

Science. 1990. V. 250. P. 973 (США).

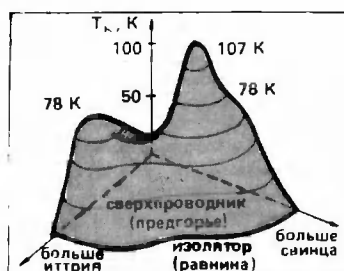
Физика

Новости высокотемпературной сверхпроводимости

За четыре года после вручения Нобелевской премии за первые высокотемпературные сверхпроводники (ВТС) не удалось начать их промышленное использование. Максимальная температура, при которой работают промышленные сверхпроводники, не превышает 10 К. Ведутся интенсивные поиски материалов для ВТС, которые должны иметь определенные



Кристаллическая структура сверхпроводника.



Карта критических температур T_K .

химический состав, кристаллическую структуру и надежно воспроизводиться.

В японской фирме "Хитачи" открыт новый тип таких материалов на основе оксидов ванадия с критической температурой $T_K=130$ К. Эти материалы более перспективны для промышленного применения, чем, например, сверхпроводники на основе оксидов меди, так как химически стабильнее.

В Международном технологическом центре по сверхпроводимости (Токио) создана тонкая (3,5 нм) сверхпроводящая висмутовая пленка с $T_K=80$ К; из нее предполагают изготавливать сверхпроводящие элементы для микроэлектроники.

В Политехническом исследовательском центре по сверхпроводимости получен сверхпроводник, T_K которого можно менять. Исходным было вещество $\text{CaSr}_2(\text{TiCu}_2)\text{O}_7$. Его кристаллическая структура образована слоями ионов таллия (Tl^{3+}) и меди (Cu^{2+}), между которыми расположены ионы кальция

(Ca^{2+}) и стронция (Sr^{2+}), а также атомы кислорода. Чтобы превратить этот оксид в высокотемпературный сверхпроводник, меняли его состав и наблюдали за изменением T_K , в результате чего построена карта критических температур, полученная при замещении ионов Ca^{2+} ионами Y^{3+} , а ионов Tl^{3+} ионами Pb^{4+} . Пик в 78 К возникает, если примерно половину таллия заменить свинцом; при дополнительном замещении 20 % ионов кальция ионами иттрия, т. е. при составе $(\text{Ca}_{0,8}\text{Y}_{0,2})\text{Sr}_2 \cdot (\text{Ti}_{0,5}\text{Pb}_{0,5}\text{Cu}_2)\text{O}_7$, появляется пик, соответствующий 170 К.

Исследуются и другие металлы, которые, возможно, дадут карту критических температур с более высокими пиками. Предполагается, что с увеличением количества металлов в структуре сверхпроводника до 7—8 T_K значительно повысится и приблизится к комнатной температуре (293 К).

New Scientist. 1990. V. 127. N 1736. P. 30; V. 128. N 1739. P. 23 (Великобритания).

Физика

«Странная материя» в космических лучах

Изучая результаты регистрации космических лучей, полученные еще в 1981 г. с помощью шаров-зондов, запущенных на полигоне Санрику (Япония), Т. Саито и Ю. Фукада (T. Saito, Y. Fukada; Токийский университет) совместно с Х. Ода (H. Oda; Университет в Кобе) обнаружили два события, которые могли быть вызваны частицей с зарядом в 14 раз и массой в 370 раз превышающими заряд и массу протона. Среди атомных ядер нет ни одного, имеющего подобные параметры.

Протоны и нейтроны представляют собой различные комбинации u и d кварков (работы, подтверждающие этот факт, в 1990 г. удостоены Нобелевской премии). Третий член этого кваркового семейства — «странный» (s)-кварк имеет намного большую (хотя и точно

неизвестную) массу, чем первые два.

Как утверждал Э. Виттен (E. Witten; Принстонский университет, штат Нью-Джерси, США), должны существовать «сгустки» кварков, содержащие примерно поровну все три вида, причем «сгустки» (иногда их называют также «странный материей») довольно стабильны: они могли возникнуть при Большом взрыве, положившем начало Вселенной, или же ближе к нашему времени, при столкновениях нейтронных звезд, отличающихся огромной плотностью.

Судя по всему, японские физики обнаружили присутствие именно этих «сгустков», иначе неясна причина столь высокого отношения массы к заряду. В то же время оно весьма близко к тому, что предсказывалось теорией для стабильных частиц «странный материи» (заряд около 12, масса около 316).

Частота наблюдения этих частиц в сравнении с иными событиями подобного рода весьма мала — одно событие на 10^5 — 10^9 зарегистрированных превращений.

В Японии сооружается новый детектор для отбора кварковых «сгустков» на фоне обычных космических лучей. Он будет поднят на шарах-зондах.

Physical Review Letters. 1990. V. 65. P. 2094 (США).

Техника

Летательный аппарат получает энергию с Земли

Специалисты японских фирм «Мицубиси» и «Фудзиси», а также университетов Киото и Кобе планируют создать электростанцию на орбите. Она будет использовать энергию Солнца и передавать энергию на Землю. Наиболее трудна именно передача энергии (как правило, в виде микроволнового излучения).

В рамках запланированных экспериментов намечено поднять в воздух необычный летательный аппарат длиной около 1 м, рассчитанный на высоту полета около 20 м. У него не будет

собственных источников энергии, летать он будет за счет электроэнергии, передаваемой с Земли специальными микроволновыми передатчиками мощностью около 90 Вт с излучателями в виде шестиугольных пластин размером 20 см и закрепленными на них антеннами.

В эксперименте будут задействованы несколько передатчиков общей мощностью около 1000 Вт. Их связь с летательным аппаратом и взаимное ориентирование будет осуществлять система обратной связи. На проведение экспериментов Агентство прикладной науки и техники запросило у Министерства финансов 9 млн. йен (36 тыс. фунт. ст.).

New Scientist. 1990. V. 128. N 1744.
P. 29 (Великобритания).

Техника

Новая жизнь старого кабеля

В августе 1990 г. кабель на 138 телефонных каналов, проложенный 26 лет назад по дну Тихого океана, заменен кабелем из оптических волокон на 40 тыс. телефонных каналов.

Часть вышедшего из употребления кабеля передали Институту исследования землетрясений при Токийском университете и Институту объединенных исследований по сейсмологии (США) для передачи данных контроля самого сейсмически опасного в этом регионе участка между о. Гуам и Японией. Вдоль кабеля установят и подсоединят к нему три сейсмометра, а также датчики электромагнитных полей, давления и температуры, составляющих систему «Посейдон», которая будет собирать и передавать информацию, необходимую для заблаговременного предсказания землетрясений.

Предполагается также использовать старый кабель для измерения температур и давления на дне океана, что позволит прогнозировать и изучать глобальные изменения климата на Земле.

New Scientist. 1990. V. 127. N 1737.
P. 30 (Великобритания).

Биотехнология

Марикультура на Фолклендских (Мальвинских) островах

Здесь работает опытная установка для получения жидких сельскохозяйственных удобрений из бурых морских водорослей. При этом извлекаются метан и компостный отстой, пригодный для подкормки плодовых деревьев и кустарников. Брожение идет за счет бактерий, содержащихся в коровьем навозе, поставляемом в больших количествах местными фермами.

Вырабатываемое удобрение — полностью органическое, дешево в производстве и уже выпускается в значительных объемах. Возможно, скоро оно станет предметом экспорта.

В 1985 г. Корпорация по развитию Фолклендских о-вов предложила проект завода по искусственному разведению лососевых рыб, который за прошедшие годы претворен в жизнь: атлантические лососи хорошо прижились в местных условиях; рыбы по размерам крупнее, чем в среднем их «прародители», и растут довольно быстро. Сейчас ведется поиск рынков сбыта товарной продукции.

Polar Record. 1990. V. 26. N 159.
P. 340 (Великобритания).

Биохимия

Магний и атеросклероз

Считается, что высокий уровень содержания в организме холестерина является фактором риска для развития атеросклероза и ишемической болезни сердца. Однако еще 20 лет назад на основе эпидемиологических наблюдений получены свидетельства, что эти заболевания наиболее распространены в тех регионах, где используются мягкой питьевой водой (с низкой концентрацией минеральных солей). При этом содержание магния в сердечной мышце больных было меньше нормы.

Б. Алтура с коллегами (B. T. Altura; Нью-Йоркский университет в Бруклине) провели опыты на кроликах, особенно чувствительных к развитию атеросклероза. Животных разделили на три группы. Первая получала нормальную стандартную диету, а вторая и третья — помимо этого — 1 и 2 % холестерина. В каждой группе треть животных получала с пищей достаточно магния, другая треть — 60 % рекомендованной нормы и последняя треть — лишь 30 % нормы.

Через несколько месяцев у кроликов, получавших с едой холестерин, развились атеросклеротические нарушения в аорте, причем наибольшее количество самых плотных отложений на стенках аорты наблюдалось у животных, которые недополучали с едой магний, а наименьшее — у тех, кто не испытывал недостатка в нем. Обнаружено также, что добавление в пищу холестерина ведет к накоплению в печени и селезенке кроликов макрофагов и других клеток белой крови, бедных магнием. Чем меньше магния в пище животных, тем больше накопление макрофагов. Полученные данные важны для профилактики и лечения атеросклероза и ишемической болезни сердца.

Proceedings of the National Academy of Science. 1990. V. 87. N 5. P. 1840—1844 (США).

Иммунология

Еще одна надежда в борьбе со СПИДом

В листьях ядовитого растения *Phytolacca americana*, называемого также лаконосом, содержится белок, способный защищать растение от действия вирусов растительного происхождения. Известно, что этот белок — противовирусный белок лаконоса (ПБЛ) — также подавляет размножение в клетках человека вирусов простого герпеса, гриппа и полиовируса.

Исследователи из компании «Онкоген» (Сизл, штат Вашингтон, США) обнаружили,

что ПБЛ пригоден и в борьбе с вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ-1), вызывающим СПИД. Оказалось, что этот белок тормозит размножение ВИЧ-1 в культуре клеток лучше других известных средств. Противовирусная активность ПБЛ возрастает в сотни раз, если его присоединить к антителам СД4, направленным против Т-клеток иммунной системы человека — основных мишеней для ВИЧ-1. В этом случае даже ничтожное количество ПБЛ защищает клетки от инфицирования вирусом и останавливает его размножение в уже зараженных клетках.

Nature. 1990. V. 347. N 6288. P. 92—93 (Великобритания).

Иммунология

Уточняется механизм возникновения СПИДа

На VI Международной конференции по СПИДу (Сан-Франциско, 1990 г.) особый интерес вызвали новые данные, позволяющие надеяться на возможность лечения этого заболевания. Как показано ранее, чтобы поразить клетки иммунной системы, вирус иммунодефицита человека (ВИЧ-1) должен связаться с СД4-молекулой белка, расположенной на поверхности клетки и прикрепиться к ней¹. С этим белком непосредственно взаимодействует вирусный белок gp120 из внешней оболочки вируса. Как установили американские исследователи во главе с Л. Хендерсоном (L. Henderson; Туланский медицинский колледж, Новый Орлеан, штат Луизиана), чтобы вирус мог проникнуть в клетку, необходимо участие сегмента CS3 — части другого белка из внешней оболочки ВИЧ. Этот сегмент, похоже, соединяется с клетками, несущими на поверхности СД4, с помощью специфического ре-

цептора. Исследователи получили синтетический пептид (копию CS3), предотвращающий попадание ВИЧ внутрь Т-клеток и их последующее разрушение, видимо, за счет связи с рецептором на клетках. Дальнейшие исследования, как надеются авторы, принесут новые данные, уточняющие этот процесс.

New Scientist. 1990. V. 127. N 1724. P. 26 (Великобритания).

Генетика

Как возникают наследственные болезни

Наследственные заболевания вызываются обычно мутациями в ядерной ДНК, следствием чего являются дефекты белков. Группа американских исследователей из Университета им. Эмори (Атланта, штат Джорджия) впервые показала возможность возникновения таких заболеваний при появлении мутаций в ДНК митохондрий.

Руководитель исследования Д. Валлас (D. Wallace) считает, что митохондриальная ДНК обладает уникальными особенностями наследования и репликации. Поэтому болезни, вызванные мутациями в этой ДНК, будут отличаться от известных генетических болезней, обусловленных мутациями ядерной ДНК. Авторы изучали миклоэпсическую эпилепсию и сопутствующие ей заболевания мышц, которые проявляются в спазмах, патологических изменениях нервных и мышечных тканей, а иногда и в дегенерации клеток почек и печени. Все эти нарушения развиваются тогда, когда способность митохондрий подпитывать энергией клетки падает. При сравнении митохондриальных ДНК, полученных из клеток больных и здоровых доноров, выяснилось, что в ДНК больных есть молекулярный дефект в гене, кодирующем перенос транспортной РНК аминокислоты лизина.

Различные ткани организма для жизнедеятельности требуют неодинаковое количество энергии. Больше всего ее нужно

для работы центральной нервной системы, меньше — для мышечной ткани, еще меньше — для почек и печени. Если мутация в митохондриальной ДНК лишь незначительно уменьшает «выработку» энергии, страдает только центральная нервная система, если же вызывает большой энергетический дефицит, страдают и остальные ткани. По мнению авторов, степень проявления симптомов болезни зависит и от того, получен ли дефект в ДНК от обоих родителей или от одного.

Cell. 1990. V. 61. N 6. P. 931—937 (США).

Медицина

Пересадка клеток — для лечения мышечных дистрофий

П. Лоу (P. Law; Университет штата Теннесси, Мемфис, США) выполнил первую успешную операцию по пересадке мышц здорового донора больному мышечной дистрофией. Многие формы этого заболевания вызываются дефектом или отсутствием в хромосомах генов, ответственных за выработку белков, необходимых для нормальной работы мышц. Ученый предположил, что здоровые мышечные клетки, пересаженные в дистрофичные мышцы, должны вырабатывать недостающие белки, которые передаются в окружающую трансплантат мышечную ткань реципиента, компенсируя таким образом генетический недостаток.

Девятилетнему мальчику, страдающему мышечной дистрофией, в мышцы ноги, управляющие движением большого пальца, были пересажены мышечные клетки, взятые у отца. Для предотвращения отторжения чужеродной ткани больному вводили иммунодепрессивный препарат циклоспорин. Через три месяца маленький фрагмент мышц в месте пересадки взяли для микроскопического анализа, показавшего, что донорские клетки прижились. По данным функционального исследования, сила сокращения мышц,

¹ См., например: Новости в лечении СПИДа // Природа. 1990. № 2. С. 111; В и н о г р а д о в И. В. Лекарства от СПИДа: сегодня и завтра // Природа. 1990. № 5. С. 41.

подвергшейся операции, увеличилась на 20 %. Подобные операции сделаны еще несколькими больным в США и Канаде, однако сообщения о результатах пока не появлялись. Если эти попытки увенчаются успехом, можно считать, что в клиническую практику внедрен новый перспективный метод лечения мышечных дистрофий, который принесет успех даже в тех случаях, когда неизвестна точная генетическая природа конкретной формы заболевания.

Biotechnology News. 1990. V. 10. N 15. P. 2—3 (США).

Биология

Видообразование у лангустов

Колючие лангусты рода *Jasus*, живущие только в Южном полушарии, известны как объект промысла и источник деликатесов, однако интересны не только этим. Они имеют долгоживущую планктонную личинку (Филлосому), весьма причудливую, похожую не на рака, а скорее на прозрачный лист с глазами. Личинка, подхватываемая течениями, может пересекать океаны. Казалось бы, это должно препятствовать изоляции локальных популяций. Однако шельфы материков и островных систем в умеренном поясе Южного полушария населены каждый своим видом колючих лангустов.

Д. Е. Поллок из Института морского рыболовства в Кейптауне (ЮАР), исходя из данных палеоокеанографии, таксономии, биологии личинок и генетики лангустов, реконструировал видообразование в этой группе¹.

Современное видовое разнообразие рода *Jasus* начало складываться 29—20 млн. лет назад с возникновения Антарктического циркумполярного течения. Условия для оседания личинок на дно и жизни на островных и материковых шель-

фах (действие волнения, течений, различия в составе и численности хищников) неодинаковы. Поэтому происходит отбор оседающих личинок и вырабатывается реакция на «свое», родительское место обитания. Личинки могут месяцами странствовать по воле течений, но, оказавшись в соответствующих условиях с определенными физическими и химическими параметрами (а такая возможность имеется, поскольку течения замыкаются в круговороты разного масштаба), опускаются на дно, где переживают лангустоподобную послеличиночную стадию (пуерулус). По мысли Поллока, расхождение популяций, живущих на разных шельфах, могло значительно ускориться при понижении уровня моря во время максимумов оледенения, когда крупномасштабные антициклонические круговороты у юге Атлантики и Тихого океана разделились на отдельные циркуляционные потоки. При этом обмен личинками между разными популяциями ограничивался, хотя, конечно, совсем прекратиться не мог.

Таким образом, эволюция колючих лангустов — яркий пример видообразования без полной географической изоляции.

В. А. Спиридонов,
кандидат биологических наук
Москва

Зоология

Открыты новые феромоны пауков

У пауков, строящих ловчую паутину, давно известны феромоны, способствующие встрече самца и самки. Их три типа: покровные, связанные с паутиной и летучие.

Недавно французские зоологи из Университета в Нанси П. Кремер, Р. Леборн (P. Kremer, R. Leborgne) и их коллеги, обнаружив на окнах университета скопления самок некрупного одиночного паука-кругопряда (*Zygiella x-notata*), который обитает в европейской части СССР, решили проверить, существуют ли у пауков

феромоны, влияющие на размещение особей одного пола.

Были поставлены две серии опытов. Для выявления феромонов, связанных с паутиной, самок помещали в простые деревянные рамки, часть которых была занята пустой паутиной самок того же вида. Оказалось, что самка всегда стремится устроиться поближе к брошенной паутине. Опыты с лабиринтом также показали, что самка выбирает коридор с паутиной своего вида. В другой серии опытов — для выявления летучих феромонов — самку помещали в трубку в центре рамки, по краям которой размещали паутину или пауков. Перемещения самки по трубке свидетельствовали, что она ориентируется на расстоянии, двигаясь к самкам своего вида.

Итак, экспериментально проиллюстрировано существование двух типов феромонов, влияющих на размещение самок одного и того же вида. Интересно, существуют ли аналогичные феромоны у самцов?

Bulletin SFECA. 1990. V. 5. Pt. 2. P. 101—105 (Франция).

Зоология

Как питается тюлень-крабобед

Способ питания тюленя-крабобеда (*Lobodon carcinophagus*), которого считают наиболее многочисленным видом среди ластоногих, обитающих в паковых льдах, до настоящего времени недостаточно изучен. Известно, что основной его рацион составляют эвфаузиновые рачки, входящие в состав криля, и небольшие рыбы.

Годовалый раненый тюлень-крабобед 6 мес. жил в океанариуме музея г. Порт-Элизабет (ЮАР), где его кормили рыбой. В отличие от других ластоногих, которые захватывают и заглатывают добычу, тюлень-крабобед ее засасывает. Опыты показали, что он способен таким образом поглощать как небольших рыб (7—10 см), так и гораздо более крупных (до 50 см). Держа добычу между языком и небом, он вы-

¹ Pollock D. E. // Bull. Marine Sci. 1990. V. 46. N 2. P. 387—405.

талкивает воду в щель между челюстями. Полагают, что при этом пилообразные зубы помогают удерживать частицы пищи. Очевидно, такой способ используется для отсасывания криля из полостей в паковых льдах; недавно в таких полостях были обнаружены скопления зимовавших рачков.

В океанариуме тюлень-крабоед отсасывал со дна различные обломки, что, возможно, и послужило причиной его гибели (после вскрытия в желудке было обнаружено 16 кг песка и всевозможных обломков).

Polar Record. 1990. V. 26. N 158. P. 249 (Великобритания).

Зоология

Они еще живы

Недавно обнаружены в диких условиях два редчайших животных: карликовый волосатый лемур (*Allocebus trichotis*), обитающий на о. Мадагаскар, и либерийский мангуст (*Liberiictis kuhni*). Лемура, известного ученым лишь по пяти сохранившимся музейным экспонатам и считавшегося вымершим, нашел немецкий биолог Б. Майер (B. Meier) во влажном тропическом лесу. Вторичное открытие лемура считается



Либерийский мангуст.

специалистами одним из самых значительных событий в зоологии за последние 10 лет.

Канадскому ученому М. Тейлору (M. Taylor) удалось сделать снимок, который можно считать единственным известным изображением либерийского мангуста. Правда, Международный союз охраны природы собирается предпринять попытку восстановления мангустов в диких условиях.

International Wildlife. 1990. July-August. P. 28 (США).

Зоология

Каннибализм ускоряет рост головастиков

Каннибализм, известный примерно у 1200 видов животных, считается способом получения дополнительной пищи, но его отдаленные последствия остаются предметом научных спекуляций. Нередок каннибализм и у земноводных, однако изучен пока недостаточно.

Американским герпетологом М. Крамп (M. L. Crump; Университет в Гейнсвилле, штат Флорида) проведено интересное исследование каннибализма у головастиков квакши *Hyla pseudohorvathi*, в природе откладывающей икру в мелкие водоемы, где при изменениях погоды сильно колеблется уровень воды и, следовательно, плотность населения головастиков. В норме головастики питаются растениями и детритом, но иногда поедают и представителей своего или других видов. В опытах головастики получали искусственную пищу для рыб, смешанную наполовину с головастиками того же или двух других видов. «Сородичи» значительно ускоряли рост по сравнению с другими вариантами, достоверно не различимыми, и не меняли времени метаморфоза.

Таким образом, каннибалы могут обладать преимуществами (например, более крупными размерами). Но механизм ускорения их роста пока неясен и требует специальных исследований.

Copeia. 1990. N 2. P. 560—564 (США).

Зоология

Самцы жаб откладывают икру

Известно, что самца можно превратить в самку и наоборот, но генетически организм останется прежним. Интересный опыт по изменению пола зеленых жаб *Bufo viridis* провел Х. Уэда (H. Ueda; Университет Хиросимы, Япония). Кастрированным самцам вводился женский половой гормон — эстроген, после чего их спаривали с нормальными самками. Из 25 таких особей только 17 жили более 15 мес. (у семи восстанавливались семенники, а 10 имели хорошо развитые яичники). После инъекции суспензии гипофиза четыре «самца» отложили икру — 473, 62, 5368 и 7316 яиц (такой разброс в числе отложенных икринок может свидетельствовать о разной продуктивности яичников). У семи самцов с восстановившимися семенниками была взята сперма, и оплодотворенные ею 822 икринки успешно развивались: из них вылупились головастики, превратившиеся в жаб. Среди них оказалось 74,9 % самцов. Видимо, самцы зеленой жабы имеют хромосомы XY. Самцы с хромосомным набором YY образуются при спаривании самцов с измененным полом с нормальными и дают жизнеспособное потомство.

Scientific Reports of Laboratory of Amphibian Biology. Hiroshima University. 1990. V. 10. P. 155—164 (Япония).

Этология

Пауки охотятся на пауков

Известно не так много пауков, которые охотятся на своих сородичей. Из обитателей лесной зоны Европы можно назвать семейство пауков-миметид; прыгают в чужие гнезда и нападают на хозяев паутины некоторые пауки-скакуны.

Р. Джексон из Кентерберийского университета в Крайстчерче (Новая Зеландия) провел

опыты с 13 видами скакунчиков, собранных в различных регионах мира — США, Кении, Шри-Ланке, Австралии, Новой Зеландии¹. Этих скакунчиков заставляли охотиться на паука-фольциду (*Pholcus phalangioides*), который распространен по всему свету, строит беспорядочную сеть и часто поселяется в жилище человека. Оказалось, что из 13 видов скакунчиков 4 представителя рода *Portia* проявляют агрессивную мимирию, т. е. способны спокойно передвигаться по сети своей жертвы, издавая успокаивающие хозяина вибрационные сигналы. Однако у фольциды вырабаталась защитная реакция: в случае опасности он, фиксируя ноги на паутине, быстро вращает телом в течение 5—30 с. Такое вращение эффективно защищает от скакунчиков.

В других опытах Джексона изучалась охота самого фолькуса на других пауков и его агрессивная мимирия². Фольциды охотно проникают в чужие сети (особенно при искусственном их соприкосновении). Если хозяин сети атакует — фолькус набрасывается на него паутину, но и сам часто становится жертвой более крупных и сильных пауков.

Видимо, в действительности пауки гораздо чаще, чем нам это известно, охотятся на своих сородичей. В искусственно созданных условиях, например на луговых покосах, перенесенные с травы на почву пауки-бокоходы могут ловить обитающих там пауков-волков. Отлавливая пауков сачком, я часто наблюдал, как бокоходы нападали на них уже в самом сачке. Дальнейшее наблюдение такого поведения в естественных условиях представляет для зоологов большой интерес.

К. Г. Михайлов
Москва

Ботаника

Кошачья лапка и брусника хранят альпийские луга

Известна способность растений тонко реагировать на любые изменения внешней среды, причем растительные сообщества обладают памятью и могут хранить информацию о влиянии на них факторов, ныне уже не действующих, регистрировать динамику колебаний климата, накапливать многолетние слабые изменения, не устанавливающиеся однократным анализом. Чаще всего для оценки состояния среды используют весь состав сообщества и применяют специальные шкалы, разработанные для множества видов. Реже используют отдельные виды-индикаторы, так как считается, что такие оценки менее надежны.

Исследовательница из ФРГ А. Швабе (A. Schwabe) на примере высокогорных лугов Шварцвальда показала, что для контроля выпаса и применения азота на этих лугах достаточно оценить всего два вида — кошачью лапку двудомную (*Antennaria dioica*) и бруснику (*Vaccinium vitis-idaea*), чувствительные к названным факторам, разрушающим уникальные альпийские луга.

Для экспериментов луга удобряли навозной жижей и выгоняли на них большие стада коров. При повышении содержания в почве азота и фосфора брусника и кошачья лапка исчезали первыми, в то время как остальные виды сообщества сохранялись. Оба вида отрицательно реагировали на выпас, из-за которого почвы не только обогащались навозом, но и вытаптывались. Однако, когда выпас прекращался и начиналось восстановление травостоя, указанные виды вели себя уже по-разному. Обильное высокотравье угнетало кошачью лапку и вызывало изменение ее формы (она уже не прижималась к земле, а тянулась вверх), а затем и исчезновение, брусника же в этих условиях чувствовала себя превосходно.

Таким образом, для сохранения альпийских высокогорных лугов достаточно следить

за тем, чтобы из их состава не исчезали два вида-индикатора, что проще, чем контроль всего видового состава.

Tuexenia. 1990. V. 10. P. 295—310 (ФРГ).

Биология. Охрана природы

Проблемы охраны древнейшего пресмыкающегося

Гаттерия, или туатара (*Sphenodon*), стала классическим примером «живого ископаемого»; это единственный доживший до наших дней представитель мезозойского отряда чешуйчатых пресмыкающихся — клювоголовых. Сохранилась гаттерия только в Новой Зеландии, где небольшое ее популяция известны примерно на 30 островах. Различные аспекты биологии гаттерии изучены довольно полно, чего не скажешь о многих других редких пресмыкающихся. Уникальное животное охраняется законом с 1895 (I) г., и до недавнего времени его судьба не вызвала особого беспокойства у зоологов, однако последние исследования К. Х. Догерти с коллегами из Университета Виктории в Веллингтоне (Новая Зеландия), похоже, заставляют заключить, что существуют не один, а два вида клювоголовых, а проблема выживания гаттерий гораздо острее, чем принято думать¹.

В XIX в. считалось, что выжившие гаттерии относятся к двум видам: *S. punctatus* (с двумя подвидами) и *S. guntheri*. Однако позже зоологи признавали существование лишь *S. punctatus*. Морфологическое и биохимическое сравнение гаттерий из 24 популяций с применением современного статистического анализа позволило новозеландским исследователям подтвердить реальность существования *S. guntheri* и двух подвидов *S. punctatus*. Это таксоно-

¹ Jackson R. // J. of Zoology. 1990. V. 220. P. 553—559. Его же сводку данных об охоте скакунчиков на других пауков см.: Spiders: webs, behavior and evolution / Shear W. A. (Ed.) Stanford, 1986. P. 232—268.

² Jackson R. // J. of Zoology. 1987. V. 211. P. 227—238; 1990. V. 220. P. 543—552.

¹ Daugherty C. H. et al. // Nature. 1990. V. 347. N 6289. P. 129—130.

мическое уточнение сразу обнажило тревожное состояние дел с охраной гаттерий. Даже если признавать только один вид, ситуация неутешительна: уже в этом веке с лица Земли исчезла четверть популяций, а целый ряд находится на грани вымирания. Меры охраны подчас формальны и не гарантируют выживания вида. Если же согласиться с выводами новозеландских зоологов, то ситуация и вовсе катастрофическая: представителей подвида *S. p. reischekii* не встречали с конца 70-х годов, и, видимо, подвид следует считать вымершим, а единственная популяция *S. guntheri* насчитывает менее 300 взрослых особей на небольшом (4 га) острове.

Этот пример хорошо иллюстрирует сложную связь таксономических и природоохранных проблем. Методологические аспекты этой связи проанализировал британский исследователь Р. Мей². Поддержание разнообразия жизни на Земле ставит непростые вопросы об относительной ценности и очередности спасения той или иной формы. Существуют два полярных взгляда: любая форма, любой вид равноценны с природоохранной точки зрения; ценность вида связана с его древностью и степенью уникальности (наличием близких видов). В соответствии с первой точкой зрения, гаттерия не ценнее любого из остальных шести с лишним тысяч видов чешуйчатых пресмыкающихся, т. е. природоохранная значимость ее (в расчете на пресмыкающихся) — 0,03 %. При другом подходе клювоголовые имеют ту же природоохранную ценность, что и их эволюционные сверстники — вся группа ящериц и змей, т. е. значимость гаттерий 50 %. Ясно, что обе крайности неадекватны реальной ситуации. Предлагается модель расчета природоохранной ценности вида, в соответствии с которой значимость гаттерий 0,3—7 %.

Д. В. Семенов,
кандидат биологических наук
Москва



Охрана природы

«Самостоятельность» помогает выжить

Служба национальных парков США помогает обитающим в них медведям гризли приспособиться к естественному образу жизни и дать им возможность выжить без помощи людей. Уже в 1967 г. эта служба закрыла все йеллоустонские свалки отходов и начала объяснять посетителям парка, как нужно охранять медведей от «общей» с людьми пищи.

Координатор программы восстановления гризли в штате Монтана К. Сервин (C. Servheen) считает, что с 1983 г. число медведей в Йеллоустонском регионе начало постепенно возрастать. Теперь здесь обитает около 50 самок зрелого возраста (в 1983 г. их было не более 30), у которых за последние три года родились 115 медвежат. На территории примерно в 3888 га ныне обитает не менее 200 медведей.

International Wildlife. 1990. January-February. P. 28 (США).



Охрана природы

Орланов становится больше

Численность белоголового орлана, которому совсем недавно грозило полное исчезновение, ныне настолько увеличилась, что федеральные власти США уже ставят вопрос об изменении его статуса, т. е. о переводе его из категории птиц, «находящихся на грани исчезновения», в категорию «находящихся под угрозой исчезновения». При этом, разумеется, орланы все равно останутся под охраной государства.

Популяция этой птицы, являющейся символом страны, в начале 60-х годов насчитывала всего лишь 400 пар. К 1989 г. их было уже 2660 пар в 48 штатах. Кроме того, около 30 тыс. особей обитают на



Белоголовый орлан.

Аляске. Такой «взрыв» численности можно объяснить прежде всего запрещением с 1972 г. использовать ДДТ, нанесший страшный ущерб репродуктивности этих птиц¹, а также усиления природоохранных организаций по защите мест обитания орланов.

International Wildlife. 1990. May-June. P. 28 (США).



Охрана природы

В защиту тунца и луфаря

Национальная федерация США по охране живой природы намерена распространить действие закона об охране морских рыб на тунца и резко ограничить вылов луфаря — основного объекта спортивного рыболовства на Восточном побережье.

В свое время промысел тунцов перестали регулировать государственным законом в надежде, что этих мигрирующих рыб лучше защитят международные соглашения. Однако в 1970—1987 гг. численность атлантических синих тунцов снизилась на 70 %. Большой ущерб охотники за тунцом наносят и поголовью меч-рыбы. Если бы тунцы охранялись федеральным

² May R. M. // Nature. 1990. V. 347. N 6289. P. 177—179.

¹ Белоголовый орлан и ДДТ // Природа. 1987. № 12. С. 106.

законом, то, по мнению специалистов, правительство могло бы ограничить их вылов в водах США. Комиссия по морскому рыболовству в штатах Атлантического побережья приняла план сохранения луффера. Это одно из немногих мероприятий по защите морских рыб.

International Wildlife. 1990. January-February. P. 28 (США).

вотных — реликта ледниковой эпохи. Решение о судьбе канадского бизона пока не принято.

New Scientist. 1990. V. 127. N 1734. P. 24 (Великобритания).



Охрана природы

Железная дорога, лоси и медведи

В штате Аляска только в снежную зиму 1990 г. погибло более 500 лосей из-за столкновения с поездами: глубокий снег заставил их искать спасения на железных дорогах, которые оказались одним из немногих мест, где лоси могли передвигаться.

Большое число погибших животных заставило конгрессмена от штата Аляска К. Менарда (С. Menard) представить в конгресс США законопроект, согласно которому железные дороги должны выплачивать по 1000 долл. за каждого сбитого лося. Столь крупный штраф, возможно, заставит расчищать от снега полосы вдоль железных дорог для передвижения лосей. К концу зимы столкновения с лосями стали более редкими благодаря дрежинам, движущимся перед поездами и сгонявшим лосей с пути.

В 1989 г. на железной дороге в северо-западной части штата Монтана, близ Национального парка Глэйшер, из-за наездов погибли два редких медведя гризли, вышедших на свою беду, на железнодорожные пути полакомиться просыпанным зерном.

International Wildlife. 1990. May-June. P. 28 (США).

Экология

Одиравшие кошки угрожают островной фауне

Острова атолла Альдобра (Экваториальная Африка) обладают уникальной эндемичной фауной, например, только здесь живут гигантские сейшельские

черепахи (*Geochelone gigantea*) и нелетающие белогорлые папушки (*Dryolimnas cuvieri al-dabranus*). Популяции этих видов сильно страдают от хищников, завозимых на острова, поскольку в ходе эволюции они не успели к ним приспособиться.

В. Сибрук (W. Seabrook; Университет Сиднея, Австралия) сообщает, что в конце прошлого века на о-ва Альдобра завезли домашних кошек (*Felis catus*) для борьбы с черными крысами. Вначале кошки появились на о. Гран-Терр, а затем и на о. Пикард. В их желудках найдены крысы, насекомые, крабы и мелкие ящерицы. Со временем кошки одичали, ушли от людей и поселились на побережье, где стали охотиться на молодых черепахи. 26 % исчезнувших на Альдобре видов животных обязаны своим вымиранием именно одичавшим кошкам. Многие виды птиц вынуждены менять места гнездовий, чтобы избежать нападений кошек. Очевидно, основной мерой охраны фауны Альдобра было бы поголовное истребление этих хищников, история с которыми еще раз свидетельствует об опасных последствиях интродукции некоторых видов животных для хозяйственных целей.

Revue Ecologique (Terre et Vie). 1990. V. 45. P. 135—145 (Франция).

Экология

Необычные миграции серых китов

Регулярно из года в год в воды, омывающие Калифорнийский п-ов, приходят серые киты (*Eschrichtius gibbosus*). Обычно они начинают миграции от берегов Аляски и в начале ноября заканчивают их в водах западного побережья Мексики. В трех лагунах Биосферного заповедника Визкайно, находящегося в 530 км к югу от г. Сан-Диего, происходит их спаривание. В лагуны заходит китовое стадо численностью от 900 до 1150 голов; иногда выделившаяся из него небольшая группа уходит в бухту Магдалены, расположенную несколько южнее.



Охрана природы

Выживает ли бизон в Канаде?

В последние десятилетия численность американского бизона (*Bison bison*), которого называют в Канаде буффало, стабилизировалась и особого беспокойства не вызывала. Стадо в 3200 голов давно уже мирно пасется в специально выделенном Национальном парке Вуд-Буффало на площади 44 800 км², на границе провинции Альберта и Северо-Западной территории. Однако летом 1990 г. среди бизонов стали распространяться эпидемии коровьего туберкулеза и бруцеллеза.

Местные фермеры опасаются, что эпидемия может охватить их рогатый скот, принеся убытки в миллионы долларов от сокращения экспорта мяса. Правительство Канады создало экспертную комиссию, признавшую, что такая опасность действительно существует. По мнению экспертов, следует отобрать две небольшие яны здоровые популяции, которые послужат для возобновления стада, а остальных бизонов отстрелять.

Этому решительно воспротивился ряд специалистов. Так, зоолог В. Гейст (V. Geist; Университет в Калгари, провинция Альберта) утверждает, что контакты между дикими и домашними жвачными животными в данном районе крайне редки, больные животные обычно остаются на месте, а бруцеллез и туберкулез без прямого соприкосновения не передаются. Гейст считает недопустимым разрушение крупнейшего в мире генетического «резервуара» этих жи-

В 1989 г. серые киты пришли в эти воды нетрадиционными путями, а кроме того, их было гораздо меньше (для учета китов использовалась аэрофото-съемка); некоторые из них ушли на спаривание в лагуны, удаленные на 480 км к югу от заповедника. Первые сведения о появлении китов поступили в середине декабря — значительно позднее, чем обычно.

О причинах такого поведения серых китов высказывались разные соображения, в том числе об аварийном разливе нефти с танкера «Эксон Вальдез» в апреле 1989 г., сбросе отходов химкомбината в буферной зоне заповедника, однако наиболее вероятной причиной представляется развитие аномально холодного течения Корренте де ла Нинья у западного побережья Мексики, всего в 1,6 км от берега. Сейчас оно интенсивно изучается.

Интересно, что у побережья Британской Колумбии (Канада), где проходят миграционные пути серых китов, резко снизилась численность некоторых видов рыб и морских птиц; в реки Британской Колумбии зашло лишь небольшое стадо лососей (*Salmo gairdneri*); численность бакланов, гнездящихся на о. Ванкувер, упала на 70 %.

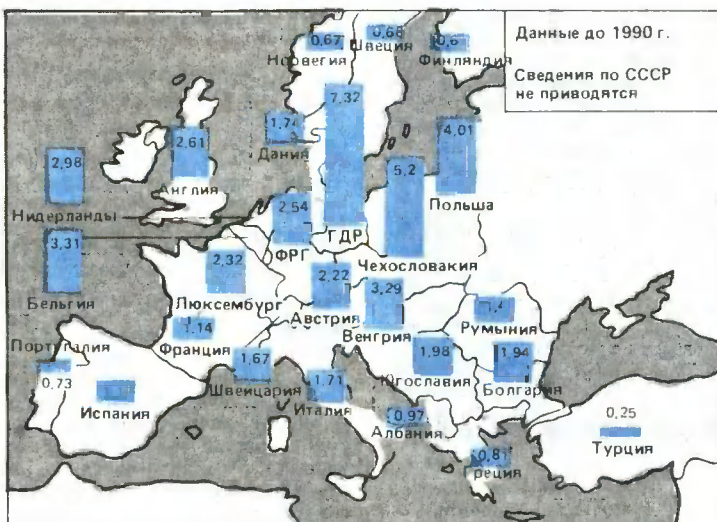
Marine Pollution Bulletin. 1990. V. 21. N 4. P. 171—172 (США — Великобритания).



Экология

Европейские леса под кислотным дождем

Независимая природоохранная организация IIASA, базирующаяся в Австрии, завершила пятилетнее обследование лесов Европы, и в первую очередь влияния на них антропогенных факторов. В отчете, представленном этой организацией ведущим политическим деятелям стран Западной Европы, отмечается, что высокая кислотность осадков приведет в XXI в. к ежегодной потере 118 млн. м³ строительного леса (эквивалентно убыткам в 16 млрд. фунт. ст. в год).



Среднегодовое количество серы, выпадающей с осадками (г/м²).

Если выброс промышленными и энергетическими предприятиями в атмосферу окислов серы и азота не станет существенно ниже уровней, уже согласованных европейскими правительствами, ежегодные потери лесоматериалов достигнут: в Западной Европе — 48 млн. м³, в Восточной Европе — 35 млн. м³ и столько же — в Европейской части СССР. Эта оценка получена с учетом того количества соединений серы, которое ныне выделяется в воздушное пространство и будет выделяться до 2000 г. при согласованном сокращении. Сера (а именно на нее ведется пересчет всех ее соединений, попадающих в атмосферу) считается ответственной за 60 % повреждений растительности, но свой вклад в это вносят также азот, выбрасываемый автотранспортом и промышленностью, и аммиак, поступающий с отходами сельского хозяйства.

На первом месте в Европе по количеству серы, в среднем ежегодно выпадающей с осадками на единицу площади, была ГДР (рис.), за ней следовали Чехословакия, Польша, Бельгия, Венгрия, Нидерланды, Англия, ФРГ и т. д.; по СССР сведения не приводятся. Предполагается, что на значительной площади Восточной Германии и

Чехословакии леса погибнут в следующем десятилетии.

В отчете содержится призыв ввести в строй новейшие устройства для сокращения выбросов серы.

New Scientist. 1990. V. 127. N 1729. P. 17 (Великобритания).

Экология. Агрохимия

Микроэлементы в почве

По данным Центрального института агрохимического обслуживания сельского хозяйства ВАСХНИЛ им. В. И. Ленина, 53 % почв СССР испытывают дефицит большинства микроэлементов — важнейшего, как показали последние исследования агрохимиков, фактора повышения урожайности. Например, когда почва получает в достатке «дефицитные» цинк, кобальт, марганец, медь, урожай зерновых повышается на 1—5 ц/га; бор и марганец могут дополнительно дать до 1 т корневой сахарной свеклы и т. п.

Известно, что интенсивное земледелие нарушает циклы большинства элементов питания почвы (в том числе и микро-

¹ Ягодин Б. А., Торшин С. П., Удельнова Т. М. // Биол. науки. 1990. № 9. С. 7—26.

элементов) — они выносятся с урожаем. Но как пополняются их запасы в почве? Главный источник — фосфорные удобрения, где к основному действующему началу P_2O_5 примешана едва ли не вся таблица Менделеева; частично возвращаются микроэлементы в почву с навозом (ведь животные фиксируют в своих тканях не все, что попадает в их желудок с травой); богаты микроэлементами сапрпель, известь, сточные воды, которые все чаще используются для орошения полей пригородных хозяйств. Однако через эти источники в почву попадают не только нужные, но и токсичные элементы — кадмий, свинец, селен, стронций, алюминий, мышьяк, никель и др., а тонкие анализы для определения возможной их примеси к удобрениям сплошь и рядом не проводятся. Но даже железо или медь — в целом безопасные при умеренных концентрациях и полезные для некоторых видов растений — могут при накоплении в почве стать ядовитыми.

Таким образом, регулирование содержания микроэлементов в почвах и продуктах питания — важная задача современной экологии. Необходимо следить за пополнением запасов тяжелых металлов в почве как за счет промышленного или транспортного загрязнения, так и с примесями к удобрениям; дифференцировать состав и дозы микроудобрений; изучать их вынос культурными растениями. Только в этом случае можно избежать противоречий между величиной урожая и его качеством, а пользу витаминов не перекроет вред отравления организма тяжелыми металлами.

Б. М. Миркин,
доктор биологических наук
Уфа

Экология.
Организация науки

Экологические исследования в Пентагоне

Конгресс США рассматривает проект бюджетных ассигнований Министерству обороны,

впервые предусматривающий выделение 200 млн. долл. на новую Стратегическую программу изучения природной среды. Она включает средства на установку датчиков для мониторинга водной и воздушной среды с подводных лодок, надводных кораблей и самолетов, а также на оплату машинного времени ЭВМ, принадлежащих военному ведомству, для обработки экологических данных. Кроме того, будут ассигнованы суммы на разработку альтернативных источников энергии, не загрязняющих природу, и методов очистки загрязненной почвы и вод.

Корабли ВМС США, самолеты ВВС и военные спутники много лет собирали информацию о течениях и температурах в Мировом океане, метеорологической обстановке в удаленных районах и даже об изменениях растительного покрова. Все эти данные предстоит рассекретить и сделать достоянием общественности. ВМС США уже разрешили участвовать в каждом из 12 плаваний военной подлодки в районе Северного полюса по одному гражданскому научному сотруднику. Открытый анализ собранных данных позволил выявить динамику толщины ледового покрова в Центральной Арктике, что важно для изучения глобального потепления климата.

А. Макларен (A. McLaren), бывший командир подводной лодки, совершившей в 1970 г. плавание к Северному полюсу, а ныне — сотрудник Института окружающей среды в Боулдере (штат Колорадо), сделал на основании рассекреченных данных вывод, что средняя мощность плавучих льдов стала на 70 см меньше, чем в 1958 г., когда впервые район полюса посетила американская подлодка «Наутилус».

Новая программа сделает для американских гражданских специалистов возможным доступ к мощным вычислительным устройствам Пентагона, многие из которых, в частности обслуживающие программу СОИ («Звездные войны»), ныне почти не используются. Начинание поддерживают влиятельные политические деятели, включая сенаторов США С. Нанна и А. Гора.

New Scientist. 1990. V. 127. N 1735.
P. 23 (Великобритания).

Океанология

Реакция океана на парниковый эффект

Сегодня климатологи едины во мнении, что на протяжении XXI в. произойдет удвоение концентрации CO_2 в атмосфере Земли. Германские ученые из Института им. Макса Планка в Гамбурге всесторонне изучали реакцию Мирового океана на парниковый эффект и создали модели не только теплового режима океана в новых климатических условиях, но и перестроили общую схему циркуляции океанских вод (дивергенции течений, распространения холодных вод и т. д.) как следствий этого эффекта.

Результаты моделирования показали, что потребуется около 50 лет, чтобы благодаря неуклонно теплеющей атмосфере прогрелись глубинные воды океанов. Авторы считают, что по истечении этого срока повышение уровня океана в среднем составит 19 см, но в конкретных географических районах уровни подъема будут сильно различаться; наибольший — до 40 см — произойдет у побережий Северной Атлантики, а в Антарктиде (район моря Росса) он останется почти неизменным и даже приобретет слабую тенденцию к понижению.

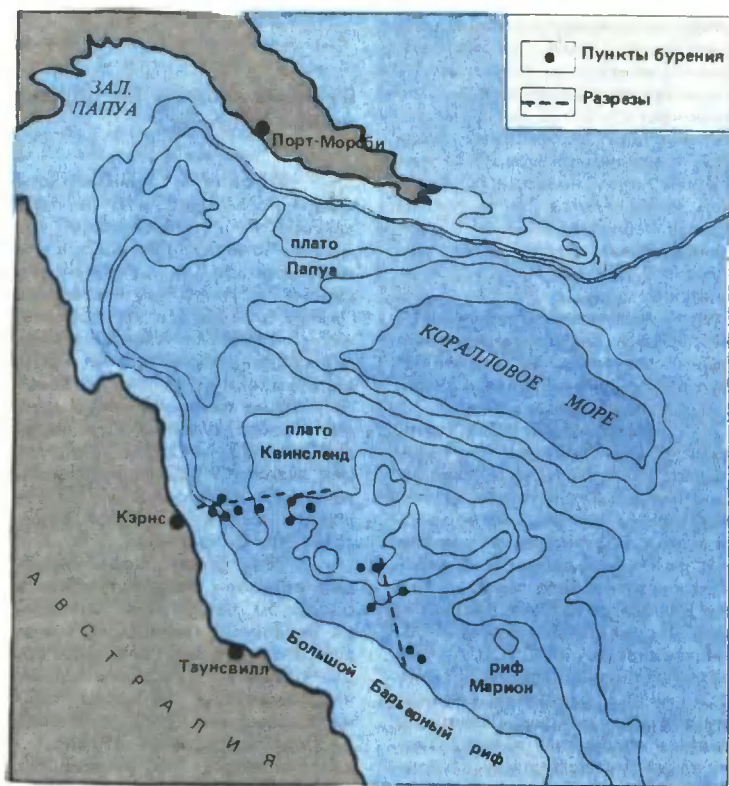
Полученные результаты важны, в частности, для решения социальных и экономических последствий парникового эффекта.

La Recherche. 1990. V. 21. N 224.
P. 1049 (Франция).

Геология

133-й рейс «ДЖОЙДЕС Резолюшн»

Интересные данные принес очередной рейс этого научно-исследовательского бурового судна, проходивший в конце 1990 г. у северо-восточных берегов Австралии и заставивший по-новому взглянуть на Коралловое



Карте района бурения в 133-м рейсе «ДЖОЙДЕС Резолюши». Бурение велось на двух геофизических разрезах (долготном — на траверсе Кериса и широтном — восточное Таунсвилла). Поднята рекордная по длине [5,5 км] колонка осадочных пород высокой сохранности.

море. Научными руководителями экспедиции, в которой участвовали 30 ученых из США, Австралии, Канады, Германии, Франции, Японии, Испании, Швейцарии, Великобритании и с Тайваня, были П. Дж. Дейвис (P. J. Davies; Управление минеральных ресурсов Австралии, Канберра) и Дж. А. Маккензи (J. A. McKenzie; Геологический институт в Цюрихе, Швейцария).

Особый интерес специалистов к этому региону связан с расположенным здесь Большим Барьерным рифом — величайшей на Земле коралловой постройкой (длина свыше 2 тыс. км, площадь 200 тыс. км²). До

сих пор полагали, что на сооружение такого грандиозного объекта должно было уйти более 200 млн. лет, однако из анализа остатков ископаемых организмов, обнаруженных в неповрежденной колонке осадочных пород общей длиной 5500 м, следует, что возраст его всего 500 тыс. — 1 млн. лет. Этот вывод подтверждается и тем, что субстрат, на котором возвышается коралловая постройка, имеет мощность не более 200 м, а возраст его, судя по видам ископаемых остатков, не более 1 млн. лет. Ниже рифа расположены слои осадков, принесенных впадавшими в океан реками, причем эти осадки значительно древнее, чем риф, и нет свидетельств, что под ними риф когда-либо существовал.

В ходе обсуждения итогов экспедиции ряд утверждений оспаривался. Так, директор Австралийского института морских наук Дж. Бейкер (J. Baker) считает бурение лишь в двух районах рифа недостаточным для определения его возраста и

полагает, что северная часть рифа имеет то же происхождение, что и коралловые постройки залива Папуа, которым, вероятно, 2,5 млн. лет. По мнению Дж. Лэдда (J. Ladd; Геологическая обсерватория им. Ламонта и Дозерти при Колумбийском университете, штат Нью-Йорк, США), значительные колебания отложений глины и карбонатов не обязательно свидетельствуют об изменении уровня моря. Обычно считается, что присутствие карбоната кальция — продукта существования кораллов — указывает на высокий уровень океана, а наличие глин, приносимых со стоками рек, — на низкий. Однако мощность таких отложений может снижаться, если, например, густой прибрежный тропический лес связывает почву и препятствует ее смыванию.

То обстоятельство, что самый большой и сложный среди имеющих биологическое происхождение объектов планеты мог вырасти столь быстро, вызывает вопрос: как возникло значительное разнообразие обитающих на рифе организмов за такое короткое время? Сотрудники Гриффитского университета (штат Квинсленд, Австралия) предположили, что начало биологическому сообществу рифа могли положить аселенцы с подводного плато Квинсленд, лежащего в 160 км к востоку. Оттуда же могли поступать личинки кораллов после того, как падение уровня моря влекло за собой гибель местных кораллов. Согласно новым данным, за последние 1,2 млн. лет уровень Кораллового моря поднимался и опускался примерно на 100 м не менее 24 раз (известно, что быстрый перепад всего в несколько метров губит кораллообразующие организмы).

Если малый возраст Большого Барьерного рифа подтвердится, это будет иметь не только теоретическое, но и немаловажное практическое значение: в этом случае окажутся несостоятельными надежды найти там нефтяные месторождения, формирующиеся за гораздо большее время.

Ocean Drilling Program. 1990. Leg 133. P. 1—4 (США); New Scientist. V. 128. N 1739. P. 15 (Великобритания).

Климатология

Чувствительность тропиков к изменению климата

Различные модели общей циркуляции атмосферы демонстрируют весьма разнящиеся между собой последствия для тропической зоны Земли в случае глобального изменения климата, а без ясного представления о таких последствиях нельзя разработать сколь-нибудь надежный прогноз повторяемости засух, интенсивности штормов, динамики распределения осадков и т. д.

Ныне для прогнозов специалисты используют данные палеоклиматических реконструкций. Если окажется, например, что в прошлом тропики слабо реагировали на похолодания с наступлением очередной ледниковой эпохи или на потепление в межледниковье, то и в будущем их отклик на аналогичные перемены будет, скорее всего, не столь уж существенным.

Новые данные о состоянии климата в эпоху максимума последнего оледенения (40 тыс. лет назад) представили французские ученые Р. Бонфий, Ж. Релан и Ж. Гуйо (R. Bonnefille, J. Roeland, J. Guiot; Лаборатория геологии четвертичного периода и факультет исторической ботаники и палинологии, Марсель, Франция). Они выполнили анализ пыльцы ископаемой африканской альпийской растительности, позволяющий судить о тогдашней температуре и осадках.

В целом известно, что растительные сообщества способны перемещаться по склонам вверх или вниз в зависимости от изменения температуры и количества осадков. Однако до сих пор исследователи коррелировали конкретное распределение растительной пыльцы лишь с понижением температуры, не учитывая сопутствующее уменьшение осадков. Это вело к преувеличению похолодания, охватывавшего тропики. Ныне авторы пришли к выводу, что в последнюю ледниковую эпоху похолодание в горах экваториальной Африки на высоте около

2000 м составляло не 5—8 °C, как полагали, а не более 4 °C. Таким образом, они считают доказанным, что тропики в прошлом были не столь уж чувствительны к перемене климата.

Nature. 1990. V. 346. N 6282. P. 347—349 (Великобритания).

Гляциология

Бурение ледникового щита Гренландии

В 1989 г. начато бурение ледникового щита Гренландии в районе его максимальной толщины (70—72° с. ш., 35—37° з. д.). Эти работы ведутся в соответствии с двумя европейскими проектами: EUROCORE, который осуществляется Данией, Францией и Швейцарией, а финансируется в рамках Программы по окружающей среде Европейским экономическим сообществом и Национальным научным фондом Швейцарии, и GRIR, который финансируют восемь европейских стран через Европейский научный фонд. К настоящему времени получены первые результаты исследования.

В ходе работ по первому проекту извлечен керн льда длиной 300 м. Его нижний край датируется, по оценкам специалистов, 704 г. Ведущий сейчас анализ керна по слоям позволит реконструировать прошлые климатические эпохи Гренландии.

В соответствии со вторым проектом выполнен ряд пробных бурений и начата подготовка к бурению всей толщи ледникового покрова на глубину 3000 м — до коренных пород. Обеспечение буровых работ ведется с помощью транспортного самолета типа «Геркулес», для которого требуется взлетно-посадочная полоса длиной 3 км.

Polar Record. 1990. V. 26. N 159. P. 340 (Великобритания).

Метеорология

Прозрачность и температура океана

Взаимодействие океана и атмосферы в значительной мере

определяется температурой поверхности океана (ТПО), особенно в тропической части Тихого океана. Вариации ТПО — важный параметр в прогнозе климатической изменчивости, однако современные модели взаимодействия океана и атмосферы, предсказывающие ТПО на основе значений потоков тепла, полученных по наблюдениям с морских судов, систематически завышают ТПО западной части Тихого океана на 3 °C по сравнению с реальными значениями. Причину расхождений исследовала группа канадских (факультет океанографии Дальхаусского университета в Галифаксе) и американских (Центр космических полетов им. Р. Годдарда НАСА в Гринбелте) ученых во главе с М. Левисом (M. R. Lewis).

В моделях традиционно предполагалось, что вся солнечная радиация в видимой области спектра полностью поглощается морской поверхностью, точнее, в ее очень тонком слое. Анализ данных о прозрачности воды, полученных за год по измерениям с искусственного спутника Земли «Нимбус-7» и наблюдениям потоков тепла и плотности с морских судов, показал, что в действительности солнечное излучение проникает значительно глубже верхнего перемешанного слоя, непосредственно взаимодействующего с атмосферой. В итоге поступление тепла в верхний слой меньше, чем предполагалось; для слоя толщиной 20 м это эквивалентно годовому снижению температуры на 5—10 °C.

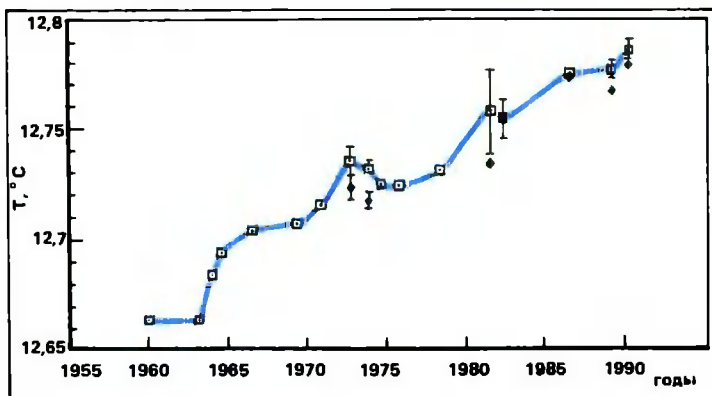
Полученные результаты естественным образом объясняют расхождения между прогнозируемыми и наблюдаемыми значениями ТПО.

Nature. 1990. V. 347. N 6293. P. 543—545 (Великобритания).

География

Потепление глубинных вод Средиземного моря

В вертикальной структуре вод западной части Средиземного моря различают три слоя: поверхностный, промежуточный и глубинный (глубже 400 м). Глубинный слой формируется в



Межгодовая изменчивость потенциальной температуры глубинных вод западной части Средиземного моря [по данным морских экспедиций].

холодный период года в результате охлаждения и опускания поверхностных вод; он однороден по вертикали и с начала нашего века до 60-х годов весьма устойчиво сохранял постоянную температуру и соленость. Однако в последнее время это постоянство нарушилось.

Французские ученые Ж. Бету, Б. Жантили, Ж. Роне и Д. Тайе (J. P. Bethoux, B. Gentili, J. Raunet, D. Tailliez; Лаборатория физики и морского климата Парижского университета VI проанализировали данные экспедиционных измерений в этом районе за последние 30 лет и установили, что с 1959 по 1989 г. температура глубинного слоя повысилась на $0,12^{\circ}\text{C}$, а соленость — на $0,03^{\circ}/_{\text{‰}}$. По их мнению, рост температуры глубинных вод в целом отражает эволюцию климатических условий на поверхности в зимний период, когда эта водная масса формируется.

Рассмотрев тепловой и водный баланс Средиземного моря, они пришли к выводу, что повышение температуры может быть связано с общим потеплением из-за парникового эффекта. Таким образом, однородные глубинные средиземноморские воды, отражающие климатические изменения, оказываются более удобным объектом для изучения эволюции климата, чем атмосфера, отличающаяся силь-

ной пространственно-временной изменчивостью.

Nature. 1990. V. 347. N 6294. P. 660—662 (Великобритания).

Антропология

Древнейшие мореходы — австралийцы

До сих пор считалось, что Австралия была впервые заселена людьми не ранее чем 40 тыс. лет назад. Во всяком случае, свидетельств пребывания здесь более древнего человека наука не знала.

Подобное мнение, похоже, опровергают Р. Робертс, Р. Джоунс и М. Смит (R. Roberts, R. Jones, M. Smith; Австралийский национальный университет в Канберре), определившие возраст каменных предметов материальной культуры, недавно обнаруженных на стоянке Малакунанджа II — в скальном укрытии гористой местности на п-ове Арnhemленд в Национальном парке Какаду (северная территория Австралии) — методом термолюминесценции кристаллов кварца из песчаных отложений, перекрывавших изучаемые предметы. Среди предметов обнаружены кусочки размельченной породы — красного гематита, желтой охры и обломки каменной терки. Очевидно, их древние владельцы раскрашивали свое тело, как это до недавнего времени делали современные австралийские аборигены.

Три образца из наиболее глубоко залегающих пластов имели возраст: 61 ± 13 тыс. лет, 52 ± 11 тыс. лет, 45 ± 9 тыс. лет, т. е. примерно на 20 тыс. лет «старше» предполагавшегося появления в Австралии первых поселенцев, о котором судили по археологическим находкам на северо-востоке Папуа — Новой Гвинее и северо-западе Австралии.

Некоторые специалисты и ранее считали 40 тыс. лет минимальным, а не максимальным сроком освоения человеком этого континента, однако основывались лишь на косвенных свидетельствах.

Новые факты ставят перед антропологами ряд серьезных проблем — ведь пока не найдены ископаемые остатки, прямо свидетельствующие, что *Homo sapiens* населял Юго-Восточную Азию и Австралию 60 тыс. лет назад. (В Африке и на Ближнем Востоке они обнаружены.)

Кем же тогда был первый австралиец? Возможно, на п-ове Арnhemленд обитовались тогда те, кого антропологи именуют «предсовременным человеком» — либо ранний *Homo sapiens*, либо поздний представитель гоминид, относимых к более древнему *H. erectus* (человек прямоходящий), чьи остатки возрастом около 900 тыс. лет, встречаются на о. Ява и в континентальной Азии.

60 тыс. лет назад уровень океана был ниже нынешнего примерно на 30 м, так что доисторический человек мог прибыть в Австралию морем, преодолев водное пространство «всего» около 400 км.

Nature. 1990. V. 345. P. 153; New Scientist. 1990. V. 126. N 1717. P. 30 (Великобритания).

Как ведут себя медведи?

Л. О. Карпачевский,
доктор биологических наук

И. И. Полетаева,
кандидат биологических наук
Москва

АВТОРА книги сотрудника Центральнолесного заповедника, что в Тверской области, давно называют «медвежьим королем». Потому что у нас, а возможно, и во всем мире, нет другого специалиста, который бы так знал поведение бурого медведя. В. С. Пажетнова неоднократно приглашали в другие страны не только для докладов, но и для реальной помощи в работе. И не зря. Попав в свою стихию — лес, он творит чудеса. Например, считалось, что в Пиренеях 14 медведей, а он обнаружил 15-го.

Один этот факт, казалось бы, должен был принести «медвежьему королю» известность. Увы, мы печатаем огромными тиражами натуралистов Запада, но редко пропагандируем труды и достижения своих собственных исследователей.

Книга «Бурый медведь», как и полагается, вышла малым тиражом: 27,5 тыс. — капля в читательском море. И уже сейчас книги не найти. А она достойна того, чтобы с ней ознакомились не только специалисты, которым она предназначена в первую очередь, но и более широкие круги читателей.

В течение многих лет на большой территории Центральнолесного заповедника, его охранный зоны и в прилегающих районах автор регистрировал перемещения, особенности питания, внутривидовое общение, взаимодействие с человеком многих десятков медведей. Здесь, в условиях «южно-русской тайги», В. С. Пажетнов провел уникальный опыт по выращиванию медвежат без их приручения, который дал много нового для понимания поведения



В. С. Пажетнов. БУРЫЙ МЕДВЕДЬ.
М.: Агропромиздат, 1990. 214 с.

взрослых животных. Установлен, начиная с первого выхода медвежонка из берлоги, рацион его питания, калорийность пищи, определен состав видов растений и животных, которые медведь поедает в определенные периоды весны, лета и осени. Выяснилось, что в силу своих вегетарианских наклонностей медведь не слишком зависит от численности видов животных-жертв. Эти данные поставят золото на твердую почву, когда ему придется планировать интродукцию медведя или прогнозировать его численность.

А читателю-неспециалисту будет любопытно узнать о том, например, что в рацион медведя, особенно весной, важным компонентом входят муравьи. Или о том, как молодые

особи учатся добывать насекомых и мышевидных грызунов; поднабравшись опыта, усвоив приемы добычи — подкарауливание, загоны (преследование), скрадывание, — медведь начинает нападать на крупных животных. Много и других сведений, представляющих широкий интерес. Вот некоторые из них.

Медвежата при рождении весят около 800 г, они слепые, но лишь обсохнут, уже крепко держатся за шерсть матери. Выйдя из берлоги, они быстро набирают вес. В этот период важным приспособлением для сохранения жизни им служит реакция следования, которая исчезает где-то на 17-м месяце. Гнездостроительная реакция (строительство берлоги) проявляется на 9-м месяце жизни.

Для медведя характерно оборонительное поведение: когда он кормится, то оглядывает окрестности и прислушивается с частотой 2 раза за 3 мин. Оценивая обстановку, он может предпринять активные действия, позволяющие ему установить предмет возможной опасности. Хорошо описаны «пугающие броски» медведя на человека, чтобы заставить его отступить, не приближаться. Медведь привыкает к постоянным раздражителям (автодорога, самолеты, ударная волна, комбайны на полях и пр.).

Медвежья семья может «занимать» 5—7 тыс. га, медведь-одиночка — 250—300 га. В период гона наблюдается строгая «территориальность». Тогда медведь-самец не терпит присутствия другого самца. В другое время в одних и тех же угодьях можно обнаружить следы как

постоянных их обитателей, так и медведей-гостей.

Впрочем, всей книги не пересказать. Главное же в ней то, что наблюдения за неручными растущими медведями в естественных для них условиях (а это десятки километров в день по лесу с остановками только по желанию медведей) дали автору возможность составить значительное количество так называемых этограмм. Их анализ выявил динамику в репертуаре поведенческих реакций — соотношения реакций следования, страха, ориентировочно-исследовательского поведения, общительности и др. — на протяжении первых года-полутора в жизни медведя. «Мозаика» поведения молодого зверя постепенно преобразуется в сложный, но отчетливо выраженный образ поведения взрослого животного.

В начале своей научной карьеры В. С. Пажетнов попал в сферу деятельности Л. В. Крушинского, крупнейшего специалиста по поведению животных, и совместно с ним и А. В. Шубкиной изучал способности медведей к решению элементарных логических задач. Еще тогда выяснилось, что эти звери обладают высоким уровнем развития элементарной рассудочной деятельности. А в тех случаях, когда медведи поставлены перед необходимостью решать трудные для них задачи, в их поведении проявляются «неврозоподобные» состояния и «эмоциональные срывы». В. С. Пажетнов сопоставляет лабораторные данные об элементарной рассудочной деятельности медведей со своими наблюдениями за их поведением в природе, особенно в «сложных жизненных ситуациях».

Останавливают внимание выводы автора о пространственной ориентировке медведей. Известные в настоящее время эксперименты, проведенные по методу когнитивных тестов (радиальный лабиринт, водный лабиринт Морриса), дают основания полагать, что эта способность связана с уровнем развития элементарной рассудочной деятельности, хотя и не идентична ей. Наблюдения автора показывают, что «рейтинг» мед-

ведя должен быть высок и по этой системе оценок.

Особая тема — бурый медведь и человек. В. С. Пажетнов обращает внимание на то, что участились случаи прикармливания медведей. Воспитываются медведи-«мусорщики». Геологи, солдаты, буровики, жители таежных районов часто прикармливают зверя, не осознавая, что готовят смертельную опасность если не себе, то другим людям. Медведь привыкает к калорийной пище, к обитанию около человека, перестает его бояться, теряет к нему «чувство уважения» и способен на него напасть. Кроме того, не исключено неправильное истолкование медведем поведения человека (и наоборот), что также отнюдь не всегда кончается благополучно. Особенно нежелательны контакты с молодыми медведями. Их подкормка приводит к тому, что выросший зверь начинает делать набеги на кухни, склады и т. п., что может повлечь за собой тяжелые последствия.

Страницы книги, посвященные охоте на медведя, кое-кому могут показаться неприятными, но весьма важны для тех, кто занят организацией лицензионной охоты или озабочен поддержанием баланса численности вида. Здесь обсуждаются все охотничьи проблемы — от снаряжения охотника до охотничьих приемов. Дана схема выцеливания зверя. Словом, книга — краткая «медвежья энциклопедия».

Несколько слов об иллюстрациях. Кроме графиков и схем, раскрывающих поведение медведя в разные моменты его жизни, в книге представлены уникальные фотографии. Они сделаны автором и сотрудником Кроноцкого заповедника В. Николаенко, который поставил уникальный эксперимент по «совместному проживанию» взрослого медведя и человека, не «извлекая» медведя из его естественной среды обитания. Именно этот медведь, известный на Камчатке под кличкой Корноухий, дал Николаенко богатейший материал по поведению в разных ситуациях. К сожалению, эти ценные фотографии плохо воспроизведены. Но это беда нашей полиграфии.

Замечаний по книге почти нет. Разве что иногда можно бы упростить конструкцию фраз. Местами автору изменяет присущая ему манера четкого, емкого изложения. Маленькое замечание к с. 151: «взрыв» — ударно-звуковая волна от самолета — вовсе не связан с прохождением звукового барьера — это распространенное заблуждение. Просто происходит интерференция звуковых волн.

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что высокопрофессиональное, серьезное исследование, выполненное в тяжелых условиях малоустроенной жизни отечественного зоолога-полевика, могло быть осуществлено только благодаря самоотверженности и неиссякаемому энтузиазму автора и его жены и помощницы С. И. Пажетновой. Их работа вызывает глубокое уважение.

Хочется поздравить автора и издательство с выпуском такой интересной книги, а нас, читателей, почти что с праздником.

Охрана природы

П. Г. Олдан. КОЛОКОЛ ТРЕВОГИ. ПРЕДЕЛЫ БЕСКОНТРОЛЬНОСТИ И СУДЬБЫ ЦИВИЛИЗАЦИИ. М.: Политиздат, 1990. 198 с. Ц. 35 к.

Автор не ради красного словца вспоминает попа, погнавшегося за дешевой вином. На рубеже нового тысячелетия природа уже дала поспевающим на ее охрану человеку первый щелчок — вся биосфера в преддверии кризиса, а в некоторых районах он уже наступил. С обнажившегося дна Аральского моря ежегодно поднимается в атмосферу 65 млн. т. пыли, и даже на ледники Памира и Тянь-Шаня ежегодно ложится 3—5 т на 1 га этих губительных аэрозолей, нарушающих режим таяния. Зеравшанский ледник ныне за месяц тает настолько, насколько раньше — за год. Современные потери продуктивных почв в 30—35 раз превышают среднегодовые показатели за 10 тыс. лет истории земледелия. К следующему тысячелетию исчезнут носороги, гориллы, орангутаны, бенгальские львы. Под угрозой многие виды попугаев: их ежегодно отлавливают более миллиона штук для продажи «любителям природы».

Эта книга — о том, что нужно сделать человечеству, чтобы не получить второй и для большей его части последний щелчок природы. Если в 1986 г. суммарная биомасса человека и его «домашних» животных составляла всего 5 % животной биомассы планеты, то сейчас она увеличилась вчетверо, а к 2000 г. составит 40 % (к середине следующего века эксперты ожидают уже 60 %!). Таких нагрузок биосфера не выдержит.

Автор обсуждает концепцию контролируемого развития, критерии общественного прогресса, ценностную ориентацию и выбор общественных благ, возможности управления процессом формирования общественных потребностей.

География

САХАРА (Золотой фонд биосферы) / Пер. с англ. Отв. ред. В. Е. Соколов. М.: Прогресс, 1990. 424 с. Ц. 3 р. 10 к.

Задачи серии «Золотой фонд биосферы», как пишет в кратком предисловии его королевское высочество герцог Эдинбургский, обратить внимание «на те природные районы планеты, животный и растительный мир которых находится под угрозой исчезновения». Книга дает достаточно полное представление о природном комплексе величайшей пустыни мира — ее климате, геологии, флоре, фауне, разнообразии способов выживания животных и растений, об истории и современном состоянии населения этого сурового края — арабах, берберях, тиббу, туарегах, маврах, об их искусстве скотоводства, вождения через пустыни караванов с солью и возделывания в оазисах десятков видов культурных растений.

Связанная своим происхождением с хозяйственной деятельностью человека, Сахара продолжает расширять свои границы, наступая на районы саванны. Продолжается уничтожение растительности, падает уровень грунтовых вод, извлекаемых из артезианских скважин. Остановить эти процессы крайне сложно, так как скотоводство, и в особенности разведение наиболее губительных для природы коз, — основа жизни местного населения. Авторы книги воздерживаются от ответов на сложные вопросы о будущей жизни в Сахаре.

Итог книги в «Послесловии» подводит научные редакторы перевода В. Е. Соколов и В. М. Неронов: «Ознакомившись с первой книгой в серии под таким само за себя говорящим названием, мы вместе с вами, уважаемые читатели, несомненно овладели новыми знаниями и тем самым продви-

нулись вперед на пути к решению задач по охране природы, названных выше. Впереди нас ждут новые интересные встречи с книгами этой серии, и будем надеяться, что в самом ближайшем будущем. На территории нашей страны есть немало районов, действительно представляющих золотой фонд биосферы, и долг наших специалистов-экологов не только изучать зарубежный опыт, но и внести свой посильный вклад в расширение этой всемирной серии».

Агроэкология

ЛУГОВЫЕ ТРАВЯНИСТЫЕ РАСТЕНИЯ. БИОЛОГИЯ И ОХРАНА. Справочник. М.: Агропромиздат, 1990. 183 с. Ц. 5 р. 10 к.

Имена авторов — ботаников из Московского государственного университета И. А. Губанова, К. В. Киселевой, В. С. Новикова, В. Н. Тихомирова — знакомы не только специалистам, но и широкой аудитории любителей природы. В этой книге с почти 200 красочных и точных рисунков они рассказывают о 500 видах наиболее распространенных луговых трав.

Популярно, но на добротном научном уровне представлены особенности луговых сообществ и экосистем, основные варианты лугов (пойменные, суходольные, низинные, горные), их сезонная и многолетняя изменчивость, изменения в процессе использования человеком, география луговых растений страны, их основные жизненные формы (однолетние, многолетние, корневищные, луковичные и т. д.).

Книгу пронизывают идеи охраны луговой растительности без отказа от ее использования. Особое внимание уделено видам из Красных книг СССР, РСФСР и других союзных республик.

Одиссея капитана Гернета

А. С. Бережной
Рига

МНОГОЕ необычно в судьбе русского капитана дальнего плавания Евгения Сергеевича Гернета. Но кульминацией безусловно стала его ледниковая теория. Она изложена в книге «Ледяные лишай», собственноручно набранной автором и отпечатанной тиражом 500 экз. в 1930 г. в Токио.

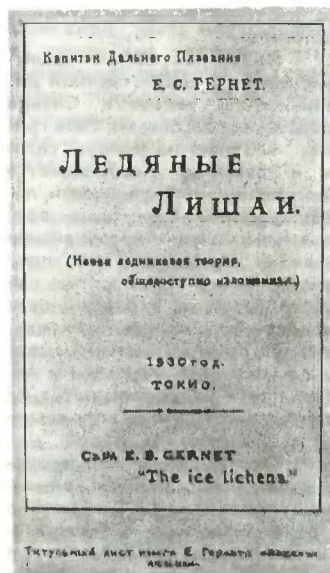
Закончив в японском городе Кобе дела, связанные с фрахтом судов для советского торгового флота, Гернет вернулся в Москву и, по словам его дочери, охотно дарил книгу своим друзьям. В руки ученых она, возможно, и не попала. Во всяком случае отмечена ими не была. Впрочем... Но сначала — несколько слов о сути теории.

Она родилась из размышлений Гернета над двумя вопросами: какова причина известных в истории Земли ледниковых периодов? Что было первичным — изменение климата или появление ледников? «Оправданием, что я, не будучи квалифицированным геологом, взялся за книгу по геологии», — говорил Е. С. Гернет в предисловии, — является то обстоятельство, что затрагиваемый в ней вопрос — о причинах миоценового климата в нашей полярной области и «ледниковой эпохи» — геологами не разрешен, а мною, по глубокому моему убеждению, разрешен вполне. Как же я мог не поделиться с человечеством своим открытием, даже если бы и ошибался?»

Гернет исходил из того, что нормальное состояние Земли — безледное, с равномерно теплым климатом, а оледенение представлялось ему болезнью, «ледяным лишаем», который «самосильно» распространяется по телу планеты. За внешней метафоричностью скрывалась безупречная логика. Введя понятие «снегоизбыточного слоя» (в современной терминологии «хиносфера») и применив его



Евгений Сергеевич Гернет. Единственный сохранившийся снимок.



Обложка первого издания книги Е. С. Гернета «Ледяные лишай», напечатанной автором в 1930 г. в Токио.

к ситуации, возникающей в период тектонической активности, Гернет установил причинно-следственную связь событий, которые приводили к возникновению и развитию оледенения, его колебаниям и глобальным изменениям климата.

Если отбросить подробности, порой яркие и важные, а иногда фантастичные, можно без натяжек утверждать, что Гернет обосновал теорию автоколебаний климата и оледенения, которая смогла лишь теперь, в наше время, завоевать широкое признание. Удивительно, что, не будучи специалистом, Гернет сумел столь глубоко рассмотреть взаимное влияние ледников, океана, морских льдов и атмосферы и пришел к выводу, что ледники — не следствие похолодания климата, а его причина.

Основной ход мыслей Гернета впоследствии неоднократно повторяли другие. Первым — через 25 лет! — аналогичную гипотезу предложил американский геолог В. Стокс. Но и она прошла мимо внимания специалистов. И лишь появившаяся в 1956 г. в журнале «Science» работа более именитых соотечественников Стокса М. Юинга и В. Донна «Теория ледниковых периодов», развивающая те же идеи, наконец-то получила признание. По справедливости, как полагает советский гляциолог О. П. Чижев, теория Юинга — Донна должна была бы сегодня носить имена Гернета и Стокса. Чтобы покончить с этой стороной дела, позволим себе процитировать отрывок из книги ведущих английских гляциологов: «При поднятии суши ее поверхность может оказаться выше снеговой линии. Это может весьма существенно повлиять на климат данного района; понижение температуры воздуха и увеличение осадков будет способствовать разрастанию снежного

покрова не только в самих горах, но и за их пределами. При таких условиях почти наверняка будут формироваться ледники. Начало нынешнего ледникового периода теперь принято связывать с планетарным похолоданием, происходившим в течение третичного периода, что в свою очередь было обусловлено широким распространением горообразования на континентах¹. Увы, ни авторы, ни комментаторы не вспомнили здесь о приоритете Гернета.

Надо сказать, что, в отличие от геологов и климатологов, писатели 30-х годов Гернета заметили. Паустовский в повести «Золотая роза» рассказал, как однажды, встретившись с Горьким, поведал ему о только что прочитанной на редкость увлекательной книге «Ледяные лишай». Но Паустовского, как потом и Горького, в соответствии с общим настроением покорения природы, больше всего привлекал, мягко говоря, утопический проект, связанный с Гренландией. Гернет предлагал рецепт возвращения острова в его первоначальное, зеленое состояние посредством уборки снега с поверхности специальными снеговыми танками, после чего в течение нескольких лет его ледники сами растают.

По словам Паустовского, Алексей Максимович, как и он сам, был необыкновенно захвачен этой идеей, «ее стройной неопровержимостью и даже какой-то торжественностью...». Сейчас это вызывает улыбку. Но сделаем скидку на время и добавим, что Паустовский был явно увлечен «седым капитаном, лицом похожим на Ленина» (единственная сохранившаяся фотография этого, к сожалению, не подтверждает) и, как говорится, пронес его через целый ряд своих произведений — «Теория капитана Гернета», «Северная повесть», «Озерный фронт» и др. Но это всего лишь любопытные штрихи к богатой биографии весьма достойного человека.

Евгений Сергеевич Гернет родился в Кронштадте 31 октяб-

ря (12 ноября) 1882 г. в дворянской семье, ведущей свою «морскую родословную» еще со времен учреждения регулярного русского флота. Один из первых известных Гернетов — Иоахим, предки которого покинули туманные берега Англии, когда шла война Алой и Белой розы, подписал в 1710 г., после победы Петра I над шведами, в качестве синдика (главы местного самоуправления) акт о капитуляции Ревеля. Вскоре он уже стал одним из первых его бургомистров. На стене Домского собора в Таллине можно видеть родовой герб Гернетов рядом с гербами других ревельских бургомистров, верно служивших российской короне. Потом Гернеты переехали в Санкт-Петербург.

Отец нашего героя Сергей Павлович Гернет (1859—1918), ведущий электротехник флота, принимал самое деятельное участие в осуществлении таких технических новаций, как электрификация Литейного моста, Зимнего дворца и Николаевского вокзала в городе на Неве. Оставили заметный след в русской истории и науке и другие многочисленные Гернеты, особенно Надежда Николаевна и Михаил Николаевич, доводившиеся Евгению Сергеевичу кузенами. Первая — как талантливый математик, а второй — как виднейший юрист, чей труд «История царской тюрьмы» отмечен в советское время Государственной премией. Гернеты состояли также в родстве с Тизенгаузами, Долгорукими, Крушенштернами...

Евгений Сергеевич после выпуска из Морского кадетского корпуса успешно служил на боевых кораблях Тихоокеанской эскадры, участвовал в русско-японской войне. Боевое мастерство молодого штурманского офицера и мужество, не знавшее границ (как тут не вспомнить дерзкий прорыв в июле 1904 г. на парусной джонке под самым исом японцев из осажденного Порт-Артура в Чифу), были отмечены рядом боевых орденов, в том числе «с мечами и бантами», а также особым памятным знаком за защиту Порт-Артура...

Гернет служит на Балтике, потом участвует в оказании помощи жителям Мессины во

время катастрофического извержения вулкана Этна, за что удостоивается специальной Золотой памятной медали. Но вскоре, 25 лет от роду, из-за ран и контузий, полученных в русско-японскую войну, уходит в отставку.

В первую мировую войну Гернет был зачислен в минную бригаду Черноморского флота и получил еще один боевой орден — Св. Станислава, тоже с «мечами и бантами».

После Октября бывший кавторанг и потомственный дворянин Гернет, боевой командир эсминца «Калиакрия», становился на сторону новой власти, способствует ее установлению в Крыму, затем перебазированию Черноморского флота из осажденного Севастополя в Новороссийск. Вскоре здесь также создается реальная угроза захвата флота кайзеровской Германией, и Гернет — в числе тех морских офицеров, кто выполнил в июне 1918 г. ленинский приказ о потоплении Черноморского флота в Цемесской бухте.

Потом тяжелые, кровопролитные бои в составе Западно-Двинской и Азовской флотилий против белой гвардии на Волге, под Петроградом. В 1920 г. Гернет — главный командир портов Черного и Азовского морей, затем Новороссийского района обороны Кавказского побережья.

С завершением гражданской войны жизнь военмора Гернета на многие годы оказывается связанной с Владивостоком. Капитан дальнего плавания, он бороздит различные дальневосточные линии, а в 1923 г. он уже на капитанском мостике парохода Доброфлота «Симбирск» (вскоре переименованного в «Ленин»), затем на «Индигирке». Его отправляют в китайские порты Шанхай и Кантон с ответственным заданием — доставить все необходимое для Кантонской республики Сунь Ятсена. В период гражданской войны в Китае он в качестве военного советника сопровождает В. К. Блюхера, разрабатывавшего план так называемого Северного похода...

С 1933 г. Гернет работает в Главсевморпути заместителем начальника, а затем начальником Гидрографического сектора (управления), участвует в высоко-

¹ Джон Б., Дербшир Э., Янг Г. и др. Зимы нашей планеты: Земля подо льдом. М., 1982. С. 5—46.

широтных экспедициях на шхуне «Полярная звезда», на ледокольных пароходах «Сибиряков» и «Садко», редактирует лоции полярных морей.

Занимаясь гидрографическим обеспечением арктической трассы, Гернет вносит вклад в совершенствование полярного картографического дела, его «Ближмеридиальные таблицы, упрощающие нахождение редукции», станут ценнейшим навигационным пособием. Предложенной им проекцией для высокоширотных морских и авиационных карт с успехом пользуются и поныне.

Но в стране накалялась атмосфера всеобщей подозрительности и доносительства. Не могло это не затронуть и такую яркую личность, как Гернет. Его преданность новой власти и несомненные заслуги перед ней, как водится, никакой роли не сыграли. В первый раз он стал жертвой произвола в 1932—1933 гг. Дата следующего ареста — 1 мая 1938 г. Тринадцати морякам-полярникам Гидрографического управления Главсевморпути было предъявлено об-

винение... в неудачной навигации предыдущего года, одного из наиболее холодных в Арктике. Суд над Гернетом и его коллегами откладывался трижды (очевидно, ввиду нелепости обвинения). Но тогда не оправдывали. После 20 месяцев их пребывания в тюрьме особое совещание вынесло относительно мягкий приговор — пять лет ссылки.

Как сообщил недавно ленинградский писатель, почетный полярник С. В. Попов, много работавший над историей полярной гидрографии и успевший записать рассказы ее ветеранов, дальнейшая жизнь Гернета протекала где-то в Павлодарской области. «Полный творческих сил, прекрасно и всесторонне образованный», — пишет С. В. Попов, — моряк был оторван от любимого дела. В далеком от моря Казахстане он был никому не нужен, работал простым счетоводом в туберкулезной больнице и колхозе «Спартак». За пять лет ссылки из крепкого, цветущего мужчины превратился в немощного старика.

17 июля 1943 г. истек срок

ссылки, а через три недели Гернета не стало. Умер он от инфаркта миокарда, имея на руках пропуск для выезда в Казань. А тем временем в блокадном Ленинграде погибли от голода его жена Лидия Ивановна и старшая дочь Ирина. Чудом осталась в живых младшая — Галина Евгеньевна, благодаря помощи которой и удалось написать этот очерк.

Галина Евгеньевна Гернет еще и сегодня не может без содрогания вспоминать, как в 1938 г. ее вместе с матерью и сестрой — членами семьи «врага народа» — в буквальном смысле слова выбросили на одну из ленинградских улиц, отобрав при этом все, что можно было отобрать. Даже девичьи дневники.

В 1958 г. Гернет посмертно реабилитирован. Его память увековечена книгой «Ледяные лишаи», переизданной в 1981 г. с послесловием О. П. Чинова.

Над номером работали:
Заместитель ответственного секретаря О. В. ВОЛОШИНА

Научные редакторы:
И. Н. АРУТЮНЯН
О. О. АСТАХОВА
Л. П. БЕЛЯНОВА
М. Ю. ЗУБРЕВА
Г. В. КОРОТКЕВИЧ
Л. Д. МАЙОРОВА
Н. Д. МОРОЗОВА
Е. М. ПУШКИНА
Н. В. УСПЕНСКАЯ

Литературный редактор
Г. В. ЧУБА

Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Заведующая редакцией
С. С. ПЕРЕПЕЛКИНА

Корректоры:
Р. С. ШАЙМАРДАНОВА,
Т. Е. ДЖАЛАЛЯНЦ

В художественном оформлении номера приняли участие
В. С. КРЫЛОВА
Б. А. КУВШИНОВ
И. А. СТРОГАНОВ
Ю. В. ТИМОФЕЕВ
Н. А. ТРОФИМОВА

Ордена Трудового Красного
Знамени издательство «Наука»

Адрес редакции:
117810, Москва, ГСП-1,
Марковский пер., 26
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 2.04.91.
Подписано в печать 12.05.91.
Формат 70×100 1/16
Бумага офсетная, № 1
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 116,8
Уч.-изд. л. 15,0
Тираж 43650
Зак. 573
Цена 1 р. 20 к.

Ордена Трудового
Красного Знамени
Чеховский полиграфический
комбинат
Государственного комитета СССР
по печати
142300, г. Чехов
Московской области



Воспоминания о В. В. Белоусове и статья, в которой излагается суть его концепции эндогенных режимов,— дань памяти выдающемуся ученому, незаурядному человеку и одному из самых постоянных авторов «Природы».

ОН БЫЛ ЭПОХОЙ В ГЕОЛОГИИ

Белоусов В. В. ПРОБЛЕМЫ ГЛУБИННОЙ ГЕОЛОГИИ

Пушаровский Ю. М. ВОСПОМИНАНИЯ О В. В. БЕЛОУСОВЕ

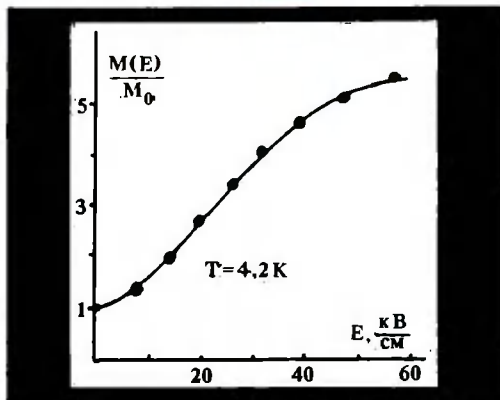


Способность птиц имитировать речь человека стала предметом изучения нового научного направления — биолингвистики.

Ильичев В. Д., Силаева О. Л. ГОВОРЯЩИЕ ПТИЦЫ И ИХ «ГОВОРЯЩИЕ» НАЗВАНИЯ

ПРИРОДА

7⁹¹



Благодаря туннельным переходам с переворотом спина в некоторых кристаллах, находящихся под действием электрического поля, происходит гигантское увеличение намагниченности. Это недавно открытое явление может быть использовано как в фундаментальных исследованиях, так и в технических приложениях.

Брик А. Б., Вихнин В. С. НОВЫЙ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

Поиск новых лекарств среди естественных продуктов обмена — одна из главных задач современной фармакологии. Таким эффективным терапевтическим средством недавно стал дипептид карнозин.

Болдырев А. А. КАРНОЗИН И ЕГО БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Основная причина голода во многих странах не перенаселенность или недостаток земельных ресурсов, а несовершенство систем управления сельскохозяйственным производством.

Пуляркин В. А., Власова Т. К. АГРОРЕСУРСЫ И ГЛОБАЛЬНАЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ ПРОБЛЕМА

1 р. 20 к.
Индекс 70707

